

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



**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA  
SISMO RESISTENTE APORTICADO CON Y SIN  
DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO”**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD:**

NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA E.P. INGENIERIA CIVIL:**

ESTRUCTURAS.

**PRESENTADO POR:**

**BACH:** JUAN CARLOS LEON BARRA.

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

**ASESOR**

**Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

## DEDICATORIA

A Dios por darme a las personas  
cuya sonrisa son un motor que  
impulsa cada paso que voy  
avanzando mis hijas Valeria y  
Sophia.

**JUAN CARLOS.**

## **HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ  
PRESIDENTE**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA  
MIEMBRO JURADO**

---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA  
MIEMBRO JURADO**

---

**ING. ANSHIE JOSSELYN WISMANN MANRIQUE  
MIEMBRO JURADO**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE**



# INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO .....	v
INDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE CUADROS .....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
<b>1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:</b> .....	1
<b>1.1.1.    Descripción del problema</b> .....	1
<b>1.2.    Formulación y Sistematización del Problema</b> .....	2
<b>1.2.1.    Formulación del problema</b> .....	2
<b>1.2.2.    Problema general</b> .....	3
<b>1.2.3.    Problemas específicos</b> .....	3
<b>1.3.    Justificación</b> .....	3
<b>1.3.1.    Social</b> .....	3
<b>1.3.2.    Metodológica</b> .....	4
<b>1.3.3.    Práctica</b> .....	4
<b>1.4.    Delimitación del problema</b> .....	4
<b>1.4.1.    Delimitación espacial</b> .....	4
<b>1.4.2.    Delimitación temporal</b> .....	5
<b>1.5.    Limitaciones</b> .....	5
<b>1.5.1.    LIMITACIÓN ESPACIAL</b> .....	5
<b>1.5.2.    LIMITACIÓN TEMPORAL</b> .....	5
<b>1.5.3.    LIMITACIÓN ECONÓMICA</b> .....	5
<b>1.6.    Objetivos de la investigación</b> .....	5
<b>1.6.1.    Objetivo general</b> .....	5
<b>1.6.2.    Objetivos específicos</b> .....	6
CAPITULO II .....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
<b>2.1.    Antecedentes de la investigación</b> .....	7
<b>2.1.1.    Antecedentes internacionales</b> .....	7
<b>2.1.2.    Antecedentes nacionales</b> .....	9
<b>2.2.    MARCO CONCEPTUAL</b> .....	12

2.2.1.	<b>Normatividad</b> .....	35
2.3.	<b>Definición de términos</b> .....	35
2.4.	<b>Hipótesis</b> .....	36
2.4.1.	<b>Hipótesis general</b> .....	36
2.4.2.	<b>Hipótesis específica</b> .....	37
2.5.	<b>Variables</b> .....	37
2.5.1.	<b>Definición conceptual de la variable</b> .....	37
	VD =SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO .....	37
2.5.2.	<b>Operacionalización de la variable 1</b> .....	37
2.5.3.	<b>Operacionalización de la variable 2</b> .....	37
CAPITULO III	.....	39
	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	39
3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.	<b>Metodología de investigación</b> .....	39
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	39
3.3.	<b>Nivel de investigación</b> .....	39
3.4.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	39
3.5.	<b>Población y muestra</b> .....	40
3.6.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	40
3.7.	<b>Procesamiento de la información</b> .....	40
3.7.1.	<b>Fase de planteamiento y organización (pre campo)</b> .....	40
3.7.2.	<b>Fase de trabajo de campo.</b> .....	41
3.7.3.	<b>Fase de gabinete</b> .....	41
3.7.4.	<b>Informe de investigación</b> .....	42
3.8.	<b>Técnicas y análisis de datos</b> .....	42
CAPITULO IV	.....	43
	RESULTADOS.....	43
4.1	PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	43
4.1.1	LOSAS ALIGERADAS .....	43
4.1.2	VIGAS.....	43
4.1.3	COLUMNAS .....	44
4.2	ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO O DE FUERZAS EQUIVALENTES .....	49
4.2.1	FACTOR DE ZONA.....	50
4.2.2	PELIGROSISMICO .....	50
4.2.3	CONDICIONES GEOTECNICAS.....	51
4.2.4	PARAMETROS DE SITIO.....	52

4.2.5	FACTOR DE AMPLIACION SISMICA .....	53
<b>4.2.6</b>	<b>CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U) .....</b>	<b>53</b>
4.2.7	SISTEMA ESTRUCTURAL .....	54
4.2.8	SISTEMAS ESTRUCTURALES Y COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS ( $R_o$ ) .....	55
4.3	SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO SIN OPTIMIZACIONES .....	55
4.3.1	PERIODO FUNDAMENTAL .....	56
4.3.2	COEFICIENTE SISMICO .....	57
4.3.3	PARTICIPACION DE CORTANTE ESTATICO Y CORTANTE DINAMICO .....	57
4.4	ANALISIS DINAMICO DEL SISTEMA APORTICADO .....	58
4.4.1	DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS DEL ANALISIS DINAMICO .....	61
4.4.2	PLANTEAMIENTO DEL ACERO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA APORTICADO .....	62
4.5	ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL CON R=1 .....	65
4.5.1	DESPLAZAMIENTOS CON R=1 .....	67
4.5.2	DERIVAS DE ENTREPISO CON R=1 .....	68
4.5.3	Derivas en el eje Y-Y CON R=1 .....	69
4.6	ANALISIS SISMICO MODAL TIEMPO HISTORIA .....	70
4.6.1	ACELEROGRAMAS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO .....	70
4.6.2	ANALISIS SISMICO MODAL TIEMPO HISTORIA .....	72
4.6.3	ANALISIS SISMICO TIEMPO-HISTORIA LINEAL .....	73
4.6.4	RESUMEN DE CONTROL DE DERIVAS .....	76
4.7	DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO .....	77
4.7.1	Nivel de amenaza sísmica .....	77
4.7.2	Nivel de desempeño .....	78
4.7.3	IMPLEMENTACION DE DISIPADORES PARA EL EJE X-X .....	79
4.7.4	IMPLEMENTACION DE DISIPADORES EN EL EJE Y-Y DERIVA DE OBJETIVO .....	90
4.8	BALANCE ENERGETICO .....	101
4.9	FUERZAS ACTUANTES EN LOS DISIPADORES .....	102
4.10	SELECCIÓN DE TIPO DE DISIPADOR .....	104
4.11	MAXIMO STROKE .....	106
4.12	ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS .....	107
4.12.1	CUADRO DE COMPARATIVO DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SISMICOS .....	107
4.12.2	GRAFICAS COMPARATIVAS DE LOS DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES SÍSMICOS EJE "X & Y" .....	108
4.12.3	CUADRO COMPARATIVO DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO EN EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SISMICOS .....	110

4.12.4	GRAFICAS COMPARATIVAS DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO DEL SISTEMA APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES SÍSMICOS EJE "X &Y" .....	111
CAPITULO V	.....	113
DISCUSION DE RESULTADOS	.....	113
CONCLUSIONES	.....	115
RECOMENDACIONES	.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	.....	117
ANEXOS	.....	120

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1	METRADO DE CARGAS DE COLUMNA CENTRADA (FUENTE PROPIA)-----	45
TABLA 2	METRADO DE CARGAS PARA COLUMNA EXCÉNTRICA (FUENTE PROPIA) -----	46
TABLA 3	METRADO DE CARGAS PARA COLUMNA EXCÉNTRICA (FUENTE PROPIA)-----	46
TABLA 4	CARGAS TRIBUTARIAS EN COLUMNAS -----	46
TABLA 5	PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS -----	47
TABLA 6	FACTORES DE ZONA "Z" -----	50
TABLA 7	CLASIFICACION DE LOS PERFILES DEL SUELO(TABLA N°2 DEL E.030) -----	51
TABLA 8	FACTORES DE SUELO "S"(TABLA N°3 DEL E.030 -----	52
TABLA 9	PERIODOS $T_p$ Y $T_L$ (TABLA N°4 DEL E.030-----	52
TABLA 10	CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"(TABLA N°5 DEL E.030 -----	53
TABLA 11	CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES-----	54
TABLA 12	SISTEMAS ESTRUCTURALES -----	55
TABLA 13	PERIODO Y MASA PARTICIPATIVA DEL SISTEMA (FUENTE PROPIA) -----	56
TABLA 14	CORTANTE ACTUANTE ESTÁTICO VS DINÁMICO (FUENTE PROPIA) -----	57
TABLA 15	DISTORSIÓN DE ENTREPISOS EN EL EJE X-X(FUENTE PROPIA)-----	61
TABLA 16	DISTORSIÓN DE ENTREPISOS EN EL EJE Y-Y(FUENTE PROPIA) -----	61
TABLA 17	DESPLAZAMIENTO DE ENTREPISO EN EL EJE X-X CON $R=1$ -----	67
TABLA 18	DESPLAZAMIENTO DE ENTREPISO EN EL EJE Y-Y -----	67
TABLA 19	CALCULO DE DERIVAS DE ENTREPISO EJE "X" (FUENTE PROPIA)-----	68
TABLA 20	RESUMEN DE DERIVAS DE ENTREPISO DEL EJE "X" -----	68

TABLA 21	CALCULO DE DERIVAS DE ENTREPISO EJE "Y" (FUENTE PROPIA)	69
TABLA 22	RESUMEN DE DERIVAS DE ENTREPISO DEL EJE "Y"(FUENTE PROPIA)	69
TABLA 23	DERIVA EN EL EJE "X" DEL SISMO ICA 2007(FUENTE PROPIA)	73
TABLA 24	DERIVA EN EL EJE "Y" DEL SISMO ICA 2007(FUENTE PROPIA)	73
TABLA 25	DERIVA EN EL EJE "X" DEL SISMO LIMA 66(FUENTE PROPIA)	74
TABLA 26	DERIVA EN EL EJE "Y" DEL SISMO LIMA 66(FUENTE PROPIA)	74
TABLA 27	DERIVA EN EL EJE "X" DEL SISMO LIMA 70(FUENTE PROPIA)	75
TABLA 28	DERIVA EN EL EJE "Y" DEL SISMO LIMA 70(FUENTE PROPIA)	75
TABLA 29	RESUMEN DE DESPLAZAMIENTOS EN EL EJE X-X (FUENTE PROPIA)	76
TABLA 30	RESUMEN DE DESPLAZAMIENTOS EN EL EJE Y-Y (FUENTE PROPIA)	76
TABLA 31	COCIENTE DE LA RELACIÓN DERIVA CON R=1 VS SISMO PROPUESTOS (FUENTE PROPIA)	77
TABLA 32	<i>NIVELES DE MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO</i>	77
TABLA 33	NIVELES DE DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACIÓN.	78
TABLA 34	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO EL SISMO DE LIMA 70	79
TABLA 35	<i>RIGIDEZ DEL BRAZO METÁLICO</i>	80
TABLA 36	<i>MASA Y PESO DEL SISTEMA (FUENTE PROPIA)</i>	82
TABLA 37	<i>DESPLAZAMIENTO DE MODO 1 DEL PÓRICO (FUENTE PROPIA)</i>	82
TABLA 38	<i>DESPLAZAMIENTOS NORMALIZADOS (FUENTE PROPIA)</i>	83
TABLA 39	<i>VALORES DE ALFA Y LAMBDA (FUENTE FEMA 274)</i>	83
TABLA 40	CALCULO PARA HALLAR EL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO NO LINEAL EN EL "X"	84
TABLA 41	DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA CON DISIPADORES SÍSMICOS EN EL EJE "X"(FUENTE PROPIA)	87
TABLA 42	DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE X-X (FUENTE PROPIA)	87
TABLA 43	FUERZA CORTANTE POR PISO EN EL SISTEMA CON DISIPADORES (FUENTE PROPIA)	88
TABLA 44	<i>RIGIDEZ DEL BRAZO METÁLICO</i>	91
TABLA 45	<i>DESPLAZAMIENTOS NORMALIZADOS (FUENTE PROPIA)</i>	93
TABLA 46	DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA CON DISIPADORES SÍSMICOS EN EL EJE "Y"(FUENTE PROPIA)	96
TABLA 47	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DEL SISTEMA CON DISIPADORES EN EL EJE "Y"(FUENTE PROPIA)	97

TABLA 48	DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE Y-Y (FUENTE PROPIA) -----	97
TABLA 49	RESUMEN DE DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE X-X (FUENTE PROPIA) -----	97
TABLA 50	FUERZA CORTANTE DEL SISTEMA CON DISIPADORES EJE Y-Y (FUENTE PROPIA) -----	98
TABLA 51	DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA CON DISIPADORES Y SIN DISIPADORES SÍSMICO (FUENTE PROPIA)-----	107
TABLA 52	REDUCCIÓN PORCENTUAL DEL DESPLAZAMIENTO EN EL EJE "X"(FUENTE PROPIA) -----	108
TABLA 53	REDUCCIÓN PORCENTUAL DEL DESPLAZAMIENTO EN EL EJE "Y"(FUENTE PROPIA)-----	109
TABLA 54	DERIVAS DEL SISTEMA CON DISIPADORES Y SIN DISIPADORES SÍSMICO (FUENTE PROPIA)-----	110
TABLA 55	REDUCCION PORCENTUAL DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE X-X(FUENTE PROPIA) ----	111
TABLA 56	REDUCCION PORCENTUAL DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE Y-Y(FUENTE PROPIA) ----	112

#### INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA CENTRADA	47
CUADRO 2	DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA EXCÉNTRICA	47
CUADRO 3	DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA EN ESQUINA	48
CUADRO 4	LISTA DE SISMOS PARA EVALUAR SISTEMA.	70
CUADRO 5	PROCESO DE ESCALADO EN EL SEISMO SIGNAL (FUENTE PROPIA)	71
CUADRO 6	REGISTROS SÍSMICOS ESCALADOS EN EL SEISMO MATCH.	71
CUADRO 7	ACELERACIONES MÁXIMAS DE REGISTRO ESCALADO (FUENTE PROPIA)	72
CUADRO 8	SISMO LIMA 66 ESCALADO	72
CUADRO 9	RESUMEN DE DERIVAS DE ENTREPISO EN EL EJE "X" CON DISIPADORES SÍSMICOS (FUENTE PROPIA)	88
CUADRO 10	SELECCIÓN DE TIPO DE DISIPADOR	104
CUADRO 11	SELECCIÓN DEL TIPO DE DISIPADOR A USAR	105
CUADRO 12	FUERZA SOPORTADA POR TIPO DE DISIPADOR	105

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MODELO 3D DEL SISTEMA APORTICADO EN EL ETABS 2016 (FUENTE PROPIA)	48
FIGURA 2 SISTEMA PROCESADO EN EL ETABS 2016	49
FIGURA 3 SISTEMA APORTICADO (FUENTE PROPIA)	55
FIGURA 4 DISTORSIÓN DE ENTRE PISO EJE X DINÁMICO VS E.030 (FUENTE PROPIA)	61
FIGURA 5 DISTORSIÓN DE ENTRE PISO EJE "Y" DINÁMICO VS E.030 (FUENTE PROPIA)	62
FIGURA 6 DISEÑO DEL ACERO EN PLANTA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE PROPIA)	62
FIGURA 7 FIGURA 6 DISEÑO DEL ACERO EN ELEVACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FUENTE PROPIA)	63
FIGURA 8 RELACIÓN DEL DISEÑO POR CAPACIDAD DEL SISTEMA $<1.2$ (FUENTE PROPIA)	64
FIGURA 9 DESPLAZAMIENTOS EN EL EJE X-X CON $R=1$ (FUENTE PROPIA)	67
FIGURA 10 DESPLAZAMIENTOS EN EL EJE Y-Y CON $R=1$ (FUENTE PROPIA)	67
FIGURA 11 DERIVA DE ENTREPISO EJE "X" $R=1$ VS E.030 (FUENTE PROPIA)	68
FIGURA 12 DERIVA DE ENTREPISO EJE "Y" $R=1$ VS E.030 (FUENTE PROPIA)	69
FIGURA 13 DISTRIBUCIÓN DE DISIPADORES EN DIAGONAL EN PÓRTICOS	80
FIGURA 14 RELACIÓN VELOCIDAD VS FUERZA DE DISIPADOR	81
FIGURA 15 INTRODUCCIÓN DE LOS VALORES DE LOS DISIPADORES EN EL ETABS (FUENTE PROPIA).	85
FIGURA 16 DERIVAS DE ENTREPISO CON DISIPADORES SÍSMICOS (FUENTE PROPIA)	87
FIGURA 17 CORTANTE POR PISO EN EL SISTEMA CON DISIPADORES (FUENTE PROPIA)	89
FIGURA 18 DIAGRAMAS HISTERÉTICOS DEL SISTEMA EN EL EJE "X" (FUENTE PROPIA)	90
FIGURA 19 DISTRIBUCIÓN DE DISIPADORES EN DIAGONAL EN PÓRTICOS	92
FIGURA 20: INTRODUCCIÓN DE LOS VALORES DE LOS DISIPADORES EN EL ETABS (FUENTE PROPIA).	95
FIGURA 21 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISIPADORES EN EL EJE "Y"	96
FIGURA 22 DERIVAS DE ENTREPISO CON DISIPADORES EN EL EJE "Y" DEL SISTEMA (FUENTE PROPIA)	98
FIGURA 23 DIAGRAMA CORTANTE CON DISIPADORES DEL EJE Y-Y	99
FIGURA 24 DIAGRAMAS HISTERÉTICO DE LOS DISIPADORES K33, K42, K50, K58. (FUENTE PROPIA)	100
FIGURA 25 PARTICIPACIÓN DE ENERGÍA DE LOS DISIPADORES EJE X-X (FUENTE PROPIA)	101
FIGURA 26 PARTICIPACIÓN DE ENERGÍA DE LOS DISIPADORES EN EJE Y-Y (FUENTE PROPIA)	101

FIGURA 27 FUERZA ACTUANTE EN CADA DISIPADOR (FUENTE PROPIA)	102
FIGURA 28 IDENTIFICACIÓN DEL DISIPADOR ACOPLADOS EN EL EJE 2 (FUENTE PROPIA)	103
FIGURA 29 MÁXIMA FUERZA APLICADA SOBRE DISIPADOR (FUENTE PROPIA)	106
FIGURA 30 DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES (FUENTE PROPIA)	108
FIGURA 31 FIGURA 25 DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA EN EL EJE Y-Y CON Y SIN DISIPADORES (FUENTE PROPIA)	109
FIGURA 32 COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SISMICOS EJE X-X (FUENTE PROPIA)	111
FIGURA 33 COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SÍSMICOS EN EL EJE Y-Y (FUENTE PROPIA)	112



## RESUMEN

La presente investigación respondió al problema general, ¿Qué diferencias existen entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?, el objetivo general fue: Establecer las diferencias que existen entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso, y con la hipótesis general que se contrastó fue: Existen diferencias significativas entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.

En esta tesis se utilizó el método científico, el tipo de investigación fue la aplicada, de nivel descriptivo-comparativo, el diseño No experimental; La población estuvo conformado por las edificaciones de mediana altura existentes en la zona residencial de la Ribera del distrito de Huancayo, la muestra fue el sistema estructural (sistema aporticado) de un edificio de ocho pisos en la Ribera (prolog. Cusco 2034)- Huancayo.

De acuerdo a la hipótesis general, la conclusión de esta investigación es que: Se establecieron las diferencias existentes entre el sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso las cuales son: Que los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje "X" absorben y disipan el 77.1% de la energía del sismo severo, dejando el 22.9% a los elementos estructurales diseñados y los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje "Y" absorben y disipan el 78% de la energía del sismo severo, dejando el 22% a los elementos estructurales diseñados.

**PALABRAS CLAVES:** Disipador de energía, Fluido Viscoso, control de derivas, energía desplazamiento.

## ABSTRACT

This research answers the general problem, What are the differences between a resistant seismic system coupled with viscous fluid dissipaters and without viscous fluid dissipaters? The general objective was: To establish the differences between a resistant seismic system coupled with viscous fluid dissipaters and without viscous fluid dissipaters and with the general hypothesis: There are significant differences between a resistant seismic system coupled with viscous fluid dissipaters and without viscous fluid dissipaters.

In this thesis the scientific method was used, the type of investigation was the applied one, of descriptive-comparative level, the design Not experimental; The population was conformed by the existing buildings of medium height in the residential zone of the Ribera of the district of Huancayo, the sample was the structural system (aporticado system) of a building of eight floors in the Ribera (prolog. Cusco 2034) - Huancayo.

According to the general hypothesis, the conclusion of this investigation is that: It was established the existing differences between the seismic-resistant system aporticado with disipadores of viscous fluid and without disipadores of viscous fluid which are:

That the viscous fluid dissipaters installed in the "X" axis absorb and dissipate 77.1% of the energy of the severe earthquake, leaving 22.9% to the designed structural elements and the viscous fluid dissipaters installed in the "Y" axis absorb and dissipate 78% of the energy of the severe earthquake, leaving 22% to the designed structural elements.

KEY WORDS: Energy dissipater, Viscose fluid, drift control, energy displacement.

## **INTRODUCCIÓN**

Durante los sismos los elementos estructurales (columnas, vigas, placas, etc.) de toda edificación soporta las fuerzas sísmicas, estos elementos estructurales enfrentan a las, fuerzas sísmicas, fuerza cortante y los desplazamientos que generan las distorsiones del sistema, los cuales generan daños de dichos elementos. A nivel mundial, después de cada sismo existen elementos estructurales que requieren refuerzos, reparación, mantenimiento y en algunos casos demolición de la estructura. En el Perú durante el sismo del 15 de agosto del 2007 la mayoría de edificaciones colapsaron quedando algunas para realizar un reforzamiento estructural, mantenimiento y/o demolición, pese a que estas estructuras fueron diseñadas respetando las normas de diseño sismoresistente.

En la actualidad en los países de mayor desarrollo y en países latino americanos entre ellos Perú en la ciudad de Lima ,se viene utilizando los sistemas de disipación sísmica, la que adherida a una estructura nueva o existente minimiza los desplazamientos y distorsiones(derivadas), dando como resultado que después de un sismo dicha estructura se quede intacta , a diferencia de las estructuras diseñadas comúnmente en las que los elementos estructurales son las encargadas de absorber dichas fuerzas sísmicas quedando debilitadas, por tal razón se ha planteado la siguiente pregunta central. ¿Qué diferencias existen entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso? Con la siguiente hipótesis, Existen diferencias significativas entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso. con el siguiente objetivo general, Determinar las diferencias que existen entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.

Para lo cual se ha planteado los siguientes capítulos.

### **CAPITULO I EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION**

Donde se describe y formula el problema de la tesis.

### **CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL**

Se indica los antecedentes, el marco conceptual, las normativas, las hipótesis y las variables obtenidas.

### CAPITULO III METODOLOGIA

En este capítulo se menciona la metodología, el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población y muestra usados para realizar la presente tesis.

### CAPITULO IV RESULTADOS

En este capítulo se realiza todo el procedimiento para la obtención de los resultados del tema propuesto en la tesis.

### CAPITULO V DISCUSION DE RESULTADOS

Se realiza el contraste de resultados con los de otros autores, del marco teórico.

Finalmente se adjunta las fuentes de información y anexos con información imprescindible que sustentan la elaboración de la tesis.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

#### 1.1.1. Descripción del problema

La construcción en el Perú actualmente viene creciendo a pasos agigantados con sistemas sismo resistentes de grandes alturas las que albergan mayor cantidad de personas , por lo que demanda mayor resistencia a los efectos o fuerzas sísmicas , así mismo en la ciudad de Huancayo actualmente se vienen construyendo edificios de mediana altura (mayores a seis pisos) los cuales cumplen con la norma sismorresistente E.030 y albergan una cantidad promedio de personas ,sin embargo a diferencia de las edificaciones que se presentan en la ciudad de Lima, estos no poseen sistemas de disipación sísmica o amortiguamiento sísmico, por lo que son más susceptibles a las fallas y/o daños estructurales ocasionados por los efectos sísmicos, pese a que los edificios son diseñados por especialistas mediante la norma de diseño sismorresistente E.030, que controla el desplazamiento y las distorsiones de la estructura planteada .

Es imperativo que durante un sismo se controle, se disipe o amortigüe estos dos efectos de la estructura a fin de evitar los daños en los elementos estructurales principales tales como, columnas, vigas, muros portantes etc. Ya que de lo contrario se tendrá que reparar, reforzar y hasta demoler dichas edificaciones, así como se suscitó en los últimos sismos en Latinoamérica tales como:

El sismo en Ecuador en abril del 2016 con una intensidad de 7.8 grados CON MAS DE 13.000 viviendas afectadas.

El sismo en México en septiembre del 2017 con una escala de 7.2 grados, que dejo más de 8000 viviendas dañadas y más de 800 viviendas con daño estructural.

El sismo en Perú el de mayor capacidad que se suscitó en la ciudad de Pisco en el 2007 con una magnitud de 8.0 grados la que dejó más de 76000 viviendas totalmente destruidas.

Estos sismos sacan a flote la vulnerabilidad que tienen las viviendas y edificaciones en los diferentes países.

Esto indica que el uso de sistemas tradicionales de construcción (aporticado, dual o mixto, etc.) aun conllevan el riesgo de sufrir los daños durante un sismo, sin embargo, existe nuevas técnicas de construcción que evitan que estos movimientos afecten a los elementos estructurales, ya que estas absorben y disipan la energía mediante elementos diseñados especialmente para ello (disipadores de fluido viscoso).

Para poder ver el funcionamiento de estos elementos propuestos se ha planteado el desarrollo del siguiente tema de investigación.” ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO.

## **1.2. Formulación y Sistematización del Problema**

### **1.2.1. Formulación del problema**

Después del sismo ocurrido el 15 de agosto en Perú en la ciudad de Pisco de 7.9 grados en la escala de Richter, se pudo evidenciar la falencia de las edificaciones ya que las viviendas colapsaron en su totalidad y edificaciones donde hubo la intervención de un profesional (colegios, hospitales, edificios de mediana altura, etc.) quedaron con daños estructurales graves que requerían, reforzamiento, reparación y hasta su demolición.

Actualmente en el distrito de Huancayo se está proponiendo la construcción de una estructura aporticada con ocho niveles de altura, la cual demanda mayor rigidez en la estructura para evitar los desplazamientos y distorsiones (derivadas) máximas, ya que por la misma configuración esta demanda también mayor tiempo para la evacuación, de acuerdo a la norma E.030 es un requisito indispensable el

control de los desplazamientos y distorsiones de la estructura para garantizar su estabilidad, lo cual es posible conseguir incrementando las dimensiones de los elementos estructurales (rigidizando la estructura) , estos diseños son los más comunes en la ciudad de Huancayo, sabiendo que estos son los que reciben las fuerzas sísmicas quedando debilitadas a gran escala después de un sismo de gran escala, por lo que se propone la implementación de disipadores de fluido viscoso a la estructura planteada para poder ver las diferencias existentes entre ambos sistemas.

### **1.2.2. Problema general**

¿Qué diferencias existen entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?

### **1.2.3. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo intervienen los desplazamientos en la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?
- b) ¿En qué porcentaje varían las distorsiones de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?
- c) ¿Qué diferencias existen entre la energía absorbida por la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal, el plantear un sistema de amortiguamiento o disipación adecuado de las estructuras proyectadas, a fin de dotar de mayor estabilidad a la estructura

disminuyendo los riesgos de colapsos de las edificaciones en donde se implementen este sistema.

### 1.3.2. Metodológica

La elaboración de este análisis comparativo muestra la capacidad que posee los disipadores dentro de la estructura aporricada sismo resistente, una vez que su funcionalidad sea demostrada su validez y confiabilidad podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación.

### 1.3.3. Práctica

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el diseño sismorresistente de la estructura aporricada con disipadores de fluido viscosos, ya que existe la necesidad de mejorar el desempeño de la estructura sismorresistente normal, esto a través del software Etabs.

## 1.4. Delimitación del problema

### 1.4.1. Delimitación espacial

La investigación en espacio se desarrollará en el distrito de Huancayo la Ribera (zona residencial).





#### **1.4.2. Delimitación temporal**

La investigación se ejecuta en el segundo semestre del año 2018.

### **1.5. Limitaciones**

#### **1.5.1. LIMITACIÓN ESPACIAL**

El investigador desarrolló el proyecto de investigación basado en el análisis de la edificación con y sin disipadores viscosos para poder determinar los desplazamientos de los entrepisos.

#### **1.5.2. LIMITACIÓN TEMPORAL**

El Tesista desarrolló la presente investigación entre el periodo comprendido de Julio de 2018 a mayo del 2019. Donde desarrollo el análisis descriptivo de las características principales y el modelamiento de comportamiento estructural para el uso de disipadores de fluido viscoso.

#### **1.5.3. LIMITACIÓN ECONÓMICA**

Una de las limitaciones de la presente investigación es la de realizar un análisis con disipadores y pórticos reales en laboratorios desarrollados como el de como el de la Universidad Nacional de Ingeniería o el de la Pontificia Universidad Católica del Perú ya que estas ganarían resultados más veraces y confiables. La construcción de estas edificaciones representa suma elevadas no alcanzable por el tesista.

### **1.6. Objetivos de la investigación**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Establecer las diferencias que existen entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Comparar los valores de los resultados obtenidos entre los desplazamientos de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.
  
- b) Determinar los valores porcentuales de las distorsiones de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.
  
- c) Describir las diferencias significativas que existientes entre la energía absorbida por de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Espejel (2013), “**Estudio Analítico Del Comportamiento De Una Estructura Reforzada Con Disipadores Pasivos De Energía**”, para optar el título de maestro en ingeniería, en la Universidad Nacional Autónoma de México, la investigación llego a la siguiente conclusión.

El concepto de disipación de energía es una nueva estrategia de diseño que puede utilizarse en estructuras nuevas y en la rehabilitación sísmica de estructuras existentes. Por ello, investigadores e ingenieros de la práctica profesional han mostrado su interés en el uso de la disipación de energía como una solución técnicamente eficiente para la reducción de la respuesta sísmica de estructuras, realizando investigaciones experimentales y analíticas para evaluar el incremento de ductilidad global, así como de las características de disipación de energía del sistema estructural tradicional. En México, los estudios se han centrado principalmente en aquellos disipadores que trabajan por histéresis del material, entre los que destacan los identificados como ADAS (Added Damping and Stiffness) por sus siglas en inglés. En este trabajo se describe el estudio analítico realizado en la revisión de la seguridad estructural de un edificio de mediana altura ubicado en la zona lacustre del Valle de México construido a finales de la década de los 70's, el cual fue reforzado con dispositivos ADAS hace 20 años aproximadamente. Se estudió el comportamiento y la respuesta de la estructura incorporando herramientas de análisis actuales, así como nuevos conceptos del acervo de conocimientos que se han adquirido en el área, bajo los lineamientos especificados en el Reglamento de

Construcciones para el Distrito Federal 2004. Para evaluar el impacto de los disipadores y contravientos en la respuesta de la estructura de concreto, se realizó un análisis no lineal riguroso considerando propiedades no lineales geométricas y de material en todos los elementos que conforman la estructura, mediante el cual se determinó la ductilidad local y global que deben desarrollar los disipadores para que el comportamiento de la estructura esté dentro de los límites permisibles, y verificando que el trabajo no lineal y la resistencia de los elementos de concreto es adecuada. Dado que en la práctica profesional los análisis de este tipo son poco comunes, adicionalmente se realizaron tres análisis tridimensionales con el programa comercial SAP2000 considerando únicamente la no linealidad local en los disipadores, con fines de verificar sus resultados tomando en cuenta las limitantes de cada análisis. Los resultados obtenidos en el análisis no lineal riguroso sugieren que los disipadores deben desarrollar ductilidades locales entre 7 y 12, con fluencia en todos ellos previo a que se forme la primera articulación plástica en un elemento de concreto reforzado, garantizando con ello un mecanismo de falla de columna fuerte-viga débil, así como un comportamiento estable de la estructura en su conjunto, cumpliendo con los lineamientos normativos vigentes.

Pardo (2017), **“Control De La Respuesta Dinámica De Estructuras Mediante El Uso De Disipadores De Energía De Fluido Viscoso Del Tipo Lineal”**, para optar el título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, en la Universidad Austral de Chile, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

En el presente trabajo de investigación se estudió y analizó el control de la respuesta dinámica de un edificio en base a marcos de hormigón armado, mediante la adición de Dispositivos de Disipación de Energía

de Fluido Viscoso con comportamiento Lineal. La estructura estudiada corresponde a un edificio de hormigón armado de 5 pisos, la cual posee la particularidad de ser flexible en su sentido longitudinal, por lo que las deformaciones entre piso debido a una acción sísmica sobrepasan alrededor del 50% de lo permitido por la normativa vigente. Como opción para reforzar y controlar las distorsiones entre piso se considera el uso de Dispositivos Disipadores de Energía de Fluido Viscoso de tipo Lineal, ubicados en la estructura en la dirección que presenta el problema. Para el estudio se realiza un análisis Tiempo Historia Lineal de la estructura sometida a la componente N10E del Registro Sísmico de Lollo (1985), mediante el programa de análisis estructural SAP2000. La utilización de los Disipadores de Energía dio como resultado la disminución de los Desplazamientos, Velocidad, Aceleración de los Centros de Masa de cada piso, además de una baja en los Esfuerzos en la Base (Corte y Momento), demostrando ser un método efectivo de control y reforzamiento sísmico, para la estructura estudiada.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Carranza y Calderón (2015), **“Reforzamiento de una Estructura Aporticada con Disipadores de Fluido Viscoso Para un Mercado en la Ciudad de Trujillo”**, para optar el título de ingeniero civil, en la Universidad Privada Antenor Orrego, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

En los últimos años, durante los sismos severos las estructuras sufren grandes daños debido a las incursiones inelásticas que sufren, este tipo de sismos mayormente están localizados en la costa del Perú; por ello es que las estructuras requieren elementos estructurales adicionales con la finalidad de aminorar los daños.

La presente investigación muestra las características de los sistemas de protección sísmica, centrándose en los disipadores de fluido viscoso. La edificación reforzada se encuentra en la ciudad de Trujillo. El análisis del edificio muestra una deriva de entrepiso mayor a la que nos permite el reglamento (7‰).

Como objetivo de diseño se fijó la reducción del daño frente a un sismo severo. La estrategia es mantener la deriva por debajo de 5.8‰, valor propuesto por el HAZUS (Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters). Con el sistema de amortiguamiento de fluido – viscoso se logró disminuir la deriva de entre piso a menos de 5.8‰ (4.55‰). Los resultados del trabajo muestran que la edificación reforzada tiene un mejor comportamiento ante un sismo severo que una edificación sin reforzar.

Fuentes (2015), **“Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso”**, para optar el título de ingeniero civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

Se realiza una serie de análisis comparativos en un edificio ideal aporticado de 5 pisos de concreto armado con disipadores de fluido viscoso incorporados en ambas direcciones. Se estudian tres configuraciones de arreglos de disipadores: en diagonal, doble diagonal y chevron. Asimismo, se examinan las respuestas de la estructura empleando disipadores lineales con exponente  $\alpha = 1$  y disipadores no lineales con exponente  $\alpha = 0.25$ . La edificación sin disipadores no cumple la deriva permisible de la norma peruana sismorresistente NTE E.030.

Se revisan los procedimientos de análisis dinámico para estructuras con disipadores, tanto análisis de respuesta espectral como de historia de la respuesta en el tiempo. En base a conceptos de energía se

presentan las expresiones para calcular el amortiguamiento efectivo necesario de una edificación con disipadores incorporados al sistema estructural a fin de obtener una deriva objetivo establecido a priori.

Los disipadores con las tres configuraciones de arreglos fueron predimensionados a fin de satisfacer las derivas máximas de entrepiso de la norma NTE E.030 para un mismo valor del amortiguamiento efectivo en cada dirección de análisis. Debido a la mayor eficiencia de la configuración chevron, se obtuvieron para este arreglo disipadores con menores valores de la constante de amortiguamiento. Se obtuvieron reducciones promedio en la dirección corta del edificio de 35% para los desplazamientos espectrales máximos y de 31% para las fuerzas espectrales en la base de la estructura.

Los disipadores no lineales con  $\alpha = 0.25$  tienen la ventaja de producir fuerzas menores que los disipadores lineales con  $\alpha = 1$  aportando el mismo amortiguamiento efectivo al sistema estructural. Los análisis tiempo-historia realizados en este trabajo muestran que estas menores fuerzas de amortiguamiento desarrolladas por los disipadores no lineales con un valor bajo del exponente  $\alpha$  se corresponden con fuerzas sísmicas basales mayores que las desarrolladas por los disipadores lineales. La edificación ideal de este trabajo pudo ser protegida adecuadamente con los dispositivos de disipación de energía.

Morales y Contreras (2012), **“Protección De Una Edificación Existente Con Disipadores De Energía”**, para optar el título de ingeniero civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

En la actualidad existen en el mercado dispositivos de disipación de energía que podrían ser empleados en el reforzamiento de edificaciones importantes en el país. En este trabajo se discuten los objetivos que debe alcanzar un proyecto de reforzamiento y se revisan

las estrategias y técnicas utilizadas para el reforzamiento de edificaciones. Se hace una breve presentación de los dispositivos de disipación de energía y se explica el funcionamiento de los disipadores de fluido viscoso. Para estimar la respuesta dinámica de los edificios con sistemas de amortiguamiento, se explican procedimientos con análisis tiempo-historia y por medio de métodos espectrales. Se resume una metodología para desarrollar el reforzamiento de edificaciones empleando disipadores, y se desarrolla como ejemplo el diseño del sistema de protección para una edificación educativa. Los resultados del trabajo muestran que, con el sistema de protección diseñado, la edificación estudiada podría alcanzar un amortiguamiento efectivo del orden del 25%, y la deriva y las solicitaciones internas se reducirían por un factor del orden de 0.6. El costo de los dispositivos para la edificación presentada se estimó en US\$ 45 por metro cuadrado de área construida.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **SISTEMAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE**

Para asegurar un adecuado comportamiento de las estructuras frente a los sismos, el diseño de estas puede plantearse de dos maneras. La primera vendría a ser a base de un diseño convencional, el cual consiste en crear estructuras lo suficientemente rígidas, pero a su vez dúctiles, es decir, que tengan la capacidad de incursionar en el rango inelástico.

Esto se puede conseguir empleando sistemas estructurales aporticados, duales, así como elementos de reforzamiento como arriostres metálicos, entre otros, de tal forma que la estructura diseñada sea capaz de resistir las diferentes solicitaciones sísmicas producidas por una excitación telúrica.

Cabe mencionar que, dentro de este primer enfoque, deben



también debe tomarse en cuenta algunos criterios importantes, tales como el suelo de fundación, el cual influye en el comportamiento dinámico de la estructura; así como el material a emplearse, siendo, por ejemplo, el acero más dúctil que el concreto. También se debe de tomar en cuenta la adecuada estructuración del proyecto, tratando en este punto de evitar las irregularidades tanto en planta, como en elevación.

En este primer enfoque es de esperarse que las estructuras, al ser sometidas a sismos de altas magnitudes, moderados y raros, se presente un comportamiento inelástico. Al realizar este trabajo inelástico, la estructura sufre daños estructurales, en la mayoría de los casos irreparables. Es importante indicar, que, en estructuras esenciales como hospitales, compañía de bomberos y otros, estos daños no se permiten.

La segunda forma de diseñar edificaciones sismo-resistentes es incorporando dispositivos de disipación de energía, cuya función principal es incrementar el amortiguamiento, reduciendo los desplazamientos laterales, velocidades y aceleraciones.

## BALANCE ENERGÉTICO

La ecuación 1.1 muestra la relación de la conservación de la energía en un sistema estructural expuesto a una excitación sísmica.

$$E_L = E_K + E_S + E_A + E_D$$

$E_L$  - Energía absoluta de entrada del movimiento sísmico.

$E_K$  - Energía cinética.

$E_S$  - Energía de deformación elástica recuperable.

$E_A$  - Energía de amortiguamiento.

$E_D$  - Energía irrecuperable disipada por el sistema estructural a través

de la inelasticidad.

Para que el sistema estructural sea capaz de soportar las sollicitaciones sísmicas, la capacidad de respuesta de esta debe ser mayor que la demanda sísmica. En pocas palabras la energía de entrada (EL) debe ser absorbida o disipada por la suma de la energía cinética (EK), elástica (ES), de amortiguamiento (EA) e inelástica (ED). Asumiendo que la energía de entrada es constante, será evidente que el desempeño estructural puede ser optimizado de dos formas:

- A través del método convencional, es decir, aumentando la rigidez y la ductilidad en el sistema, incrementando así la energía por deformación inelástica (ED).
- Incrementando el amortiguamiento interno (EA) mediante la incorporación de dispositivos suplementarios colocados en lugares estratégicos.

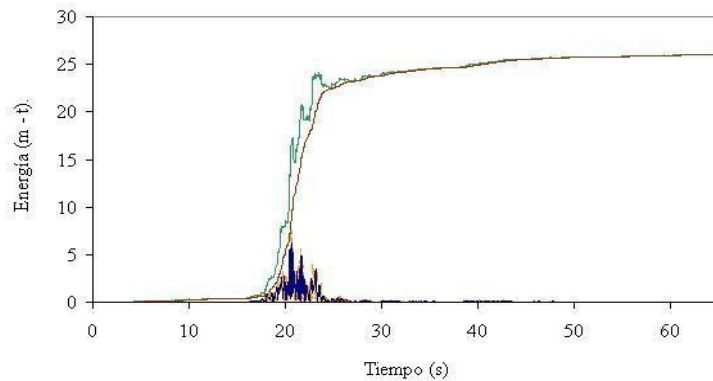
La primera alternativa representa al diseño clásico, en donde se trabaja en función de la resistencia y la ductilidad de la estructura para que este soporte las diferentes sollicitaciones sísmicas producidas por un movimiento telúrico. El ingeniero a cargo del diseño se apoya en el amortiguamiento inherente de la estructura, la misma que oscila entre 1% y 5% (edificaciones de concreto armado). Este diseño permite cierto grado de daño en la estructura, pero sin que esta llegue al colapso.

La segunda alternativa consiste en anexar a la estructura dispositivos suplementarios, estos tienen el propósito de maximizar el amortiguamiento del sistema, reduciendo la demanda de disipación de energía a través de la inelasticidad (ED) en los diferentes elementos estructurales, tales como columnas y placas, evitando así posibles fallas o daños en los mismos.

En la figura 1.1 se muestra el balance energético de una estructura sin disipadores de energía sísmica y se puede apreciar que la energía de entrada es completamente absorbida por la estructura. En la figura

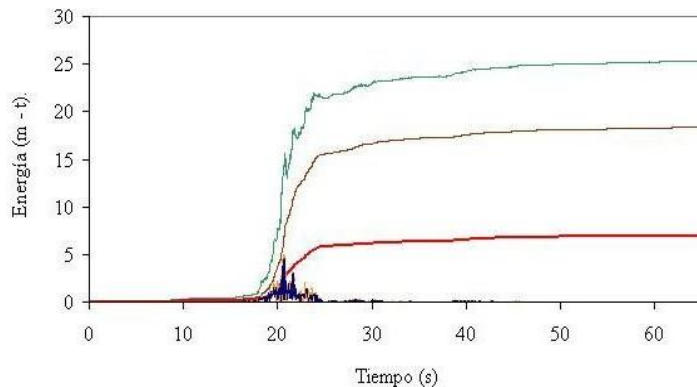
1.2 se observa la distribución de energía para la misma edificación, pero esta vez considerando dispositivos de disipación de energía dentro del diseño, en este caso, vemos que la energía de amortiguamiento aumenta, reduciendo a su vez la demanda de disipación de energía por ductilidad. Donde, la energía de ingreso del sismo se representa con el color verde, la energía que absorbe el material de construcción con el color mostaza, la energía que absorbe el disipador de energía con el color rojo, la energía cinética con el color amarillo y la energía potencial con el color azul.

Fig. 1.1 Distribución de energía en un edificio sin disipadores



Fuente: Edificaciones con disipadores de energía - Villarreal & Oviedo.

Fig. 1.2 Distribución de energía en un edificio con disipadores.



Fuente: Edificaciones con disipadores de energía - Villarreal & Oviedo.

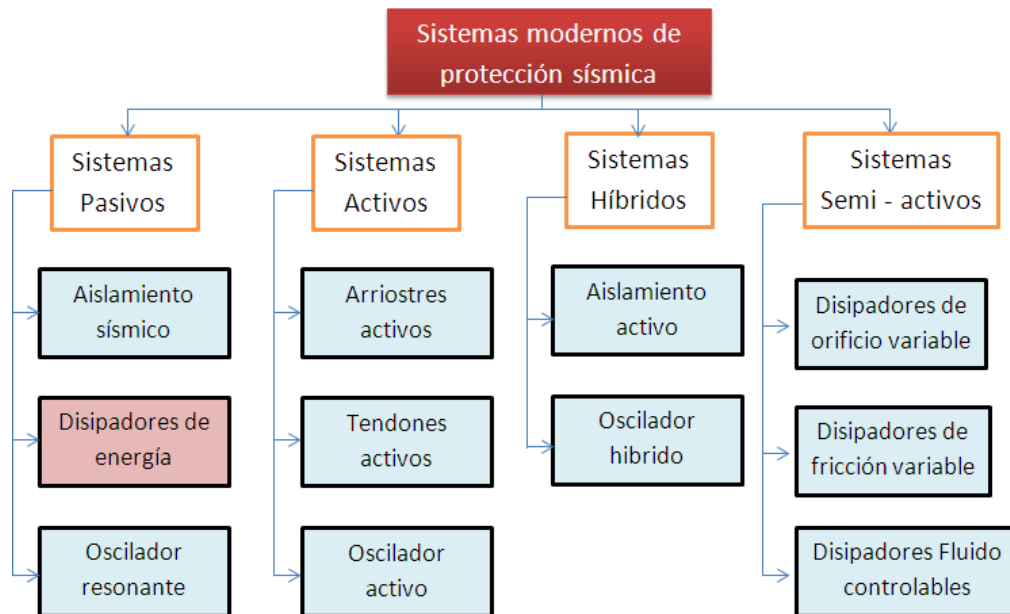
## SISTEMAS MODERNOS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

Los diferentes sistemas de protección sísmica empleados en la actualidad tienen por objetivo el control de los desplazamientos de la estructura siguiendo una o varias de las siguientes alternativas:

- Por medio de dispositivos que anexados a la estructura absorban o disipen la energía de entrada del sismo.
- Por medio de mecanismos que, al iniciar la excitación sísmica, ejerzan fuerzas buscando neutralizar la acción de esta.
- Por medio de dispositivos que modifiquen las propiedades y la respuesta dinámica de la estructura, buscando reducir la energía de entrada y evitando la resonancia.

De acuerdo a las alternativas expuestas, los sistemas de control estructural pueden clasificarse en 4 grandes grupos: los sistemas pasivos, semiactivos, híbridos y activos, cada uno de los cuales posee diferentes tipos de dispositivos que producen el correspondiente control requerido.

Fig. 1.3 Clasificación de los sistemas modernos de protección sísmica



Los disipadores de energía son dispositivos, como su nombre lo indica, que disipan grandes cantidades de energía, asegurándose, de esta manera, que otros elementos estructurales no sean sobre exigidos, lo que podría ocasionar importantes daños en la estructura.

Estos dispositivos captan la fuerza sísmica a través del comportamiento plástico de metales dúctiles, la fricción entre superficies en contacto bajo presión, las deformaciones de corte de polímeros, la pérdida de energía en fluidos viscosos circulando a través de orificios y así evitan que el edificio reciba todo el impacto, generando una reducción en las deformaciones de la estructura. El ASCE 7-10 en su capítulo 18 señala que estos dispositivos se clasifican según su comportamiento en 3 categorías diferentes: dependientes del desplazamiento, dependientes de la velocidad y dependientes del desplazamiento y de la velocidad.

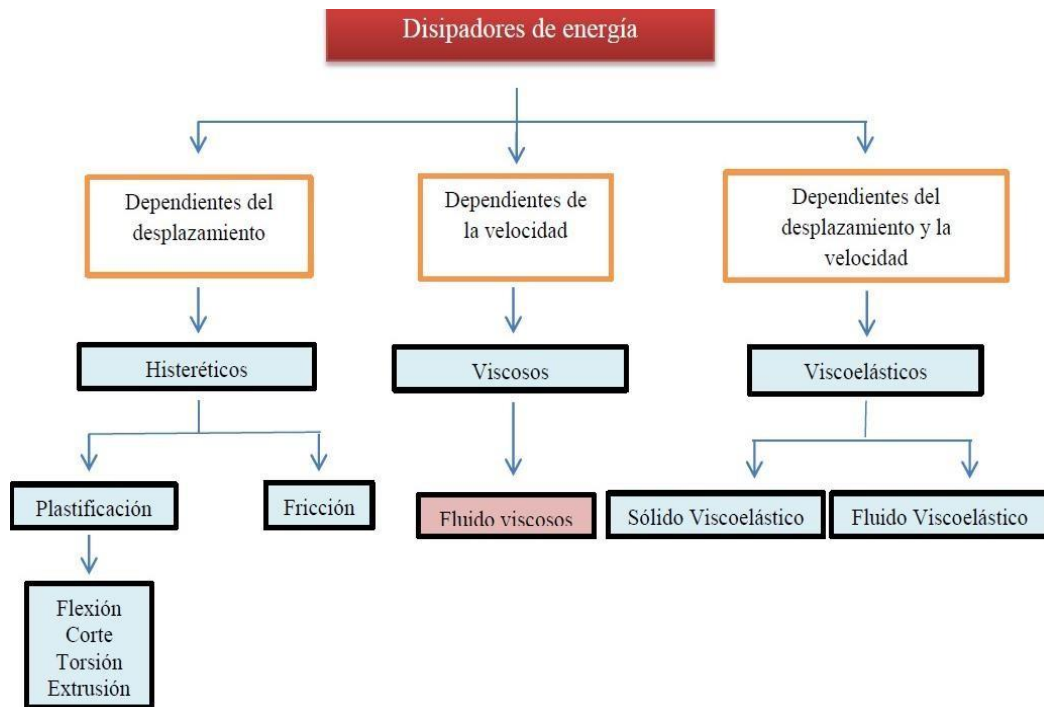


Fig. 1.4 Clasificación de los disipadores de energía

## DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

Los disipadores viscosos son dispositivos que dependen de la velocidad y no del desplazamiento, razón por la cual no varía la rigidez de la estructura, ni tampoco incrementan los esfuerzos en los elementos estructurales.

Actualmente existen dos grandes fabricantes: Kajima Corporation de Japón y Taylor Devices Incorporation de Estados Unidos. Los disipadores

manufacturados por ambas empresas se basan en el mismo concepto: disipar energía mediante el flujo forzado de un fluido (aceite o silicona).

En esta investigación, se emplearon disipadores viscosos Taylor, por ser el principal fabricante a nivel mundial y el que puede encontrarse en el mercado nacional. Los disipadores viscosos Taylor se vienen manufacturando desde hace aproximadamente 50 años, donde su uso era limitado solo para aplicaciones militares.

Con el fin de la guerra fría en 1990 se permitió la comercialización para el público en general. Dado que esta tecnología era confiable y había demostrado un buen comportamiento a través de las décadas, la implementación a estructuras comerciales se llevó a cabo rápidamente.

Fueron pocas las empresas capaces de hacer la transición de su tecnología para el mercado comercial. Taylor Devices Inc., con sede en Nueva York, es un fabricante de productos de disipación de energía para uso militar y de defensa, iniciando en 1987 sus salidas comerciales para sus productos de defensa.

Hasta la fecha, más de 240 estructuras están empleando estos disipadores viscosos para obtener un mejor comportamiento estructural ante excitaciones sísmicas o de viento.

En la figura 1.5 se muestran los componentes de los disipadores viscosos.

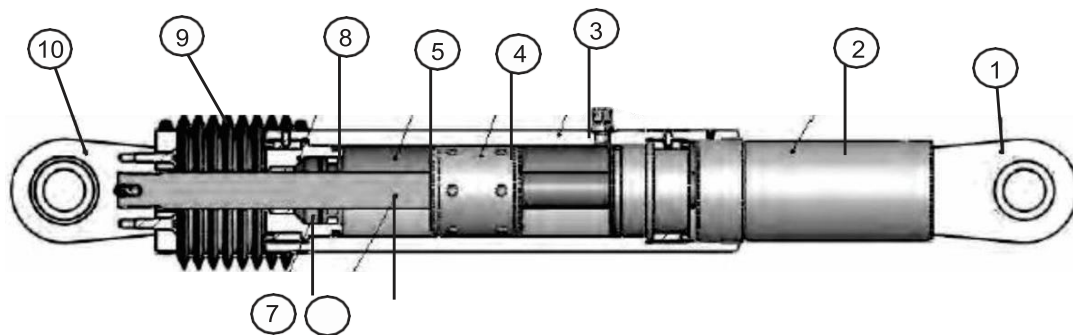


Fig. 1.5 Componentes de los disipadores viscosos

1. Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión.

2. Acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
3. Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
4. Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce.
5. Fluido viscoso, silicona incompresible.
6. Vástago de acero inoxidable.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas o pintura.
9. Fuelle, nylon reforzado de neopreno.
10. Cojinete esférico forjado con aleación de calidad aeronáutica.

El dissipador fluido viscoso (figura 1.6) consiste en esencia de dos elementos: un cilindro de alta resistencia y de un pistón (ambos de acero inoxidable). El cilindro contiene en su interior un fluido perteneciente a la familia de las siliconas (es resistente al fuego, estable a los cambios de temperatura y a los largos períodos de tiempo).

El pistón tiene en uno de sus bordes una cabeza (figura 1.7) con pequeños orificios.

Esta divide el interior del cilindro en dos cámaras.

Ante una excitación sísmica, se produce el deslizamiento del pistón dentro del cilindro, este movimiento ocasiona el paso del fluido de una cámara a otra (figura 1.8), a su vez genera una presión diferencial, la misma que origina la fuerza de amortiguamiento.

Debido al desplazamiento interno del pistón se genera la conversión de energía cinética en calor, lo que produce la expansión y contracción térmica del fluido, debido a esto el cilindro contiene una tercera cámara, denominada de acumulación, que permite que se puedan compensar la variación de fluido (volumen).

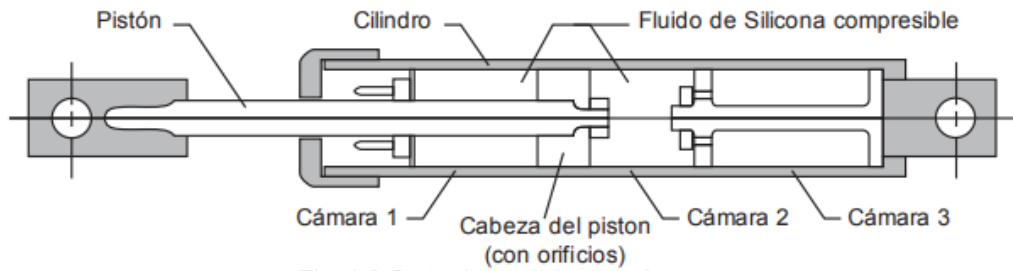


Fig. 1.6 Corte de un disipador viscoso

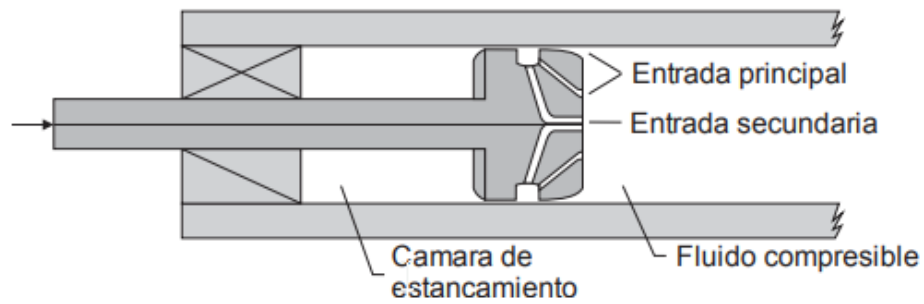


Fig. 1.7 Detalle de la cabeza del pistón

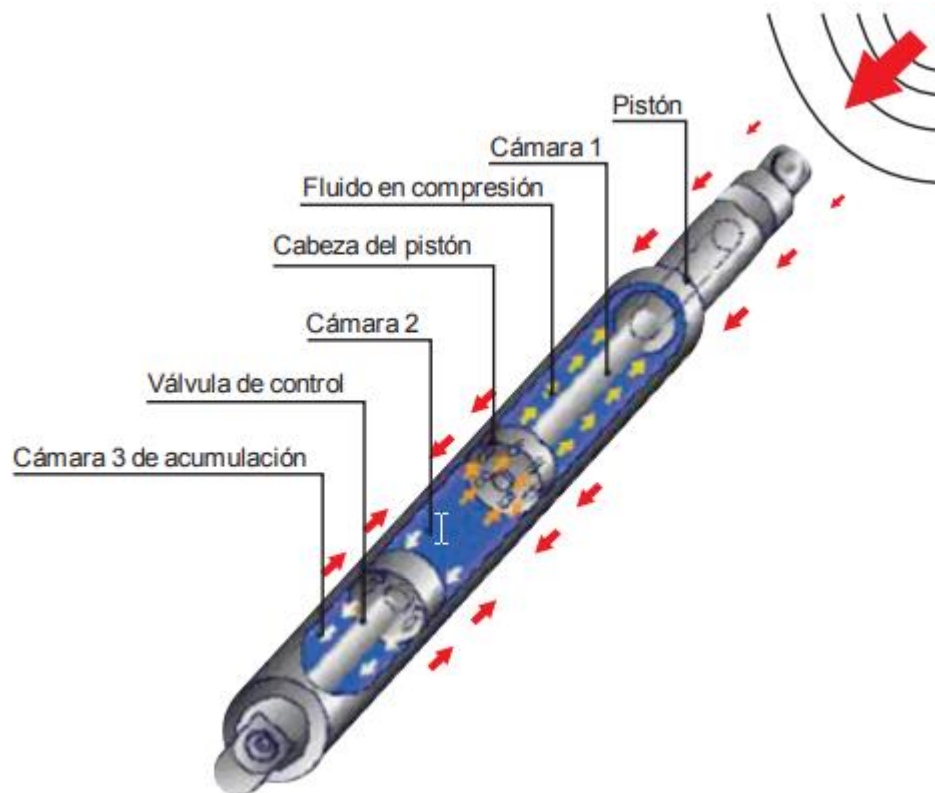


Fig. 1.8 Funcionamiento de los disipadores viscosos



## ECUACIÓN GENERAL

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

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

$$F = CV^\alpha$$

Dónde:

F - fuerza en el disipador

C - constante de amortiguamiento

V - velocidad relativa en el amortiguador

$\alpha$  - coeficiente que varía entre 0.4 y 0.6 para edificaciones

Es importante observar que no hay ninguna fuerza de resorte en esta ecuación. La fuerza del disipador varía sólo con la velocidad. Para una velocidad dada, la fuerza será la misma en cualquier punto del dispositivo. Para estimar el valor del coeficiente de amortiguamiento (C) para dispositivos no lineales se puede emplear la siguiente ecuación extraída del FEMA 274

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2}$$

Dónde:

$\beta_H$  - amortiguamiento viscoso de la estructura

$\lambda$  - parámetro lambda.

$C_j$  - coeficiente de amortiguamiento del disipador  $j$

$\phi_{rj}$  - desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador  $j$  en la dirección horizontal (con nuestro sismo de diseño)

$\theta_j$  - ángulo de inclinación del disipador  $j$

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

$\omega$  - frecuencia angular

$m_i$  - masa del nivel  $i$

$\phi_i$  - desplazamiento del nivel  $i$  (con nuestro sismo de diseño)

El parámetro  $\lambda$  es dependiente del valor del exponente de velocidad  $\alpha$  y el FEMA 274 nos facilita la tabla 1.1

Tabla 1.1

Exponente $\alpha$	Parámetro $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0

El ángulo de inclinación  $\theta_j$  y el desplazamiento relativo del disipador de  $\phi_{rj}$  se muestran en la figura 1.9

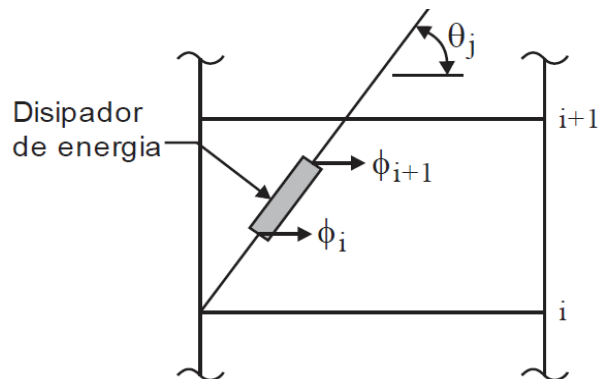


Fig. 1.9 Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía

Es importante señalar que la ecuación 1.4 considera un coeficiente de amortiguamiento constante para todos los dispositivos. El mismo que se puede estimar una vez se conozca las demás variables. De esta manera, despejando la ecuación 1.3 obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \left( \sum_i m_i \phi_i^2 \right)}{\lambda \left( \sum \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)} \quad (1.4)$$

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

1. Se determina el factor de reducción de respuesta B

$$B = \frac{D_{\text{máx}}}{D_{\text{objetivo}}} \quad (1.5)$$

2. Donde la distorsión máxima  $D_{\text{máx}}$  se obtiene por medio del análisis tiempo-historia para el sismo de diseño seleccionado y la distorsión objetivo  $D_{\text{objetivo}}$  por la Norma de Diseño Sismo-Resistente E030 o por medio de la relación daño-distorsión de la metodología HAZUS.

Donde:

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{\text{eff}})} \quad (1.6)$$

$\beta_0$  es el amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado. De esta manera, se obtiene el amortiguamiento efectivo, este incluye la acción del dissipador de energía y el amortiguamiento inherente de la estructura.

3. Descontando el amortiguamiento inherente se obtiene el

$$\beta_H = \beta_{\text{eff}} - 5\% \quad (1.7)$$

amortiguamiento viscoso que se requiere.

El exponente " $\alpha$ " define la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad, a su vez, determina el comportamiento histerético de los disipadores empleados. Los disipadores viscosos tienen un valor  $\alpha=1$  y son llamados "disipadores lineales", en ellos la fuerza del disipador es directamente proporcional a la velocidad relativa. Los disipadores con un valor de  $\alpha$  mayor o menor de 1, son los llamados "disipadores no lineales". Aquellos con valores menores a 1 son efectivos para minimizar los pulsos de alta velocidad, mientras aquellos con el valor de  $\alpha$  mayor a 1, habitualmente no son empleados en edificaciones, porque necesitarían de grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza en el disipador.

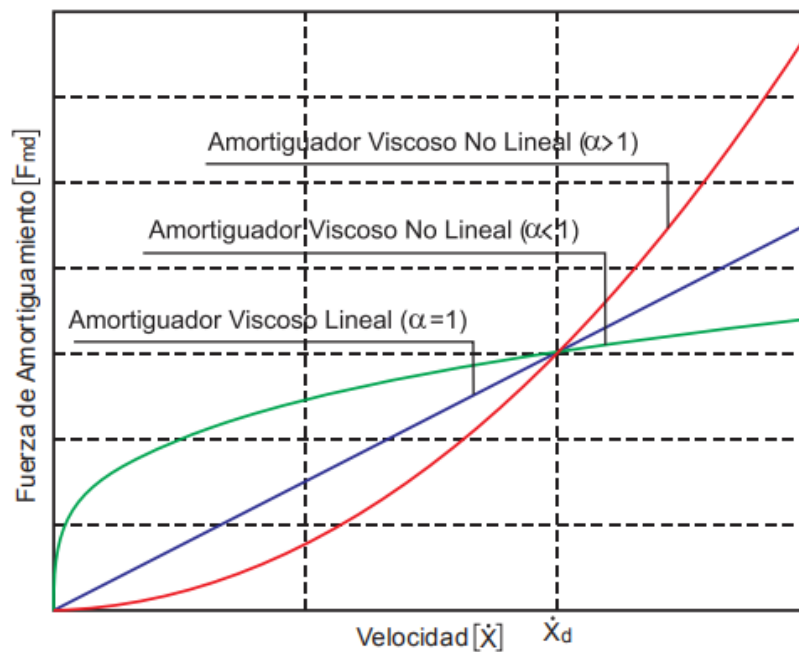


Fig. 1.10 Relación Velocidad vs. Fuerza del Disipador

En la figura 1.10 se puede apreciar la eficiencia del Disipador Viscoso No Lineal ( $\alpha < 1$ ), ya que, para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar

una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los otros tipos de Disipadores ( $\alpha = 1$  y  $\alpha > 1$ ).

En la mayoría de los casos, el valor del exponente de velocidad  $\alpha$  está comprendido en el rango de 0.3 a 1.0. Los valores de  $\alpha$  que han demostrado ser los más empleados para el diseño sísmico de edificios y de puentes están en el orden de 0.4 a 0.5. Para el caso de puentes con bajas solicitaciones sísmicas, se puede emplear un valor de  $\alpha = 2$ , mientras que para todas las estructuras diseñadas bajo cargas de viento se suelen emplear valores en el rango de 0.5 a 1

### **RIGIDEZ DEL DISPOSITIVO “K” (RIGIDEZ DEL BRAZO METÁLICO)**

Como ya se mencionó, anteriormente, este dispositivo solo depende de la velocidad para controlar la respuesta dinámica de la estructura. Para poder lograr esto, en la modelación se debe considerar la rigidez del sistema con un valor muy alto.

Es así que la rigidez que se debe tomar para la modelación es la del brazo metálico

(que conecta el dispositivo con la estructura). Esto debido a que la rigidez axial de este es mucho mayor que la del disipador. La rigidez de este brazo se calcula con la ecuación 1.8

$$K = \frac{EA}{L} \quad (1.8)$$

Dónde:

E - módulo de elasticidad del acero

A - área de la sección del brazo metálico

L - longitud del brazo metálico

Es importante que este perfil metálico tenga un área (A) significativa, esto para minimizar las deflexiones elásticas en el brazo y maximizar las del disipador, logrando, de esta manera, que el dispositivo se active completamente ante una excitación sísmica.

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

Para la selección del perfil metálico es muy común emplear perfiles del tipo HSS o PIPE, por las razones de estética y por las facilidades que se obtiene en la instalación.

### COMPORTAMIENTO DESPLAZAMIENTO VS FUERZA

Imaginemos un pórtico como el mostrado en la figura 1.11. Este al ser expuesto a una carga sísmica experimenta desplazamientos y sale del equilibrio ( $t_0$ ), para que en un tiempo ( $t_1$ ) alcance su desplazamiento máximo, es en ese instante donde la estructura comienza a moverse hacia la dirección contraria, en un tiempo ( $t_2$ ) regresa nuevamente al equilibrio para que posteriormente alcance nuevamente el desplazamiento máximo ( $t_3$ ).

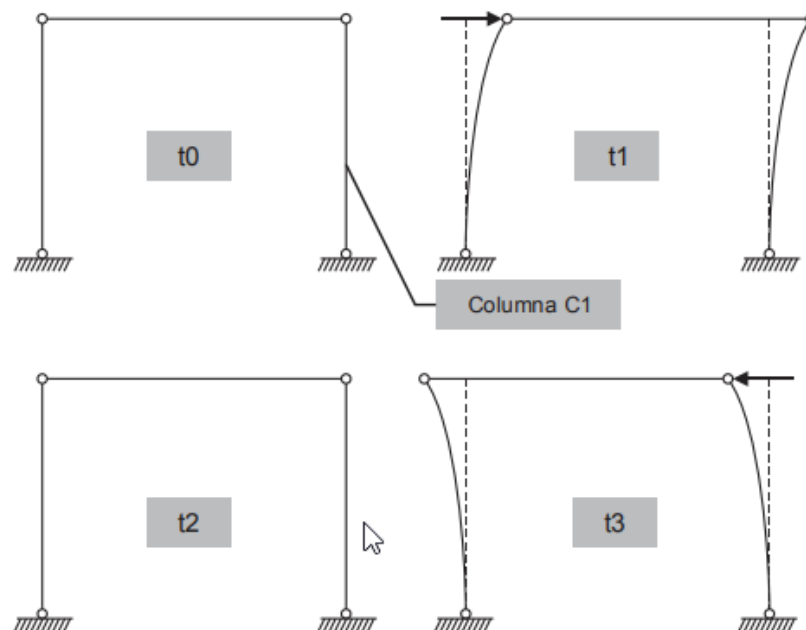


Fig. 1.11 Comportamiento de un pórtico ante una excitación sísmica

Ahora, si sobre este mismo pórtico se anexara un disipador de energía viscoso (figura 1.12), cuando el pórtico llegue a su desplazamiento máximo ( $t_1$ ), la

elongación en el dispositivo (producto de la fuerza de tracción) será máxima, cuando el pórtico regresa al equilibrio (t2), las deformaciones en el dispositivo serán igual a cero, pues este también regresa a su posición inicial, y nuevamente la deformación en el disipador (por la fuerza de compresión) será máxima en el tiempo (t3).

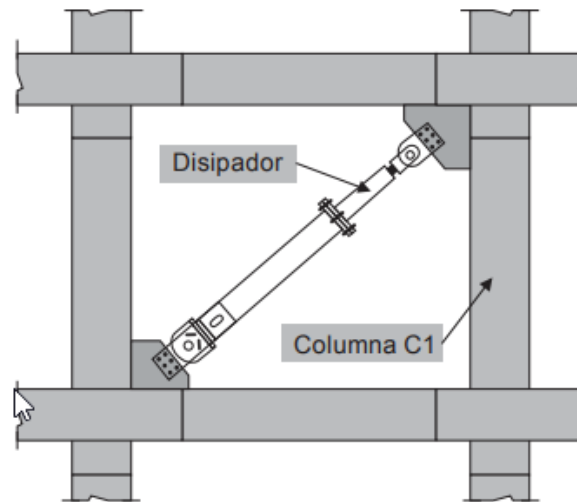


Fig. 1.12 Disipador de energía viscoso en el pórtico de análisis

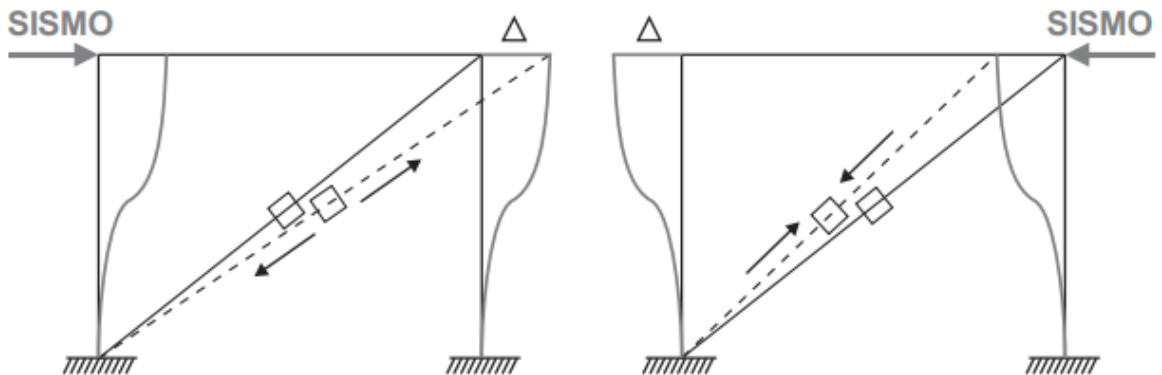


Fig. 1.13 Desplazamientos en el disipador viscoso en los momentos (t1) y (t3)

Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

Por otro lado, el comportamiento del pórtico puede ser idealizado como si fuese un péndulo invertido, tal como se muestra en la figura 1.14, donde  $F$  es la fuerza y  $\Delta$  es el desplazamiento relativo del dispositivo. Como se indicó anteriormente, los disipadores viscosos dependen de la velocidad para disipar energía, tal es así que la fuerza que se genera en estos dispositivos

es  $\alpha F = CV$ . Teniendo en consideración esto, se puede ver que cuando el pórtico llegue a su 1<sup>o</sup> desplazamiento máximo ( $t_1$ ) y ( $t_3$ ), la fuerza de amortiguamiento en el dispositivo viscoso será igual a cero, pues en este instante la velocidad es igual a cero. Asimismo, la fuerza máxima de amortiguamiento ocurre cuando la velocidad es máxima y esto se da cuando el pórtico entra en equilibrio ( $t_2$ ), es decir, cuando el desplazamiento en las columnas es igual a cero. Así la curva histerética o curva desplazamiento vs fuerza del disipador viscoso queda expresada como la figura 1.15.

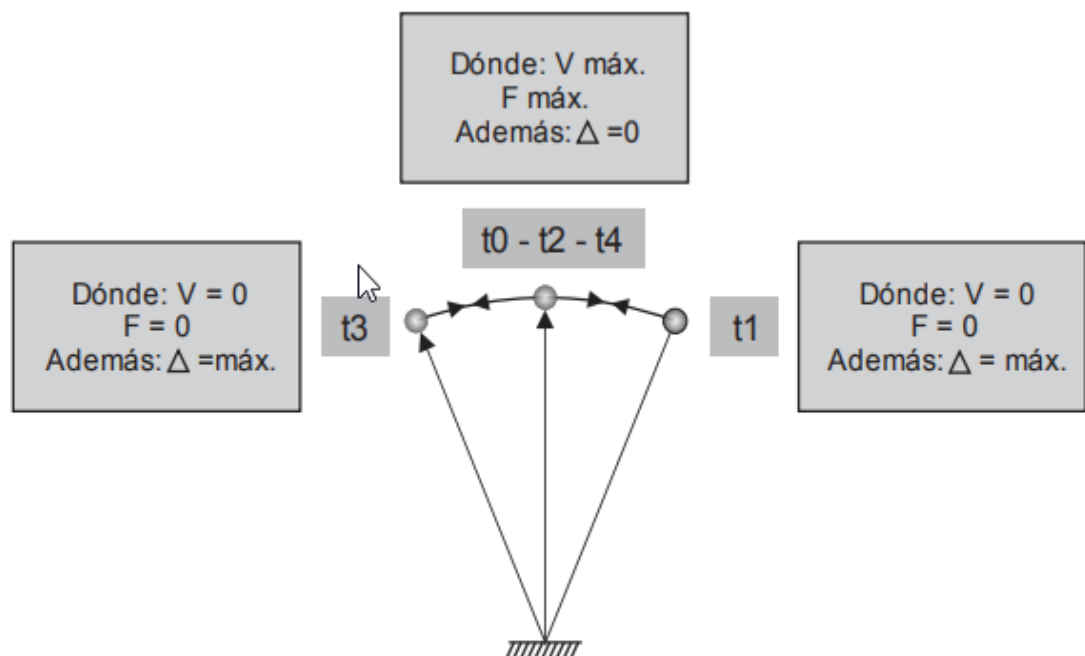


Fig. 1.14 Idealización tipo péndulo invertido del comportamiento de un pórtico ante una excitación sísmica



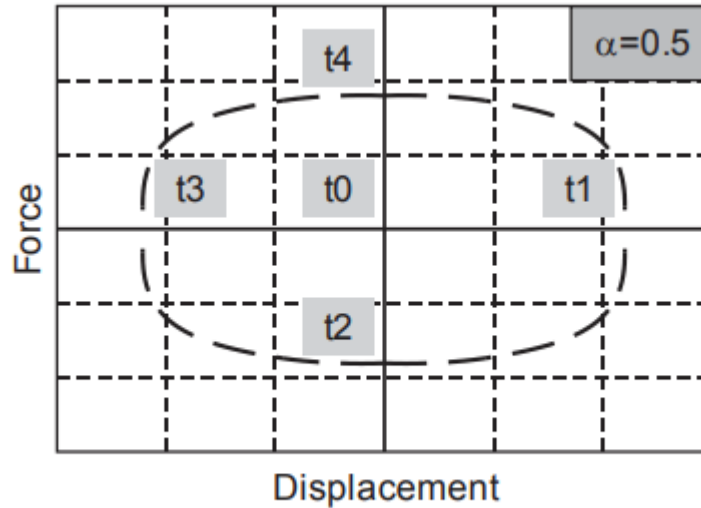


Fig. 1.15 Relación Desplazamiento vs Fuerza (curva histerética) de un disipador viscoso

### CRITERIOS DE UBICACIÓN

La mejor ubicación de los disipadores viscosos se consigue a través de un proceso iterativo, en donde el diseñador debe probar diversos modelos y ubicaciones. En este proceso es importante tener en cuenta la arquitectura y el uso del edificio; por esta razón los profesionales encargados del proyecto tanto en arquitectura como en diseño estructural, deben trabajar conjuntamente.

La Norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 da algunas recomendaciones que se deben tomar en cuenta:

- La estructura no debe presentar irregularidades.
- Se deben emplear como mínimo dos dispositivos en la dirección a reforzar.
- Se deben disponer los dispositivos en todos los niveles.
- Para no generar torsión se debe buscar la simetría.

Existen diversas configuraciones, sin embargo, los que comúnmente se emplean son: Chevron y Diagonal, en ambos, se requiere de brazos metálicos para conectar el dispositivo con la estructura. En la disposición Chevron, el dispositivo se coloca en posición horizontal (en forma paralela al plano del techo), logrando una eficiencia del 100%, debido a que, en esta posición, los disipadores absorben las fuerzas horizontales directamente, es decir, que se emplea toda la capacidad de estos para controlar los movimientos laterales producidos por la excitación sísmica.

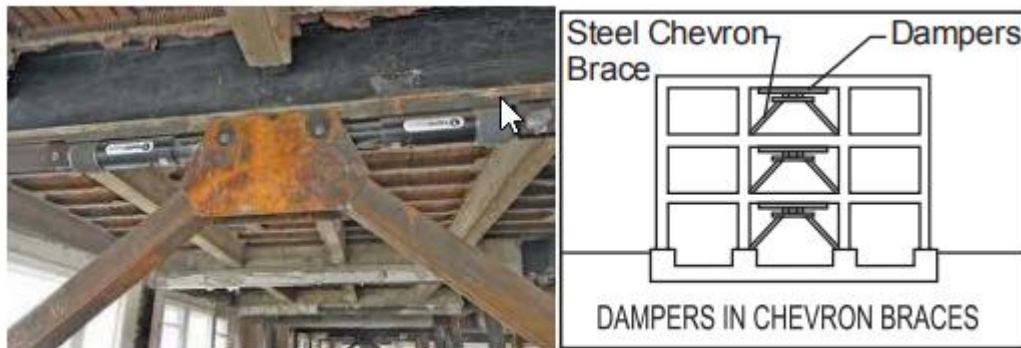


Fig. 1.16 Disposición Chevron

La principal desventaja que se encuentra con el empleo de esta disposición es que produce sobreesfuerzos en la parte intermedia de la viga cercana al disipador. Para controlar estos esfuerzos se emplea un refuerzo adicional a través de planchas o anclajes, tal como se muestra en la figura 1.17



Fig. 1.17 Refuerzo adicional en la disposición Chevron

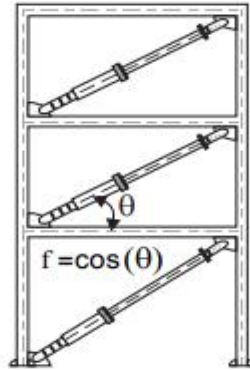


Fig. 1.18 Esquema de la disposición diagonal

En la disposición diagonal, el disipador viscoso se orienta en el ángulo diagonal del pórtico, tal como debe ser ubicado, mostrado en la figura 1.18. El arreglo diagonal tiene menor eficiencia que el Chevron, ya que, en este caso, solo la componente horizontal participa en la absorción de fuerzas horizontales. El amortiguamiento que brinde depende del ángulo de inclinación del brazo metálico que va sostener al disipador, mediante la expresión  $f = \cos\theta$ . Debido a que el disipador es anexado a la estructura en un nudo rígido (unión viga columna) no se requiere de ningún refuerzo adicional en ningún elemento del pórtico, siendo así la disposición más económica, pues solo requiere extensores (brazos metálicos) para la instalación de los disipadores. Como no genera sobreesfuerzos en la estructura, este tipo de arreglo puede ser diseñado e instalado tanto para nuevas estructuras como para las ya existentes que requieran de reforzamiento, siendo así muy efectivo para fines de rehabilitación.

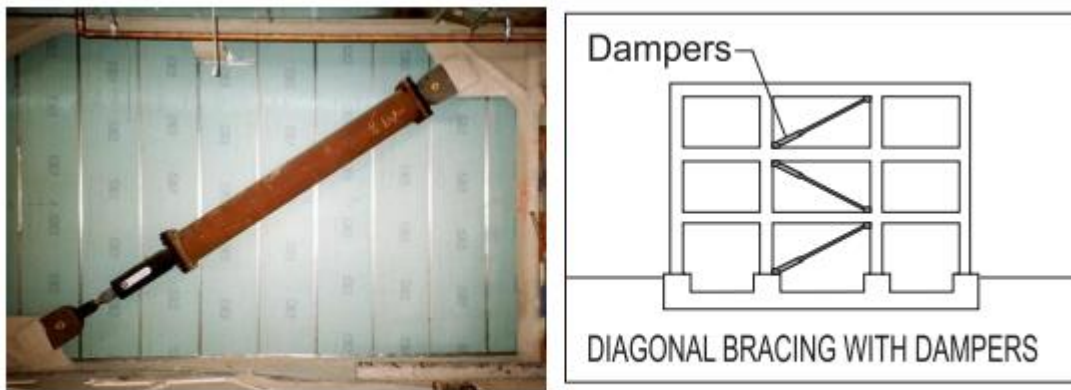


Fig. 1.19 Disposición Diagonal

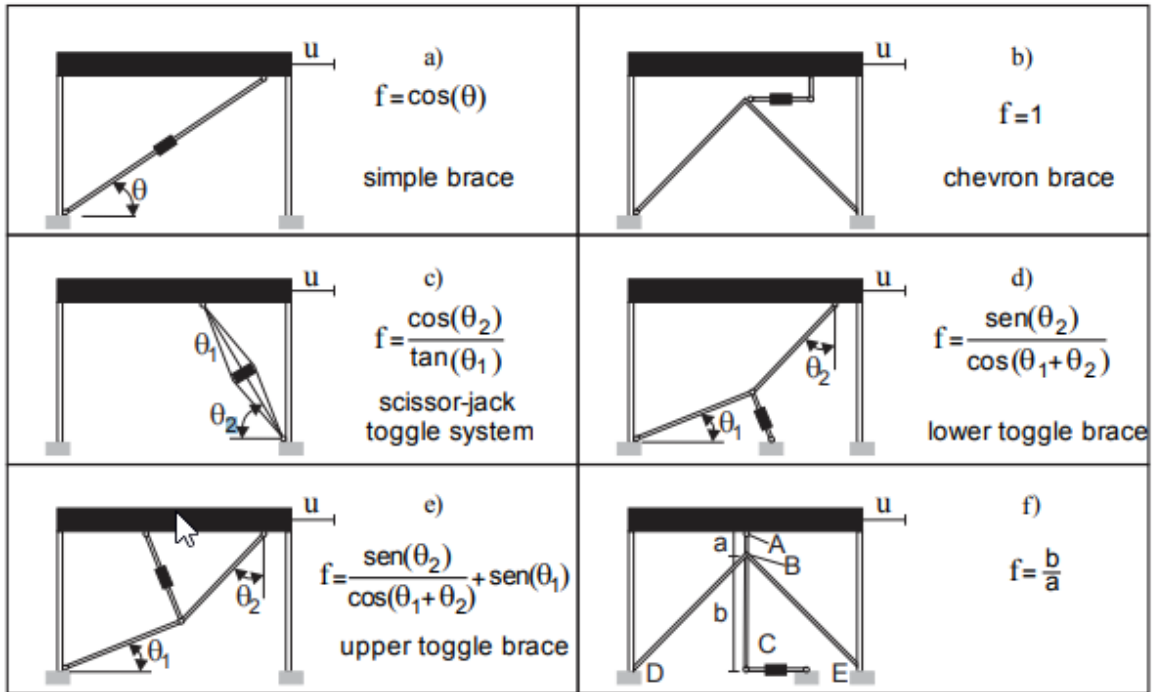


Fig. 1.20 Diferentes configuraciones del disipador viscoso

Fuente: Passive control of linear structures equipped with nonlinear viscous dampers and amplification mechanisms – M. di Paola, G. Navarra

En la figura 1.20 se muestran otros arreglos que también se pueden tomar en cuenta al momento de diseñar el sistema de disipación empleando disipadores viscosos.

## RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO

### NORMAS Y REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO ASCE 7-10

La Norma ASCE 7-10 en su capítulo 18 “Requerimientos de diseño sísmico para estructuras con sistemas de disipación” plantea 4 procedimientos para el análisis de estructuras provistas de disipadores.

Procedimientos no lineales

- Análisis de la respuesta no-lineal tiempo-historia
- Análisis no-lineal estático.

## Procedimientos lineales

- Análisis de la respuesta espectral
- Análisis de fuerza lateral equivalente

En nuestro país el procedimiento de análisis para una estructura provista de disipadores de energía se ha fijado hacia el empleo del análisis de la respuesta no lineal tiempo-historia.

## **RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS TIEMPO-HISTORIA**

Los registros sísmicos deben ser apropiadamente seleccionados (deben ser concordantes con las características del suelo de cimentación del proyecto) y escalados individualmente. Al menos 7 pares de registros sísmicos (en sus componentes horizontales) deben ser empleados para el análisis tiempo-historia, las fuerzas, desplazamientos y velocidades pueden tomarse como el promedio de los obtenidos en el análisis. Si menos de 7 pares de registros sísmicos son empleados, las fuerzas, desplazamientos y velocidades deben tomarse como el máximo valor obtenido del análisis tiempo-historia. Para el caso peruano, los especialistas de CDV Ingeniería Antisísmica, recomiendan emplear un mínimo de 3 pares de registros sísmicos, los cuales deben ser escalados a un espectro de diseño, donde el valor de R sea igual a 1, tal como lo señala la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente. Los valores que se tomen para el cálculo de las propiedades del sistema de disipación serán aquellos que se ajusten más al espectro de diseño, considerando una variación máxima de 1,5 entre las derivas obtenidas del análisis tiempo-historia y del análisis con el espectro de diseño.

## **RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES**

Esta Norma señala que las conexiones deben ser evaluadas usando el criterio de diseño por resistencia y que deben ser diseñadas para que resistan las fuerzas, desplazamientos y velocidades del máximo sismo esperado,

igual a 1,5 del sismo de diseño. Para el diseño de las conexiones tener en cuenta que hay algunos elementos que son proporcionados por el mismo proveedor y que se obtienen al comprar el disipador viscoso, todos los demás elementos deberán ser diseñados.

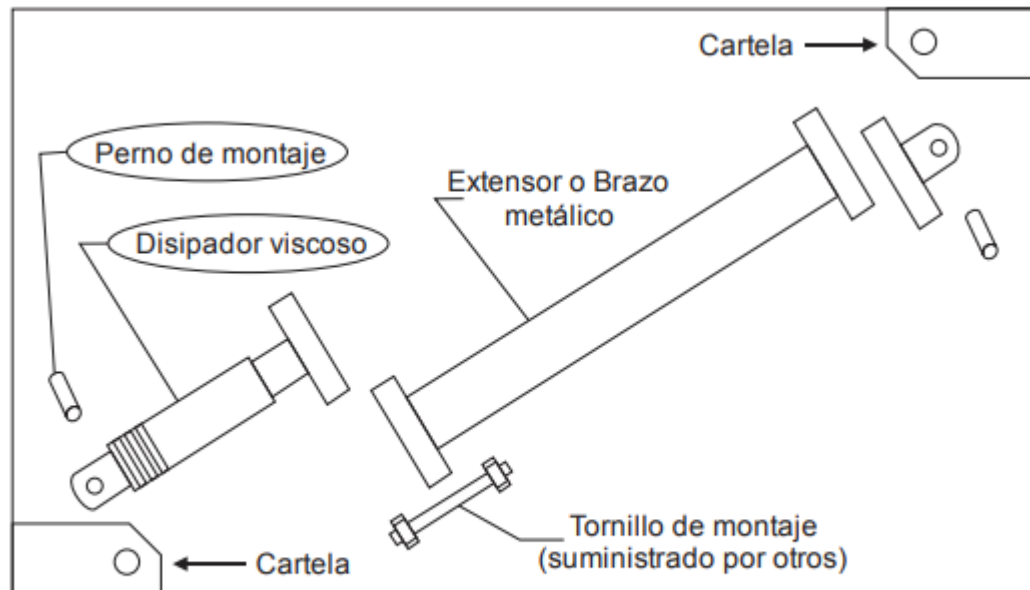


Fig. 1.21 Conexiones en la disposición diagonal

Fuente: Taylor-SAP2000 ETABS modeling

## RECOMENDACIONES PARA LA MODELACIÓN

La base puede ser modelada como perfectamente empotrada o se puede considerar las propiedades del suelo a través de la interacción suelo-estructura. El amortiguamiento inherente de la estructura debe ser basado en el tipo de material que se emplee, la configuración y el comportamiento de la estructura y de los elementos no estructurales. A menos de que se pueda probar un amortiguamiento mayor, este se tomará como máximo el 5% del amortiguamiento crítico

### 2.2.1. Normatividad

#### **NTP E.030, Diseño sismo resistente.**

El objetivo de la norma es establecer los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos, con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras indicadas en esta norma. Los Estudios de Mecánica de Suelos se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

En el Reglamento Nacional de Edificaciones no se indican criterios para la elección del uso de una estructura de sostenimiento como muros anclados. No se especifican propiedades ni características que puedan servir como guía para decidir la metodología.

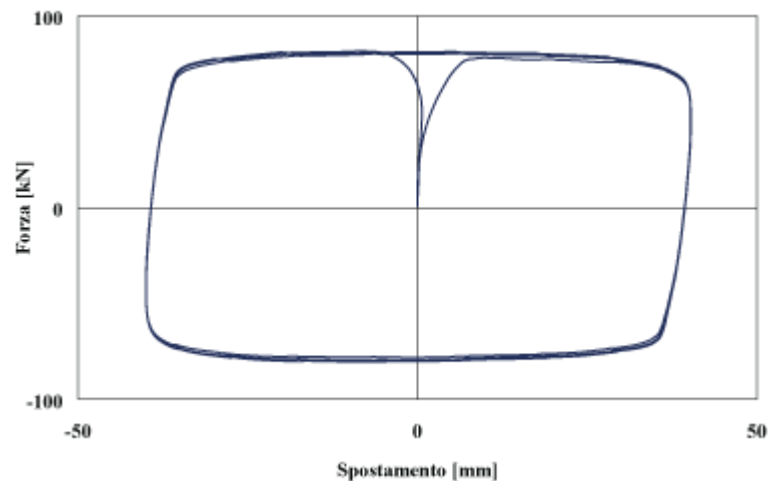
### 2.3. Definición de términos

#### **Disipadores de fluido viscoso.** Amortiguadores de Fluido Viscoso

Los amortiguadores de fluido viscoso de la serie OP y OTP son dispositivos en forma de cilindro/pistón los cuales permiten la disipación de energía a través de la fuerza de reacción de un fluido siliconado que fluye a través de un sistema de válvulas.

El OTP a diferencia del OP, permite dilataciones térmicas sin ofrecer una resistencia apreciable.

La ley fuerza-velocidad típica es no-lineal, es decir:  $F=Cv^\alpha$  donde, F es la fuerza, C es la constante de disipación, v es la velocidad y  $\alpha=0,15$ .



- **Concreto:** Es una mezcla de piedras, arena, agua y cemento que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistente para hacer bases y paredes (NTE E.060, 2009).

**-Sistema aporticado:**

Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 cumpliendo con la norma E.030 del RNE.

- **Desplazamiento Estructural:** Llamamos desplazamiento a la distancia que existe entre la posición final e inicial de un movimiento (o de una parte del movimiento). Un desplazamiento siempre se representa sobre una línea recta. Esto quiere decir que tiene una dirección que coincide con esa línea recta.

- **Distorsiones O Derivas**

Deformación angular de una estructura debido a las fuerzas laterales que actúan sobre ella.

- **Fuerza cortante o fuerza cortante basal.**

El cálculo del cortante basal permite determinar la fuerza lateral total como consecuencia de las fuerzas inercia que se induce a un sistema de N-grados de libertad, distribuyéndolo posteriormente a lo largo de las diferentes alturas de la estructura.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

Existen diferencias significativas entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.



#### **2.4.2. Hipótesis específica**

- a) Los desplazamientos de la estructura con disipadores de fluido viscoso varían significativamente en relación a la estructura sin disipadores de fluido viscoso
  
- b) Las distorsiones de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso varían en un porcentaje considerable de la estructura sin disipadores de fluido viscoso
  
- c) Existen diferencias significativas entre la energía absorbida por la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso

### **2.5. Variables**

#### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

VD =SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO

Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 de acuerdo con la norma E.030 del RNE.

#### **2.5.2. Operacionalización de la variable 1**

**Variable 1:**

Sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido Viscoso.

#### **2.5.3. Operacionalización de la variable 2**

**Variable 2:**

Sistema sismorresistente aporticado sin disipadores de fluido Viscoso.

**Cuadro 01. Operacionalización de las variables**

<b>VARIABLE 1</b>	<b>DEFINICION</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido Viscoso.	Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Con la incorporación de un disipador de fluido viscoso. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 cumpliendo con la norma E.030 del RNE.	DESPLAZAMIENTOS	Desplazamiento en el eje X-X	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Desplazamiento en el eje Y-Y	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
		DISTORSIONES	Deformación Angular	m/m	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Fuerzas Laterales	N	<b><u>NORMA E 0-30</u></b>
			Altura de entrepiso	m	<b><u>ARQUITECTURA</u></b>
<b>VARIABLE 2</b>	<b>DEFINICION</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Sistema sismorresistente aporticado sin disipadores de fluido Viscoso.	Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 cumpliendo con la norma E.030 del RNE.	DESPLAZAMIENTOS	Desplazamiento en el eje X-X	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Desplazamiento en el eje Y-Y	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
		DISTORSIONES	Deformación Angular	m/m	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Fuerzas Laterales	N	<b><u>NORMA E 0-30</u></b>
			Altura de entrepiso	m	<b><u>ARQUITECTURA</u></b>

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. Metodología de investigación**

El método general de investigación que se empleó es el método científico.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue la aplicada, y el análisis al que se sometió la información recolectada para la presente tesis fue cuantitativo ya que los resultados y aportes están direccionados a la formulación y planteamiento de soluciones durante el proceso de investigación del planteamiento inicial describiendo los fenómenos cuantificables como fuerzas, desplazamientos, periodos, etc.

#### **3.3. Nivel de investigación**

La investigación fue del nivel descriptivo-comparativo, primero se describe las características y particularidades que manifiesta cada fenómeno o evento en cada espacio peligros y/ vulnerable, también identificar y describir la influencia de otras variables sobre el desarrollo del desastre; es correlacional por determinar el grado de relación que pueden tener dos o más variables en la investigación.

#### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación fue no experimental, de tendencia transversal y probabilístico, con muestreo intencionado. En este caso solo se observa los fenómenos en su estado natural para luego analizarlos, no se manipulará deliberadamente la variable independiente.

### **3.5. Población y muestra**

#### **Población**

Para el análisis comparativo en el diseño sismorresistente se eligió edificaciones de mediana altura, en la Provincia de Huancayo dentro de la zona residencial la Ribera del distrito de Huancayo.

#### **Muestra**

La muestra está ubicada en la prolongación Cuzco N° 2034 Urbanización La Ribera en el distrito de Huancayo de un edificio de ocho pisos fue la muestra representativa, puesto que sus características pueden ser comunes a instalaciones con características similares.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos fue observación no experimental, mediante la observación del proyecto de estudio, se analizó sus características y ventajas de cada tipo de diseño sismo resistente; cuyos instrumentos fueron registrado mediante hojas de cálculo Excel.

### **3.7. Procesamiento de la información**

#### **3.7.1. Fase de planteamiento y organización (pre campo)**

##### **Equipo de trabajo**

El equipo de trabajo estuvo conformado por el investigador (tesista), apoyado en los conocimientos de predimensionamiento, estructuración, cálculo de disipadores, y manejo del software etabs y dibujo en AutoCAD.

##### **Obtención de información básica**

Se recopilará la información mediante bibliografías, normas técnicas nacionales e internaciones, recomendaciones por entidades de investigación, etc.

### **3.7.2. Fase de trabajo de campo.**

#### **Coordinación y reconocimiento**

Se realizó la coordinación con el proyectista de la parte arquitectónica para el ingreso al terreno y la obtención de la distribución arquitectónica (planos de arquitectura).

#### **Desarrollo trabajo en gabinete**

El desarrollo de la investigación en gabinete permitió evaluar los resultados que se obtuvieron al ejecutar el modelamiento en el software etabs, tales como:

- Espectros sísmicos.
- Periodos de vibración
- Desplazamientos máximos y mínimos
- Fuerzas cortantes
- Fuerza disipada por los disipadores de fluido viscoso.

### **3.7.3. Fase de gabinete**

#### **Procesamiento de datos**

Con los resultados obtenidos después de la fase de pre-campo y campo se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos según los objetivos planteados, tales como:

- Determinar las diferencias que existen entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.
- Diseñar el tipo de disipador de fluido viscoso a usar en el sistema aporticado.
- pre dimensionar los elementos estructurales que participarán en el sistema estructural.
- Diseñar los elementos estructurales que participaran en el sistema aporticado.

### **3.7.4. Informe de investigación**

Luego de la realización de los cálculos y diseño de las alternativas propuestas para el sistema sismo resistente, se procedió a evaluar las diferencias significativas encontradas en cada una de las alternativas, a fin de proponer la que ofrezca el menor desplazamiento y distorsión por seguridad durante un sismo, a fin de que esta solución pueda ser considerada posteriormente como alternativa de solución en sistemas similares al propuesto en el presente, se adjunta todos los documentos participantes en dicho informe final.

## **3.8. Técnicas y análisis de datos**

### **Técnicas de datos**

Ficha de observación, para la elaboración y procesamiento de datos se utilizó la técnica de análisis de escenarios de tiempo, técnicas constructivas entre otros, mediante software AutoCAD, Etabs, Office Excel, Cypecad, etc.

### **Análisis de datos**

Para el análisis de datos se usó fichas de observación tomadas en el proyecto, por medio de las hojas de cálculos (Excel) de los recursos y un cronograma de actividades.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

##### 4.1.1 LOSAS ALIGERADAS

Se realizará el predimensionamiento de las losas aligeradas de acuerdo al ACI-2014 Y la E.060 DEL RNE mediante las siguientes formulas.

$$h = \frac{l}{25}$$

Dónde:

h = Peralte de la losa aligerada

L = Longitud de la luz mayor entre paños.

$$h = \frac{4.55}{25} = 0.18 \text{ m}$$

$$h = 0.18\text{m.}$$

Para evitar las deflexiones en la losa se optará por una losa aligerada de espesor 20 cm.

##### 4.1.2 VIGAS

Estos elementos son los encargados de recibir y distribuir las cargas que se aplican sobre la losa hacia los elementos verticales (columnas, muros o placas). Para el predimensionamiento de las vigas se tendrá en cuenta la siguiente tabla.

Cuadro 1 factores de predimensionamiento de viga.

Usos	Departamentos y oficinas	Garajes y tiendas	Depósitos
Sobrecargas	250	500	1000
Altura total	$\frac{l}{11}$	$\frac{l}{10}$	$\frac{l}{8}$

Fuente | Oviedo sarmiento, 2015.

Para determinar el ancho de la viga se usará la siguiente formula.

$$h = \frac{ln}{11} ; b = \frac{h}{2}$$

Dónde:

H = Peralte de la viga.

ln= Luz máxima libre en metros.

b = Ancho de la viga.

La edificación proyectada para esta tesis posee 8 pisos, la cual tendrá un uso de departamentos por lo que se considerará las cargas establecidas en la E.020, la que indica para el tipo de estructura un sobre carga de 250kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se tendrá lo siguiente.

$$h = \frac{6.50}{11} = 0.50m; b = \frac{0.60}{2} = 0.30m$$

Se optará por: VPP=30X65 cm o VPP=35x70 cm

$$h = \frac{4.50}{11} = 0.40m; b = \frac{0.40}{2} = 0.20m$$

Se optará por: Vss=25X50 cm o Vss=30x60cm

#### 4.1.3 COLUMNAS

Las columnas son elementos estructurales que trabajan a flexión y compresión (flexo compresión) en el presente caso se evaluara un sistema aporticado un sistema de muros estructurales y sistema aporticado con disipadores viscoso.

Para el predimensionamiento inicial se realizó mediante la siguiente relación.

Cargas a usadas en el Metrado según la norma e0.20

Losa aligerada = 0.28tn/m<sup>2</sup>.

Tabiquería = 0.15 tn/m<sup>2</sup>



Acabados = 0.20 tn/m<sup>2</sup>

Concreto = 2.40 tn/m<sup>3</sup>

## CALCULO DE PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

### Predimensionamiento inicial

Columna Centrada

$$b = \frac{H}{8} b = \frac{3.5}{8} = 0.44 \text{ m (lado de la columna)}$$

Columna excéntrica

$$b = \frac{H}{9} b = \frac{3.5}{9} = 0.39 \text{ m (Lado de la columna)}$$

Columna esquinada

$$b = \frac{H}{10} b = \frac{3.5}{10} = 0.35 \text{ m (Lado de la columna)}$$

De las dimensiones calculadas se utilizó la de mayor dimensión 0.44m. Para el predimensionamiento inicial de los elementos estructurales.

### ✓ COLUMNA TIPO CENTRAL

COLUMNA TIPO CENTRADA							
CARGA MUERTA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m <sup>2</sup> otn/m <sup>3</sup> )	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m <sup>2</sup> )			
LOSA				25	0.28	8	56
VIGA EJE X-X	0.35	0.6	5.85		2.4	8	23.5872
VIGA EJE Y-Y	0.25	0.45	3.9		2.4	8	8.424
ACABADO				25	0.2	8	40
TABIQUERIA				25	0.15	8	30
ESTRUCTURAS METALICAS							
COLUMNAS DE 2AL 12 N	0.45	0.45	3.5		2.4	7	11.907
COLUMNAS 1° NIVEL	0.45	0.45	5		2.4	1	2.43
MURO EJE X-X							
MURO EJE Y-Y							
						TOTAL CM	172.3482
CARGA VIVA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m <sup>2</sup> otn/m <sup>3</sup> )	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m <sup>2</sup> )			
AULAS				25	0.3	7	52.5
AZOTEA				25	0.15	1	3.75
						TOTAL CV	56.25
						W TRIBUTARIO	228.59 Tn

Tabla 1 Metrado de cargas de columna centrada (fuente propia)

## ✓ COLUMNA EXCENTRICA

COLUMNA EXTREMA DE UN PORTICO PRINCIPAL							
CARGA MUERTA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m2otn/m3)	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m2)			
LOSA				17	0.28	8	38.08
VIGA EJE X-X	0.35	0.6	5.85		2.4	8	23.5872
VIGA EJE Y-Y	0.25	0.45	3.9		2.4	8	8.424
ACABADO				17	0.2	8	27.2
TABQUERIA				17	0.15	8	20.4
ESTRUCTURAS METALICAS						8	8
COLUMNAS DE 2AL 5 N	0.45	0.45	3.5		2.4	7	11.907
COLUMNAS1° NIVEL	0.45	0.45	5		2.4	1	2.43
MURO EJE X-X							
MURO EJE Y-Y							
						TOTAL CM	140.0282
CARGA VIVA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m2otn/m3)	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m2)			
AULAS				17	0.3	7	35.7
AZOTEA				17	0.15	1	2.55
						TOTAL CV	38.25

W TRIBUTARIO 178.2782 TN

Tabla 2 Medrado de cargas para columna excéntrica (fuente propia)

## ✓ COLUMNA EN ESQUINA

COLUMNA EN ESQUINA							
CARGA MUERTA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m2otn/m3)	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m2)			
LOSA				9	0.28	8	20.16
VIGA EJE X-X	0.35	0.6	3.25		2.4	8	13.104
VIGA EJE Y-Y	0.25	0.45	2.25		2.4	8	4.86
ACABADO				9	0.2	8	14.4
TABQUERIA				12	0.15	8	14.4
ESTRUCTURAS METALICAS						8	8
COLUMNAS DE 2AL 5 N	0.45	0.45	3.5			7	4.96125
COLUMNAS1° NIVEL	0.45	0.45	5			1	1.0125
MURO EJE X-X							
MURO EJE Y-Y							
						TOTAL CM	80.89775
CARGA VIVA	DIMENSIONES				CARGA (tn/m2otn/m3)	PISOS UND	PESO (Tn)
	b(m)	h(m)	l(m)	area(m2)			
AULAS				9	0.3	7	18.9
AZOTEA				9	0.15	1	1.35
						TOTAL CV	20.25

W TRIBUTARIO 101.14775 TN

Tabla 3 Medrado de cargas para columna excéntrica (Fuente propia)

CARGAS TRIBUTARIAS EN COLUMNAS	
COLUMNA CENTRICA	228.59 TN
COLUMNA EXCENTRICA	178.28 TN
COLUMNA ESQUINADA	101.15 TN

Tabla 4 Cargas tributarias actuantes obtenidas del sistema (Fuente propia).

## PREDIMENSIONAMIENTO FINAL

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

Tabla 5 Predimensionamiento de columnas

(Fuente Morales Morales Roberto, 2015)

### ✓ CALCULO DE COLUMNA CENTRAL

COLUMNA TIPO CENTRAL			
wref =	228598.2		
AREA TRIB.=	1	COLUMACUADRADA	59.94
n°pisos=	1		
f'c=	280	COLUMA CIRCULAR	67.63
n=	0.25	C-1	
1.1*P=	251458.02		
AREA C1 b*d=	3592.25743	70.cm	70.cm

Cuadro 1 Dimensionamiento de columna centrada

### ✓ CALCULO DE COLUMNA EXCENTRICA O EXTREMA

COLUMNA EXTREMA			
wref =	178278.2		
AREA TRIB.=	1	COLUMACUADRADA	56.42286137
n°pisos=	1		
f'c=	280	COLUMA CIRCULAR	63.66638132
n=	0.25	C-2,C-3	
1.25*P=	222847.75		
Area C2 b*d=	3183.53929	65.cm	65.cm

Cuadro 2 Dimensionamiento de columna excéntrica

✓ **CALCULO DE COLUMNA EN ESQUINA**

COLUMNA EN ESQUINA			
wref =	101147.75		
AREA TRIB.=	1	COLUMACUADRADA	52.05107811
n°pisos=	1		
f'c=	280	COLUMA CIRCULAR	58.73335216
n=	0.2	COLUMNA EN ELE	
1.50*P=	151721.625		
Area C3b*d=	2709.31473	85.cm	85.cm

Cuadro 3 Dimensionamiento de columna en esquina

**ESTRUCTURACIÓN EN EL ETABS**

**Modelo estructural 3d en el etabs 2016.**

Al ingresar los elementos estructurales predimensionados al software etabs se obtiene el siguiente modelo estructural.

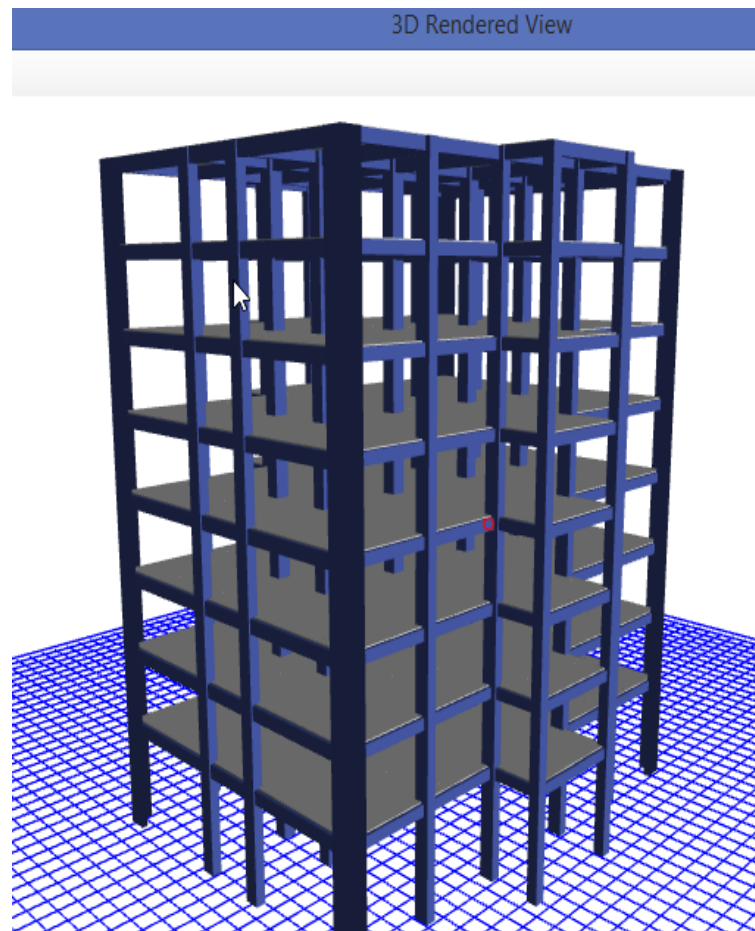


Figura 1 Modelo 3d del sistema aporricado en el etabs 2016 (Fuente propia)

## 4.2 ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO O DE FUERZAS EQUIVALENTES

Procedemos a ingresar las cargas de acuerdo a la E.020, destinado al tipo de uso que se le dará al sistema aporticado del cual se obtendrá lo siguiente

- El resultado de las fuerzas actuantes sobre el centro de masa de cada entrepiso.
- La fuerza cortante actuante en los elementos estructurales
- La cortante basal estática,

Para con esto poder hallar el coeficiente de reducción sísmica del sistema y posteriormente realizar un análisis comparativo entre la cortante estática y dinámica.

Este método es aplicable según los requisitos dados por la E.030 para:

- Edificaciones regulares e irregulares
- Nuestro sistema propuesto cumple con la demanda de la E.030.

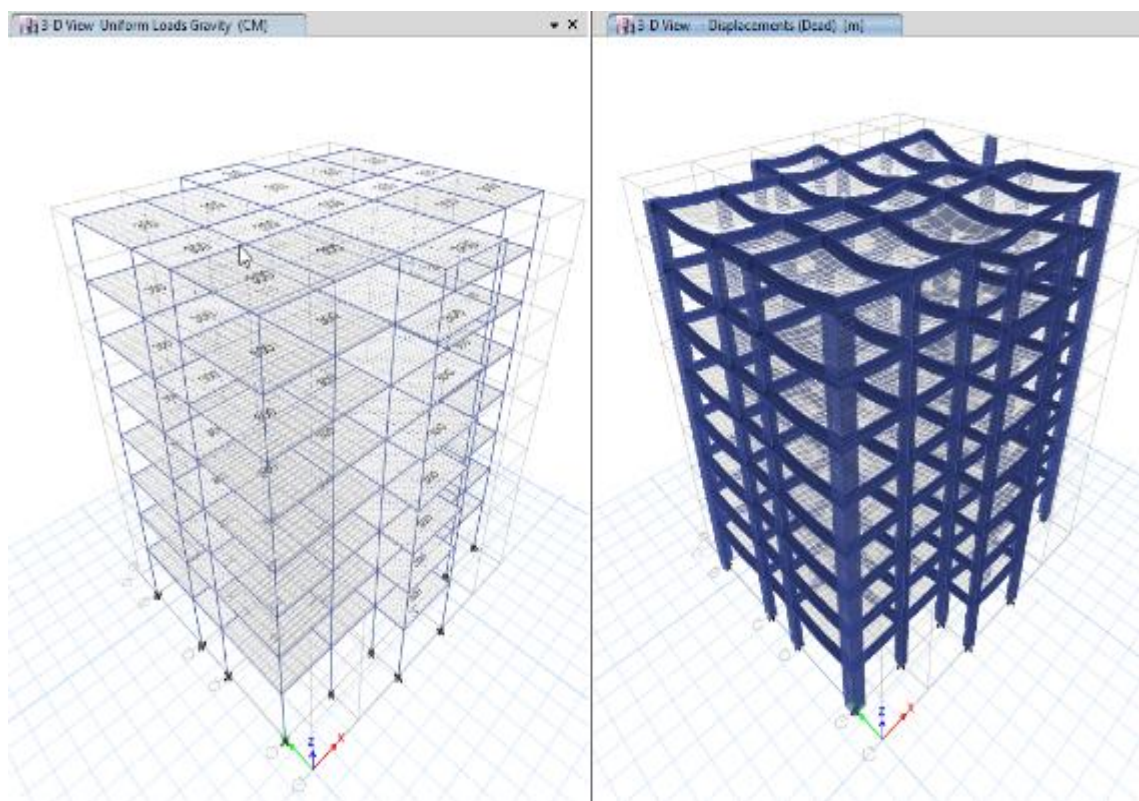


Figura 2 Sistema procesado en el etabs 2016  
(fuente propia)

#### 4.2.1 FACTOR DE ZONA

En el presente capítulo se ejecutará el análisis sísmico de la tesis basado en la norma de RNE E-030 En la cual se tomará en cuenta todos los elementos estructurales, las cargas aplicadas, la masa, el espectro de diseño, los diafragmas, etc. esto para ejecutar nuestro análisis estático y posteriormente el dinámico.

En primera instancia se tendrá en consideración previo al inicio del diseño la filosofía y principios del diseño sismorresistente mencionado en la norma E-030 del RNE.

- a. Evitar pérdidas de vida
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básico.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

#### 4.2.2 PELIGROSISMICO

Zonificación.

Nuestro proyecto de acuerdo a la norma E.030 se ubica en la zona3.

Cuyo factor de zona de acuerdo a la de acuerdo a la tabla n°1 y la ilustración 1 la zona para el proyecto es:

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

Tabla 6 FACTORES DE ZONA "Z"



Ilustración 1 ZONAS SISMICAS DEL PERU

**Zona = 3 y Z=0.35.**

Por estar ubicado en el departamento Junín, provincia de Huancayo y distrito de Huancayo.

### 4.2.3 CONDICIONES GEOTECNICAS

#### C. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos Intermedios.

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180 m/s Y 500 m/s, incluyéndose los casos en l

os que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a mediana, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con la resistencia al corte en condiciones no crenada  $\bar{s}_u$ , entre 50 K Pa (0,5  $kg/cm^2$ ) y 100 KPa (1  $kg/cm^2$ )y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### D. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos Blandos.

Corresponden a este tipo de los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{v}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{s}_u$ , entre 25 KPa (0,25  $kg/cm^2$ ) y 50 KPa (0,5  $kg/cm^2$ ) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con a profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo  $S_4$  y que tenga mas de 3 m de suelo con las siguientes características:índice de plasticidad P mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{s}_u$  menor que 25 KPa.

### PERFILES DE SUELO.

De acuerdo a nuestro análisis de suelo y la tabla N°2 del E.030 se verifico que nuestro suelo es del **tipo S2.**

#### 4.2.4 PARAMETROS DE SITIO

Al obtener el tipo de suelo con el cual trabajará nuestro proyecto de tesis, se procederá a elegir los parámetros de sitio que lo afectan.

Del Suelo tipo **S2**.

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$N_{60}$	$\bar{s}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

Tabla 7 CLASIFICACION DE LOS PERFILES DEL SUELO (tabla n°2 del E.030)

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla 8 FACTORES DE SUELO "S"(tabla n°3 del E.030)

Tabla N° 4 PERÍODOS "T <sub>P</sub> " Y "T <sub>L</sub> "				
	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_P(s)$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L(s)$	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla 9 PERIODOS  $T_p$  Y  $T_L$  (tabla n°4 del E.030)

De la tabla N°3 Y N°4 del E.030

Se obtiene los **Parámetros de sitio que afectan al suelo tipo S2**

$$S = 1.15 \quad T_P = 0.60 \quad T_L = 2.00$$



#### 4.2.5 FACTOR DE AMPLIACION SISMICA

Este factor se obtiene de acuerdo a las siguientes expresiones del E.030

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

#### 4.2.6 CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)

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

Tabla 10 CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"(tabla n°5 del E.030

De la tabla n°5 de la norma E.030 se deduce que nuestro proyecto pertenece a la categoría **C** ya que se usará como edificio para viviendas Departamentos por lo tanto su factor de uso será **U=1**. Por lo tanto, tendremos un proyecto de:

**CATEGORIA: C : FACTOR DE USO U=1**

## 4.2.7 SISTEMA ESTRUCTURAL

### 2.2.7.1 Estructuras de concreto armado.

La presente tesis se planteó como un sistema estructural aporticado, ya que las columnas resistirán toda la fuerza cortante en la base del sistema.

Tabla 11 Categoría Y Sistema Estructural De Las Edificaciones

Tabla N° 6 CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente. RNE 2, Tabla N°6 De la E.030

#### 4.2.8 SISTEMAS ESTRUCTURALES Y COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS ( $R_o$ )

Tabla 12 SISTEMAS ESTRUCTURALES

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

Fuente. RNE 2, Tabla N°7 De la E.030

#### 4.3 SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO SIN OPTIMIZACIONES

Al considerar nuestra tesis como un edificio de sistema estructural aporticado y al ubicar en la tabla n°12 se obtiene el coeficiente básico de reducción para el diseño igual  $(R_o)=8$ .

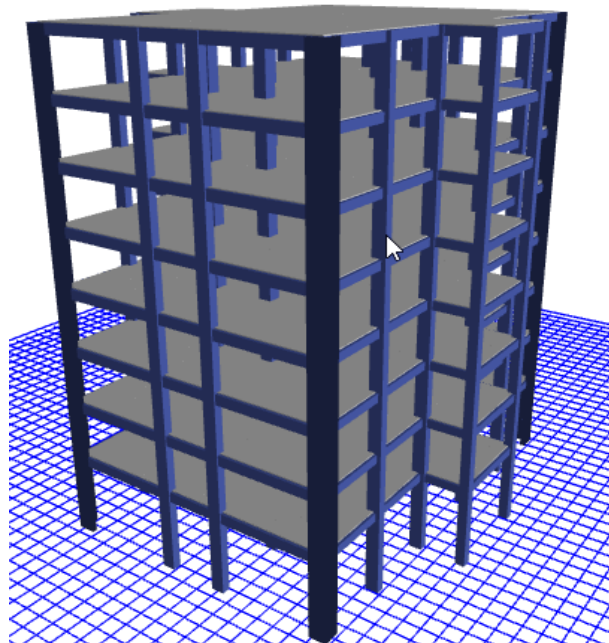


Figura 3 Sistema aporticado (fuente propia)

### 4.3.1 PERIODO FUNDAMENTAL PERIODO FUNDAMENTAL ESTIMADO

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

$$T = \frac{29.5}{35} = 0.842$$

#### PERIODO Y MASA PARTICIPATIVA DEL SISTEMA EN EL ETABS

En esta tabla obtenida luego de procesar en el software etabs se muestra el periodo de oscilación en el sentido X-X & Y-Y

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	0.877	0.8104	0	0.8104	0
Modal	2	0.822	0	0.8461	0.8104	0.8461
Modal	3	0.733	0.0014	0	0.8118	0.8461
Modal	4	0.316	0.1294	0	0.9412	0.8461
Modal	5	0.267	0	0.1057	0.9412	0.9518
Modal	6	0.248	0.0001	0	0.9413	0.9518
Modal	7	0.161	0.0342	0	0.9756	0.9518
Modal	8	0.143	0	0.0293	0.9756	0.9811
Modal	9	0.132	0.00003881	0	0.9756	0.9811
Modal	10	0.104	0.0151	0	0.9907	0.9811
Modal	11	0.093	0	0.0114	0.9907	0.9925
Modal	12	0.085	0.00001647	0	0.9907	0.9925
Modal	13	0.07	0.0059	0	0.9966	0.9925
Modal	14	0.065	0	0.0048	0.9966	0.9972
Modal	15	0.052	0.0023	0	0.9988	0.9972
Modal	16	0.049	0	0.0019	0.9988	0.9992
Modal	17	0.048	0.0002	0	0.999	0.9992
Modal	18	0.039	0.0009	0	0.9999	0.9992
Modal	19	0.039	0	0.0007	0.9999	0.9999
Modal	20	0.034	0	0.0001	0.9999	1
Modal	21	0.033	0.0001	0	1	1
Modal	22	0.009	0	0	1	1
Modal	23	0.006	0	0	1	1
Modal	24	0.005	0	0	1	1

Tabla 13 Periodo y masa participativa del sistema (Fuente propia)

#### 4.3.2 COEFICIENTE SISMICO

<b>DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO por FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES</b>					
<b>CÁLCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA: C</b>					
$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), C \leq 2.5$	Modo.- Tx =	0.877 seg	↔ C = 1.710 < 2.5		
	Modo.- Ty =	0.822 seg	↔ C = 1.825 < 2.5		
<b>USAR:</b>	Cx =	1.71	; Cy =	1.82	(de ser mayor tomar el valor límite)
<b>EVALUANDO VALOR: C/R ≥ 0.125</b>					
0.214 > 0.125	↔	0.214		Seismic X dir+Ecc	Seismic Y dir+Ecc
0.228 > 0.125	↔	0.228			
<b>COEFICIENTE DEL CORTANTE EN LA BASE =</b>				<b>0.0861</b>	<b>0.0918</b>

Al realizar el cálculo de los coeficientes sísmicos del sistema se obtiene

$$C_x = 0.0861$$

$$C_y = 0.0918$$

#### 4.3.3 PARTICIPACION DE CORTANTE ESTATICO Y CORTANTE DINAMICO

TABLE: StoryForces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX	VY
			tonf	tonf
Story1	SQX-X Max	Top	305.7001	0.0001
Story1	SQX-X Max	Bottom	305.7001	0.0001
Story1	SQY-Y Max	Top	0	335.7702
Story1	SQY-Y Max	Bottom	0	335.7702
Story1	SX	Top	-319.2703	0
Story1	SX	Bottom	-319.2703	0
Story1	SY	Top	0	-358.9474
Story1	SY	Bottom	0	-358.9474

Tabla 14 Cortante actuante estático vs dinámico (Fuente propia)

#### PORCENTAJE PARTICIPATIVO DE LA CORTANTE DINAMICA

RELACION CORTANTE DINAMICO VS ESTATICO		
Vs	X	Y
V Estático	319.27	358.95
V Dinámico	305.70	335.77
FUERZA CORTANTE	95.7%	93.5%

Del cuadro anterior se obtiene que la cortante dinámica en la dirección "X" es el 95.7% de la cortante estática y la cortante en la dirección "Y" es el 93.5%. por lo tanto CUMPLE CON LO FREQUERIDO POR EL RNE EN LA E.030 donde solicita que la cortante dinámica debe ser como mínimo el 80% de la cortante

estática para edificios regulares y 90% para irregulares. Como dicha relación supera al 90% esta no será necesaria escalar, por lo tanto, se procederá con el cálculo normal del sistema.

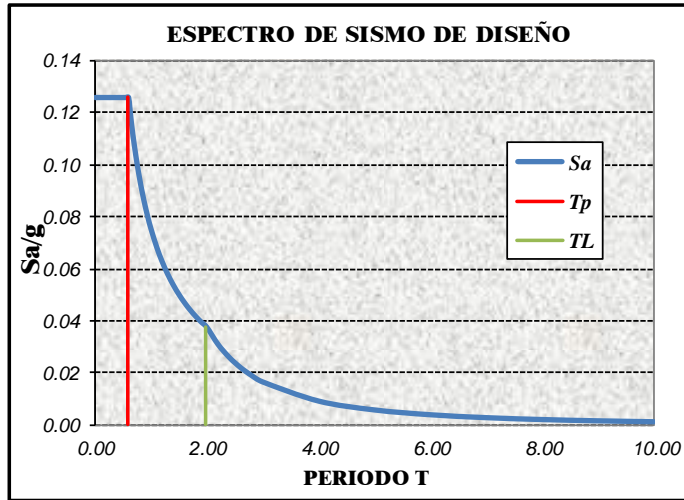
#### 4.4 ANALISIS DINAMICO DEL SISTEMA APORTICADO

Ingreso del espectro de aceleración sísmica al sistema

<b><u>ESPECTRO DE RESPUESTA</u></b> <b><u>Según la Nueva NTE E.030 - 2016</u></b>							
<b>1.- Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)</b>							
Zona : <input style="width: 100px;" type="text" value="3"/>	$Z = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="0.35"/> g						
<b>2.- Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)</b>							
Perfil Tipo : <input style="width: 100px;" type="text" value="S2"/>	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;"><math>S =</math></td> <td style="padding: 2px 5px;"><input style="width: 60px;" type="text" value="1.15"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;"><math>T_p =</math></td> <td style="padding: 2px 5px;"><input style="width: 60px;" type="text" value="0.60"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;"><math>T_L =</math></td> <td style="padding: 2px 5px;"><input style="width: 60px;" type="text" value="2.00"/></td> </tr> </table>	$S =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="1.15"/>	$T_p =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="0.60"/>	$T_L =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="2.00"/>
$S =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="1.15"/>						
$T_p =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="0.60"/>						
$T_L =$	<input style="width: 60px;" type="text" value="2.00"/>						
<b>3.- Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)</b>							
Categoría : <input style="width: 100px;" type="text" value="Común C"/>	$U = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="1.00"/>						
<b>4.- Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)</b>							
Sistema Estructural : <input style="width: 100%; border: 1px solid black;" type="text" value="Concreto Armado: pórticos"/>	$R_0 = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="8"/>						
<b>5.- Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)</b>							
Restricciones : <input style="width: 100%; border: 1px solid black;" type="text" value="No se permiten irregularidades extremas"/>							
<b>6.- Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)</b>							
<b>Tomar en consideración el punto 5 sobre restricciones.</b>							
Irregularidad en Altura, $I_a$ : <input style="width: 100%; border: 1px solid black;" type="text" value="01 Regular"/>	$I_a = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="1.00"/>						
Irregularidad en Planta, $I_p$ : <input style="width: 100%; border: 1px solid black;" type="text" value="01 Regular"/>	$I_p = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="1.00"/> (Para el tipo 03 se debe ingresar el valor manualmente)						
<b>7.- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2014 (3.8)</b>							
$R = R_0 \times I_a \times I_p = $ <input style="width: 100px;" type="text" value="8"/>							

**8.- Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (Sa/g) = (Aceleración Espectral)**

C	T (s)	Sa/g
2.50	0.00	0.1258
2.50	0.02	0.1258
2.50	0.04	0.1258
2.50	0.06	0.1258
2.50	0.08	0.1258
2.50	0.10	0.1258
2.50	0.12	0.1258
2.50	0.14	0.1258
2.50	0.16	0.1258
2.50	0.18	0.1258
2.50	0.20	0.1258
2.50	0.25	0.1258
2.50	0.30	0.1258
2.50	0.35	0.1258
2.50	0.40	0.1258
2.50	0.45	0.1258
2.50	0.50	0.1258
2.50	0.55	0.1258
2.50	0.60	0.1258
2.31	0.65	0.1161
2.14	0.70	0.1078
2.00	0.75	0.1006
1.88	0.80	0.0943
1.76	0.85	0.0888
1.67	0.90	0.0839
1.58	0.95	0.0794
1.50	1.00	0.0755
1.36	1.10	0.0686
1.25	1.20	0.0629
1.15	1.30	0.0581
1.07	1.40	0.0539
1.00	1.50	0.0503
0.94	1.60	0.0472
0.88	1.70	0.0444
0.83	1.80	0.0419
0.79	1.90	0.0397
0.75	2.00	0.0377
0.62	2.20	0.0312
0.52	2.40	0.0262
0.44	2.60	0.0223
0.38	2.80	0.0193
0.33	3.00	0.0168
0.19	4.00	0.0094
0.12	5.00	0.0060
0.08	6.00	0.0042
0.06	7.00	0.0031
0.05	8.00	0.0024
0.04	9.00	0.0019
0.03	10.00	0.0015



**ZONIFICACIÓN ZONAS SÍSMICAS DEL PERÚ**



FACTORES DE ZONA		
SISMICIDAD	ZONA	Z
MUY ALTA	4	0.45
ALTA	3	0.35
MEDIA	2	0.25
BAJA	1	0.10

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO por FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES**

**CÁLCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA: C**

$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), C \leq 2.5$     Modo.- Tx = 0.877 seg ↔ C = 1.710 < 2.5  
 Modo.- Ty = 0.822 seg ↔ C = 1.825 < 2.5

USAR: Cx = 1.71 ; Cy = 1.82 (de ser mayor tomar el valor límite)

**EVALUANDO VALOR: C/R ≥ 0.125**

0.214 > 0.125	↔	0.214
0.228 > 0.125	↔	0.228

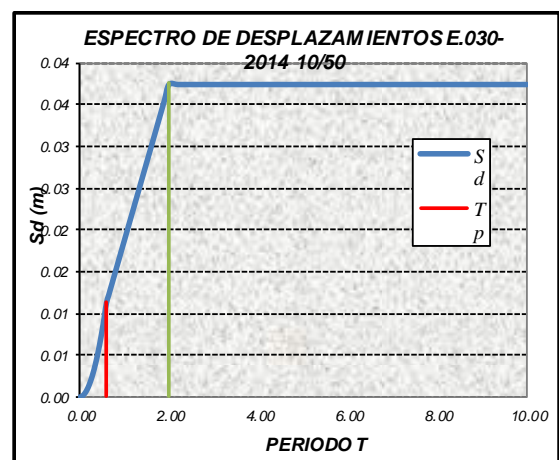
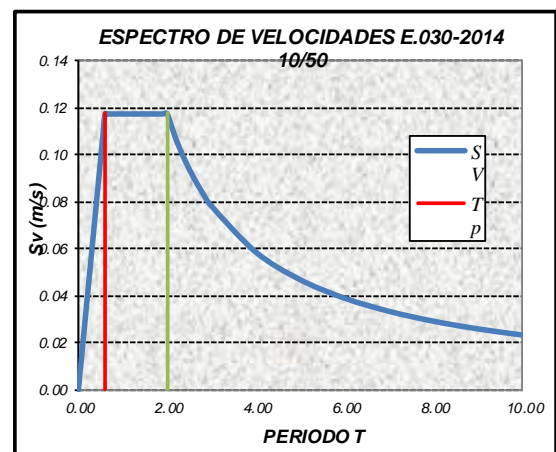
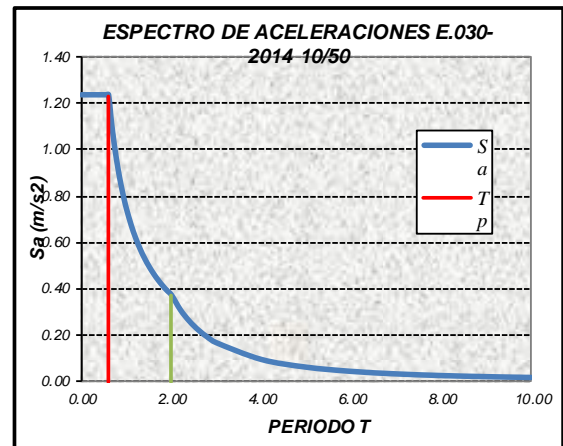
Seismic X dir+Ecc	Seismic Y dir+Ecc
----------------------	----------------------

**COEFICIENTE DEL CORTANTE EN LA BASE = 0.0861    0.0918**



### Cálculo y Gráfico de los Espectros de Aceleraciones, Velocidades y Desplazamientos

Sa (m/s <sup>2</sup> )	Sv (m/s)	Sd (m)
1.23	0.000	0.000
1.23	0.004	0.000
1.23	0.008	0.000
1.23	0.012	0.000
1.23	0.016	0.000
1.23	0.020	0.000
1.23	0.024	0.000
1.23	0.027	0.001
1.23	0.031	0.001
1.23	0.035	0.001
1.23	0.039	0.001
1.23	0.049	0.002
1.23	0.059	0.003
1.23	0.069	0.004
1.23	0.079	0.005
1.23	0.088	0.006
1.23	0.098	0.008
1.23	0.108	0.009
1.23	0.118	0.011
1.14	0.118	0.012
1.06	0.118	0.013
0.99	0.118	0.014
0.93	0.118	0.015
0.87	0.118	0.016
0.82	0.118	0.017
0.78	0.118	0.018
0.74	0.118	0.019
0.67	0.118	0.021
0.62	0.118	0.023
0.57	0.118	0.024
0.53	0.118	0.026
0.49	0.118	0.028
0.46	0.118	0.030
0.44	0.118	0.032
0.41	0.118	0.034
0.39	0.118	0.036
0.37	0.118	0.038
0.31	0.107	0.038
0.26	0.098	0.038
0.22	0.091	0.038
0.19	0.084	0.038
0.16	0.079	0.038
0.09	0.059	0.038
0.06	0.047	0.038
0.04	0.039	0.038
0.03	0.034	0.038
0.02	0.029	0.038
0.02	0.026	0.038
0.01	0.024	0.038





#### 4.4.1 DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS DEL ANALISIS DINAMICO

DISTORSION DE PISOS X-X (DINAMICO)						
			INELASTICA	ELASTICA		
	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	28.007	0.00060086	0.00360514	0.36	0.7
N-7	26	25.904	0.00086	0.00516	0.52	0.7
N-6	22.5	22.894	0.00107057	0.00642343	0.64	0.7
N-5	19	19.147	0.001066	0.006396	0.64	0.7
N-4	15.5	15.416	0.00098429	0.00590571	0.59	0.7
N-3	12	11.971	0.00103629	0.00621771	0.62	0.7
N-2	8.5	8.344	0.00109629	0.00657771	0.66	0.7
N-1	5	4.507	0.0009014	0.0054084	0.54	0.7

Tabla 15 distorsión de entrepisos en el eje x-x(Fuente propia)

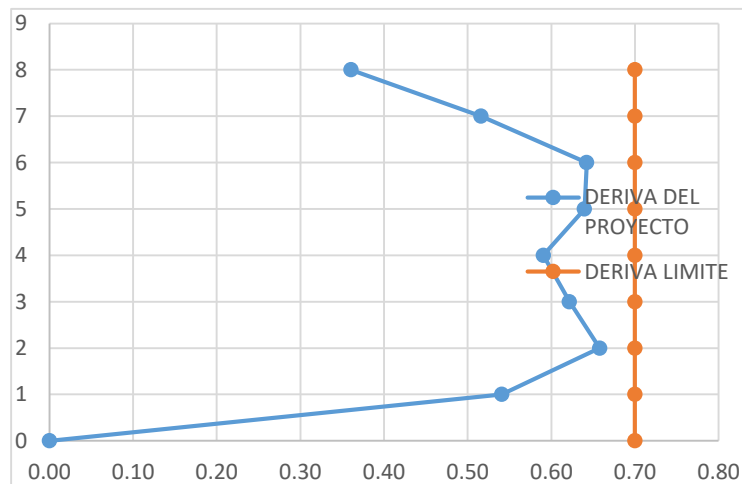


Figura 4 distorsión de entre piso eje x dinámico vs E.030 (Fuente propia)

Las derivas de entrepiso en el eje "X" con lo solicitado en la norma E.030

DISTORSION DE PISOS Y-Y (DINAMICO)						
			INELASTICA	ELASTICA		
	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	24.565	0.000376	0.002256	0.23	0.7
N-7	26	23.249	0.00055771	0.00334629	0.33	0.7
N-6	22.5	21.297	0.00073714	0.00442286	0.44	0.7
N-5	19	18.717	0.00087029	0.00522171	0.52	0.7
N-4	15.5	15.671	0.00096686	0.00580114	0.58	0.7
N-3	12	12.287	0.001056	0.006336	0.63	0.7
N-2	8.5	8.591	0.00111943	0.00671657	0.67	0.7
N-1	5	4.673	0.0009346	0.0056076	0.56	0.7

Tabla 16 distorsión de entrepisos en el eje y-y(Fuente propia)

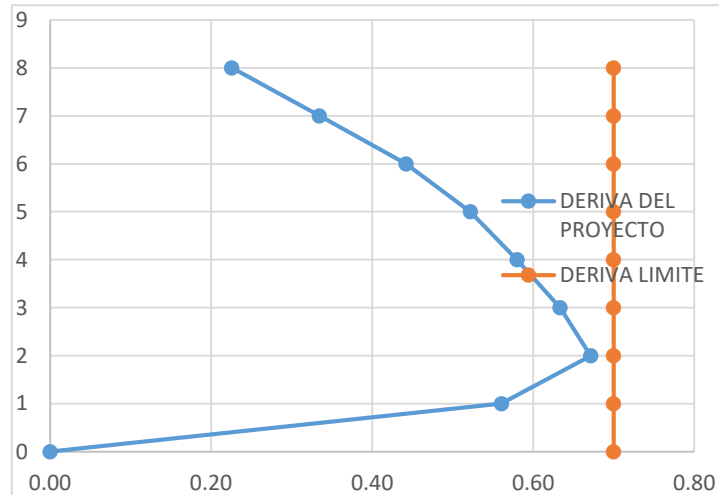


Figura 5 distorsión de entre piso eje "Y" dinámico vs E.030 (Fuente propia)

Las derivas de entrepiso en el eje "Y" con lo solicitado en la norma E.030

La cual solicita que estos sean inferiores a 0.007 O 0.7%

#### 4.4.2 PLANTEAMIENTO DEL ACERO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA APORTICADO

Como nuestro sistema cumple con lo normado por la e.030 solicitamos al programa etabs el cálculo del acero para corroborar los requerimientos mínimos que exige la e.060

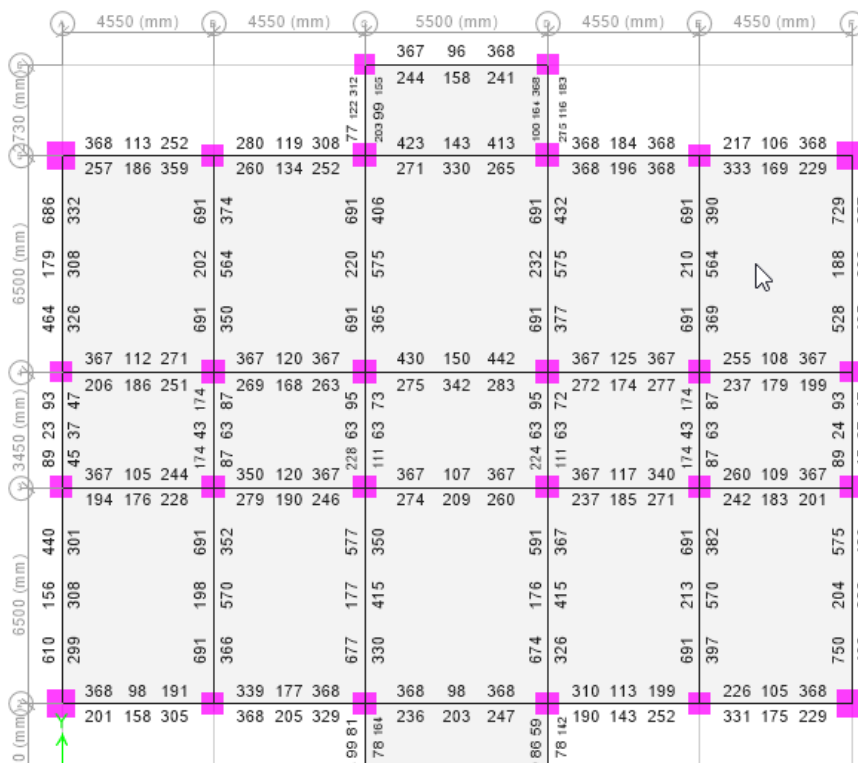


Figura 6 Diseño del acero en planta de los elementos estructurales (Fuente propia)

### Acero en vista de elevación

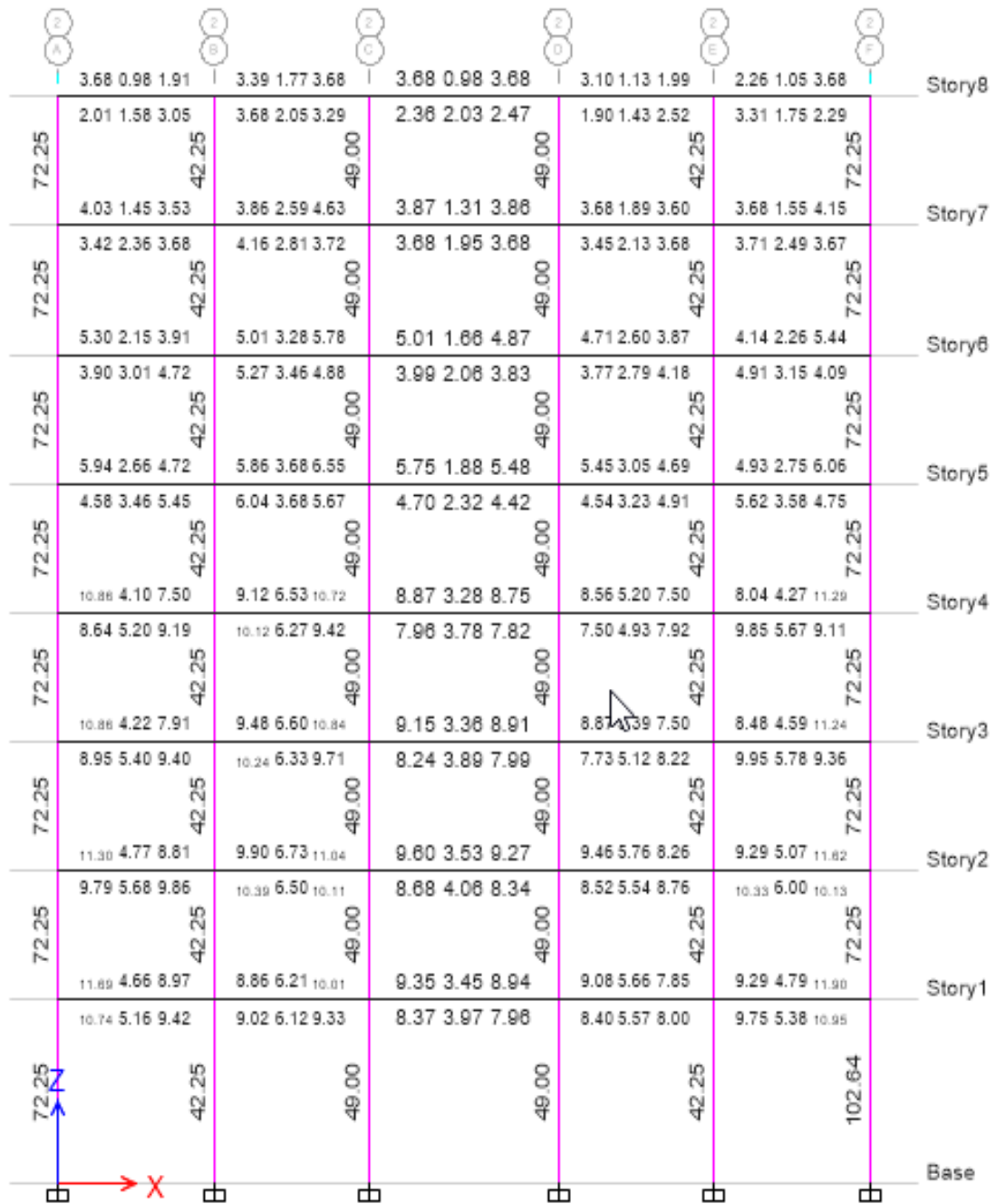


Figura 7Figura 6 Diseño del acero en elevación de los elementos estructurales (Fuente propia)

## Comprobación Del Sistema Calculado Mediante El Diseño Por Capacidad

Los diseños de estos elementos han sido corroborados mediante el diseño por capacidad (columna fuerte viga débil cuya relación es  $< 1.2$  como se muestra en la siguiente figura.)

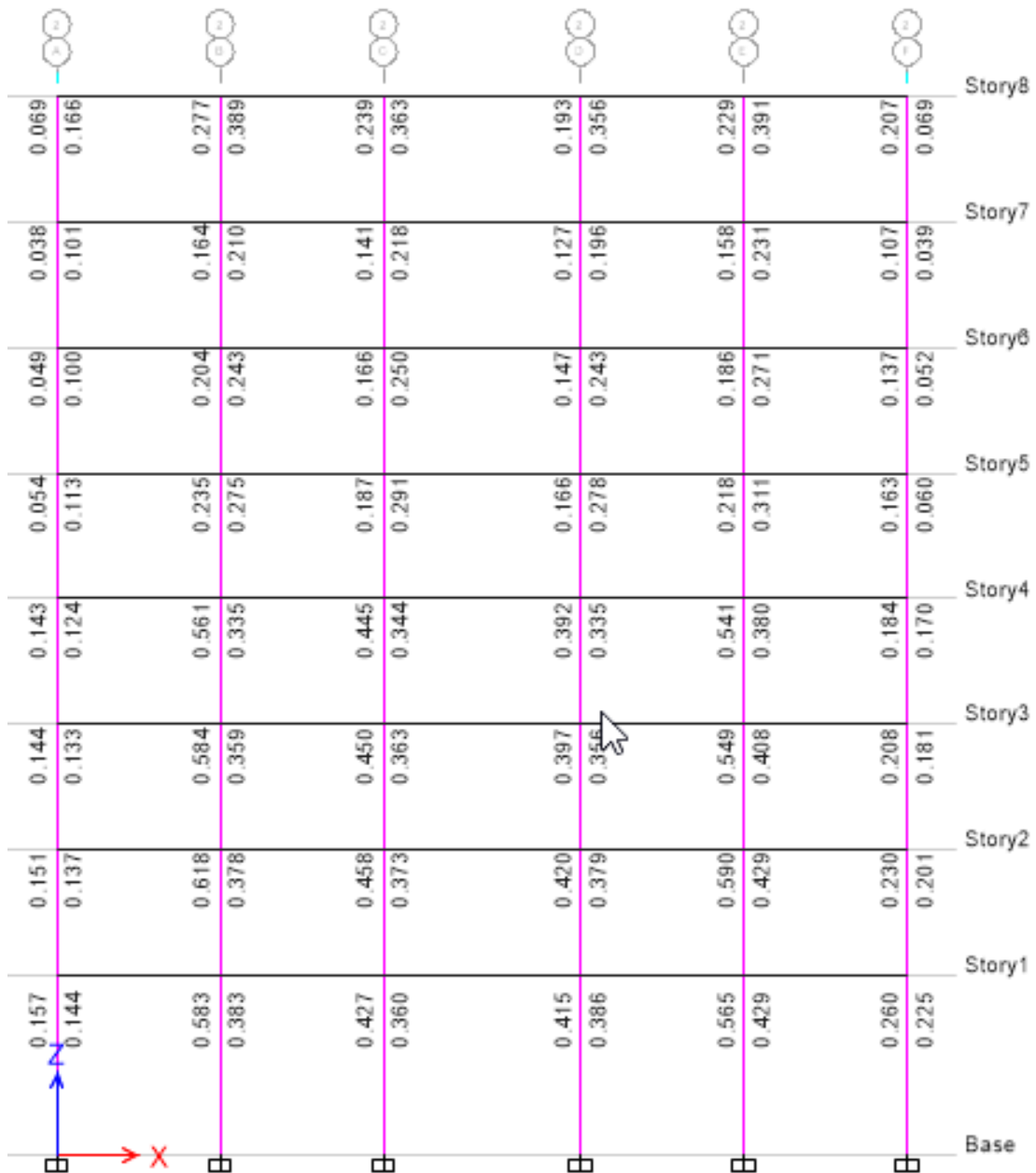


Figura 8 Relación del diseño por capacidad del sistema  $< 1.2$  (fuente propia)

## 4.5 ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL CON R=1

De acuerdo al reglamento E.030 realizaremos el análisis modal espectral con R=1 para poner la edificación en comportamiento no lineal ante un sismo severo, del cual los resultados obtenidos desplazamientos y derivas serán posteriormente contrastadas mediante el análisis tiempo –historia para poder definir el sismo con el cual trabajaremos

# **ESPECTRO DE RESPUESTA**

## **Según la Nueva NTE E.030 - 2016**

### 1.- Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)

Zona :   $Z =$   g

### 2.- Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil Tipo :   $S =$    
 $T_p =$    
 $T_L =$

### 3.- Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)

Categoría :   $U =$

### 4.- Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)

Sistema Estructural :

$R_0 =$

### 5.- Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)

Restricciones :

### 6.- Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)

**Tomar en consideración el punto 5 sobre restricciones.**

Irregularidad en Altura,  $I_a$  :

$I_a =$

Irregularidad en Planta,  $I_p$  :

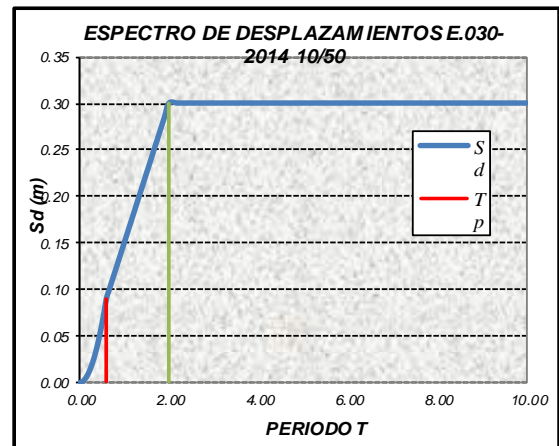
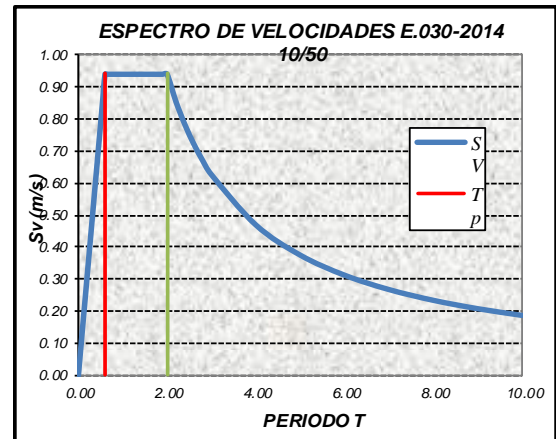
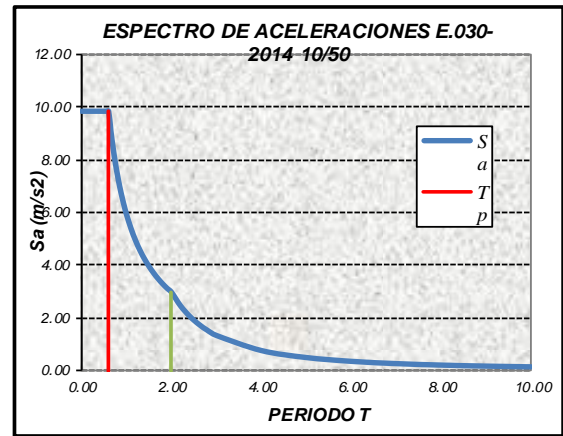
$I_p =$   (Para el tipo 03 se debe ingresar el valor manualmente)

### 7.- Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2014 (3.8)

$R = R_0 \times I_a \times I_p =$

### Cálculo y Gráfico de los Espectros de Aceleraciones, Velocidades y Desplazamientos

Sa (m/s <sup>2</sup> )	Sv (m/s)	Sd (m)
9.87	0.000	0.000
9.87	0.031	0.000
9.87	0.063	0.000
9.87	0.094	0.001
9.87	0.126	0.002
9.87	0.157	0.003
9.87	0.189	0.004
9.87	0.220	0.005
9.87	0.251	0.006
9.87	0.283	0.008
9.87	0.314	0.010
9.87	0.393	0.016
9.87	0.471	0.023
9.87	0.550	0.031
9.87	0.628	0.040
9.87	0.707	0.051
9.87	0.786	0.063
9.87	0.864	0.076
9.87	0.943	0.090
9.11	0.943	0.098
8.46	0.943	0.105
7.90	0.943	0.113
7.40	0.943	0.120
6.97	0.943	0.128
6.58	0.943	0.135
6.23	0.943	0.143
5.92	0.943	0.150
5.38	0.943	0.165
4.94	0.943	0.180
4.56	0.943	0.195
4.23	0.943	0.210
3.95	0.943	0.225
3.70	0.943	0.240
3.48	0.943	0.255
3.29	0.943	0.270
3.12	0.943	0.285
2.96	0.943	0.300
2.45	0.857	0.300
2.06	0.786	0.300
1.75	0.725	0.300
1.51	0.673	0.300
1.32	0.628	0.300
0.74	0.471	0.300
0.47	0.377	0.300
0.33	0.314	0.300
0.24	0.269	0.300
0.19	0.236	0.300
0.15	0.209	0.300
0.12	0.189	0.300



Debido que el diseño inicial cumplía con las derivas de entrepiso inferiores a .007 como solicita la E.030, reemplazaremos el factor  $R=8$  por  $R=1$  como se muestra en el espectro anterior.

#### 4.5.1 DESPLAZAMIENTOS CON $R=1$

Desplazamientos en el eje x-x con  $R=1$

Story	Elevation mm	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story8	29500	Top	195.78	18.465
Story7	26000	Top	181.079	17.419
Story6	22500	Top	160.039	15.832
Story5	19000	Top	133.848	13.728
Story4	15500	Top	107.768	11.367
Story3	12000	Top	83.685	8.886
Story2	8500	Top	58.33	6.194
Story1	5000	Top	31.51	3.324
Base	0	Top	0	0

Tabla 17 desplazamiento de entrepiso en el eje x-x con  $R=1$

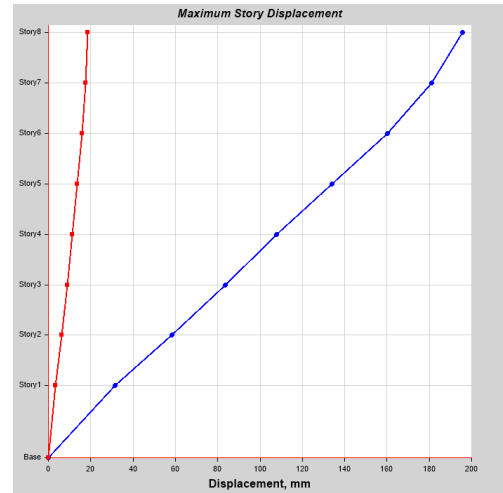


Figura 9 Desplazamientos en el eje x-x con  $R=1$  (Fuente propia)

Desplazamientos en el eje y-y con  $R=1$

Story	Elevation mm	Location	X-Dir mm	Y-Dir mm
Story8	29500	Top	8.44	171.735
Story7	26000	Top	7.99	162.53
Story6	22500	Top	7.292	148.886
Story5	19000	Top	6.354	130.848
Story4	15500	Top	5.288	109.556
Story3	12000	Top	4.156	85.899
Story2	8500	Top	2.917	60.063
Story1	5000	Top	1.579	32.668
Base	0	Top	0	0

Tabla 18 desplazamiento de entrepiso en el eje y-y

Con  $R=1$

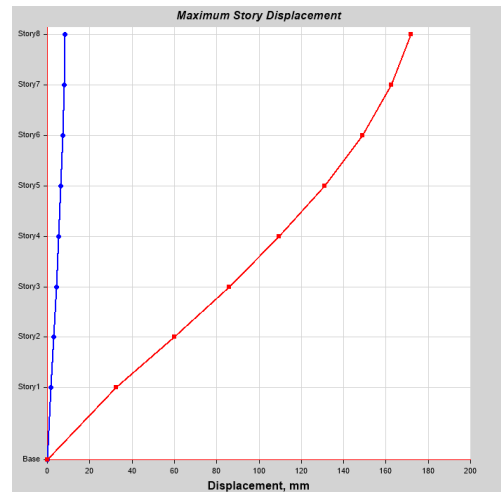


Figura 10 Desplazamientos en el eje y-y con  $R=1$  (Fuente propia)

Una vez hallado los desplazamientos se procede con el cálculo de las derivas de entrepiso del sistema.

#### 4.5.2 DERIVAS DE ENTREPISO CON R=1

Derivas de entrepiso en el eje X-X con R=1

DISTORSION DE PISOS X-X R1						
			INELASTICA	ELASTICA		
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	195.78	0.00420029	0.004200286	0.004	0.7
N-7	26	181.079	0.00601143	0.006011429	0.601	0.7
N-6	22.5	160.039	0.00748314	0.007483143	0.748	0.7
N-5	19	133.848	0.00745143	0.007451429	0.745	0.7
N-4	15.5	107.768	0.00688086	0.006880857	0.688	0.7
N-3	12	83.685	0.00724429	0.007244286	0.724	0.7
N-2	8.5	58.33	0.00766286	0.007662857	0.766	0.7
N-1	5	31.51	0.006302	0.006302	0.630	0.7

Tabla 19 Calculo de derivas de entrepiso eje "x" (Fuente propia)

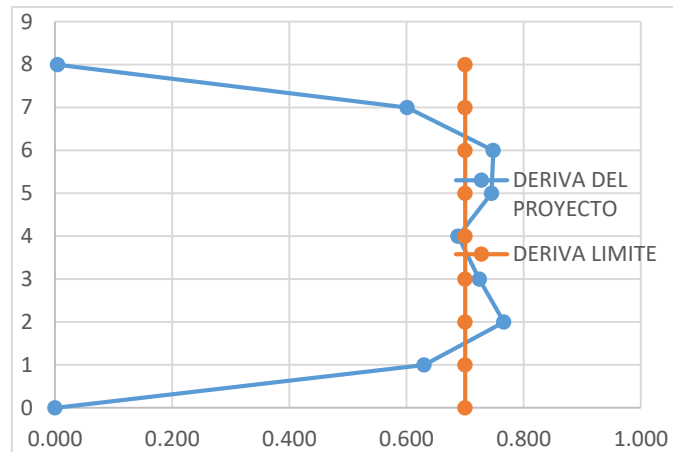


Figura 11 deriva de entrepiso eje "x" R=1 vs E.030 (Fuente propia)

Del cuadro y del gráfico se obtiene el siguiente cuadro.

DESPLAZAMIENTOS CON R=1 EJE X-X			
NIVEL	CASO 1	E.030	OBS
N-8	<b>4.20029E-05</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-7	<b>0.006011429</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-6	<b>0.007483143</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-5	<b>0.007451429</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-4	<b>0.006880857</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-3	<b>0.007244286</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-2	<b>0.007662857</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-1	<b>0.006302</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>

Tabla 20 resumen de derivas de entrepiso del eje "x"



### 4.5.3 Derivas en el eje Y-Y CON R=1.

DISTORSION DE PISOS Y-Y R1						
			INELASTICA	ELASTICA		
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	171.735	0.00263	0.00263	0.263	0.7
N-7	26	162.53	0.00389829	0.00389829	0.390	0.7
N-6	22.5	148.886	0.00515371	0.00515371	0.515	0.7
N-5	19	130.848	0.00608343	0.00608343	0.608	0.7
N-4	15.5	109.556	0.00675914	0.00675914	0.676	0.7
N-3	12	85.899	0.00738171	0.00738171	0.738	0.7
N-2	8.5	60.063	0.00782714	0.00782714	0.783	0.7
N-1	5	32.668	0.0065336	0.0065336	0.653	0.7

Tabla 21 Calculo de derivas de entrepiso eje "y" (Fuente propia)

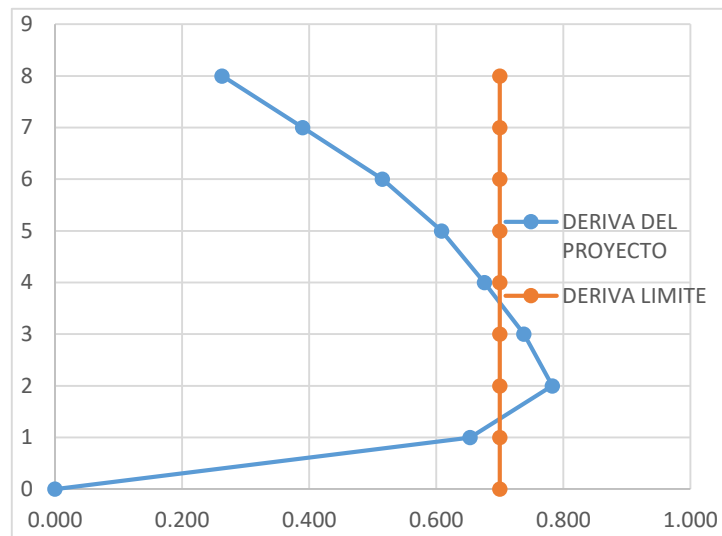


Figura 12 deriva de entrepiso eje "y" R=1 vs E.030 (Fuente propia)

DESPLAZAMIENTOS CON R=1 EJE Y-Y			
NIVEL	CASO 1	E.030	OBS
N-8	<b>0.00263</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-7	<b>0.003898286</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-6	<b>0.005153714</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-5	<b>0.006083429</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-4	<b>0.006759143</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>
N-3	<b>0.007381714</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-2	<b>0.007827143</b>	<b>0.007</b>	<b>NO CUMPLE</b>
N-1	<b>0.0065336</b>	<b>0.007</b>	<b>CUMPLE</b>

Tabla 22 resumen de derivas de entrepiso del eje "y" (Fuente propia)

Se logra apreciar en las tablas que en los ejes x & y no se cumplen los desplazamientos conforme al E.030, por lo que es necesario incrementar o instalar disipadores de fluido viscoso en ambos sentidos de la edificación para de esta manera puedan cumplir los requerimientos para un sismo severo.

En el eje x no cumple desde el N-2 al N-4 mientras tanto en el eje Y no cumple en los niveles N-2 al N-3.

A continuación, se propone una serie de acelerogramas de sismos suscitados en nuestro país de tal manera que podamos obtener uno similar al ejecutado con el  $r=1$  para poder proseguir con el cálculo y diseño del sistema con disipadores sísmicos.

#### 4.6 ANALISIS SISMICO MODAL TIEMPO HISTORIA

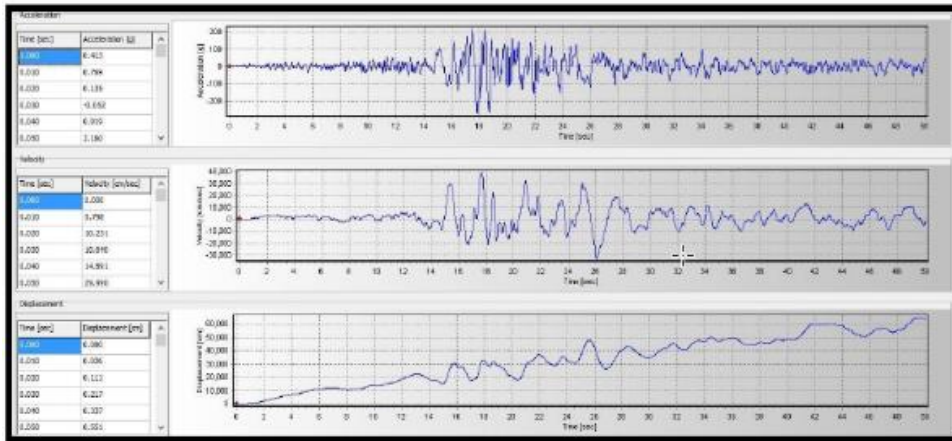
##### 4.6.1 ACELEROGRAMAS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO

Para el análisis tiempo historia se evaluará tres sismos, para poder escalarlos y seleccionar el que más se acerque a los desplazamientos obtenidos con  $R=1$

SISMO	UBICACIÓN DE LA ESTACION	NOMBRE DE ARCHIVO
15 de Agosto del 2007	Universidad Nacional San Luis Gonzaga (ICA)	ICA2_0708151840
3 de Octubre de 1974	Parque de la reserva (LIMA)	PRQ-7410030921
17 de Octubre de 1966	Parque de la reserva I (LIMA)	PRQ_6610171641F

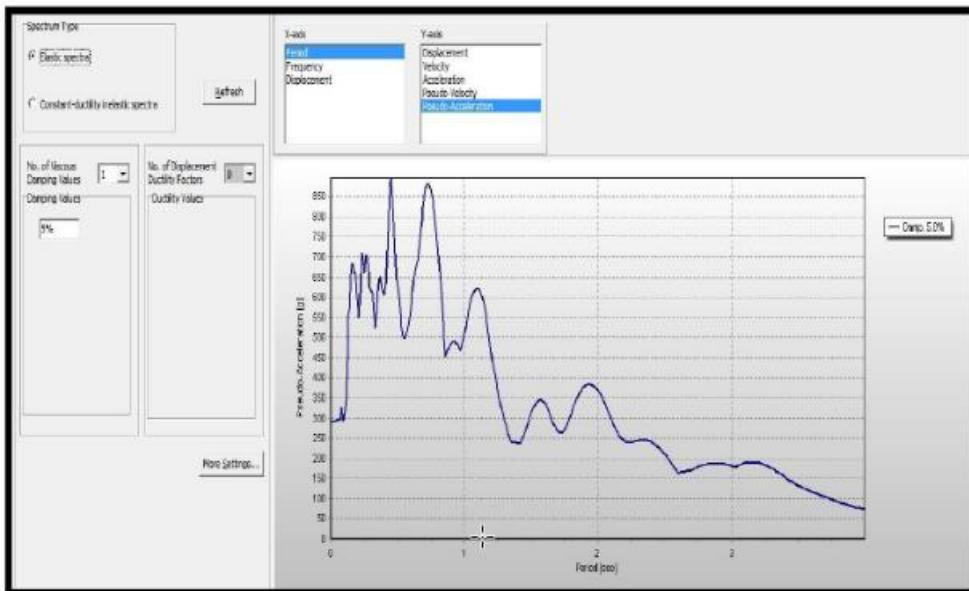
Estacion acelerometrica	Fecha	Componentes	Aceleración maxima (cm/seg <sup>2</sup> )	Duración (Seg)
Ica	15 de Agosto 2007	N - S	334.1	218.06
		E - W	-272.2	
Lima	3 de Octubre de 1974	N - S	179	97.96
		E - W	-192.5	
Lima	17 de Octubre de 1966	N - S	-269.34	197.64
		E - W	-180.59	

Cuadro 4 lista de sismos para evaluar sistema.

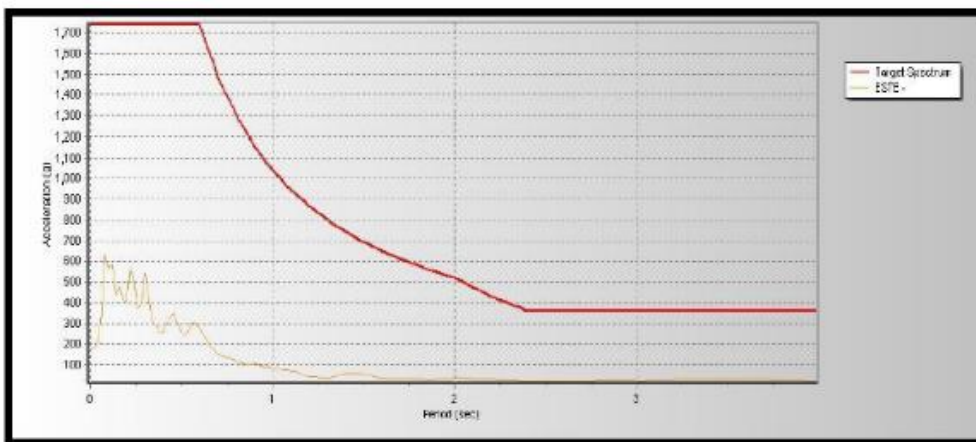


Cuadro 5 proceso de escalado en el seismo Signal (fuente propia)

Se muestra el proceso de escalamiento de los sismos seleccionados



## ESCALAMIENTO DE ACELEROGRAMAS



Cuadro 6 registros sísmicos escalados en el Seismo Match.

## NUEVAS ACELERACIONES MAXIMAS

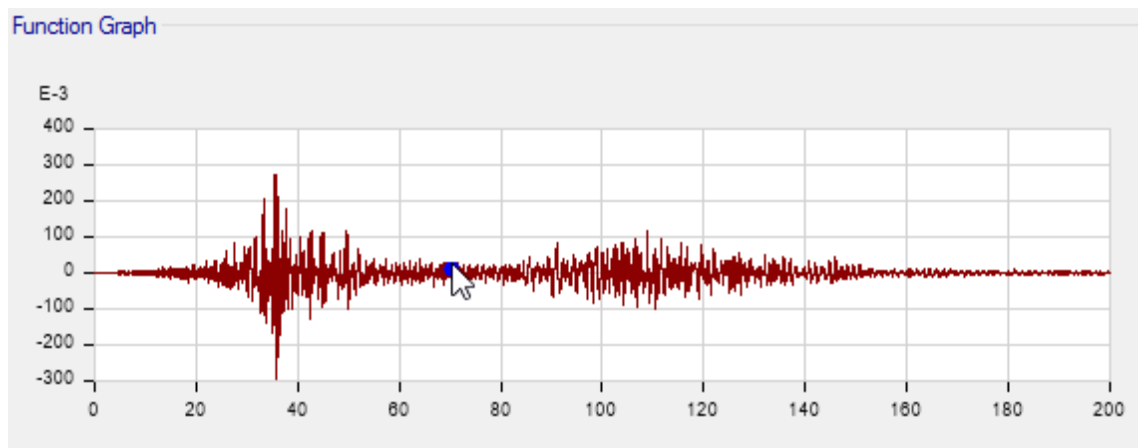
Estacion acelerometrica	Fecha	Componentes	Aceleración maxima (cm/seg <sup>2</sup> )	Duración (Seg)
Ica	15 de Agosto 2007	N - S	689.697	218.06
		E - W	-791.36	
Lima	3 de Octubre de 1974	N - S	822.145	97.96
		E - W	-747.285	
Lima	17 de Octubre de 1966	N - S	-820.889	197.64
		E - W	-671.003	

Cuadro 7 Aceleraciones máximas de registro escalado

(fuente propia)

### 4.6.2 ANALISIS SISMICO MODAL TIEMPO HISTORIA

Se realiza el análisis tiempo historia de nuestro sistema para poder obtener los periodos, participación de la masa, desplazamientos y distorsiones.



Cuadro 8 sismo Lima 66 escalado

#### 4.6.3 ANALISIS SISMICO TIEMPO-HISTORIA LINEAL

Al ingresar los datos de los sismos elegidos y escalados se obtiene las derivas que a continuación se muestran.

#### SISMO ICA 2007

DISTORSION DE PISOS X-X SISMO ICA 2007						
			INELASTICA	ELASTICA		
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	707.139	0.01104543	0.011045429	0.011	0.7
N-7	26	668.48	0.01644914	0.016449143	1.645	0.7
N-6	22.5	610.908	0.02217543	0.022175429	2.218	0.7
N-5	19	533.294	0.02704457	0.027044571	2.704	0.7
N-4	15.5	438.638	0.030676	0.030676	3.068	0.7
N-3	12	331.272	0.03254457	0.032544571	3.254	0.7
N-2	8.5	217.366	0.03186914	0.031869143	3.187	0.7
N-1	5	105.824	0.0211648	0.0211648	2.116	0.7

Tabla 23 Deriva en el eje "x" del sismo Ica 2007 (Fuente propia)

DISTORSION DE PISOS Y-Y SISMO ICA 2007						
			INELASTICA	ELASTICA		
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	445.925	0.00681429	0.00681429	0.681	0.7
N-7	26	422.075	0.00993114	0.00993114	0.993	0.7
N-6	22.5	387.316	0.01316314	0.01316314	1.316	0.7
N-5	19	341.245	0.01600343	0.01600343	1.600	0.7
N-4	15.5	285.233	0.01823943	0.01823943	1.824	0.7
N-3	12	221.395	0.01971314	0.01971314	1.971	0.7
N-2	8.5	152.399	0.02036543	0.02036543	2.037	0.7
N-1	5	81.12	0.016224	0.016224	1.622	0.7

Tabla 24 Deriva en el eje "y" del sismo Ica 2007 (Fuente propia)

## SISMO LIMA 66

DISTORSION DE PISOS X-X LIMA 66 CASO1						
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	INELASTICA		ELASTICA	
			DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	44	0.00113343	0.001133429	0.001	0.7
N-7	26	40.033	0.00164914	0.001649143	0.165	0.7
N-6	22.5	34.261	0.00203429	0.002034286	0.203	0.7
N-5	19	27.141	0.00183771	0.001837714	0.184	0.7
N-4	15.5	20.709	0.00131343	0.001313429	0.131	0.7
N-3	12	16.112	0.00136886	0.001368857	0.137	0.7
N-2	8.5	11.321	0.001468	0.001468	0.147	0.7
N-1	5	6.183	0.0012366	0.0012366	0.124	0.7

Tabla 25 Deriva en el eje "x" del sismo Lima 66 (Fuente propia)

## EJE Y-Y

DISTORSION DE PISOS Y-Y SISMO LIMA 66						
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA		DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
			INELASTICA $\Delta$	ELASTICA $\Delta$		
N-8	29.5	25.704	0.00058543	0.00058543	0.059	0.7
N-7	26	23.655	0.00054057	0.00054057	0.054	0.7
N-6	22.5	21.763	0.000676	0.000676	0.068	0.7
N-5	19	19.397	0.00085057	0.00085057	0.085	0.7
N-4	15.5	16.42	0.000956	0.000956	0.096	0.7
N-3	12	13.074	0.00107029	0.00107029	0.107	0.7
N-2	8.5	9.328	0.00118743	0.00118743	0.119	0.7
N-1	5	5.172	0.0010344	0.0010344	0.103	0.7

Tabla 26 Deriva en el eje "y" del sismo Lima 66 (Fuente propia)

## SISMO LIMA 70 CASO I

DISTORSION DE PISOS SISMO LIMA 70 X-X						
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA INELASTICA $\Delta$	DERIVA ELASTICA $\Delta$	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	182.855	0.00475	0.00475	0.005	0.7
N-7	26	166.23	0.00656571	0.006565714	0.657	0.7
N-6	22.5	143.25	0.00772343	0.007723429	0.772	0.7
N-5	19	116.218	0.00716543	0.007165429	0.717	0.7
N-4	15.5	91.139	0.00620629	0.006206286	0.621	0.7
N-3	12	69.417	0.00609543	0.006095429	0.610	0.7
N-2	8.5	48.083	0.006146	0.006146	0.615	0.7
N-1	5	26.572	0.0053144	0.0053144	0.531	0.7

Tabla 27 Deriva en el eje "x" del sismo Lima 70 (Fuente propia)

DISTORSION DE PISOS SISMO LIMA 70 Y-Y						
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	INELASTICA	ELASTICA	DERIVA‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
			DERIVA INELASTICA $\Delta$	DERIVA ELASTICA $\Delta$		
N-8	29.5	251.944	0.00337057	0.00337057	0.337	0.7
N-7	26	240.147	0.00492571	0.00492571	0.493	0.7
N-6	22.5	222.907	0.00661086	0.00661086	0.661	0.7
N-5	19	199.769	0.00816743	0.00816743	0.817	0.7
N-4	15.5	171.183	0.00976257	0.00976257	0.976	0.7
N-3	12	137.014	0.01142514	0.01142514	1.143	0.7
N-2	8.5	97.026	0.012564	0.012564	1.256	0.7
N-1	5	53.052	0.0106104	0.0106104	1.061	0.7

Tabla 28 Deriva en el eje "y" del sismo Lima 70 (Fuente propia)

#### 4.6.4 RESUMEN DE CONTROL DE DERIVAS

Tabla 29 Resumen de desplazamientos en el eje x-x (Fuente propia)

ANALISIS TIEMPO HISTORIA EN X-X									
SISMO ICA 2007		SISMO LIMA 66		SISMO LIMA 74		SISMO MOYOBAMBA		SISMO LIMA 70	
CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II
0.011	0.009	0.001	0.001	0.001	0.000	0.010	0.010	0.005	0.003
1.645	1.408	0.165	0.137	0.187	0.052	1.566	1.460	0.657	0.498
2.218	1.913	0.203	0.114	0.174	0.053	2.136	2.013	0.772	0.709
2.704	2.363	0.184	0.076	0.164	0.073	2.611	2.527	0.717	0.774
3.068	2.707	0.131	0.062	0.176	0.100	2.943	2.945	0.621	0.807
3.254	2.905	0.137	0.089	0.198	0.121	3.109	3.208	0.610	0.925
3.187	2.873	0.147	0.110	0.206	0.128	3.049	3.210	0.615	1.029
2.116	1.916	0.124	0.095	0.161	0.089	2.027	2.164	0.531	0.872
ANALISIS TIEMPO HISTORIA EN Y-Y									
SISMO ICA 2007		SISMO LIMA 66		SISMO LIMA 74		SISMO MOYOBAMBA		SISMO LIMA 70	
CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II
0.681	0.535	0.059	0.087	0.051	0.067	0.645	0.799	0.337	0.390
0.993	0.778	0.054	0.121	0.075	0.099	0.939	1.151	0.493	0.565
1.316	1.028	0.068	0.135	0.081	0.131	1.247	1.505	0.661	0.761
1.600	1.247	0.085	0.134	0.062	0.159	1.524	1.813	0.817	0.875
1.824	1.421	0.096	0.136	0.076	0.182	1.755	2.057	0.976	0.910
1.971	1.540	0.107	0.145	0.092	0.201	1.925	2.233	1.143	0.945
2.037	1.601	0.119	0.154	0.104	0.214	2.025	2.338	1.256	0.933
1.622	1.286	0.103	0.127	0.089	0.175	1.642	1.894	1.061	0.741

Tabla 30 Resumen de desplazamientos en el eje y-y (Fuente propia)



Relación De Las Derivas Calculadas Frente A Las Derivas Con R=1. La relación entre los resultados de las derivas del análisis tiempo historia vs las derivas del análisis dinámico espectral con R=1 debe estar entre los valores de 0.8 -1.5, así mismo se elegirá el caso que tenga mayor similitud al del desplazamiento dinámico modal –espectral con R=1.

ANALISIS TIEMPO HISTORIA EN X-X RELACION DE DERIVAS									
SISMO ICA 2007		SISMO LIMA 66		SISMO LIMA 74		SISMO MOYOBAMBA		SISMO LIMA 70	
CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II	CASO I	CASO II
2.630	2.245	0.270	0.250	0.329	0.080	2.481	2.307	1.131	0.726
2.736	2.342	0.274	0.228	0.310	0.087	2.605	2.429	1.092	0.829
2.963	2.557	0.272	0.153	0.233	0.071	2.854	2.690	1.032	0.948
3.629	3.171	0.247	0.102	0.220	0.098	3.504	3.391	0.962	1.039
4.458	3.935	0.191	0.090	0.256	0.145	4.277	4.280	0.902	1.173
4.492	4.010	0.189	0.123	0.273	0.167	4.292	4.429	0.841	1.277
4.159	3.749	0.192	0.143	0.269	0.166	3.978	4.189	0.802	1.343
3.358	3.041	0.196	0.151	0.256	0.141	3.217	3.434	0.843	1.384

Tabla 31 cociente de la relación deriva con R=1 vs sismo propuestos (Fuente propia)

Del cuadro se observa que el espectro que cumple con lo solicitado es el de sismo Lima 70, ya que sus valores oscilan entre 0.8-1.5, por lo que se usara este espectro para los posteriores cálculos.

## 4.7 DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

### 4.7.1 Nivel de amenaza sísmica

Según el comité VISION2000, los movimientos sísmicos de diseño son expresados en intervalos de ocurrencia y en función a la probabilidad de excedencia, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 32 Niveles de movimiento sísmico de diseño

Movimiento sísmico de diseño	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia (%)
Sismos frecuentes	43	50% en 30 años
Sismos ocasionales	72	50% en 50 años
<b>Sismos raros</b>	<b>475</b>	<b>10% en 50 años</b>
Sismos muy raros	970	10% en 100 años

Fuente: SEAOC comité Visión 2000, 1995

#### 4.7.2 Nivel de desempeño

El nivel de desempeño que mostrara una edificación ante solicitaciones sísmicas describe un estado límite de daño, ya que representa una condición en función a posibles daños estructurales que pueda sufrir la edificación, el riesgo de sus ocupantes, y la funcionalidad del edificio.

El comité VISION 2000 SEAOC brinda cinco niveles de desempeño en función al daño tolerable.

*Tabla 33 Niveles de desempeño de una edificación.*

NIVEL DE DESEMPEÑO	DESCRIPCIÓN
Totalmente operacional	El daño es despreciable o nulo, la edificación permanece segura y estable para sus ocupantes. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando servicio.
Funcional	Daños leves en elementos estructurales. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones funcionan con normalidad. Se requiere algunas reparaciones menores.
<b>Resguardo de vida</b>	<b>Daño moderado en elementos estructurales, no estructurales y contenido en la edificación. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones quedan fuera de servicio. El edificio requerirá reparaciones importantes.</b>
Próximo al colapso	Daños severos en elementos estructurales. Gran degradación de la rigidez lateral y capacidad resistente del sistema. Inseguridad para los ocupantes y el costo de reparación puede ser no factible económicamente.
Colapso	Pérdida parcial o total del soporte, colapso parcial o total de la estructura. No es posible la reparación.

*Fuente: SEAOC comité Visión 2000, 1995*

#### DERIVA DE OBJETIVO

Se entiende por deriva de objetivo al valor máximo que se requiere para que nuestra estructura pueda cumplir con el reglamento E.030, para poder estar dentro lo normado. Este valor se puede asumir por las tablas de daño-derivadas brindada por la metodología Hazus en función al daño para esta tesis se asumirá un valor de deriva objetivo máximo de 22.02 m para el eje "x" y 22.53 para el eje "y"  $\times 0.006$ .

#### 4.7.3 IMPLEMENTACION DE DISIPADORES PARA EL EJE X-X FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA (B).

LA medida mayor que se tomara del siguiente cuadro e la referencia para proceder con el cálculo.

CASO 2	
X	Y
22.0293	22.5333
20.9621	21.1672
19.2183	19.1884
16.7354	16.5237
14.0261	13.462
11.2007	10.2777
7.9627	6.9717
4.3601	3.7066

Tabla 34 Desplazamiento máximo el sismo de Lima 70

$$B_x = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

$$B_x = \frac{22.02}{14.0} = 1.83$$

#### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO ( $B_{eff}$ )

$$B_x = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{effx})}$$

$$1.83 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{effx})}$$

$$B_{effx} = 36.53\%$$

#### AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

$$B_H = B_{eff} - 5\%$$

$$B_H = 36.53\% - 5\%$$

$$B_H = 31.53\%$$

## RIGIDEZ DE BRAZO METALICO

Tabla 35 Rigidez del brazo metálico

Dimensiones ROUND HSS 20.00 x 0.375				
D ext.(in)	D int. (in)	Espesor (in)	Área (in <sup>2</sup> )	Inercia (in <sup>4</sup> )
20.00	19.65	0.349	21.5	1040

Fuente: AISC Steel construcción

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

Dónde:

E = Modulo de elasticidad del acero 29000 ksi = 20.4 x 10<sup>6</sup> Tn/m<sup>2</sup>

A = Área de la sección transversal del perfil 21.5 in<sup>2</sup> = 138.71 x 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>

L = Longitud del brazo metálico.

La longitud del brazo metálico se considera en su totalidad incluyendo el disipador, para la presente tesis se tendrá la disposición Diagonal, la cual consta de un brazo por pórtico.

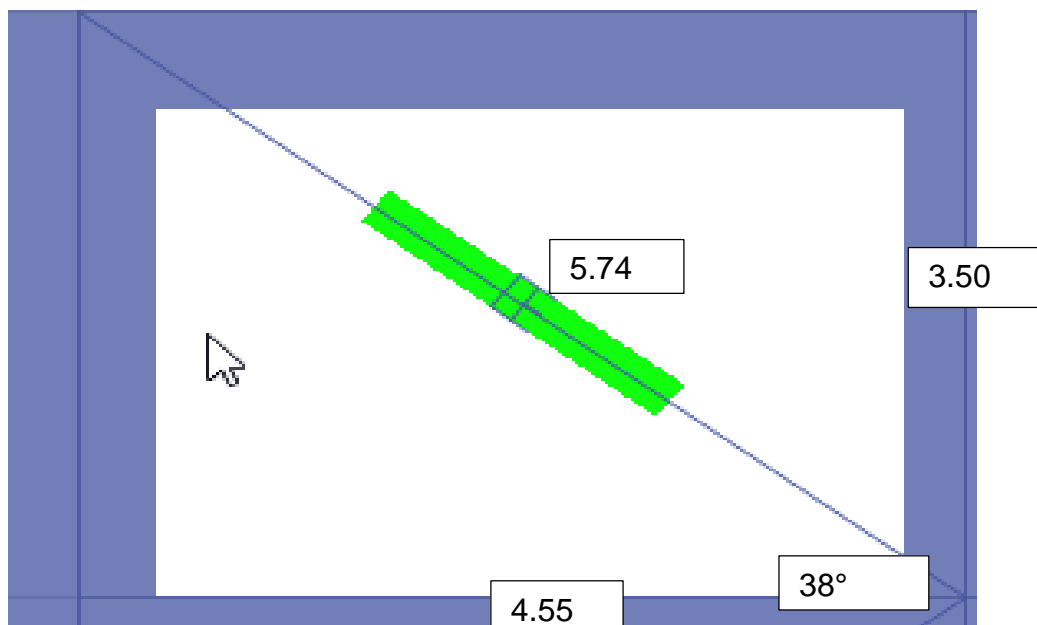


Figura 13 Distribución de disipadores en diagonal en pórticos

Entonces para el eje X-X:

$$K_x = \frac{20.4 \times 10^6 * 138.71 \times 10^{-4}}{5.74}$$

$$K_x = 49263.08774$$

## EXPONENTE DE VELOCIDAD

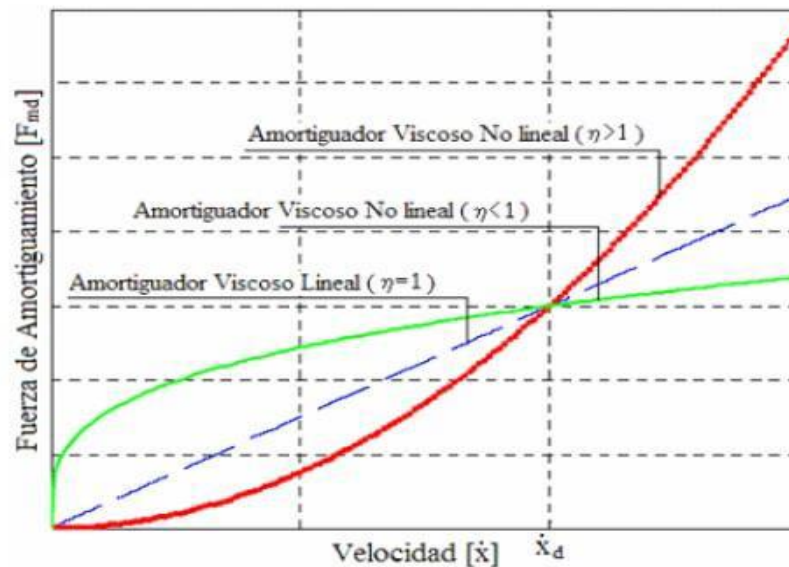


Figura 14 Relación Velocidad VS Fuerza de disipador

$$\alpha = 0.50$$

## COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO NO LINEAL

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

Dónde:

$\beta_H$  : Amortiguamiento viscoso de la estructura

$C_j$  : Coeficiente de amortiguamiento del

disipador  $j$   $m_i$  : Masa del nivel  $i$

$\theta_j$  : Ángulo de inclinación del disipador  $j$

$\phi_i$  : Desplazamiento modal en el nivel  $i$  (correspondiente al primer modo de vibración)

$\phi_{rj}$  : Desplazamiento relativo normalizado del primer modo.

$A$  : Amplitud del desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal del ultimo nivel (D/B))

$\alpha$  : Exponente de velocidad

$\omega$  : Frecuencia angular

$\lambda$ : Parámetro lambda

Se procede a ordenar y extraer los valores que formaran parte de la ecuación de cálculo del coeficiente de amortiguamiento:

#### CALCULO DE LA AMPLITUD

$$A = \frac{D}{B}$$
$$A = \frac{22.02}{1.83} = 12$$

#### FRECUENCIA ANGULAR

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$
$$w = \frac{2\pi}{0.877} = 6.763 \text{ Rad/seg}$$

#### MASA Y PESO SISMICO

Tabla 36 MASA Y PESO DEL SISTEMA (fuente propia)

NIVEL	PESO	MASA
8	417.534299	42.56211
7	478.442431	48.77089
6	478.442431	48.77089
5	478.442431	48.77089
4	478.442431	48.77089
3	478.442431	48.77089
2	478.442431	48.77089
1	504.545958	51.4318

#### DESPLAZAMIENTO DEL MODO 1 EN EL PORTICO

Tabla 37 Desplazamiento de modo 1 del pórtico (fuente propia)

NIVEL	$\Phi_i$
8	0.0230
7	0.0220
6	0.0210
5	0.0180
4	0.0150
3	0.0120
2	0.0080
1	0.0040

DESPLAZAMIENTO RELATIVO NORMALIZADO DEL PRIMER MODO.

NIVEL	$\Phi_i$	$\Phi_{i+1}$	$\Phi_{rj}$ ( $\Phi_i - \Phi_{i+1}$ )
8	0.0230		
7	0.0220	0.0220	0.0010
6	0.0210	0.0210	0.0010
5	0.0180	0.0180	0.0030
4	0.0150	0.0150	0.0030
3	0.0120	0.0120	0.0030
2	0.0080	0.0080	0.0040
1	0.0040	0.0040	0.0040

Tabla 38 Desplazamientos normalizados (fuente propia)

Parámetro  $\lambda$

Como se conoce se tiene un factor  $\alpha=0.5$  para disipadores viscosos no lineales, para lo cual la norma FEMA 274 nos brinda una tabla tabulada, en la cual para dicho factor le corresponde una lambda de 3.5.

Exponente $\alpha$	Parámetro $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0

Tabla 39 Valores de alfa y lambda (fuente FEMA 274)

NIVEL	PESO	MASA	θ	COSEθ	Φi	Φi+1	Φrj (Φi-Φi+1)	cosθ <sup>1+α</sup> * Φrj <sup>1+α</sup>	m * Φi <sup>2</sup>
8	399.993627	40.77407	38	0.78801075	0.026			0	0.0276
7	458.141519	46.70148	38	0.78801075	0.024	0.0240	0.0020	6.25667E-05	0.0269
6	458.141519	46.70148	38	0.78801075	0.021	0.0210	0.0030	0.000114942	0.0206
5	458.141519	46.70148	38	0.78801075	0.018	0.0180	0.0030	0.000114942	0.0151
4	477.515484	48.6764	38	0.78801075	0.014	0.0140	0.0040	0.000176965	0.0095
3	477.515484	48.6764	38	0.78801075	0.011	0.0110	0.0030	0.000114942	0.0059
2	477.515484	48.6764	38	0.78801075	0.008	0.0080	0.0030	0.000114942	0.0031
1	502.436023	51.21672	38	0.78801075	0.004	0.0040	0.0040	0.000176965	0.0008
BASE									
							SUMATORIA	0.000876267	0.1096

Tabla 40 Calculo para hallar el coeficiente de amortiguamiento no lineal en el "x"

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_H \times 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\Sigma_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\Sigma \phi^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta)_j}$$

$$\Sigma C_j = 3960.41 \text{ tn.} \frac{s}{m}$$



Considerando 4 disipadores por piso EN EL EJE X, se calcula el coeficiente de amortiguamiento no lineal unitario.

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{3960.41}{4} = 976.58 \text{tn.} \frac{s}{m}$$

Se instalará 4 disipadores diagonales por piso

Figura 15 introducción de los valores de los disipadores en el Etabs (fuente propia).

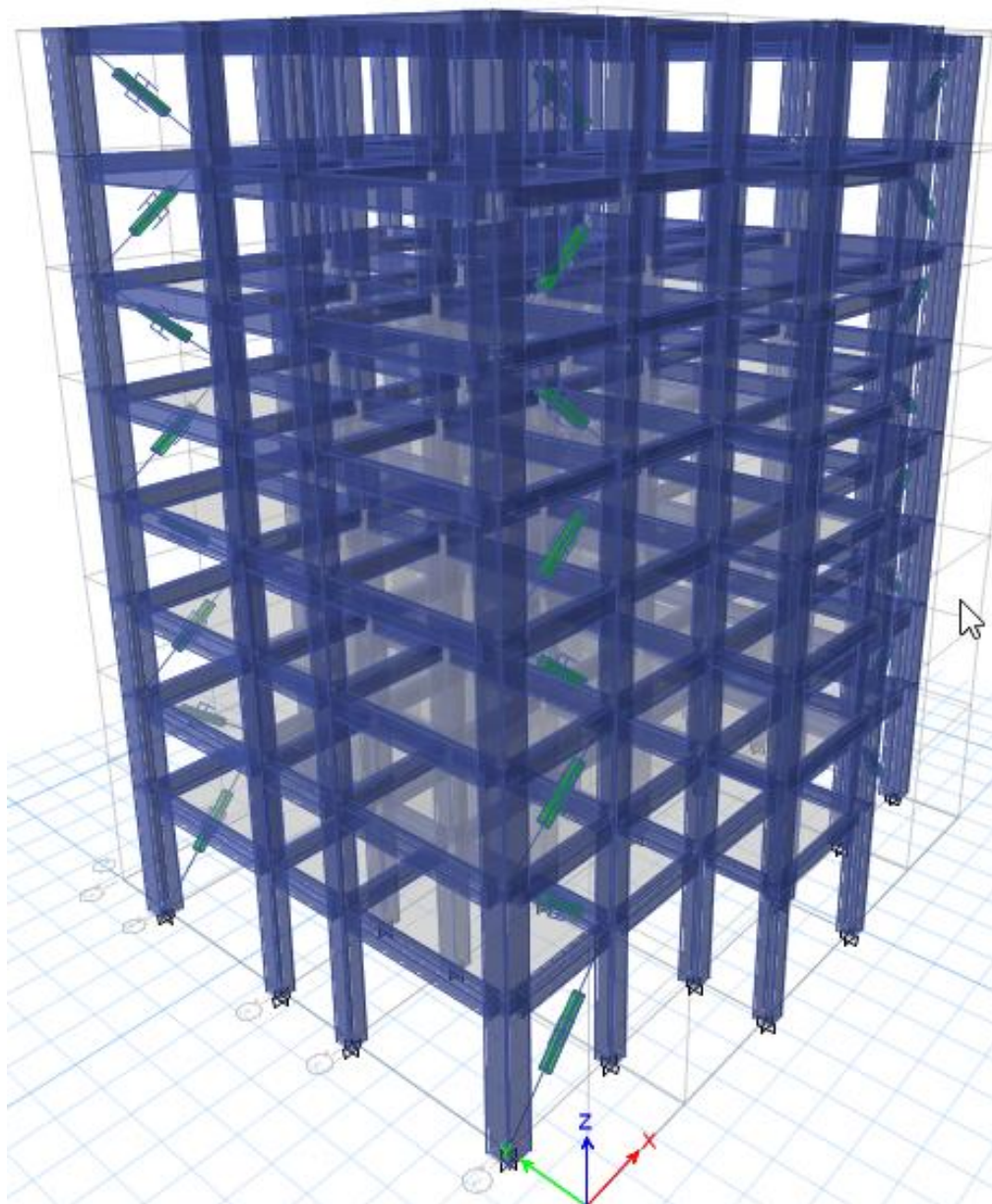
En x-x

$$k = 49263.08$$

$$C_j = 976.58$$

$$\alpha = 0.5$$

## IMPLEMENTACION DE LOS DISIPADORES EN EL SISTEMA EJE X-X



Una vez instalado los disipadores en el sistema se procede con la ejecución del programa para analizar los resultados obtenidos, desplazamientos, cortantes y obtenidos.

## Desplazamientos del sistema con disipadores

DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA CON DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS						
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	X-Dir Min	Y-Dir Min
	m		mm	mm	mm	mm
Story8	29.5	Top	80.388	4.377	-67.956	-0.878
Story7	26	Top	76.163	4.119	-65.24	-0.849
Story6	22.5	Top	71.435	3.802	-60.527	-0.793
Story5	19	Top	64.337	3.407	-53.279	-0.714
Story4	15.5	Top	55.603	2.886	-44.562	-0.625
Story3	12	Top	45.484	2.343	-35.206	-0.52
Story2	8.5	Top	33.065	1.681	-24.941	-0.39
Story1	5	Top	18.558	0.957	-13.683	-0.216
Base	0	Top	0	0	0	0

Tabla 41 Desplazamiento del sistema con disipadores sísmicos en el eje "x"(Fuente propia)

## Derivas del sistema con disipadores viscosos

DISTORSION DE PISOS SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES SISMICOS						
		ELASTICA		INELASTICA		
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	DERIVA $\Delta$	DERIVA $\Delta$	DERIVA ‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
N-8	29.5	80.388	0.00120714	0.001207143	0.12	0.7
N-7	26	76.163	0.00135086	0.001350857	0.14	0.7
N-6	22.5	71.435	0.002028	0.002028	0.20	0.7
N-5	19	64.337	0.00249543	0.002495429	0.25	0.7
N-4	15.5	55.603	0.00289114	0.002891143	0.29	0.7
N-3	12	45.484	0.00354829	0.003548286	0.35	0.7
N-2	8.5	33.065	0.00414486	0.004144857	0.41	0.7
N-1	5	18.558	0.0037116	0.0037116	0.37	0.7

Tabla 42 Derivas de entrepiso en el eje x-x (Fuente propia)

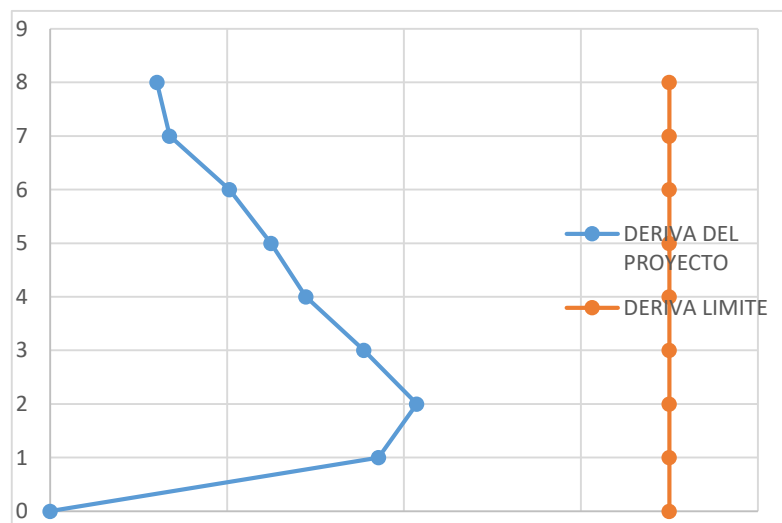


Figura 16 derivas de entrepiso con disipadores sísmicos (fuente propia)

RESUMEN SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES EJE X-X			
NIVEL	CASO 2	E.030	OBS
N-8	0.001207143	0.007	CUMPLE
N-7	0.001350857	0.007	CUMPLE
N-6	0.002028	0.007	CUMPLE
N-5	0.002495429	0.007	CUMPLE
N-4	0.002891143	0.007	CUMPLE
N-3	0.003548286	0.007	CUMPLE
N-2	0.004144857	0.007	CUMPLE
N-1	0.0037116	0.007	CUMPLE

Cuadro 9 resumen de derivas de entrepiso en el eje "x" con disipadores sísmicos (fuente propia)

Del cuadro adjunto se puede observar que los disipadores cumplen la función de reducir desplazamientos en el eje "x".

Cortantes del sistema con disipadores viscosos

FUERZA CORTANTE POR PISO DEL SISTEMA CON DISIPADORES SISMICOS EJE X-X						
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	X-Dir Min	Y-Dir Min
	mm		tonf	tonf	Tonf	tonf
Story8	29500	Top	552.6837	0.0001	-547.7418	-0.0001
		Bottom	552.6837	0.0001	-547.7418	-0.0001
Story7	26000	Top	889.5554	0.0003	-960.9135	-0.0003
		Bottom	889.5554	0.0003	-960.9135	-0.0003
Story6	22500	Top	1016.2658	0.0008	-1317.2664	-0.0007
		Bottom	1016.2658	0.0008	-1317.2664	-0.0007
Story5	19000	Top	1221.3563	0.0013	-1534.8109	-0.0015
		Bottom	1221.3563	0.0013	-1534.8109	-0.0015
Story4	15500	Top	1471.109	0.0013	-1678.4373	-0.0011
		Bottom	1471.109	0.0013	-1678.4373	-0.0011
Story3	12000	Top	1603.6575	0.0019	-1642.9864	-0.0017
		Bottom	1603.6575	0.0019	-1642.9864	-0.0017
Story2	8500	Top	1648.1997	0.0035	-1818.3883	-0.0039
		Bottom	1648.1997	0.0035	-1818.3883	-0.0039
Story1	5000	Top	1643.7145	0.0015	-2072.333	-0.0013
		Bottom	1643.7145	0.0015	-2072.333	-0.0013

Tabla 43 Fuerza cortante por piso en el sistema con disipadores (fuente propia)

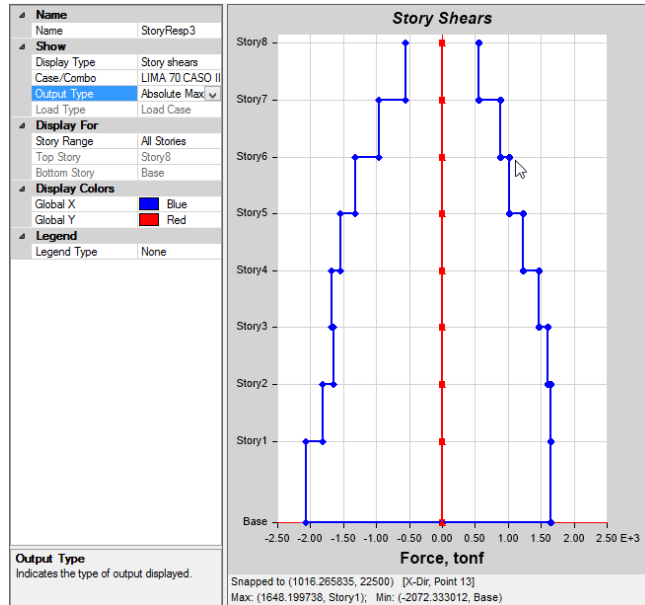
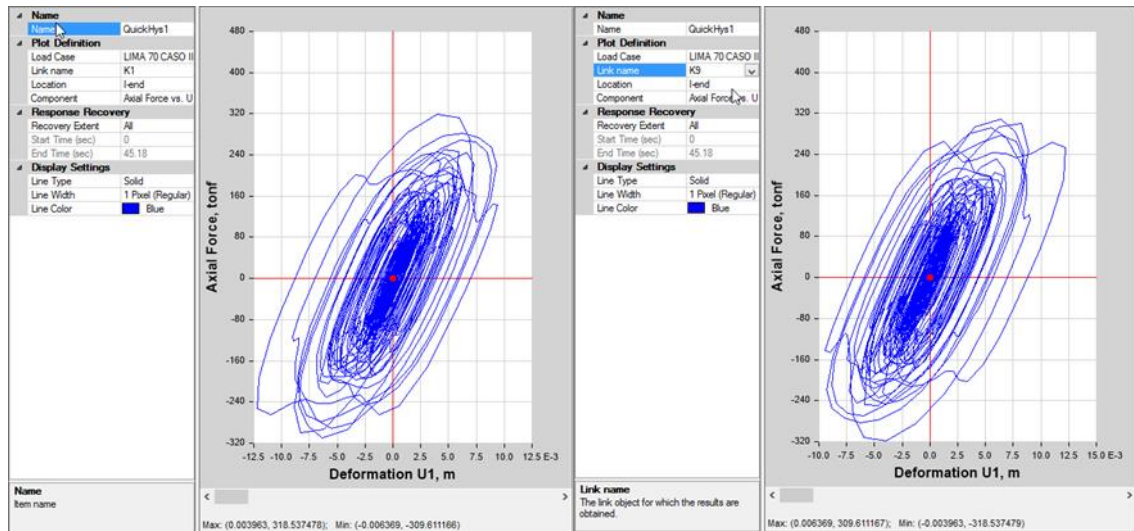


Figura 17 Cortante por piso en el sistema con disipadores (Fuente propia)

Verificación del comportamiento histeretico de los disipadores.

Este diagrama que relaciona la fuerza vs la deformación debe ser curvas elípticas.

Disipadores (K1-K9)



## Disipadores (K17-K25)

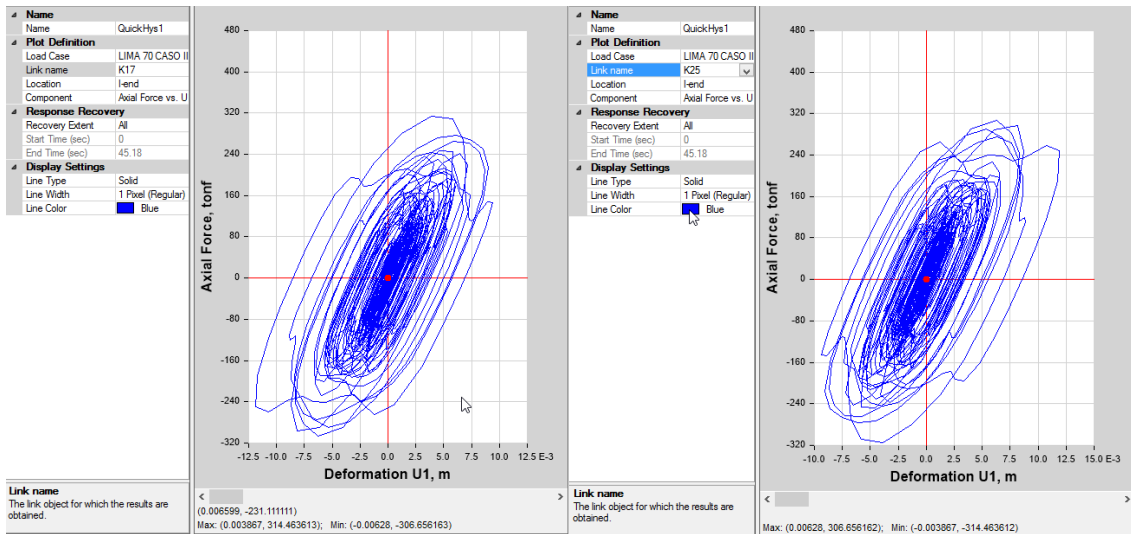


Figura 18 Diagramas Histereticos del sistema en el eje "x" (Fuente propia)

Se puede observar que las formas son elípticas por lo tanto cumple con lo requerido por la teoría.

### 4.7.4 IMPLEMENTACION DE DISIPADORES EN EL EJE Y-Y DERIVA DE OBJETIVO FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA (B).

La medida mayor que se tomara del siguiente cuadro de la referencia para proceder con el cálculo.

CASO 2	
X	Y
22.0293	22.5333
20.9621	21.1672
19.2183	19.1884
16.7354	16.5237
14.0261	13.462
11.2007	10.2777
7.9627	6.9717
4.3601	3.7066

$$B_y = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}}$$

$$B_y = \frac{22.53}{12.0} = 1.87$$

### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO ( $B_{eff}$ )

$$B_y = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{effy})}$$

$$1.87 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{effy})}$$

$$B_{effy} = 32.79\%$$

### AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

$$BH = B_{eff} - 5\%$$

$$BH = 32.79\% - 5\%$$

$$BH = 27.79\%$$

### RIGIDEZ DE BRAZO METALICO

Tabla 44 Rigidez del brazo metálico

Dimensiones ROUND HSS 20.00 x 0.375				
D ext.(in)	D int. (in)	Espesor (in)	Área (in <sup>2</sup> )	Inercia (in <sup>4</sup> )
20.00	19.65	0.349	21.5	1040

Fuente: AISC Steel construcción

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

Dónde:

E = Modulo de elasticidad del acero 29000 ksi =  $20.4 \times 10^6$  Tn/m<sup>2</sup>

A = Área de la sección transversal del perfil 21.5 in<sup>2</sup> =  $138.71 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>

L = Longitud del brazo metálico.

La longitud del brazo metálico se considera en su totalidad incluyendo el disipador, para la presente tesis se tendrá la disposición Diagonal, la cual consta de un brazo por pórtico.

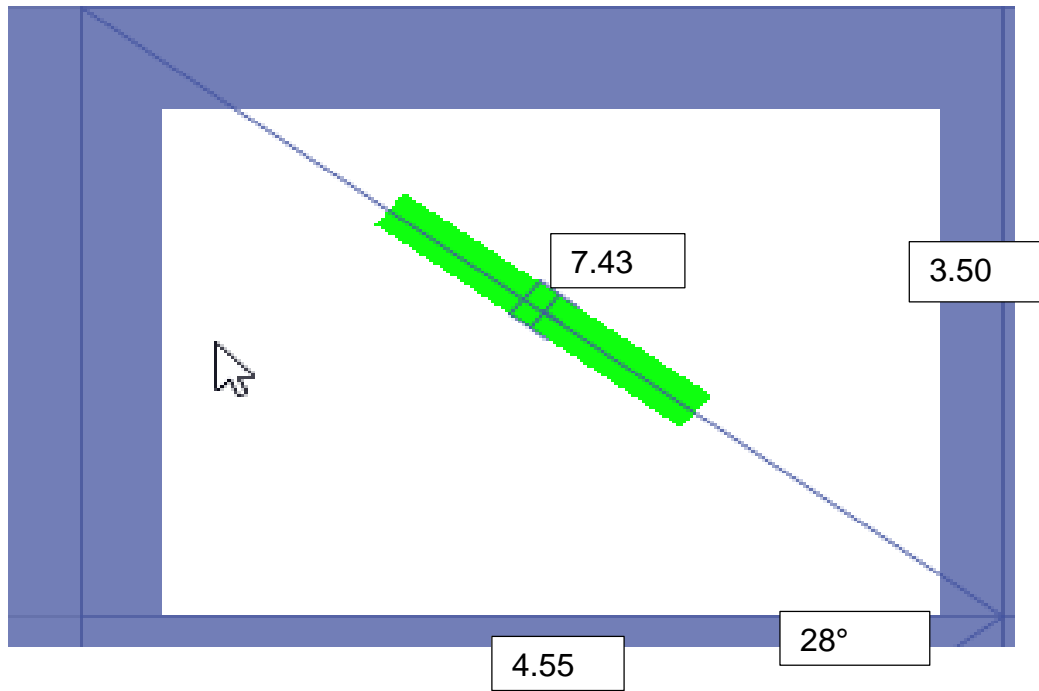


Figura 19 Distribución de disipadores en diagonal en pórticos

Entonces para el eje Y-Y:

$$K_y = \frac{20.4 \times 10^6 * 138.71 \times 10^{-4}}{7.43}$$

$$K_y = 38084.41$$

EXPONENTE DE VELOCIDAD

$$\alpha = 0.50$$

COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO NO LINEAL

CALCULO DE LA AMPLITUD

$$A = \frac{D}{B}$$

$$A = \frac{22.53}{1.87} = 12$$



## FRECUENCIA ANGULAR

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

$$w = \frac{2\pi}{0.822} = 7.643 \text{ Rad/seg}$$

## DESPLAZAMIENTO RELATIVO NORMALIZADO DEL PRIMER MODO.

NIVEL	$\Phi_i$	$\Phi_{i+1}$	$\Phi_{rj}$ ( $\Phi_i - \Phi_{i+1}$ )
8	0.0230		
7	0.0220	0.0220	0.0010
6	0.0210	0.0210	0.0010
5	0.0180	0.0180	0.0030
4	0.0150	0.0150	0.0030
3	0.0120	0.0120	0.0030
2	0.0080	0.0080	0.0040
1	0.0040	0.0040	0.0040

Tabla 45 Desplazamientos normalizados (fuente propia)

## Parámetro $\lambda$

Como se conoce se tiene un factor  $\alpha=0.5$  para disipadores viscosos no lineales, para lo cual la norma FEMA 274 nos brinda una tabla tabulada, en la cual para dicho factor le corresponde una lambda de 3.5.

NIVEL	PESO	MASA	$\theta$	$\cos\theta$	$\Phi_i$	$\Phi_{i+1}$	$\Phi_{ij}$ ( $\Phi_i - \Phi_{i+1}$ )	$\cos\theta^{(1+\alpha)} * \Phi_i^{(1+\alpha)}$	$m * \Phi_i^2$
8	399.993627	40.77407	28	0.88294759	0.026			0	0.0276
7	458.141519	46.70148	28	0.88294759	0.024	0.0240	0.0020	7.42074E-05	0.0269
6	458.141519	46.70148	28	0.88294759	0.021	0.0210	0.0030	0.000136328	0.0206
5	458.141519	46.70148	28	0.88294759	0.018	0.0180	0.0030	0.000136328	0.0151
4	477.515484	48.6764	28	0.88294759	0.014	0.0140	0.0040	0.00020989	0.0095
3	477.515484	48.6764	28	0.88294759	0.011	0.0110	0.0030	0.000136328	0.0059
2	477.515484	48.6764	28	0.88294759	0.008	0.0080	0.0030	0.000136328	0.0031
1	502.436023	51.21672	28	0.88294759	0.004	0.0040	0.0040	0.00020989	0.0008
BASE									
							SUMATORIA	0.001039299	0.1096

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_H \times 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\Sigma_i m_i \Phi_i^2)}{\lambda (\Sigma \Phi_i^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta)_j}$$

$$\Sigma C_j = 3849.86 \text{ tn. } \frac{s}{m}$$

Considerando 4 disipadores por piso EN EL EJE X

$$C_j = \frac{\sum C_j}{N_{\text{disipadores}}}$$

$$C_j = \frac{3849.86}{4} = 962.46 \text{tn.} \frac{s}{m}$$

Se instalará 4 disipadores diagonales por piso

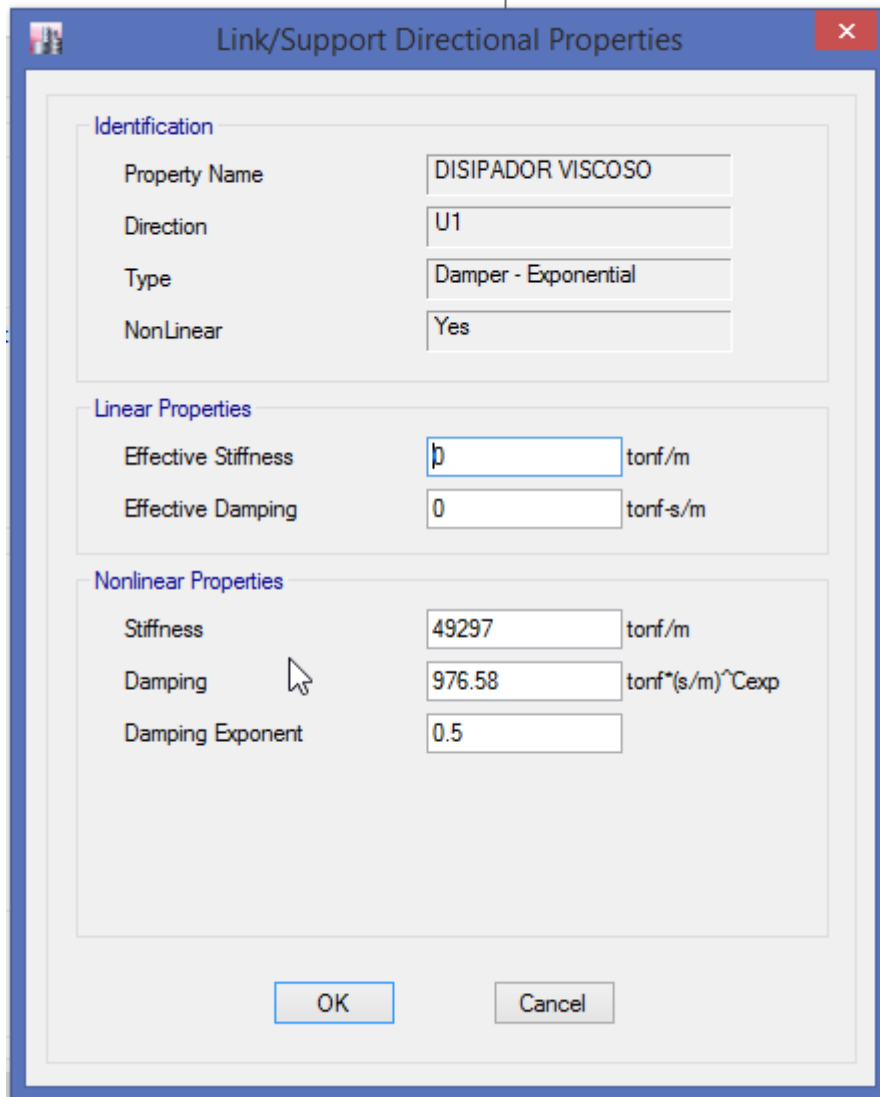


Figura 20: introducción de los valores de los disipadores en el Etabs (fuente propia).

En y-y

$$k = 49263.08$$

$$C_j = 976.58$$

$$\alpha = 0.5$$

## DESPLAZAMIENTOS MAX CON DISIPADORES EN EL EJE Y-Y

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	mm		mm	mm
Story8	29500	Top	0.00002092	212.247
Story7	26000	Top	0.00004166	199.046
Story6	22500	Top	0.00002073	179.689
Story5	19000	Top	0.00004324	154.84
Story4	15500	Top	0.00004172	126.583
Story3	12000	Top	0.00002787	96.546
Story2	8500	Top	0.00002749	65.371
Story1	5000	Top	0.00003762	34.53
Base	0	Top	0	0

Tabla 46 Desplazamiento del sistema con disipadores sísmicos en el eje "y" (Fuente propia)

Implementación de disipadores en el eje y-y

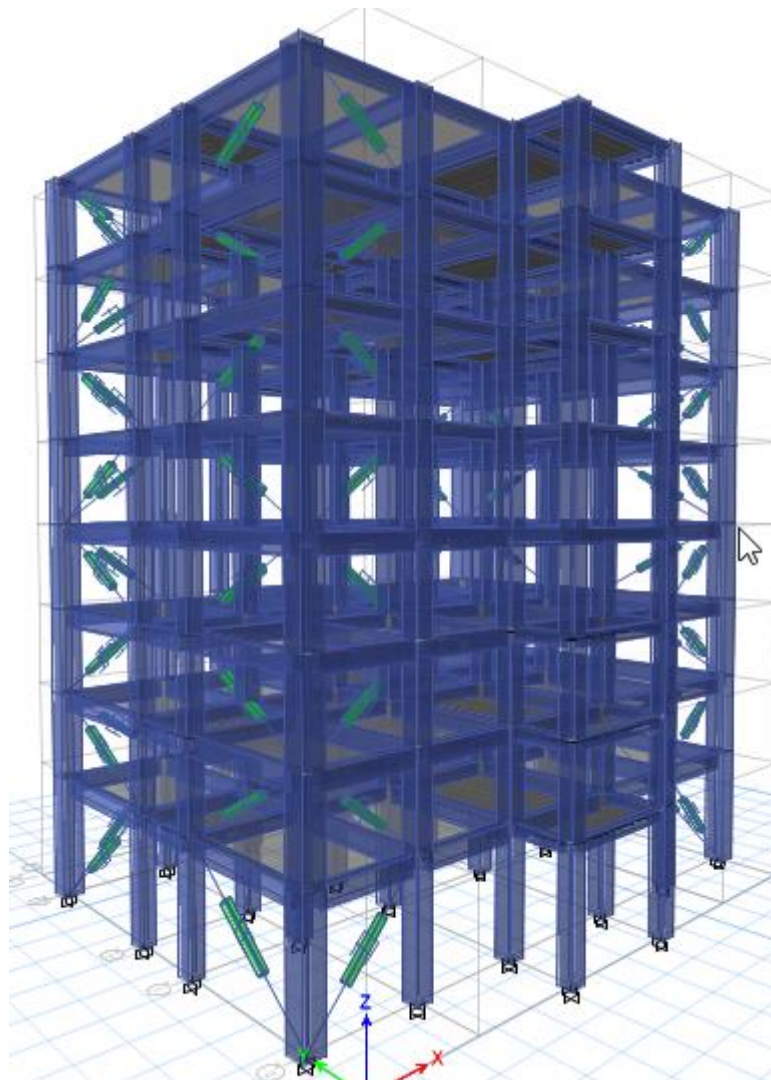


Figura 21 distribución de los disipadores en el eje "y"

Desplazamiento máximo del sistema aporticado con disipadores sísmicos

DESPLAZAMIENTO MAXIMO EJE Y-Y				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	mm		mm	mm
Story8	29500	Top	0.001	67.022
Story7	26000	Top	0.001	61.958
Story6	22500	Top	0.001	58.293
Story5	19000	Top	0.001	52.832
Story4	15500	Top	0.0004375	45.49
Story3	12000	Top	0.000252	37.543
Story2	8500	Top	0.0002929	27.306
Story1	5000	Top	0.0003886	17.664

Tabla 47 Desplazamiento máximo del sistema con disipadores en el eje "y" (fuente propia)

Derivas del sistema con disipadores viscosos eje Y-Y

DISTORSION DE PISOS SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES SISMICOS						
PISO	ALTURA	MAX DESPLAZAMIENTO	INELASTICA	ELASTICA	DERIVA ‰	DERIVA LIMITE E.030 ‰
			DERIVA Δ	DERIVA Δ		
N-8	29.5	67.022	0.00144686	0.00144686	0.14	0.7
N-7	26	61.958	0.00104714	0.00104714	0.10	0.7
N-6	22.5	58.293	0.00156029	0.00156029	0.16	0.7
N-5	19	52.832	0.00209771	0.00209771	0.21	0.7
N-4	15.5	45.49	0.00227057	0.00227057	0.23	0.7
N-3	12	37.543	0.00292486	0.00292486	0.29	0.7
N-2	8.5	27.306	0.00275486	0.00275486	0.28	0.7
N-1	5	17.664	0.0035328	0.0035328	0.35	0.7

Tabla 48 Derivas de entrepiso en el eje y-y (Fuente propia)

RESUMEN SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES EJE Y-Y			
NIVEL	CASO 2	E.030	OBS
N-8	0.00144686	0.007	CUMPLE
N-7	0.00104714	0.007	CUMPLE
N-6	0.00156029	0.007	CUMPLE
N-5	0.00209771	0.007	CUMPLE
N-4	0.00227057	0.007	CUMPLE
N-3	0.00292486	0.007	CUMPLE
N-2	0.00275486	0.007	CUMPLE
N-1	0.0035328	0.007	CUMPLE

Tabla 49 resumen de Derivas de entrepiso en el eje x-x (Fuente propia)

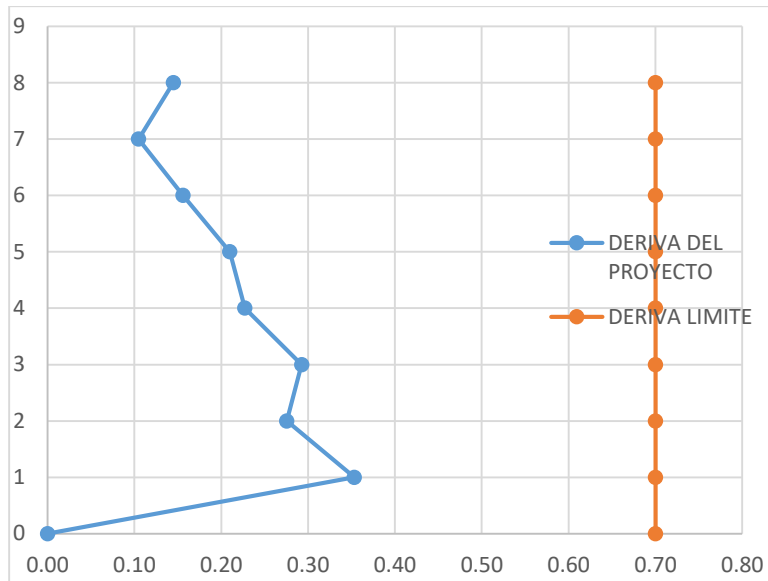


Figura 22 derivas de entrepiso con disipadores en el eje "y" del sistema (fuente propia)

### Cortantes del sistema con disipadores viscosos Y-Y

FUERZA CORTANTE POR PISO DEL SISTEMA CON DISIPADORES SISMICOS EJE Y-Y				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	mm		tonf	Tonf
Story8	29500	Top	-0.0201	-343.484
		Bottom	0.0234	288.0797
Story7	26000	Top	-0.0347	-505.8493
		Bottom	0.0302	503.5586
Story6	22500	Top	-0.0149	-186.043
		Bottom	0.0185	169.9052
Story5	19000	Top	-0.0038	-469.741
		Bottom	0.0033	368.2357
Story4	15500	Top	-0.0041	-489.2513
		Bottom	0.0042	397.2688
Story3	12000	Top	-0.0136	-627.5491
		Bottom	0.0129	543.473
Story2	8500	Top	-0.0117	-921.8268
		Bottom	0.0129	679.0007
Story1	5000	Top	-0.0027	-2256.5686
		Bottom	0.0026	2340.2249

Tabla 50 fuerza cortante del sistema con disipadores eje y-y (fuente propia)

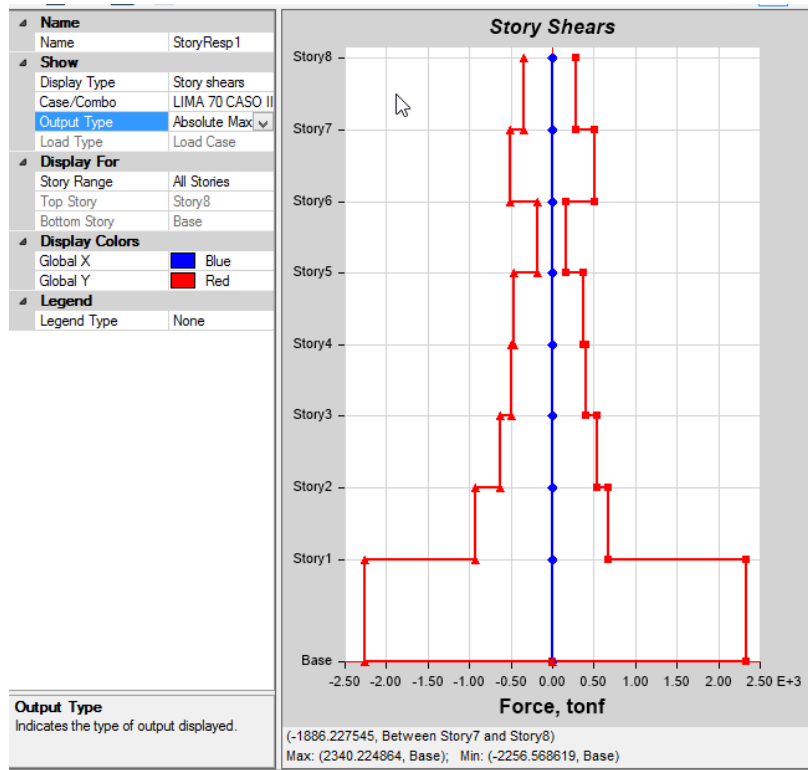
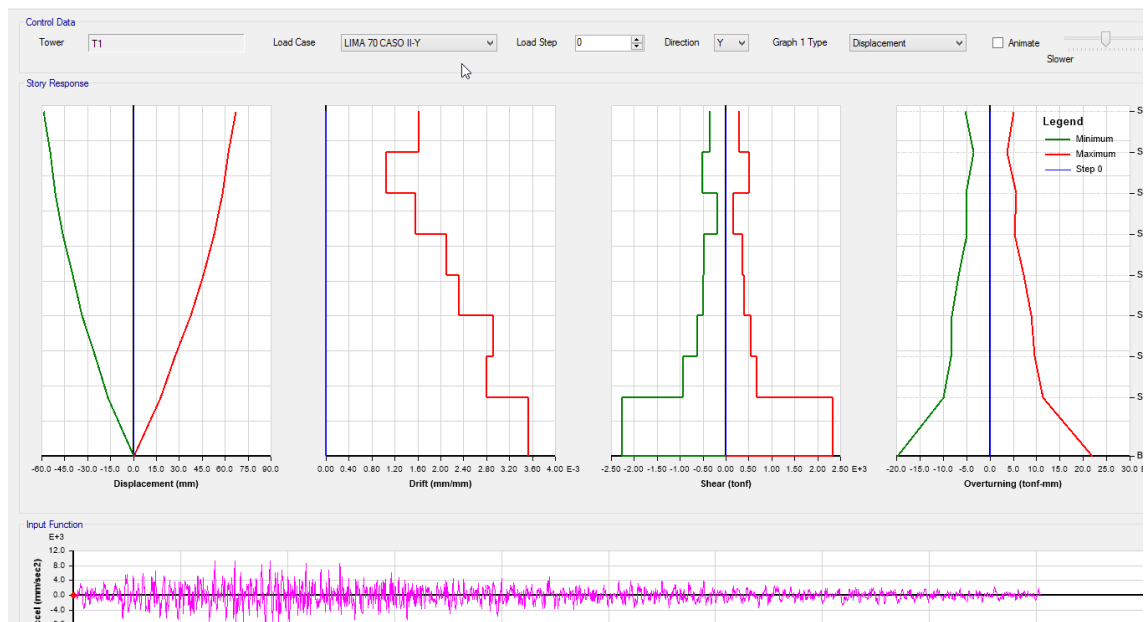


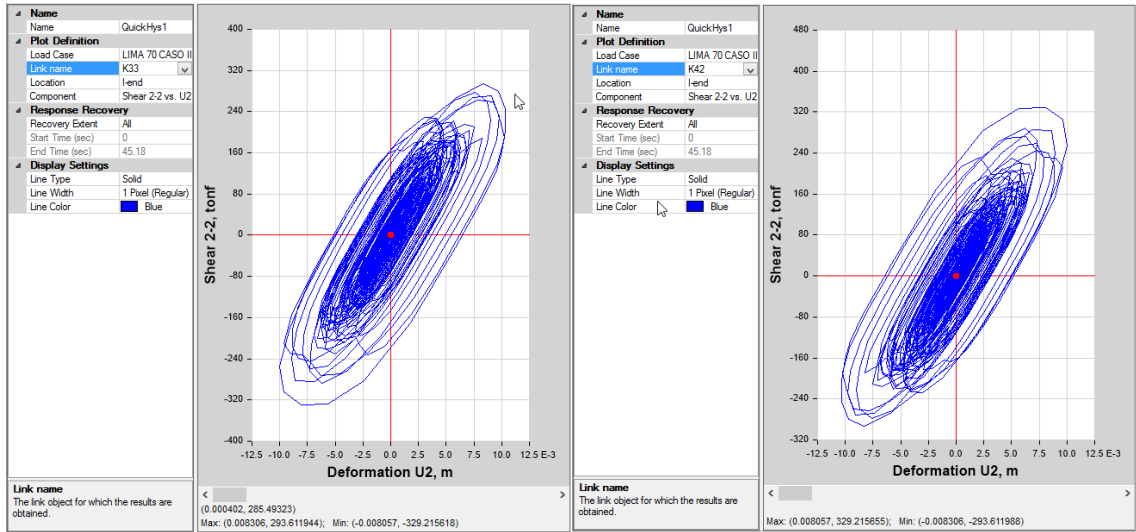
Figura 23 diagrama cortante con disipadores del eje y-y

## DIAGRAMA GENERAL



# DIAGRAMA HISTERETICO EJE Y-Y

## Disipadores (K33-42)



## Disipadores (K50-K58)

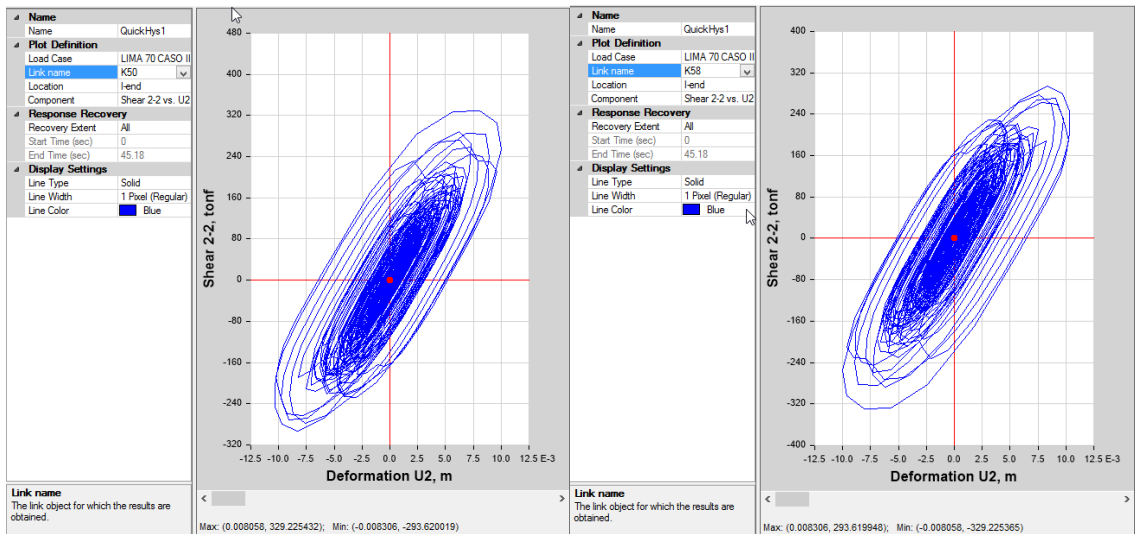


Figura 24 Diagramas Histeretico de los Disipadores K33,K42,K50,K58. (Fuente propia)



## 4.8 BALANCE ENERGETICO

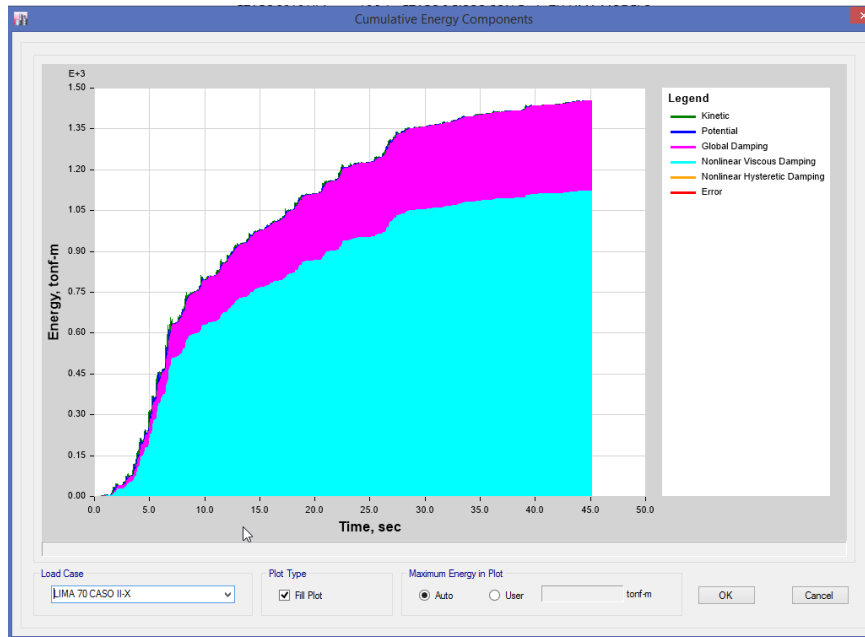


Figura 25 Participación de energía de los disipadores eje x-x (fuente propia)

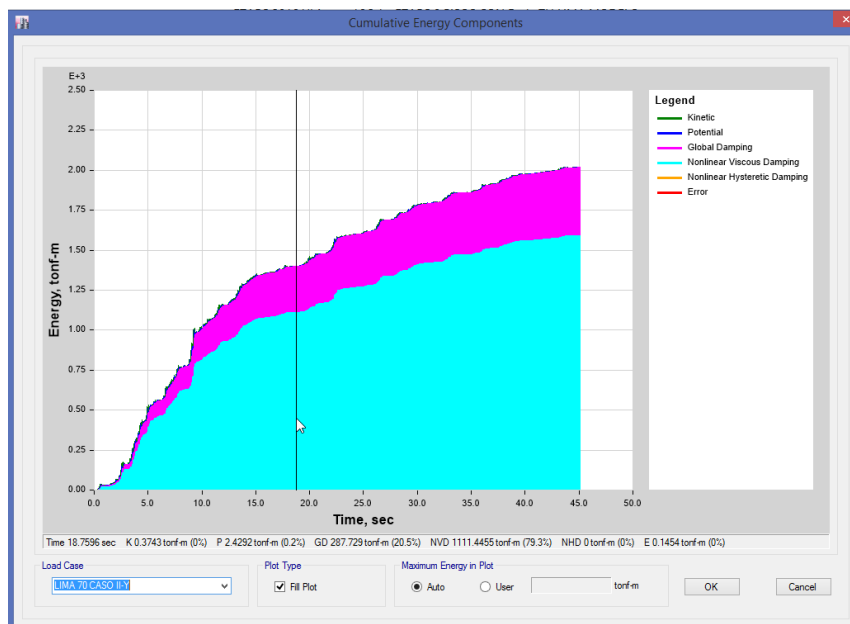


Figura 26 participación de energía de los disipadores en eje y-y (Fuente propia)

Las figuras precedentes muestran la participación de los disipadores en la absorción de energía sísmica durante el sismo severo y se calculó de acuerdo a la siguiente relación.

$$\% \text{ de disipación de energía} = \frac{\text{energía disipada por los dispositivos}}{\text{energía de entrada del sismo severo}}$$

$$\%x = \frac{1122.00}{1455.08} = 77.1\%$$

$$\%y = \frac{1590.10}{2019.1} = 78.0\%$$

Se obtiene que:

Los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje “X” absorben y disipan el 77.1% de la energía del sismo severo, dejando el 22.9% a los elementos estructurales diseñados.

Los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje “Y” absorben y disipan el 78% de la energía del sismo severo, dejando el 22% a los elementos estructurales diseñados.

#### 4.9 FUERZAS ACTUANTES EN LOS DISIPADORES.

De los diagramas históricos se extrae la fuerza actuante en cada disipador para poder seleccionar el tipo de disipador.

DISIPADOR	NIVEL	FUERZA(TNF)		FACTOR	FUERZA (KIP)	FUERZA TAYLOR (KIP)
K1	1	146.18	173.83	2.2046	322.268428	330
K2	2	171.09	-143	2.2046	377.185014	440
K3	3	133.85	-159.86	2.2046	295.08571	330
K4	4	143.33	119.51	2.2046	315.985318	330
K5	5	102.71	124.42	2.2046	226.434466	220
K6	6	102.78	-82.1	2.2046	226.588788	220
K7	7	61.4	-80.41	2.2046	135.36244	165
K8	8	52.93	-37.41	2.2046	116.689478	135
K9	1	173.83	-146.18	2.2046	383.225618	440
K10	2	143.48	-171.08	2.2046	316.316008	330
K11	3	159.85	-133	2.2046	352.40531	440
K12	4	119.5	-143.32	2.2046	263.4497	330
K13	5	124.41	-102.7	2.2046	274.274286	330
K14	6	82.089	-102.77	2.2046	180.973409	220
K15	7	80.39	-61.38	2.2046	177.227794	220
K16	8	37.39	-52.9	2.2046	82.429994	110

Figura 27 Fuerza actuante en cada disipador (fuente propia)

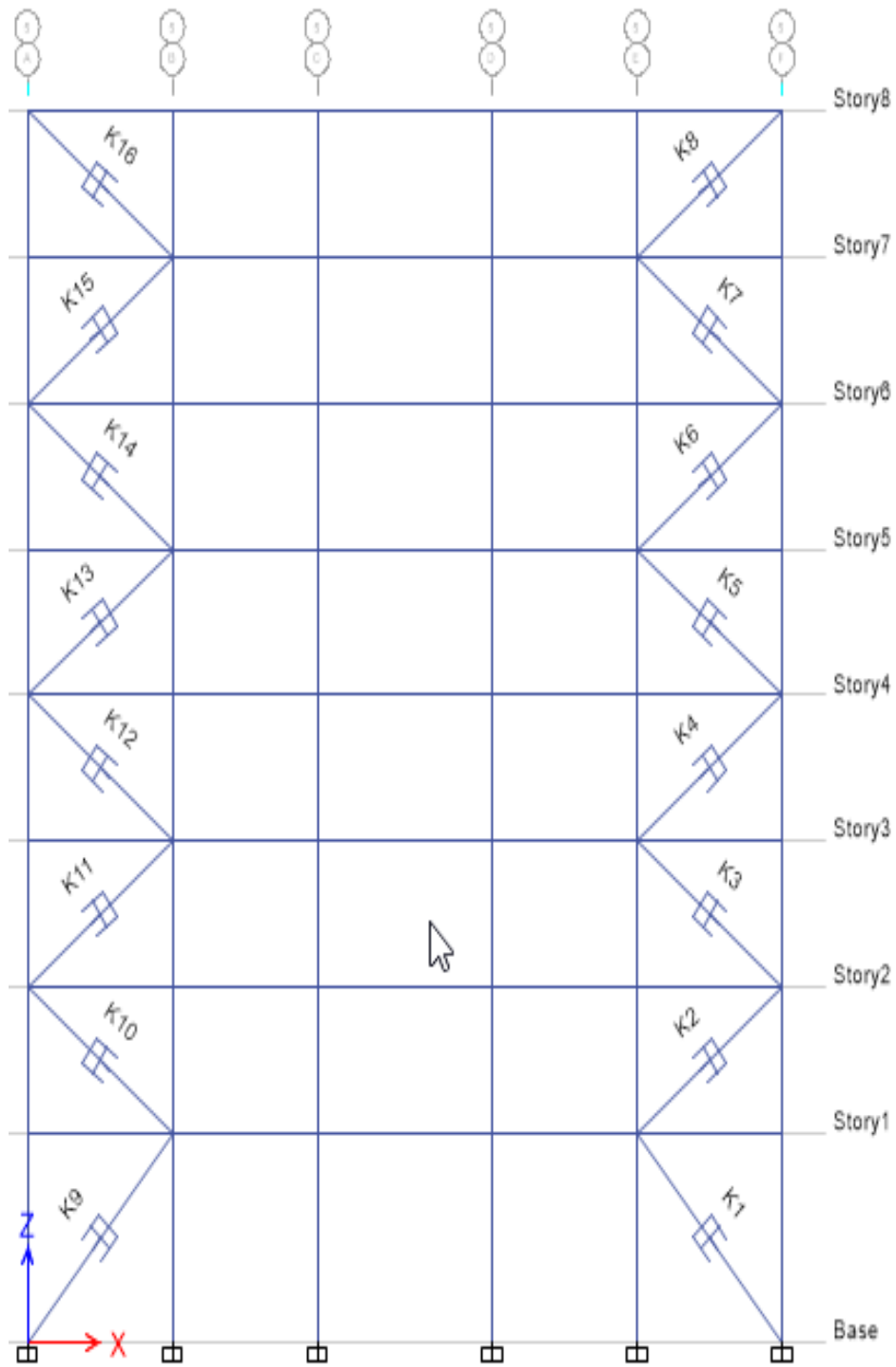



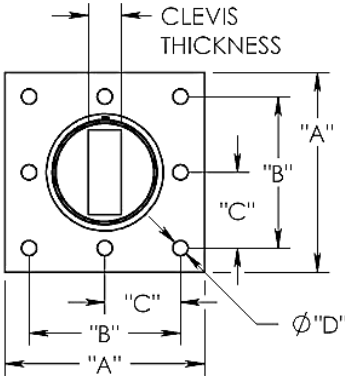
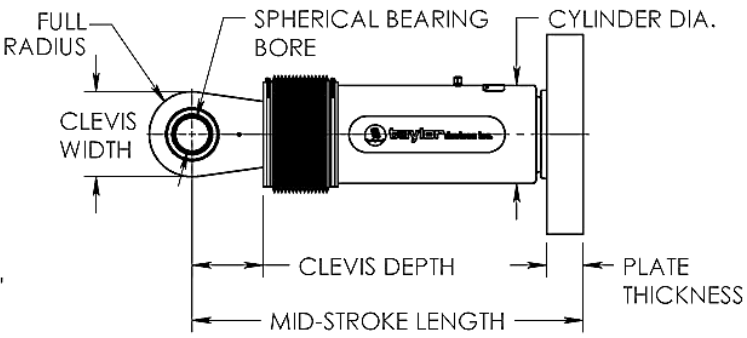
Figura 28 identificación del disipador acoplados en el eje 2 (fuente propia)

## 4.10 SELECCIÓN DE TIPO DE DISIPADOR



# taylor devices inc.

## FLUID VISCOUS DAMPERS & LOCK-UP DEVICES

FORCE	SPHERICAL BEARING BORE DIA. (INCHES)	MID-STROKE LENGTH (INCHES)	STROKE (INCHES)	CLEVIS THICKNESS (INCHES)	CLEVIS WIDTH (INCHES)	CLEVIS DEPTH (INCHES)	CYLINDER DIA. (INCHES)	WEIGHT (lbs.)
55 KIP	1.50	31.00	±3	1.63	4 MAX.	3.25	4-1/2 MAX.	98
110 KIP	2.00	39.25	±4	2.13	5 MAX.	4.00	5-3/4 MAX.	215
165 KIP	2.25	40.00	±4	2.25	6 MAX.	5.10	7-1/4 MAX.	400
220 KIP	2.75	41.25	±4	2.75	7-1/2 MAX.	5.88	8-1/4 MAX.	560
330 KIP	3.00	43.50	±4	3.00	8 MAX.	6.38	9-1/2 MAX.	675
440 KIP	3.50	53.00	±5	3.50	9 MAX.	7.50	11-1/4 MAX.	1000
675 KIP	4.00	56.75	±5	4.50	11-1/4 MAX.	8.00	13-3/4 MAX.	1750
900 KIP	5.00	64.00	±5	5.50	12-3/4 MAX.	10.75	16-3/4 MAX.	2400
1450 KIP	†	†	†	†	†	†	†	†
1800 KIP	†	†	†	†	†	†	†	†

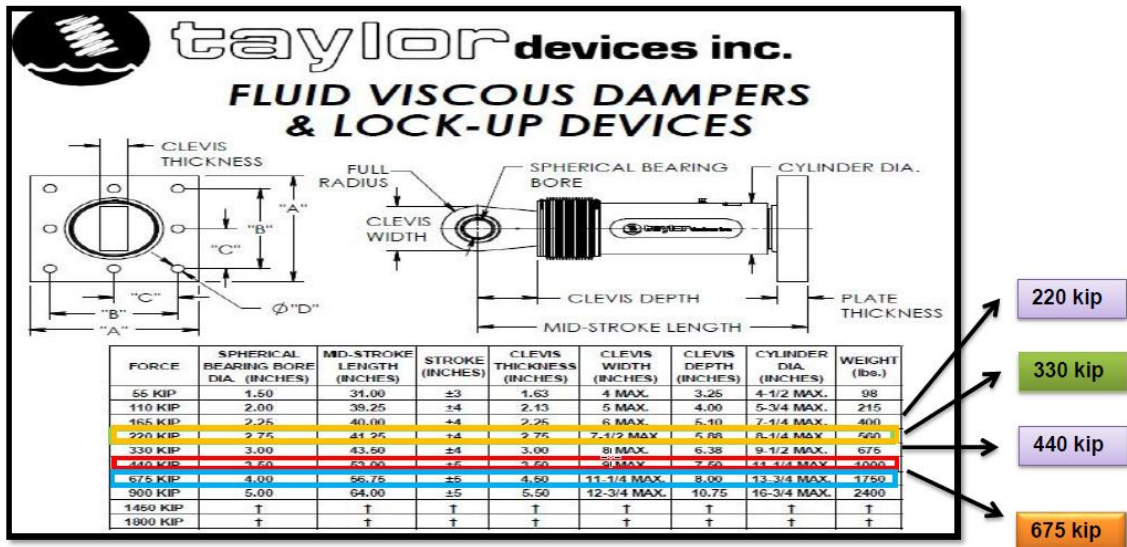
FORCE	"A"	"B"	"C"	"D"	PLATE THICKNESS (INCHES)
55 KIP	7.00±.12	5.00±.01	*	0.81±.01	1.50±.03
110 KIP	11.12±.12	8.00±.01	*	1.25±.01	1.50±.03
165 KIP	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220 KIP	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330 KIP	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.010	3.00±.06
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.

Cuadro 10 selección de tipo de disipador



Cuadro 11 selección del tipo de disipador a usar

FUERZA TAYLOR (Kip)	Peso (Lbs)
55	98
110	215
165	400
220	560
330	675
440	1000
675	1750
900	2400
1450	consultar
1800	consultar

Cuadro 12 fuerza soportada por tipo de disipador

De los datos del cuadro se obtiene el cálculo de la fuerza de cada disipador en el eje X-X & Y-Y:

220.00kip

330.00kip

440.00kip.

700.00kip.

En la imagen adjunta se selecciona las características del disipador de acuerdo a nuestros resultados del etabs.

#### 4.11 MAXIMO STROKE.

El valor máximo que demanda el fabricante de la empresa CDV es de 50mm O (5CM).

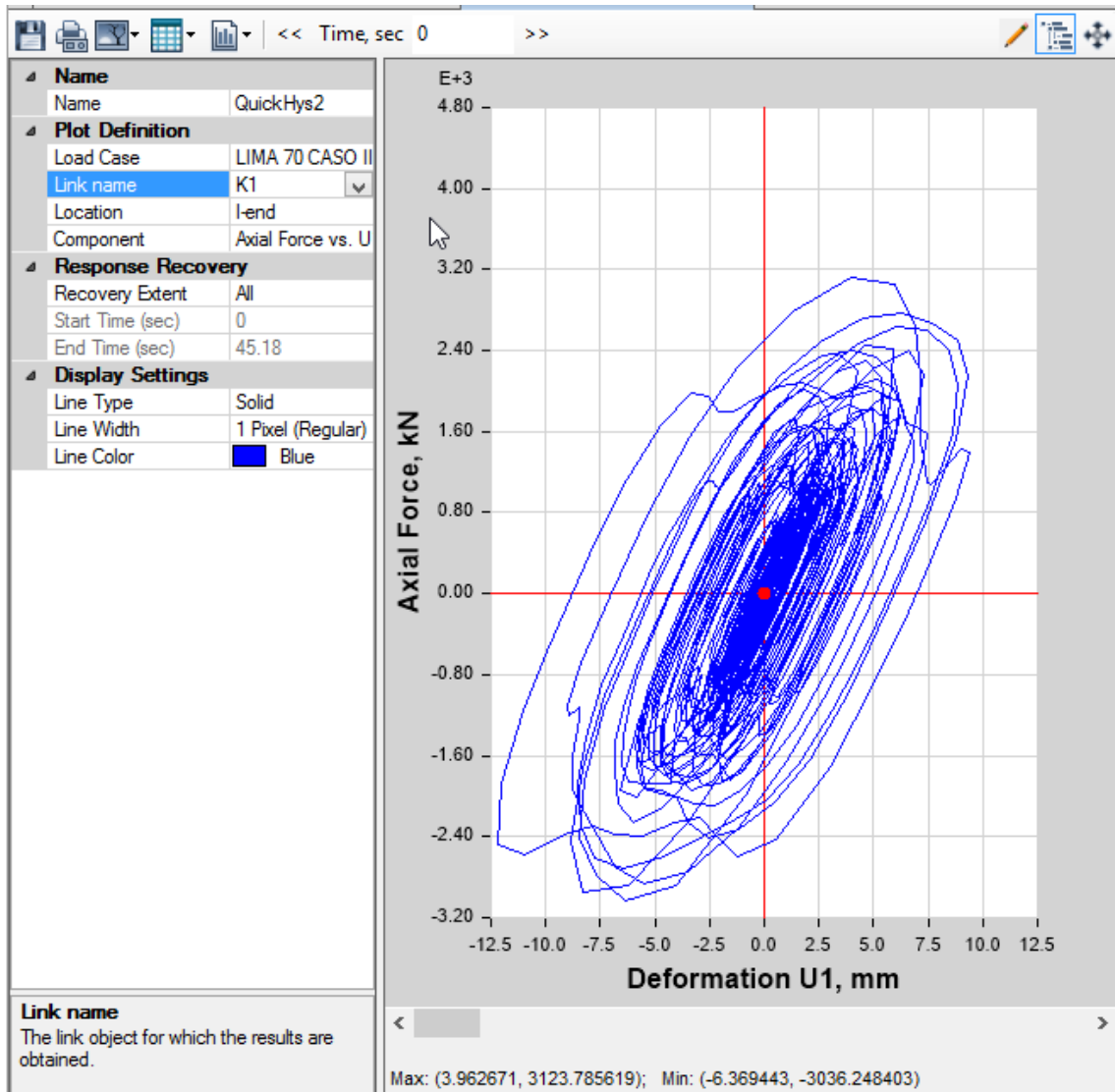


Figura 29 máxima fuerza aplicada sobre disipador (fuente propia)

Del diagrama histeretico se puede observar que el máximo stroke es de 7.46mm, por tanto, la estructura se comporta eficientemente frente a las acciones sísmicas.

Diseño de brazo metálico (diagonal)

Todos los disipadores serán de fluido viscoso serán instalados en diagonal.

## 4.12 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

### 4.12.1 CUADRO DE COMPARATIVO DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SISMICOS

RESUMEN DE LOS DESPLAZAMIENTOS POR LOS METODOS								
NIVELES	DINAMICO MODAL ESPECTRAL (mm)		DINAMICO MODAL ESPECTRAL CON R=1 (mm)		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA LIMA 70 CASO II (mm)		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES SISMICOS (mm)	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
N-8	28.007	24.565	195.78	171.735	220.293	225.333	80.388	67.022
N-7	25.904	23.249	181.079	162.53	209.621	211.672	76.163	61.958
N-6	22.894	21.297	160.039	148.886	192.183	191.884	71.435	58.293
N-5	19.147	18.717	133.848	130.848	167.354	165.237	64.337	52.832
N-4	15.416	15.671	107.768	109.556	140.261	134.62	55.603	45.49
N-3	11.971	12.287	83.685	85.899	112.007	102.777	45.484	37.543
N-2	8.344	8.591	58.33	60.063	79.627	69.717	33.065	27.306
N-1	4.507	4.673	31.51	32.668	43.601	37.066	18.558	17.664

Tabla 51 Desplazamientos del sistema con disipadores y sin disipadores sísmico (fuente propia)

Se observa los métodos trabajados con sus respectivos desplazamientos, sin embargo, de acuerdo al tema de la tesis se trabajará con el análisis del pórtico con y sin disipadores sísmicos. De donde se hace notorio la disminución de los desplazamientos al usar los disipadores en el eje X-X & Y-Y.

#### 4.12.2 GRAFICAS COMPARATIVAS DE LOS DESPLAZAMIENTOS DEL SISTEMA APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES SÍSMICOS EJE "X &Y"

Se muestra el grafico de barras donde se puede apreciar la variación del desplazamiento en el eje x-x cuando se incorpora los disipadores de fluido viscoso en dicha dirección.

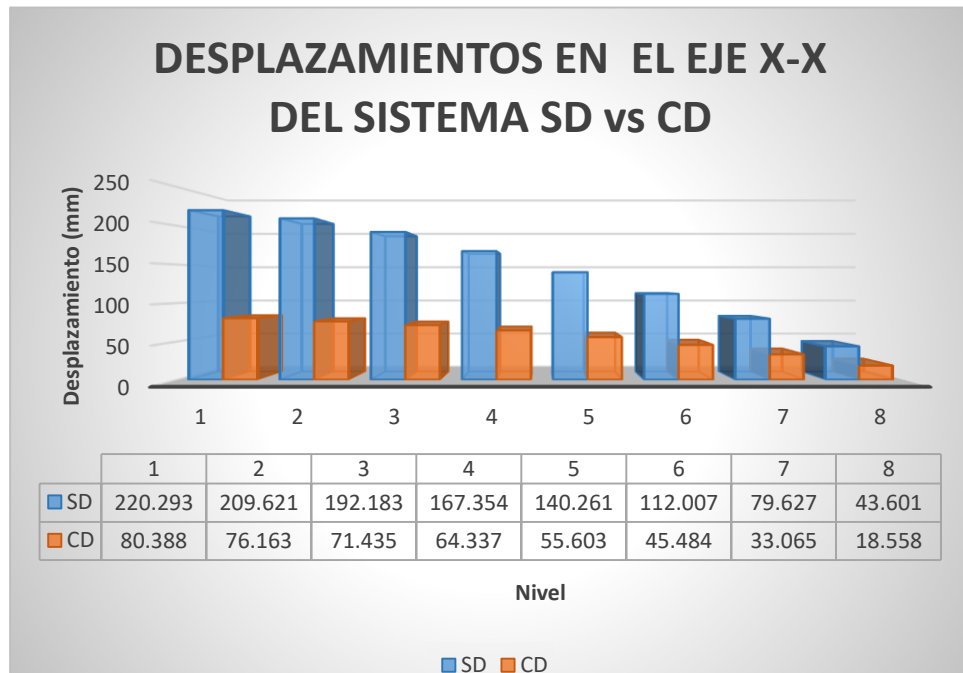


Figura 30 Desplazamientos del sistema con y sin disipadores (fuente propia)

REDUCCION PORCENTUAL DEL DESPLAZAMIENTO EJE X-X			
NIVEL	SIN DISIPADOR (mm)	CON DISIPADOR (mm)	% REDUCCION
N-8	220.293	80.388	63.51%
N-7	209.621	76.163	63.67%
N-6	192.183	71.435	62.83%
N-5	167.354	64.337	61.56%
N-4	140.261	55.603	60.36%
N-3	112.007	45.484	59.39%
N-2	79.627	33.065	58.48%
N-1	43.601	18.558	57.44%

Tabla 52 Reducción porcentual del desplazamiento en el eje "X" (fuente propia)

De los cálculos realizados se puede resaltar que nuestro sistema se reduce entre un 55%-65% del desplazamiento sin disipadores.



Al igual que en el eje x se muestra el grafico de barras donde se puede apreciar la variación del desplazamiento en el eje y-y cuando se incorpora los disipadores de fluido viscoso en dicha dirección.

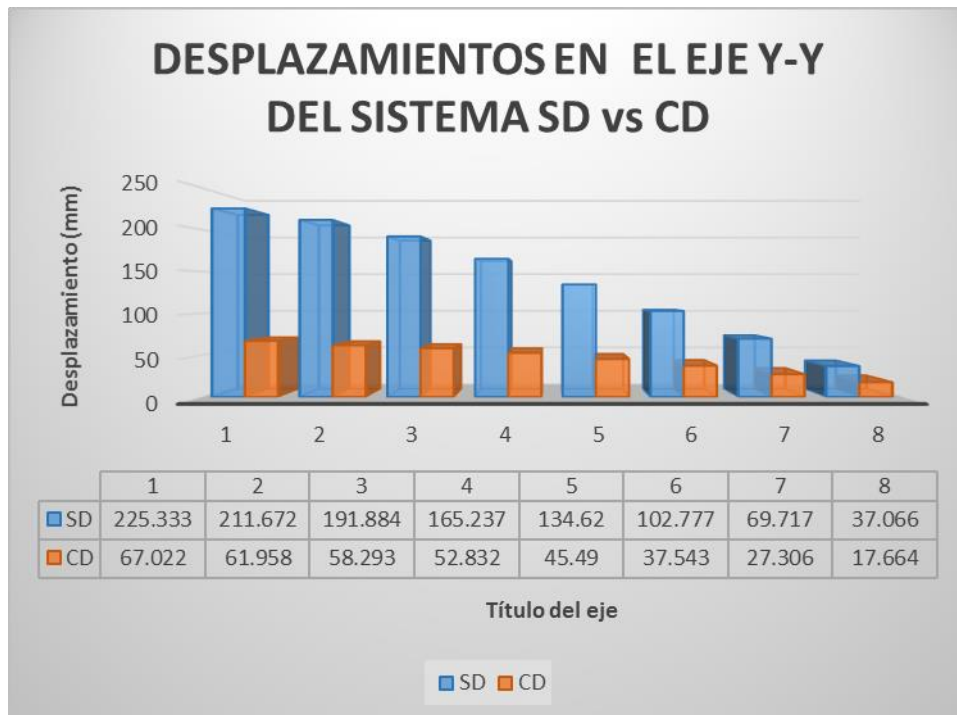


Figura 31 Desplazamientos del sistema en el eje y-y con y sin disipadores (fuente propia)

REDUCCION PORCENTUAL DEL DESPLAZAMIENTO EJE Y-Y			
NIVEL	SIN DISIPADOR (mm)	CON DISIPADOR (mm)	% REDUCCION
N-8	225.333	67.022	70.26%
N-7	211.672	61.958	70.73%
N-6	191.884	58.293	69.62%
N-5	165.237	52.832	68.03%
N-4	134.62	45.49	66.21%
N-3	102.777	37.543	63.47%
N-2	69.717	27.306	60.83%
N-1	37.066	17.664	52.34%

Tabla 53 Reducción porcentual del desplazamiento en el eje "Y"(fuente propia)

De los cálculos realizados se puede resaltar que nuestro sistema reduce su desplazamiento en el eje y-y entre un 50%-70% del desplazamiento sin disipadores.

#### 4.12.3 CUADRO COMPARATIVO DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO EN EL SISTEMA CON Y SIN DISIPADORES SISMICOS

RESUMEN DE LAS DERIVAS POR LOS METODOS										
NIVELES	DINAMICO MODAL ESPECTRAL (%)		DINAMICO MODAL ESPECTRAL CON R=1 (%)		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA LIMA 70 CASO II (%)		ANALISIS DINAMICO TIEMPO HISTORIA SISMO LIMA 70 CON DISIPADORES SISMICOS (‰)		DERIVA E.030 (‰)	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
N-8	0.36	0.23	0.004	0.263	0.500	0.337	0.12	0.14	0.7	0.7
N-7	0.52	0.33	0.601	0.390	0.657	0.493	0.14	0.10	0.7	0.7
N-6	0.64	0.44	0.748	0.515	0.772	0.661	0.20	0.16	0.7	0.7
N-5	0.64	0.52	0.745	0.608	0.717	0.817	0.25	0.21	0.7	0.7
N-4	0.59	0.58	0.688	0.676	0.621	0.976	0.29	0.23	0.7	0.7
N-3	0.62	0.63	0.724	0.738	0.610	1.143	0.35	0.29	0.7	0.7
N-2	0.66	0.67	0.766	0.783	0.615	1.256	0.41	0.28	0.7	0.7
N-1	0.54	0.56	0.630	0.653	0.531	1.061	0.37	0.35	0.7	0.7

Tabla 54 Derivas del sistema con disipadores y sin disipadores sísmico (fuente propia)

Se observa los métodos trabajados con sus respectivas derivas de entrepiso, sin embargo, de acuerdo al tema de la tesis se trabajará con el análisis del pórtico con y sin disipadores sísmicos, se verifica la reducción de las derivas al incorporar disipadores en el eje X-X & Y-Y.

4.12.4 GRAFICAS COMPARATIVAS DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO DEL SISTEMA APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES SÍSMICOS EJE “X &Y”

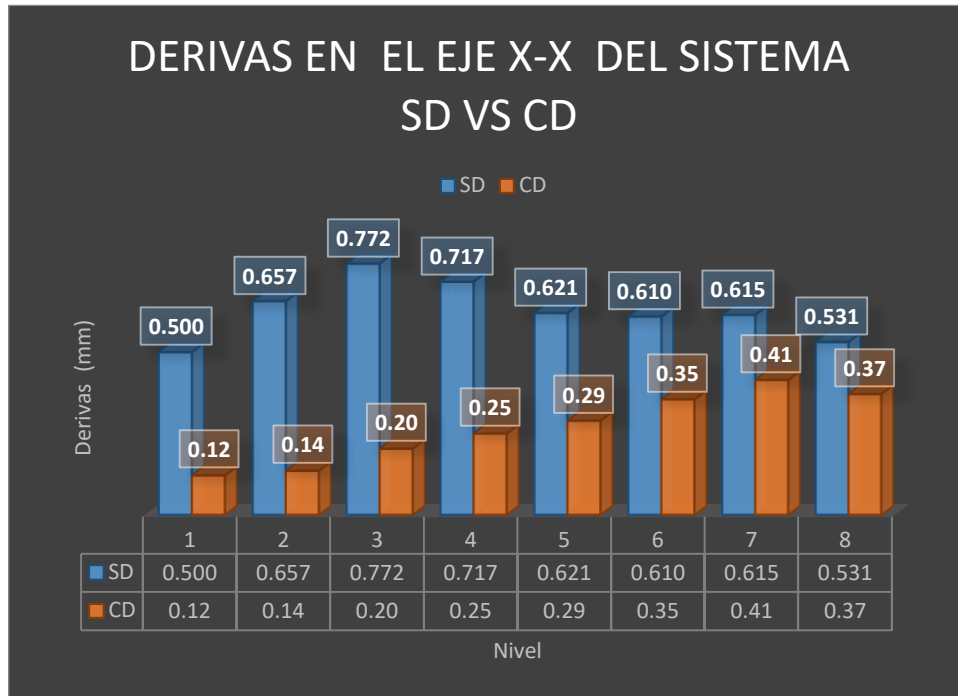


Figura 32comparativo entre el sistema con y sin disipadores sismicos eje x-x (fuente propia)

REDUCCION PORCENTUAL DE LAS DERIVAS EJE X-X			
NIVEL	SIN DISIPADOR (mm)	CON DISIPADOR (mm)	% REDUCCION
N-8	0.457	0.120714286	73.59%
N-7	0.656571429	0.135085714	79.43%
N-6	0.772342857	0.2028	73.74%
N-5	0.716542857	0.249542857	65.17%
N-4	0.620628571	0.289114286	53.42%
N-3	0.609542857	0.354828571	41.79%
N-2	0.6146	0.414485714	32.56%
N-1	0.53144	0.37116	30.16%

Tabla 55Reduccion porcentual de las derivas de entrepiso en el eje x-x(fuente propia)

El porcentaje de derivas de entrepiso que se reduce en el sistema aporticado varía entre (30%-80%)con respecto al sistema sin disipadores.

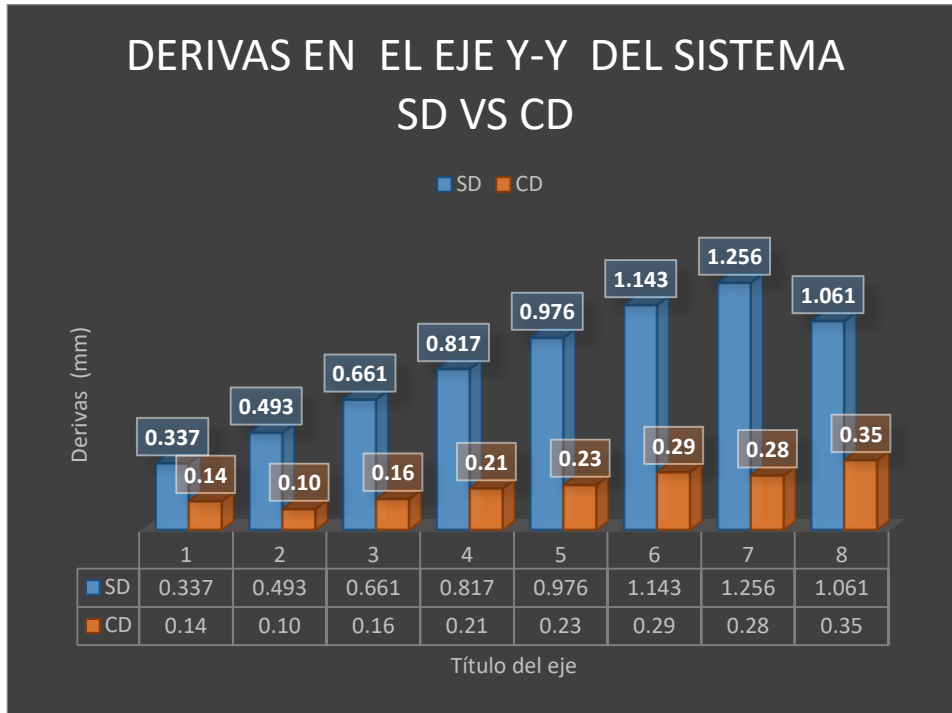


Figura 33 comparativo entre el sistema con y sin disipadores sísmicos en el eje y-y (fuente propia)

REDUCCION PORCENTUAL DE LAS DERIVAS EJE Y-Y			
NIVEL	SIN DISIPADOR (mm)	CON DISIPADOR (mm)	% REDUCCION
N-8	0.337057143	0.144685714	57.07%
N-7	0.492571429	0.104714286	78.74%
N-6	0.661085714	0.156028571	76.40%
N-5	0.816742857	0.209771429	74.32%
N-4	0.976257143	0.227057143	76.74%
N-3	1.142514286	0.292485714	74.40%
N-2	1.2564	0.275485714	78.07%
N-1	1.06104	0.35328	66.70%

Tabla 56 Reduccion porcentual de las derivas de entrepiso en el eje y-y (fuente propia)

El porcentaje de derivas de entrepiso que se reduce en el sistema aporticado varía entre (57%-78%) con respecto al sistema sin disipadores.

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis general que establece que, Existen diferencias significativas entre un sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso. Estos resultados guardan relación con.

Fuentes (2015), “**Análisis Sísmico de una Edificación con Disipadores de Fluido Viscoso**”, para optar el título de ingeniero civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

Se realiza una serie de análisis comparativos en un edificio ideal aporticado de 5 pisos de concreto armado con disipadores de fluido viscoso incorporados en ambas direcciones. Se estudian tres configuraciones de arreglos de disipadores: en diagonal, doble diagonal y chevron. Asimismo, se examinan las respuestas de la estructura empleando disipadores lineales con exponente  $\alpha = 1$  y disipadores no lineales con exponente  $\alpha = 0.25$ . La edificación sin disipadores no cumple la deriva permisible de la norma peruana sismorresistente NTE E.030.

Así mismo se acepta las hipótesis específicas que establecen lo siguiente:

Existen diferencias significativas entre los desplazamientos de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso

Existen diferencias significativas entre las distorsiones de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso

si existen diferencias significativas entre las fuerzas cortantes de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.

Ya que estas guardan relación con lo que menciona:

Pardo (2017), “**Control De La Respuesta Dinámica De Estructuras Mediante El Uso De Disipadores De Energía De Fluido Viscoso Del Tipo Lineal**”, para optar el título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, en la Universidad Austral de Chile, la investigación llegó a la siguiente conclusión.

La utilización de los Disipadores de Energía dio como resultado la disminución de los Desplazamientos, Velocidad, Aceleración de los Centros de Masa de cada piso, además de una baja en los Esfuerzos en la Base (Corte y Momento), demostrando ser un método efectivo de control y reforzamiento sísmico, para la estructura estudiada.

## CONCLUSIONES

Los resultados expuestos han permitido arribar a las siguientes conclusiones:

Se establecieron diferencias significativas entre el sistema sismorresistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.

1. Los valores obtenidos en el cálculo del sistema aporticado con disipadores tiene una variación entre el (57%-64%) para el eje "X" y un valor que varía entre (52%-71%) para el eje "Y", con respecto a los valores del sistema sin disipadores de fluido viscoso, lo que nos da una diferencia promedio para ambos ejes de (50%-70%).
2. Con las evaluaciones de las distorsiones de la estructura sismorresistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso se obtuvo que al implementar los disipadores de fluido viscoso al sistema aporticado este disminuye las distorsiones para el eje "X" entre un (30%-80%) y para el eje "Y" (50%-80%) lo que hace que los daños en la estructura sean reducidos, la diferencia significativa de las distorsiones haciende a (30%-80%) de la estructura sin disipadores.
3. Los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje "X" absorben y disipan el 77.1% de la energía del sismo severo, dejando el 22.9% a los elementos estructurales diseñados y los disipadores de fluido viscoso instalados en el eje "Y" absorben y disipan el 78% de la energía del sismo severo, dejando el 22% a los elementos estructurales diseñados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales con cargas mencionadas en el RNE E.020 de tal manera que este sea lo más preciso para el cálculo (evitar rediseño de elementos estructurales).
- Se recomienda el uso de datos sísmicos (acelerogramas) de las zonas donde los sismos sean similares a lo requerido por el proyecto, para que este sea lo más real posible y así elegir el disipador más adecuado para el sistema.
- Se recomienda el uso de disipadores sísmicos de fluido viscoso en ambos sentidos de la edificación de tal manera que este pueda reducir los desplazamientos en ambos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. American Society of Civil Engineers (ASCE). ASCE 7-10: *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. EEUU, 2010.
2. Villareal y Díaz (2016), *Disipadores de Energía Sísmica Edificio GERPAL Centro Empresarial Reducto - LIMA – PERU*, Edificaciones Con Disipadores Viscosos primera edición, Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
3. Espejel (2013), Tesis “*Estudio Analítico Del Comportamiento De Una Estructura Reforzada Con Disipadores Pasivos De Energía*”, Universidad Nacional Autónoma de México
4. Pardo (2017), Tesis “*Control De La Respuesta Dinámica De Estructuras Mediante El Uso De Disipadores De Energía De Fluido Viscoso Del Tipo Lineal*”, Universidad Austral de Chile.
5. Carranza y Calderón (2015), “*Reforzamiento de una Estructura Aporticada con Disipadores de Fluido Viscoso Para un Mercado en la Ciudad de Trujillo*”, Universidad Privada Antenor Orrego del Perú – Trujillo.
6. Fuentes. (2015) Tesis: *Análisis Sísmico De Una Edificación Con Disipadores De Fluido Viscoso*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
7. Andrade, L. [2004], *Control de la Deriva en las Normas de Diseño Sismorresistente*, Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
8. Chávez, J (2017), *Diseño Sismorresistente De Edificios Con Disipadores De Fluido Viscoso*, Primera Edición, grupo universitario.
9. ASCE [2010], *Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures (ASCE/SEI 7-10)*, American Society of Civil Engineers
10. Dowrick, D (1992), *Diseño De Estructuras Resistentes A Sismos*, segunda edición, México, editorial Limusa.
11. Blanco, A. [1997], *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*, segunda edición, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima
12. Cheng, F., Jiang, H. and Lou, K. [2008], *Smart Structures – Innovative Systems for Seismic Response Control*, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, ISBN 978-0-8493-8532-2
13. Villareal y Oviedo (2009), *Edificaciones Con Dispositivos Pasivos De Disipación De Energía*, Primera Edición, Editora & Imprenta Grafica Norte.
14. Chopra, A. [2007], *Dynamics of Structures*, third edn, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458. ISBN 0-13-156174-X
15. Clough, R. and Penzien, J. [1993], *Dynamics of Structures*, second edn, McGraw-Hill Inc., New York. ISBN 0-07-011394-7

16. Computers and Structures Inc. [2009], *CSI Analysis Reference Manual*, Berkeley, California
17. Constantinou, M. and Symans, M. [1992], *Experimental and Analytical Investigation of Seismic Response of Structures with Supplemental Fluid Viscous Dampers*, Report NCEER-92-0032, National Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York
18. FEMA [2009], *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*, Report P-750, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
19. Delgado, G. (2011), *Diseño de estructuras aperticadas de concreto armado*, novena edición, Ediciones Edicivil.
20. Hwang, J. [2002], *Seismic Design of Structures with Viscous Dampers*, National Center for Research on Earthquake Engineering, Taipei
21. Lin, W. and Chopra, A. [2002], *Earthquake response of elastic SDF systems with non-linear fluid viscous dampers*, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **31**, 1623-1642
22. Morales, L. y Contreras, J. [2012], *Protección de una Edificación Existente con Disipadores de Energía*, Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
23. Morales (2006), *Diseño En Concreto Armado*, tercera edición, instituto de la construcción y gerencia ICG.
24. Muñoz, A. [1997], *Fuerzas de Diseño y Control de Desplazamientos en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
25. Newmark, N. and Hall, W. [1982], *Earthquake Spectra and Design*, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California. ISBN 0-943198-22-4
26. Novak, M. and El Hifnawy, L. [1983], *Effect of Soil-Structure Interaction on Damping of Structures*, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **11**, 595-621
27. Ottazzi, G. [2007], *Apuntes del Curso Concreto Armado I*, octava edición, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
28. Popov, E. [2000], *Mecánica de Sólidos*, segunda edición, Pearson Educación, México. ISBN 970-17-0398-7
29. ICG (2016), *Reglamento Nacional De Edificaciones*, novena edición, editorial del instituto de la construcción y gerencia.
30. Ramírez, O. et al. [2001], *Development and Evaluation of Simplified Procedures for Analysis and Design of Buildings with Passive Energy Dissipation Systems*, Report MCEER-00-0001, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York
31. Roylance, D. [2001], *Engineering Viscoelasticity*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts

32. Salmon, C. and Johnson, J. [1996], *Steel Structures: Design and Behavior*, fourth edn, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458. ISBN 0673-99786-3

## **ANEXOS**

**Anexo N° 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.**

**Anexo N° 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

**Anexo N° 3. ENSAYO DE CAPACIDAD PORTANTE.**

**Anexo N° 4. PLANOS ESTRUCTURALES.**

**Anexo N° 5. PANEL FOTOGRAFICO.**

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Qué diferencias existen entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Establecer las diferencias que existen entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Existen diferencias significativas entre un sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso .</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <p>Sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido Viscoso.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamientos</li> <li>- Distorsiones</li> <li>- Energía absorbida</li> </ul>	<p><b>Método de investigación:</b> Científico.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicado.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo - Comparativo</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>➤ ¿Cómo intervienen los desplazamientos de la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?</p> <p>➤ ¿En qué porcentaje las distorsiones de la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?</p> <p>➤ ¿Cómo interviene la energía absorbida por la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>➤ Calcular los valores que existen entre los desplazamientos de la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p> <p>➤ Determinar las diferencias que existen entre las distorsiones de la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p> <p>➤ Analizar las diferencias que existen entre la energía absorbida por de la estructura sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>➤ Los desplazamientos de la estructura intervienen significativamente en el diseño sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p> <p>➤ Las distorsiones de la estructura varían en un porcentaje considerable en el diseño sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso</p> <p>➤ La energía absorbida por la estructura interviene de manera significativa en el diseño sismo resistente con disipadores de fluido viscoso y sin disipadores de fluido viscoso.</p>	<p><b>Variable 2:</b></p> <p>Sistema sismo resistente aporticado sin disipadores de fluido Viscoso.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamientos</li> <li>- Distorsiones</li> <li>- Energía absorbida</li> </ul>	<p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>El diseño de investigación utilizará un esquema No experimental, considerando que el análisis a realizar es teórico, bajo el siguiente esquema.</p> <p style="text-align: center;">OE ➤ SA ➤ XP ➤ CE ➤ RE</p> <p>Donde:</p> <p>OE = Objeto de Estudio (Edificio 8 pisos) SA = (Sistema aporticado)</p> <p>XP = Análisis Estructural</p> <p>CE = Comportamiento Estructural RE = Resultados y Conclusiones</p> <p><b>Cuando: 2018.</b></p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p><b>Población.</b> La población está constituida por edificaciones en la ciudad de Huancayo.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra está ubicada en la prolongación Cuzco N° 2034 Urbanización La Ribera</p>

### OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

VARIABLE 1	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
Sistema sismo resistente aporticado con disipadores de fluido Viscoso.	Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Con la incorporación de un disipador de fluido viscoso. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 cumpliendo con la norma E.030 del RNE.	DESPLAZAMIENTOS	Desplazamiento en el eje X-X	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Desplazamiento en el eje Y-Y	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
		DISTORSIONES	Deformación Angular	m/m	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Fuerzas Laterales	N	<b><u>NORMA E 0-30</u></b>
			Altura de entrepiso	m	<b><u>ARQUITECTURA</u></b>
VARIABLE 2	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
Sistema sismo resistente aporticado sin disipadores de fluido Viscoso.	Conjunto de elementos de concreto armado (columnas y vigas), capaces de resistir a las fuerzas sísmicas actuantes sobre ellas. Cuya máxima distorsión admitida es de 0.007 cumpliendo con la norma E.030 del RNE.	DESPLAZAMIENTOS	Desplazamiento en el eje X-X	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Desplazamiento en el eje Y-Y	mm	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
		DISTORSIONES	Deformación Angular	m/m	<b><u>MODELAMIENTO ESTRUCTURAL</u></b>
			Fuerzas Laterales	N	<b><u>NORMA E 0-30</u></b>
			Altura de entrepiso	m	<b><u>ARQUITECTURA</u></b>

# ENSAYO DE CAPACIDAD PORTANTE

2018

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## ENSAYO DE CAPACIDAD PORTANTE

### ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO”**

**LA RIVERA**

**Bach. JUAN CARLOS LEÓN BARRA**



A A'  
MECANICA

Nº

IMAS SA





## INDICE

1. GENERALIDADES
  - 1.1. Objetivo
  - 1.2. Normatividad
  - 1.3. Ubicación
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO
  - 2.1.- Geología
    - 2.1.1. Geología Regional
    - 2.1.2. Geología Local
  - 2.2.- Sismicidad
- 3.0. INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA
  - 3.1. Exploraciones
  - 3.2. Muestreo
  - 3.3. Registro De Exploraciones
- 4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO
  - 4.1. Ensayos Estandar
  - 4.2. Ensayos Especiales
  - 4.3. Clasificación De Suelos
- 5.0. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO
- 6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN
- 7.0. CAPACIDAD PORTANTE
  - 7.1. Capacidad De Carga
  - 7.1. Diseño Por Seguridad Global
  - 7.1. Parametros De Obras De Sostenimiento.
- 8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ABSCOR TÉCNICO CIP 149416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA





## INFORME TÉCNICO

### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

#### "ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOZO" LA RIVERA

#### 1. GENERALIDADES

##### 1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación.

##### 1.2. NORMATIVIDAD

El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y y Norma Técnica E0.30 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA EL 11 DE OCTUBRE DEL 2018, corresponde al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.

##### 1.3. UBICACIÓN

LUGAR	: JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA
DISTRITO	: HUANCAYO
PROVINCIA	: HUANCAYO
DEPARTAMENTO	: JUNIN





## 2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

### 2.1 GEOLOGIA

#### 2.1.1 GEOLOGIA REGIONAL

##### Aspectos geomorfológicos

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio y alrededores han sido modelados por eventos de geodinámica interna y externa. Las unidades geomorfológicas existentes son clasificadas como Valles - Quebradas y Estribaciones de la Cordillera Occidental.

##### Aspectos Litoestratigráficos.

La secuencia litoestratigráfica, esta dada por la ocurrencia de afloramientos y depósitos no consolidados con edades que se inician en el Cretáceo Inferior, hasta la actualidad.

##### Morfogénesis y Procesos Geodinámicos

La configuración del relieve en la región está subordinada a procesos morfogenéticos que han ocurrido en el pasado geológico.

#### 2.1.2 Geología Local

##### Aspectos Geomorfológicos

El área de estudio se encuentra en el cauce de quebradas antiguas

##### Aspectos Litoestratigráficos

El área en estudio está asociada a depósitos aluviales de quebradas

## 2.2 SISMICIDAD

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida útil de la edificación proyectada.

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Como los sismos de la región se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y



selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Las zonas alejadas del oriente amazónico, sufren de pocos eventos sísmicos precisamente por la gran profundidad en que se produce la subducción bajo esta región, en comparación a lo que ocurre bajo la costa

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al (1984), el cual se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Construcciones.

Los parámetros sísmicos a usarse son:

### ZONA 3

PARAMETRO	VALOR
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de ampliación de ondas sísmicas (S)	1.15
Período de vibración predominantte (Tp)	0.6 seg.

PERFILES DE SUELO
PERFIL TIPO S <sub>2</sub>

FACTOR DE SUELO "S"	S <sub>2</sub>
Z <sub>3</sub>	1.15

PERIODOS "Tp" Y "Tl"	S <sub>2</sub>
"Tp" (S)	0.6
"Tl" (S)	2.0

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ABSOR TÉCNICO CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINIA



Mapa de Zonificación Sísmica del Perú



Figura N°1: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones o Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. (2018).

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
Ing. Civil **Edwin Peña Dueñas**  
ABSOR TECNICO CIP 148416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA.

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



### 3.- INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA

#### 3.1. EXPLORACIONES

La exploración del subsuelo se realizó mediante 01 excavación a cielo abierto ó calicata, ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio. La profundidad máxima explorada fue de 3.00 m.

- **C-1, JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA**

#### 3.2. MUESTREO DISTURBADO

Se extrajeron muestras disturbadas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar, especiales y análisis químicos.

#### 3.3. REGISTRO DE EXPLORACIONES

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de cada una de las exploraciones, anotándose las características de los suelos tales como espesor, color, humedad, compacidad, etc.

Cada una de las calicatas exploradas, presentan un Registro de Excavación. Se presenta el resumen de los materiales encontrados en las calicatas exploradas.

Se indica las profundidades y se describen los materiales predominantes en cada una de las exploraciones. Sin embargo se puede concluir que los suelos son del tipo:

#### **C-1, JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA**

- De 0.00 a 3.00 mts de profundidad el terreno esta compuesto por gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla de color marron oscuro, terreno suelto.

### 4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos de la Empresa GEOLUMAS SAC, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

#### 4.1. ENSAYOS ESTANDAR

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318







**ENSAYOS ESPECIALES**

- Corte Directo ASTM D-3080
- Humedad ASTM D-2216

**4.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Los suelos representativos ensayados se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En el cuadro siguiente se presenta la clasificación de los materiales:

POZO	C-1, JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA
PROF.(m)	3.00
Retiene N°4	35.80
Pasa malla N°200	36.20
Límite Líquido (%)	9.46
Índice Plástico (%)	5.73
Densidad máx-mín (kg/cm <sup>3</sup> )	1.65
CLASIFICACIÓN SUCS	<b>GC</b>

**CUADRO N°1: CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

**5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

La estratigrafía se definió mediante la interpretación de los registros estratigráficos de las exploraciones efectuadas, las cuales se muestran en el "Perfil Estratigráfico" estableciéndose la siguiente conformación del subsuelo:

POZO	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
<b>C-1, JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA</b>	<b>GC</b>	•De 0.00 a 3.00 mts de profundidad el terreno esta compuesto por gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla de color marron oscuro, terreno suelto.

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ABSOR TECNICO CIP 149418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

CEL 988111156, RPM #988111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



## 6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El material presente en la zona activa de cimentación, está conformado por :  
se efectuó un ensayo de corte directo en laboratorio, obteniéndose los siguientes parámetros de resistencia:

	C-1
Angulo de fricción interna, $\phi$	26.70°
Cohesión, C (kg/cm <sup>2</sup> )	0.03

## 7. CAPACIDAD PORTANTE

### 7.1 CAPACIDAD DE CARGA

El ingeniero estructural verificará las cargas transmitidas al terreno por unidad de área. En el presente, se ha realizado el análisis estático de la capacidad de carga, en la cual se ha determinado características geométricas asumidas.

Si bien es cierto, la expresión que determina la capacidad admisible, estará afectada por un factor de seguridad de acuerdo a las recomendaciones de diseño empleados en el país (léase como  $q_{adm} = q_{ult} / FS$ ), en el cálculo se han empleado factores de seguridad que responden a cada uno de los parámetros que participan en el desarrollo de los cálculos.

Si luego se desea efectuar el análisis dinámico, se recomienda emplear la metodología por Estado Límite, en el cual los parámetros de resistencia son minorados y las cargas actuantes mayoradas.

### 7.2 DISEÑO POR SEGURIDAD GLOBAL

Los diseños por este método se basan en las recomendaciones de Terzaghi y los aportes de Vesic, que integran, además de los factores de carga, los factores de influencia para la forma. El método determina una capacidad última del terreno y luego halla la capacidad

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ABINGENIERO TÉCNICO CIP 148419  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



admisible dividiéndola entre un factor de seguridad igual a 3, como promedio.  
Generalmente las teorías desarrolladas tienen su base en hipótesis simplificadas del comportamiento de los suelos. El problema de capacidad portante se reduce a los casos, de presencia de suelos friccionantes. Terzaghi, propone un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo que posteriormente Vesic (1973), proporciona algunas ideas sobre la capacidad portante, considerando un factor adicional, ocasionado por los efectos de la forma de la cimentación, tal como se muestra.

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q W_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma W_\gamma S_\gamma$$

Donde:

q <sub>ult</sub>	=	Capacidad última de carga
γ	=	Peso Volumetrico.
B	=	Ancho o diámetro de la cimentación
D <sub>f</sub>	=	Profundidad de cimentación
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	=	Factores de carga
S <sub>c</sub> , S <sub>q</sub> , S <sub>γ</sub>	=	Factores de forma
W <sub>q</sub> , W <sub>γ</sub>	=	Factores por nivel freático

Los factores de forma son parámetros adimensionales que dependen principalmente del ángulo de resistencia al esfuerzo cortante  $\phi$  del suelo y de la geometría de la cimentación. Para la evaluación de la capacidad portante tenemos los datos brindados por el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Empresa GEOLUMAS SAC:

Ver : CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE .

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentra comprendido entre :

	CAPACIDAD PORTANTE
<b>C-1, JR. LOS COSMOS N° 250 Y LA CALLE MADRE SELVA S/N, LA RIVERA</b>	1.39 kg/cm <sup>2</sup> a 0.80 mts de profun
	3.02 kg/cm <sup>2</sup> a 3.00 mts de profun

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil **Edwin Peña Dueñas**  
ABSORBENTE TÉCNICO, CIP 149418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



# “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN SISTEMA SISMORRESISTENTE APORTICADO CON Y SIN DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSO”

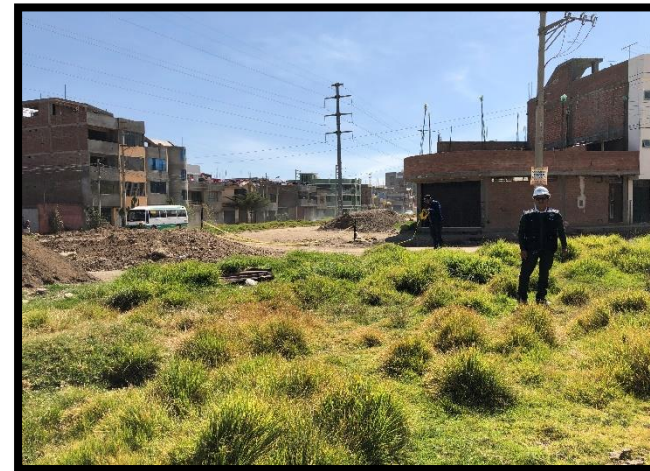
## PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFÍA N° 1



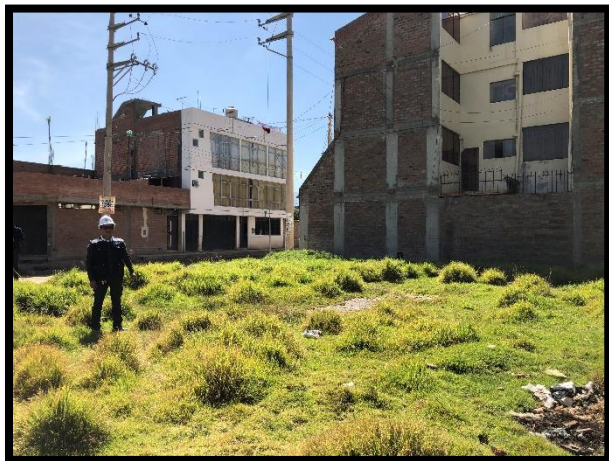
Aquí se visualiza la ubicación de nuestra área de estudio.

FOTOGRAFÍA N° 3



El estudio del proyecto se encuentra ubicada en el distrito de Huancayo en la urbanización La Ribera.

FOTOGRAFÍA N° 2



Vista panorámica de la ubicación específica de nuestra muestra evaluada.

FOTOGRAFÍA N° 4



Se observa el desarrollo social y construcciones de gran envergadura en la ubicación de proyecto.



FOTOGRAFÍA N° 5



Toma de medidas para el modelamiento estructural.

FOTOGRAFÍA N° 7



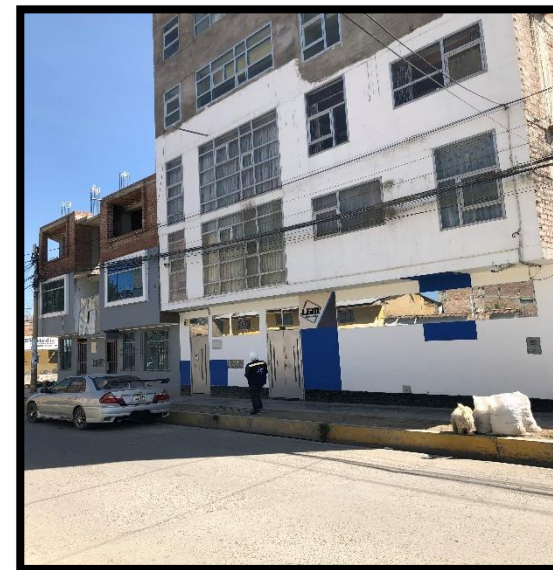
Procedimiento de medición de frentis para el modelamiento estructural.

FOTOGRAFÍA N° 6



Visualización de la construcción de 5 pisos para el análisis del dimensionamiento de elementos estructurales.

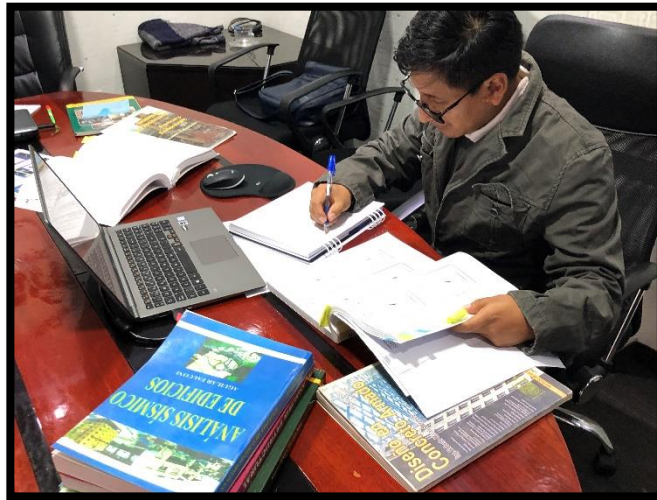
FOTOGRAFÍA N° 8



Visualización del frentis de la estructura analizada.

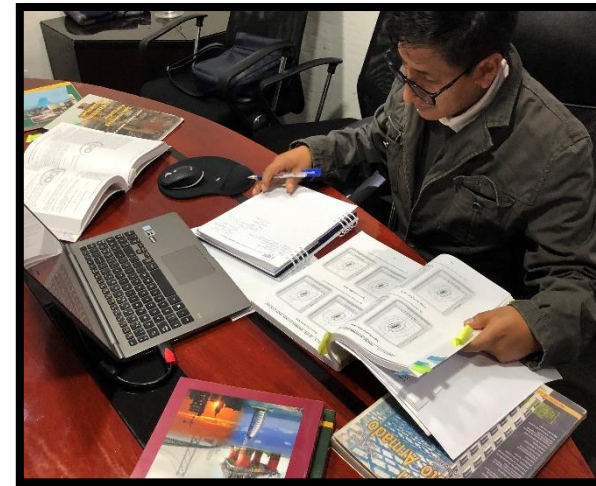


FOTOGRAFÍA N° 9



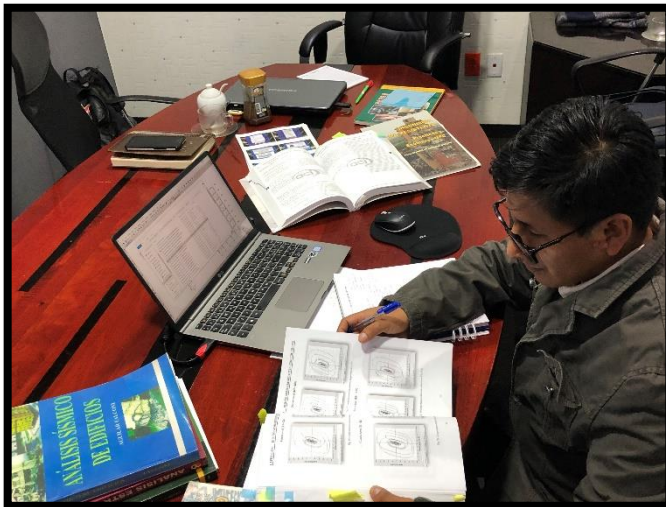
Revisión bibliográfica de conceptos generales de elementos estructurales.

FOTOGRAFÍA N° 11



Revisión bibliográfica de la norma Técnica Peruana.

FOTOGRAFÍA N° 10



Revisión bibliográfica del comportamiento de los disipadores en estructuras.

FOTOGRAFÍA N° 12



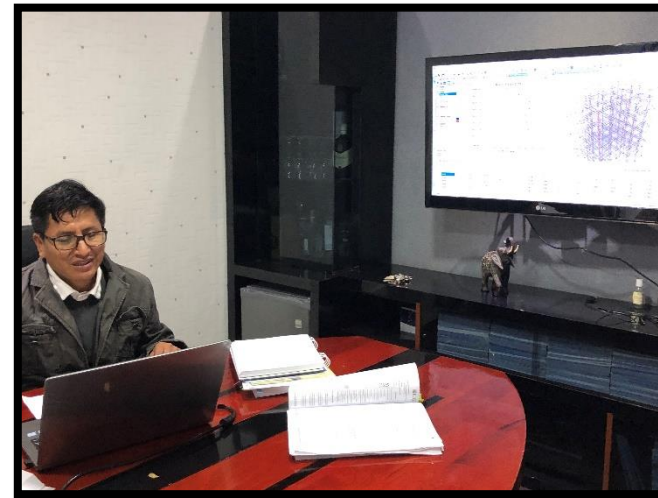
Comportamiento dinámico de la estructura de 8 pisos.

FOTOGRAFÍA N° 13



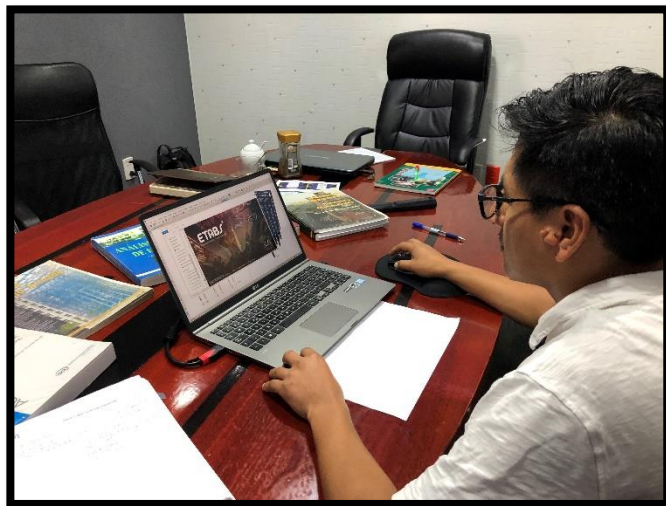
Realización del predimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación de 8 pisos.

FOTOGRAFÍA N° 15



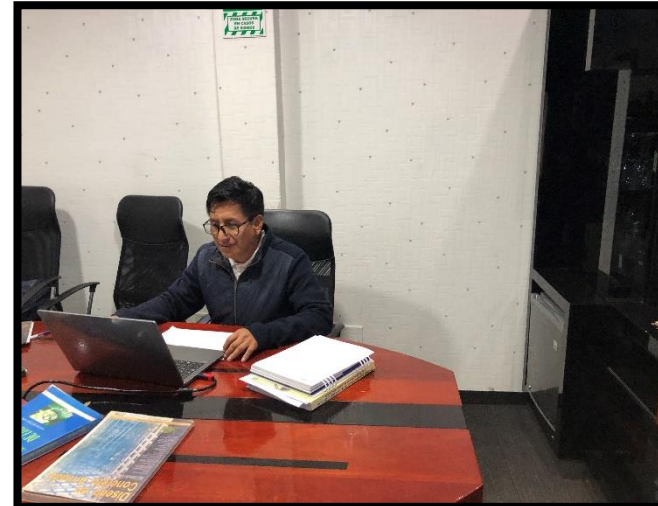
Incorporación de los elementos estructurales al software Etabs.

FOTOGRAFÍA N° 14



Iniciación del modelamiento estructural con el software Etabs 2017.

FOTOGRAFÍA N° 16



Colocación de las dimensiones obtenidas en la vista al área estudiada, colocación de dimensiones de predimensionamiento calculado.

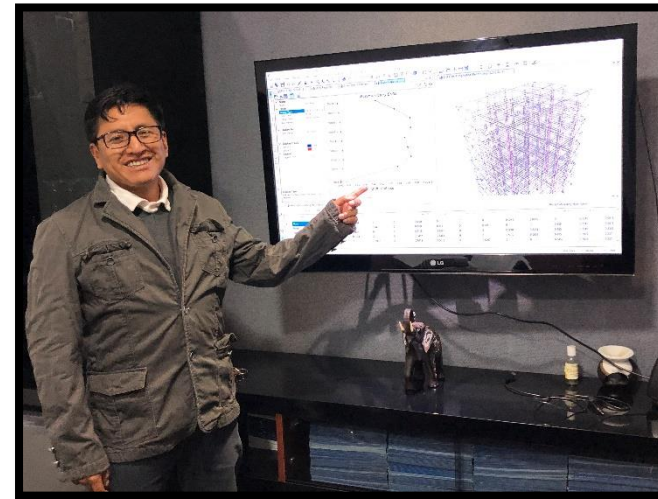


FOTOGRAFÍA N° 17



Modelamiento estructural de la estructura de 8 pisos sin disipadores de energía.

FOTOGRAFÍA N° 19



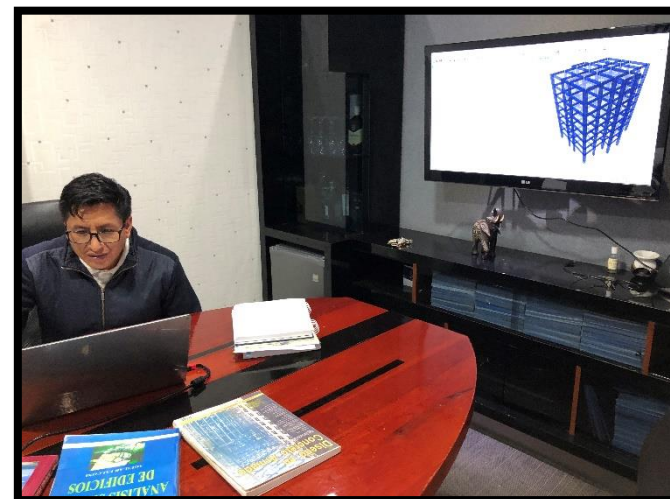
Resultados del modelamiento estructural de la estructura de 8 pisos sin disipadores de energía.

FOTOGRAFÍA N° 18



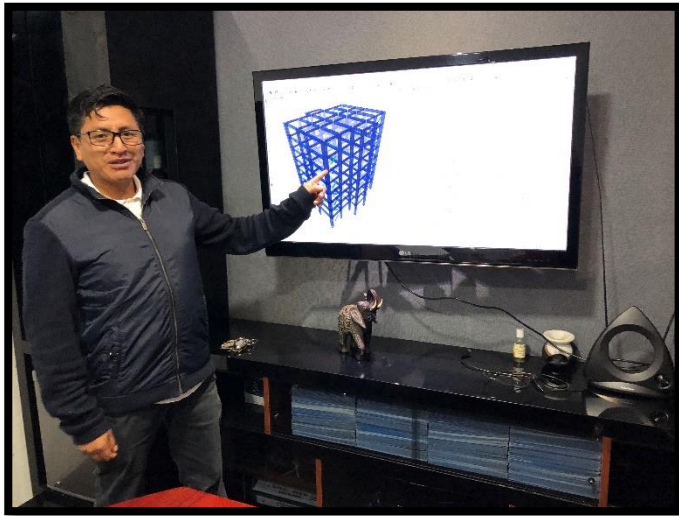
Colocación de Disipadores de energía en el eje X-X.

FOTOGRAFÍA N° 20



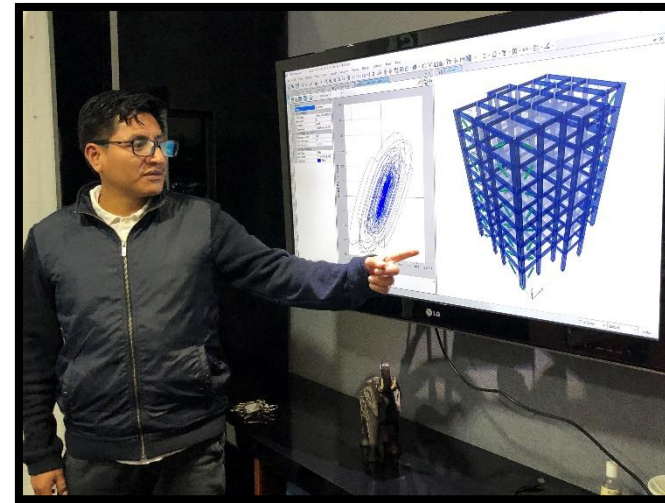
Colocación de las características de los disipadores de energía en la estructura de 8 pisos.

FOTOGRAFÍA N° 21



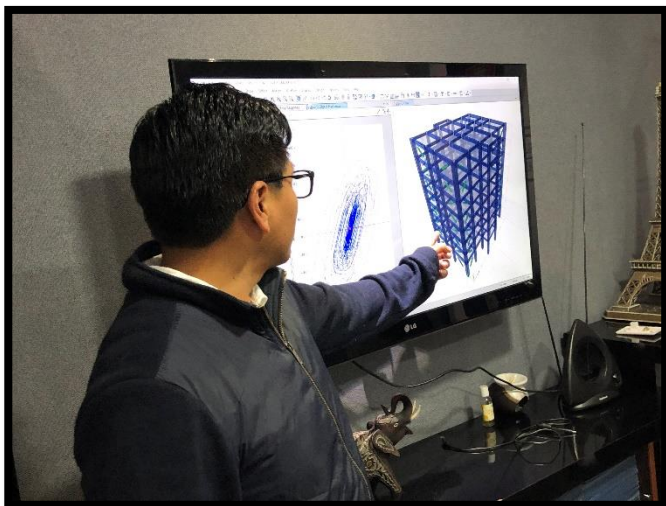
Ubicación de los disipadores en el modelamiento del Etabs 2017.

FOTOGRAFÍA N° 23



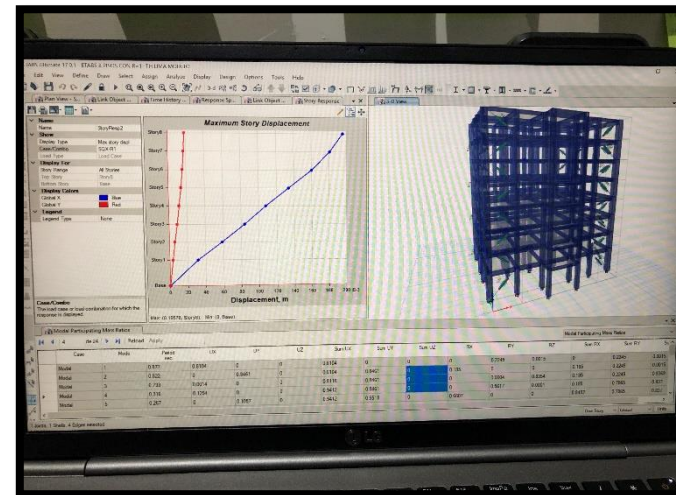
Comprobación del comportamiento de los disipadores mediante el diagrama histérico .

FOTOGRAFÍA N° 22



Evaluación de los disipadores de energía mediante el diagrama histérico en el software Etabs.

FOTOGRAFÍA N° 24



Grafica representativa al desplazamiento máximo de la estructura con disipadores de energía.