



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO CON  
DISIPADORES A FRICCIÓN EN DOS EDIFICIOS  
BAJOS EN EL CENTRO POBLADO EL MILAGRO,  
TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Carlo David Quiroz Gordillo

Asesor:

Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres

Por haberme apoyado en todo momento y sus ejemplos de perseverancia y por ser el pilar fundamental para finalizar mis estudios.

A mi familia por el todo apoyo y consejos brindados a lo largo de mis estudios.

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por haber dado la oportunidad de llegar hasta este punto y haberme dado fuerza de voluntad y salud para lograr mis objetivos y la realización de esta tesis.

A mi asesor de tesis, Ing. Gonzalo Hugo Díaz García por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que pueda terminar mi tesis con éxito.

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. Realidad problemática.....	17
1.2. Formulación del problema .....	38
1.3. Objetivos .....	38
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	38
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	38
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>39</b>
2.1. Tipo de investigación .....	39
2.2. Variables.....	41
2.2.1. <i>Operacionalización de variables:</i> .....	41
2.3. Población:.....	42
2.4. Muestra:.....	42
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	42
2.5.1. <i>Técnica:</i> .....	42
2.5.2. <i>Instrumento:</i> .....	43
2.5.3. <i>Descripción del procedimiento:</i> .....	43
2.6. Métodos y procedimientos de análisis de datos: .....	58
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
1.2. Identificación y Modelamiento de la primera estructura en etabs-2016. ....	61
4.2. Análisis sísmico estático-primera estructura.....	62

4.2.1.	<i>Factor de zona (Z)</i> .....	62
4.2.2.	<i>Perfil del suelo (S)</i> .....	63
4.2.3.	<i>Periodos de acuerdo al tipo de suelo</i> .....	64
4.2.4.	<i>Periodo fundamental de vibración (T)</i> .....	64
4.2.5.	<i>Factor de amplificación sísmica (C)</i> .....	65
4.2.6.	<i>Categoría de la edificación (U)</i> .....	66
4.2.7.	<i>Coeficiente de reducción sísmica (R)</i> .....	67
4.2.8.	<i>Regularidad estructural</i> .....	67
4.2.9.	<i>Fuerza cortante en la base:</i> .....	82
4.2.10.	<i>Desplazamientos laterales y control de derivas estáticas</i> .....	87
4.3.	<i>Análisis dinámico –primera estructura:</i> .....	88
4.3.1.	<i>Cálculo de masas traslacional:</i> .....	88
4.3.2.	<i>Aceleración espectral</i> .....	89
4.3.3.	<i>Espectro de respuesta</i> .....	90
4.3.4.	<i>Cortante dinámico en la base:</i> .....	92
4.3.5.	<i>Cortante estático vs cortante dinámico</i> ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.3.6.	<i>Masa participativa:</i> .....	93
4.3.7.	<i>Espectro R=3 cargado al software</i> .....	94
4.3.8.	<i>Control de derivas inelásticas dinámicas:</i> .....	95
4.3.9.	<i>Análisis sísmico dinámico modal – espectral con R=1</i> .....	96
4.4.	<i>Análisis Dinámico Tiempo Historia- primera estructura.</i> .....	98
4.4.1.	<i>Acelerogramas para espectro de diseño:</i> .....	98
4.4.2.	<i>Análisis sísmico dinámico modal – tiempo historia lineal con efectos de interacción sísmica.</i> .....	103
4.4.3.	<i>Determinación del sismo de diseño</i> .....	109
4.5.	<i>Diseño por desempeño de los disipadores de Fricción:</i> .....	110
4.5.1.	<i>Factor de amenaza sísmica:</i> .....	111
4.5.2.	<i>Diseño del disipador de fricción</i> .....	113
4.5.3.	<i>Parámetros del disipador del Etabs:</i> .....	116
4.5.4.	<i>Valores asignados al etabs</i> .....	117
4.6.	<i>Ensayo de esclerometría</i> .....	120
4.7.	<i>Diseño e implementación de muros de concreto armado</i> .....	125
4.7.1.	<i>Diseño del Refuerzo de la Columna (2,3,4 piso).</i> .....	130
4.7.2.	<i>Diseño del refuerzo del muro ( 2,3,4 piso)</i> .....	134
4.7.3.	<i>Diseño del Refuerzo de la Columna ( 1 piso )</i> .....	136
4.7.4.	<i>Diseño del refuerzo del muro ( 1 piso)</i> .....	137
4.8.	<i>Análisis sísmico dinámico no lineal tiempo – historia con optimización de disipadores de fricción y muros estructurales.</i> .....	139
4.8.1.	<i>Comportamiento histerético:</i> .....	141
4.9.	<i>Identificación y Modelamiento de la segunda estructura en etabs-2016.</i> .....	142
4.10.	<i>Análisis sísmico estático –segunda estructura.</i> .....	143

4.10.1.	<i>Factor de zona (Z)</i> .....	143
4.10.2.	<i>Perfil del suelo (S)</i> .....	143
4.10.3.	<i>Periodos de acuerdo al tipo de suelo</i> .....	144
4.10.4.	<i>Periodo fundamental de vibración (T)</i> .....	144
4.10.5.	<i>Factor de amplificación sísmica (C)</i> .....	145
4.10.6.	<i>Categoría de la edificación (U)</i> .....	146
4.10.7.	<i>Coeficiente de reducción sísmica (R)</i> .....	147
4.10.8.	<i>Regularidad estructural</i> .....	147
4.10.9.	<i>Fuerza cortante en la base:</i> .....	157
4.10.10.	<i>Desplazamientos laterales y control de derivas Estáticas</i> .....	162
4.11.	<i>Análisis dinámico – segunda estructura.</i> .....	163
4.11.1.	<i>Calculo de masa traslacional:</i> .....	163
4.11.2.	<i>Aceleración espectral</i> .....	164
4.11.3.	<i>Espectro de respuesta</i> .....	165
4.11.4.	<i>Cortante dinámico en la base</i> .....	167
4.11.5.	<i>Cortante estático vs cortante dinámico</i> ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
4.11.6.	<i>Masa participativa</i> .....	168
4.11.7.	<i>Espectro R=6 cargado al software</i> .....	169
4.11.8.	<i>Control de derivas inelásticas dinámicas:</i> .....	170
4.11.9.	<i>Análisis sísmico dinámico modal – espectral con R=1</i> .....	171
4.12.	<i>Análisis Dinámico Tiempo Historia-segunda estructura.</i> .....	174
4.12.1.	<i>Acelerogramas para espectro de diseño</i> .....	174
4.12.2.	<i>Análisis sísmico dinámico modal – tiempo historia lineal con efectos de interacción sísmica.</i> .....	179
4.12.3.	<i>Determinación del sismo de diseño</i> .....	185
4.12.4.	<i>Diseño del dissipador de fricción</i> .....	188
4.12.5.	<i>Valores asignados al etabs</i> .....	190
4.13.	<i>Análisis Dinámico no lineal tiempo- historia con dissipadores de fricción</i> .....	193
4.13.1.	<i>Comportamiento histerético:</i> .....	195
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		<b>204</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....		<b>216</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>217</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 primeros edificios que implementaron disipadores sísmicos. ....	30
Tabla 2 Ranking de terremotos más destructivos a nivel mundial desde 1990. ....	31
Tabla 3 Operacionalización de variables. ....	41
Tabla 4 Factores de zona. ....	46
Tabla 5 Clasificación de los perfiles de suelo. ....	46
Tabla 6 Suelos cohesivos. ....	47
Tabla 7 Suelos Granulares. ....	47
Tabla 8 Parámetros de sitio. ....	48
Tabla 9 Sistema resistente al corte .....	49
Tabla 10 Factor de uso. ....	50
Tabla 11 Carga viva. ....	52
Tabla 12 Coeficientes de reducción sísmica. ....	52
Tabla 13 Factor de zona. ....	62
Tabla 14 Factor suelo. ....	64
Tabla 15 Periodos de perfil de suelo. ....	64
Tabla 16 Factor en función al sistema estructural. ....	65
Tabla 17 Categoría de la edificación. ....	66
Tabla 18 Coeficiente de reducción sísmica. ....	67
Tabla 19 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando en el Eje X. ....	69
Tabla 20 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando en el Eje Y. ....	69
Tabla 21 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje X. ....	70
Tabla 22 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje Y. ....	70
Tabla 23 Irregularidad de extrema rigidez en el Eje X. ....	71
Tabla 24 Irregularidad de extrema rigidez en el Eje Y. ....	71
Tabla 25 Irregularidad de extrema resistencia en el Eje X. ....	72
Tabla 26 Irregularidad de extrema resistencia en el Eje Y. ....	72
Tabla 27 Análisis de Irregularidad de Masas. ....	73
Tabla 28 Análisis de irregularidad torsional en el Eje X. ....	75
Tabla 29 Análisis de irregularidad torsional en el Eje Y. ....	76
Tabla 30 Análisis torsional Eje X - extremo 20. ....	76
Tabla 31 Análisis torsional Eje X - extremo 18. ....	77
Tabla 32 Análisis torsional Eje Y - extremo 20. ....	77
Tabla 33 Análisis torsional Eje Y - extremo 18. ....	77
Tabla 34 Análisis torsional Eje X - extremo 1. ....	78
Tabla 35 Análisis torsional Eje X - extremo 39. ....	78
Tabla 36 Análisis torsional Eje Y- extremo 1. ....	78
Tabla 37 Análisis torsional Eje Y- extremo 39. ....	79
Tabla 38 Análisis torsional Eje X - extremo 20. ....	79
Tabla 39 Análisis torsional Eje Y- extremo 20. ....	80
Tabla 40 Análisis de irregularidad torsional extrema Eje X- extremo 20. ....	80
Tabla 41 Análisis de irregularidad torsional extrema Eje Y- extremo 20. ....	81
Tabla 42 Datos de la estructura. ....	82

Tabla 43 coeficiente de distribución.....	84
<i>Tabla 44 Distribución de la cortante en el Eje X.</i> .....	86
Tabla 45 Distribución de la cortante en el Eje Y.....	87
Tabla 46 Control de derivas estáticas en el Eje X.....	87
Tabla 47 Control de derivas estáticas en el Eje Y.....	88
Tabla 48 Masa y peso sísmico de la edificación. ....	89
Tabla 49 Aceleración espectral R=3.....	90
Tabla 50 Cortante estático y dinámico. ....	93
Tabla 51 Masa participativa. ....	94
Tabla 52 Control de derivas dinámicas en el Eje X. ....	96
<i>Tabla 53 Control de derivas dinámicas en el Eje Y.</i> .....	96
Tabla 54 Aceleración espectral R=1.....	97
Tabla 55 Control de derivas R=1, en el Eje X.....	98
Tabla 56 Control de derivas R=1, en el Eje Y.....	98
Tabla 57 Acelogramas para espectro de diseño.....	98
Tabla 58 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Ica 2007. ....	104
Tabla 59 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Ica 2007. ....	105
Tabla 60 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Ica 2007. ....	105
Tabla 61 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Ica 2007. ....	105
Tabla 62 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1974.....	106
Tabla 63 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1974.....	106
Tabla 64 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1974.....	106
Tabla 65 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1974.....	107
Tabla 66 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1966.....	107
Tabla 67 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1966.....	107
<i>Tabla 68 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1966.</i> .....	108
Tabla 69 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1966.....	108
Tabla 70 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje X.....	109
Tabla 71 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje Y.....	109
Tabla 72 Determinación del sismo de diseño en el Eje X.....	110
Tabla 73 Determinación del sismo de diseño en el Eje Y.....	110
Tabla 74 Factor de amenaza sísmica. ....	111
Tabla 75 Derivas en X (Etapa2) – ICA 2007. ....	113
<i>Tabla 76 Derivas en Y (Etapa2) – ICA 2007.</i> .....	113
Tabla 77 Ensayo de esclerometría-cimiento-1 piso.....	122
Tabla 78 Ensayo de esclerometría-columna-1 piso.....	122
Tabla 79 Ensayo de esclerometría-viga-1 piso.....	123
Tabla 80 Ensayo de esclerometría-cimiento-2,3, 4 piso.....	123
Tabla 81 Ensayo de esclerometría-columna-2,3,4 piso.....	124
Tabla 82 Ensayo de esclerometría-viga-2,3,4 piso.....	124
Tabla 83 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores y muros estructurales en X. .....	140
Tabla 84 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores y muros estructurales en Y. .....	140
Tabla 85 Factor zona- segunda estructura. ....	143
Tabla 86 Perfil de suelo- segunda estructura.....	143
Tabla 87 Periodos de acuerdo al tipo de suelo-segunda estructura. ....	144
Tabla 88 Factor en función al sistema estructural-segunda estructura.....	145
Tabla 89 Categoría de la edificación-segunda estructura.....	146



Tabla 90 Coeficiente de reducción sísmica-segunda estructura.....	147
Tabla 91 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando X.....	149
Tabla 92 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando Y.....	149
Tabla 93 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje X.....	150
Tabla 94 Tabla 93 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje Y.....	150
Tabla 95 Análisis de irregularidad de extrema rigidez en el Eje X.....	151
Tabla 96 Tabla 95 Análisis de irregularidad de extrema rigidez en el Eje Y.....	151
Tabla 97 Análisis de irregularidad de extrema resistencia en el Eje X.....	152
Tabla 98 Análisis de irregularidad de extrema resistencia en el Eje Y.....	152
Tabla 99 Análisis de irregularidad de masas - segunda estructura.....	153
Tabla 100 Análisis de irregularidad Torsional en el Eje X.....	155
Tabla 101 Análisis de irregularidad Torsional en el Eje Y.....	155
Tabla 102 Datos de la segunda estructura.....	157
Tabla 103 C. de distribución-segunda estructura.....	159
Tabla 104 Distribución de la cortante en el Eje X- segunda estructura.....	161
Tabla 105 Distribución de la cortante en el Eje Y- segunda estructura.....	161
Tabla 106 Control de derivas estáticas en el Eje X- segunda estructura.....	162
Tabla 107 Control de derivas estáticas en el Eje Y- segunda estructura.....	163
Tabla 108 Masa y peso sísmico de la edificación-segunda estructura.....	164
Tabla 109 Aceleración espectral R=6.....	165
Tabla 110 Cortante estático y dinámico-segunda estructura.....	168
Tabla 111 Masa participativa-segunda estructura.....	169
Tabla 112 Control de derivas dinámicas en el Eje X-segunda estructura.....	170
Tabla 113 Control de derivas dinámicas en el Eje Y-segunda estructura.....	171
Tabla 114 Aceleración espectral R=1.....	171
Tabla 115 Control de derivas R=1, en el Eje X-segunda estructura.....	173
Tabla 116 Control de derivas R=1, en el Eje Y-segunda estructura.....	174
Tabla 117 Acelogramas para espectro de diseño.....	174
Tabla 118 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Ica 2007-segunda estructura.....	180
Tabla 119 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Ica 2007-segunda estructura.....	181
Tabla 120 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Ica 2007-segunda estructura.....	181
Tabla 121 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Ica 2007-segunda estructura.....	181
Tabla 122 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1974-segunda estructura.....	182
Tabla 123 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1974-segunda estructura.....	182
Tabla 124 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1974-segunda estructura.....	182
Tabla 125 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1974-segunda estructura.....	183
Tabla 126 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1966-segunda estructura.....	183
Tabla 127 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1966-segunda estructura.....	183
Tabla 128 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1966-segunda estructura.....	184
Tabla 129 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1966-segunda estructura.....	184
Tabla 130 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje X-segunda estructura.....	184
Tabla 131 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje Y-segunda estructura.....	185
Tabla 132 Determinación del sismo de diseño en el Eje X-segunda estructura.....	186
Tabla 133 Determinación del sismo de diseño en el Eje Y-segunda estructura.....	186
Tabla 134 Derivas en X (Etapa1) – ICA 2007.....	187
Tabla 135 Derivas en Y (Etapa1) – ICA 2007.....	187
Tabla 136 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores en X-segunda estructura.....	194

Tabla 137 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores en Y-segunda estructura. .....	194
Tabla 140 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X. ....	195
Tabla 141 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y. ....	196
<i>Tabla 142 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X- segunda estructura. ....</i>	<i>198</i>
Tabla 143 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y- segunda estructura. ....	198
Tabla 144 Derivas de entrepiso en el Eje X. ....	200
Tabla 145 Derivas de entrepiso en el Eje Y. ....	201
Tabla 146 Derivas de entrepiso en el Eje X-segunda estructura. ....	202
Tabla 147 Derivas de entrepiso en el Eje Y-segunda estructura. ....	202
Tabla 138 Cuadro comparativo de las dos estructuras según la norma E.030-2018. ....	205

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 comparación de edificio sin disipadores y edificio con disipadores de energía. ..	31
Figura 2 Disipador ADAS .....	33
Figura 3 Disipador de fricción.....	33
Figura 4 Disipador viscoelástico. ....	34
Figura 5 Disipador de fluido viscoso.....	34
Figura 6 Disipador ADAS. ....	35
Figura 7 Disipador ADAS. ....	35
Figura 8 Diagrama de deformaciones.....	36
Figura 9 Diseño de investigación .....	40
Figura 10 Procedimiento .....	43
Figura 11 Modelamiento estructural en Etabs.2016.....	44
Figura 12 Modelamiento estructural.....	44
Figura 13 fuerzas horizontales.....	45
Figura 14 Distribución de masas .....	45
Figura 15 Distribución de fuerzas y desplazamiento.....	50
Figura 16 Espectro de diseño.....	51
Figura 17 Peso sísmico .....	51
Figura 18 Elementos estructurales.....	52
Figura 19 Comportamiento elástico y deformación .....	53
Figura 20 Esclerómetro .....	54
Figura 21 Ensayo de esclerometría.....	54
Figura 22 Implementación del disipador sísmico.....	55
Figura 23 brazo metálico .....	56
Figura 24 Hospital de Alma, Quebec, Canadá .....	57
Figura 25 Valle de Lili, Cali, Colombia .....	57
Figura 26 CHUS Fleurimont, Sherbrooke, Canadá.....	57
Figura 27 Hospital de Florencia, Caquetá, Colombia .....	57
Figura 28 Análisis en modelos de estructuras sismoresistentes .....	58
Figura 29 Gráfico lineal.....	59
Figura 30 Zonificación sísmica .....	59
Figura 31 ejemplo de gráfica de barras agrupado.....	60
Figura 32 Modelo estructural 3D-primera estructura en ETABS. ....	61
Figura 33 Mapa de zonificación. ....	62
Figura 34 Microzonificación geotécnica del distrito de Trujillo.....	63
Figura 35 Rigidez en la dirección X,Y. ....	68
Figura 36 Masas en la dirección X,Y. ....	73
Figura 37 Irregularidad Geométrica Vertical. ....	74
Figura 38 Nudos extremos-Irregularidad torsional. ....	76
Figura 39 Periodos en la dirección X, Y .....	83
Figura 40 Asignación del Coeficiente Cx. ....	84
Figura 41 Asignación del Coeficiente Cy. ....	85
Figura 42 Coeficiente Cx, y y peso sísmico. ....	86
Figura 43 Modos de Vibración.....	88
Figura 44 Espectro de pseudo aceleración-primera estructura.....	91

Figura 45 Espectro de pseudo desplazamiento-primera estructura .....	91
Figura 46 Espectro de pseudo velocidad-primera estructura.....	92
Figura 47 Cortante dinámico en la base. ....	92
Figura 48 Asignación del espectro de respuesta.....	95
Figura 49 Asignación de la dirección sísmica. ....	95
Figura 50 Espectro de pseudo aceleración. ....	97
Figura 51 Asignación al programa seismosignal.....	100
Figura 52 Acelograma original- Ica 2007.....	100
Figura 53 Acelograma corregido por línea base.....	100
Figura 54 Filtrado de componentes frecuenciales. ....	101
Figura 55 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico sin escalar (color naranja). 101	
Figura 56 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico escalado (color naranja). ...	102
Figura 57 Comparación entre registro sin escalar y registro escalado al espectro de diseño. .....	102
Figura 58 Etapa 1 y 2 en ambas direcciones X,Y.....	103
Figura 59 Análisis dinámico lineal (Tiempo-Historia) – Ica 2007.....	104
Figura 60 Derivas inelásticas a sismo severo. ....	104
Figura 61 Niveles de desempeño.....	112
Figura 62 Matriz de desempeño. ....	112
Figura 63 Brazo metálico en el Eje X.....	114
Figura 64 Brazo metálico en el Eje Y.....	115
Figura 65 Implementación de los disipadores. ....	116
Figura 66 Parámetros del disipador al etabs-16.....	117
Figura 67 Propiedades del disipador en el Eje X.....	118
Figura 68 Propiedades del disipador en el Eje Y.....	118
Figura 69 Disposición de disipadores vista en planta-1 piso.....	119
Figura 70 Disposición de disipadores vista en planta-2, 3,4 piso.....	119
Figura 71 Disposición de disipadores en el Eje X.....	120
Figura 72 Disposición de disipadores en el Eje Y.....	120
Figura 73 Disposición de muros estructurales-1 piso.....	125
Figura 74 Disposición de muros estructurales-2,3,4 piso.....	125
Figura 75 Selección de la norma de diseño. ....	126
Figura 76 Fijación de las combinaciones de carga a considerar en el diseño. ....	127
Figura 77 Muro a ser diseñado. ....	128
Figura 78 Reporte del muro a diseñar. ....	128
Figura 79 Reporte con los resultados del análisis del muro a diseñar. ....	129
Figura 80 Columna C1. ....	130
Figura 81 Diseño de columna - 40x40. ....	132
Figura 82 Diseño de columna-acero horizontal.....	133
Figura 83 Muro estructural- piso 2,3,4. ....	134
Figura 84 Diseño de muro estructural-piso 2,3,4. ....	135
Figura 85 Columna C4. ....	136
Figura 86 Muro estructural-piso 1.....	137
Figura 87 Diseño de muro estructural-piso 1. ....	138
Figura 88 Disposición de disipadores y muros estructurales en el Eje X.....	139
Figura 89 Disposición de disipadores y muros estructurales en el Eje Y.....	139
Figura 90 Desplazamientos-Análisis dinámico no lineal-tiempo historia.....	140
Figura 91 Comportamiento histerético. ....	141
Figura 92 Modelo estructural 3D- segunda estructura en ETABS.....	142

Figura 93 Rigidez en la dirección X,Y- segunda estructura.....	148
Figura 94 Masas en la dirección X,Y -segunda estructura. ....	153
Figura 95 Irregularidad Geométrica Vertical- segunda estructura. ....	154
Figura 96 Periodos en la dirección X, Y-segunda estructura. ....	158
Figura 97 Asignación del Coeficiente Cx. ....	159
Figura 98 Asignación del Coeficiente Cy. ....	160
Figura 99 Coeficiente Cx, y y peso sísmico-segunda estructura. ....	160
Figura 100 Modos de Vibración. ....	163
Figura 101 Espectro de pseudo aceleración. ....	165
Figura 102 Espectro de pseudo desplazamiento. ....	166
Figura 103 Espectro de pseudo velocidad. ....	166
Figura 104 Cortante dinámico en la base-segunda estructura. ....	167
Figura 105 Asignación del espectro de respuesta.....	169
Figura 106 Asignación de la dirección sísmica. ....	169
Figura 107 Espectro de pseudo aceleración-R1 .....	172
Figura 108 Asignación del espectro R1.....	173
Figura 109 Asignación al programa seismosignal.....	175
Figura 110 Acelograma original- Ica 2007.....	176
Figura 111 Acelerograma corregido por línea base.....	176
Figura 112 Filtrado de componentes frecuenciales. ....	177
Figura 113 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico sin escalar (color naranja). .....	177
Figura 114 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico escalado (color naranja). .	178
Figura 115 Comparación entre registro sin escalar y registro escalado al espectro de diseño. .....	178
Figura 116 Etapa 1 y 2 en ambas direcciones X,Y-segunda estructura. ....	179
Figura 117 Análisis dinámico lineal (Tiempo-Historia) – Ica 2007.....	180
Figura 118 Derivas inelásticas a sismo severo. ....	180
Figura 119 Primer brazo metálico en el Eje X. ....	189
Figura 120 Segundo brazo metálico en el Eje X. ....	189
Figura 121 Brazo metálico en el Eje Y.....	189
Figura 122 Propiedades del primer y segundo disipador en el Eje X. ....	191
Figura 123 Propiedades del disipador en el Eje Y.....	191
Figura 124 Disposición de disipadores vista en planta-segunda estructura. ....	192
Figura 125 Disposición de disipadores en el Eje X.-segunda estructura.....	193
Figura 126 Disposición de disipadores en el Eje Y.....	193
Figura 127 Desplazamientos-Análisis dinámico no lineal-tiempo historia-segunda estructura. ....	194
Figura 128 Comportamiento histerético. ....	195
Figura 130 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X.. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 131 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y.....	197
Figura 132 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X-segunda estructura. ....	198
Figura 133 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y-segunda estructura. ....	199
Figura 134 Derivas de entrepiso en el Eje X. ....	200
Figura 135 Derivas de entrepiso en el Eje Y. ....	201
Figura 136 Derivas de entrepiso en el Eje X-segunda estructura.....	202
Figura 137 Derivas de entrepiso en el Eje Y-segunda estructura.....	203

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fuerza Cortante en la Base .....	45
Ecuación 2 Periodo fundamental .....	49
Ecuación 3 Periodo fundamental .....	64
Ecuación 4 Factor de amplificación sísmica .....	65
Ecuación 5 Análisis de Irregularidad de Masas .....	73
Ecuación 6 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas .....	82
Ecuación 7 Fuerza cortante en la base .....	82
Ecuación 8 valor de C/R .....	83
Ecuación 9 Factor de amplificación sísmica .....	83
Ecuación 10 control de derivas .....	87
Ecuación 11 Aceleración espectral .....	89
Ecuación 12 control de derivas .....	95
Ecuación 13 Rigidez del brazo metálico .....	113
Ecuación 14 cuantía existente .....	131
Ecuación 15 Carga resistente .....	131
Ecuación 16 Refuerzo transversal en columnas .....	132
Ecuación 17 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas-segunda estructura .....	156
Ecuación 18 Fuerza cortante en la base-segunda estructura .....	157

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Trujillo, En el centro poblado El Milagro, teniendo como principal objetivo determinar y evaluar el desempeño sísmico con disipadores a fricción en edificios bajos ante un sismo severo, para cumplir el objetivo en primer lugar se identificó dos estructuras bajas con el cual se hizo el modelamiento estructural original de las dos edificaciones, luego se determinó el análisis estructural sísmico (estático, dinámico y modal) según nuestra norma peruana E.0.30-2018, en el cual también se hizo un análisis tiempo historia no lineal para obtener el sismo de diseño en el cual se pudo evaluar las edificaciones ante un sismo severo por el cual se diseñó el disipador a fricción para ambas edificaciones según la característica de su estructura y arquitectura y finalmente por medio del análisis tiempo historia no lineal con disipadores a fricción se determinó el desempeño sísmico ante un sismo severo.

Los resultados de la presente investigación nos ofrecen la posibilidad de diseñar estructuras bajas con disipadores a fricción que puedan soportar sismos severos de gran magnitud, debido a que la ciudad de Trujillo está situada en zona sísmica, esta tesis ayuda con el objetivo de cuidar la vida de las personas y disminuir las pérdidas económicas productos de las pérdidas de infraestructuras.

Entre los resultados más importantes que se obtuvieron tenemos que las derivas en entrepiso de ambas edificaciones cumplen con el mínimo de deriva que es de 0.007 m que nos da la norma de sismo E.030-2018. Entre el análisis de ambas estructuras se obtuvo la máxima deriva de entrepiso que es de 0.0065 m entre ambos ejes, por lo cual se demuestra que el desempeño sísmico de las estructuras con disipadores de fricción es óptimo ante un sismo severo.

Entre las conclusiones más importantes tenemos que el porcentaje de reducción sísmica de las dos estructuras con y sin disipadores a fricción tienen un valor máximo de 92.09% de reducción entre las dos estructuras.

## ABSTRACT

The present work of investigation was developed in the city of Trujillo, populated center El Milagro, having as main objective to determine and to evaluate the seismic performance with friction dissipaters in low buildings before a severe earthquake, to fulfill the objective in the first place two low structures were identified with which the original structural modeling of the two buildings was made, then the seismic structural analysis was determined (static, dynamic and modal) according to our Peruvian norm E.0..30-2018, in which a non-linear time history analysis was also made to obtain the design earthquake in which the buildings could be evaluated before a severe earthquake by which the friction dissipater was designed for both buildings according to the characteristic of their structure and architecture and finally by means of the non-linear time history analysis with friction dissipaters the seismic performance before a severe earthquake was determined. The importance of the present investigation gives us the possibility of establishing low structures with friction dissipaters that can support different seismic levels but the most important one before a severe earthquake of great magnitude, knowing that the city of Trujillo is located in seismic zone, helping in this way with the objective of taking care of the life of the people and diminishing the economic losses products of the losses of infrastructures. Among the most important results that were obtained were the drifts in mezzanine of both buildings meet the minimum drift that is 0.007 m that gives us the earthquake standard E.030-2018, between the analysis of both structures was obtained the maximum drift of mezzanine that is 0.0065 m between both axes, so we can say that the seismic performance of the structures with friction dissipaters is optimal to a severe earthquake. Among the most important conclusions is the percentage of seismic reduction of the two structures with and without friction dissipaters obtaining a maximum of 92.09% of maximum reduction between the two structures and we can also say that friction dissipaters are more efficient than other types of dissipaters.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### **Global:**

La Ingeniería Sismorresistente es una propiedad o atributo de que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física, de componentes estructurales especiales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo, en la actualidad la ingeniería sísmica ha ido evolucionando al igual que la misma ingeniería provocando que varios países estén en la vanguardia mundial de sismología como lo son : Chile , Japón y México etc. Llegando a desarrollar diferentes técnicas para llegar a un mismo fin. (Vargas, 2008)

La estrecha relación de Chile con los terremotos ha llevado a la creación de unos sistemas arquitectónicos sismorresistentes. Gracias a los nuevos tipos de diseño y los análisis en modelos de estructuras de sismo, así como la evaluación de disipadores sísmicos se pudo salvar muchas vidas en el sismo ocurrido el 27 de febrero en nuestro país, El tipo de diseño estructural que se realiza en Chile está basado en los sistemas de pórticos, de muros resistentes y mixtos, La solución más efectiva y utilizada en Chile es la losa de hormigón armado, Esta no sobrepasa los 15 cm de espesor y se une a vigas y pilares formando un sistema monolítico que trabaja como un único elemento flexible y resistente a los movimientos ondulatorios, La experiencia continua de sismos ha demostrado la validez de este sistema estructural para la construcción, siendo resistente ante grandes terremotos y presentando pocas pérdidas materiales y humanas. (Delucchi, 2010)

En México, El desarrollo de nuevos reglamentos de diseño de estructuras sismorresistentes y análisis en modelos de estructuras sismorresistentes han hecho posible que se garantice un mejor comportamiento de los edificios cuando éstos son sometidos a acciones sísmicas y por el cual el adecuar disipadores sísmicos a hecho que las estructuras estén más rígidas ante un evento sísmico. Por tanto, es conveniente que los reglamentos actuales de diseño de edificios sean conceptualmente transparentes, en cuanto a la definición de los factores de modificación de resistencia y en la forma de evaluar los máximos desplazamientos laterales, de tal manera que los ingenieros estructurales puedan comprender claramente el proceso de diseño. El propósito de este estudio es analizar la transparencia del criterio de diseño sismo resistente para edificios en México, a partir de una revisión crítica de los factores de modificación de resistencia y de amplificación de desplazamiento. (Barrios, 2014)

En Venezuela, posee registros de terremotos desde el año 1530 hasta la actualidad, viéndose afectada no solo lo material sino que también las vidas humanas, según la fundación venezolana de investigación sismológicas los eventos sísmicos representan uno de los mayores riesgos potenciales en Venezuela, la investigación busca determinar la incidencia y el diseño por el cual se ha podido evaluar disipadores sísmicos según el tipo de irregularidad en la respuesta de una estructura en base a fuerzas laterales, momentos torsores y flectores, desplazamientos laterales etc. Estableciendo el procedimiento que debe llevarse a cabo para analizar dinámicamente una estructura irregular por medio del programa ETABS. (Gonzales, 2011)

En Perú, El presente trabajo de investigación denominada análisis sísmico comparativo de edificaciones educativas del distrito de Ica , se realizó debido a la preocupación que existe sobre la seguridad que ofrecen las edificaciones educativas para resistir eventos sísmicos, y debido a la probabilidad de que se produzca un evento sísmico de gran intensidad en la zona de estudio. Los análisis sísmicos en modelos de estructuras realizados a algunas edificaciones educativas en el distrito de Ica, tienen como objetivo conocer su posible comportamiento dinámico y realizar la comparación entre ellas y los parámetros establecidos por la actual Norma E.030-97, con el fin de poder evaluar disipadores sísmicos para la seguridad de la institución.

La norma técnica de edificaciones E.030 “Diseño Sismorresistente”, aprobada el 2 de enero del 2016 mediante Decreto Supremo N0 003-2016 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, señala que a partir de la fecha, toda edificación deberá contar con condiciones mínimas en su diseño y un análisis en modelos de estructuras de sismorresistentes y establece disipadores sísmicos que evite la pérdida de vidas humanas, asegure la continuidad de los servicios básicos y minimice los daños de la propiedad. (Sarmiento, 2013)

### **Macro:**

Identificar y utilizar las variables de diseño sismo-resistente según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Realizar un análisis sísmico dinámico para un edificio de oficinas aplicando el análisis espectral mediante el programa de modelación estructural SAP2000, Evaluar el sistema de aislamiento sísmico en la base, sus criterios de selección, variables a considerar y verificaciones que se realizan para su correcto Funcionamiento, Realizar un análisis comparativo entre una estructura con diseño normativo sismoresistente y aquel modelo con aislador en la base (elastoméricos de alto amortiguamiento).

(Ramírez, 2015) Encontró que: "Al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas disminuirán. Lo cual contribuirá a menores demandas de diseño y perdida humana”.

Determinar nuevos parámetros que indiquen el comportamiento de edificios altos, para llevar a cabo este trabajo se requirió recopilar la mayor cantidad de información de edificios altos ubicados en países de gran riesgo sísmico o sometidos a fuertes cargas de viento. Se definió y se analizó en modelos de estructuras de sismo que requieran disipadores sísmicos como edificios altos todos aquellos que superen los 50 pisos o tengan más de 200 metros de altura.

(Inostroza, 2007) Encontró que: " Se puede concluir que los indicadores del perfil Bío-Sísmico siguen teniendo validez, en su mayoría, para calificar estructuras de este tipo. Además, los rangos determinados en el estudio original siguen teniendo utilidad y describen la “salud” del edificio”.

Para analizar la aplicabilidad del uso de columnas compuestas se lleva a cabo el diseño de tres edificios cuyas dimensiones generales en planta son las dimensiones típicas de los edificios chilenos, diferenciándose sólo en la cantidad de pisos. El diseño y los análisis en modelos de estructuras de sismo de estos edificios se realiza paralelamente utilizando columnas doble T de acero y columnas compuestas CFT, para así poder comparar los resultados de ambos diseños. En el diseño de los edificios se utiliza la normativa vigente usando los parámetros de diseño definidos en dicha normativa.

(Quintana, 2007) Encontró que: " El corte basal máximo que puede resistir la estructura modelada de acuerdo al análisis de pushover con un patrón de cargas lineal es 2,9 veces el corte de diseño. Mientras que la capacidad obtenida a partir del análisis de pushover con un patrón de cargas uniforme es 3,5 veces el corte de diseño. Esta sobre resistencia se explica debido a que el diseño queda determinado por el criterio de deformaciones máximas estipulado por la norma".

- En la ingeniería sísmica ha sufrido muchos cambios a los largo del tiempo tal es así que varios países han creado su propio método de análisis estructural sismorresistentes con el fin de brindar la mejor estabilidad a la sociedad Y establecer un criterio de modelos estructurales con el fin del diseño óptimo para su elaboración
- Rizzo associates, especialista en ingeniería estructural sísmica y especializada, presenta una amplia variedad de servicios de análisis/diseño usando software de ingeniería de última generación, en el cual diseña disipadores sísmicos de acuerdo a la estructura analizada, cumpliendo con las normas de cada país, netamente ligada al diseño estructural.
- Cydeca Ingeniería Estructural S.A.S., empresa dedicada al diseño y análisis estructural, asesorías, estudio de vulnerabilidad sísmica y patología de estructuras con el fin de otorgar una mayor disipación de energía sísmica a las estructuras analizadas, mediante estudios de vulnerabilidad sísmica se encarga de ver que parámetros estructurales son los más débiles y si se puede implementar disipadores más simples conocidas como riostras.

### **Micro:**

Desde tiempos antiguos el hombre ha tenido interés por tener la capacidad de entender y Enfrentar los sismos, es así que, al pasar el tiempo se generaron dos áreas referentes al tema, la sismología que se enfoca desde el punto de vista de las ciencias de la tierra y la Ingeniería civil que tenía como meta generar construcciones confiables y seguras. La Ingeniería sísmica emerge a principios del siglo XX generando un nexo entre la Sismología y la ingeniería civil que, en primera instancia, busca mitigar la amenaza Sísmica, para luego ir evolucionando en exploración de soluciones al problema sísmico , abarcando todos los esfuerzos prácticos para reducir y posiblemente eliminar la peligrosidad sísmica, uno de los problemas más frecuentes en el Perú es que está situado en uno de los lugares con más peligrosidad sísmica por las placas tectónicas que emergen sobre ella, por consiguiente muchas construcción no cumplen con el reglamento que da la norma técnica peruana (RNE-E.0.30) , y por consiguiente vemos muchas edificaciones o antecedentes de desastres naturales ( sismos , terremotos ), que suelen desplomarse edificaciones mal diseñas o careciendo de disipadores sísmicos que son fundamentales para el aguante de la estructura ante un sismo severo y por efecto causando pérdidas humanas o materiales, En nuestro diseño y análisis en modelos de estructuras tenemos diferentes causas por el cual el sismo puede llegar ser mortal a las edificaciones como : Efecto de columna corta, Una columna que va de entrepiso a entrepiso pero al adosársele un pequeño e “insignificante” muro generalmente de ventana, este último confina y golpetea lateralmente la parte más baja de la columna y ella falla por cortante de manera frágil. La solución es desconectar o no unir el muro con la columna y colocar un sellante en la junta. Confinamiento (Estribos o aros) deficiente en columnas, Esto ocurre generalmente cerca de la unión con la viga por lo que se pierde el recubrimiento empujado por el acero longitudinal que se arquea o pandea hacia afuera. Mala conexión entre elementos estructurales, Como ejemplo tenemos los vuelcos que han ocurrido por mala conexión entre cabezales de pilotes y pilotes, también entre losas sin vigas y columnas. Configuración inadecuada ya sea en planta o elevación. Inadecuada nos referimos, para el análisis tradicional.

**Nano:**

Lo que se pretende investigar es como se va a elaborar un diseño capaz de soportar fuerzas sísmicas de diferentes grados de analizar e implementar los diferentes disipadores sísmicos que se puede emplear en cada diferente estructura, analizando o basándonos en nuestra norma (E.030). Con el fin de reducir perdida de estructuras mediante los eventos naturales, por eso investigando o comparando investigaciones de otros autores podemos llegar a definir un sistema estructural definido y complementarla con los resultados dando así una comparación de diferentes metodologías y resultados y llegar a las mismas conclusiones y a la misma ves comparando otros resultados con varios autores .

Las consecuencias de no hacer esta investigación que es el análisis en modelos de estructuras sismorresistentes pueden llevar a que muchas estructuras sísmicas puedan verse afectadas con el paso del tiempo, aprovechando que hay material e antecedentes se puede establecer diferentes diseños y análisis estructurales sísmicos y también con la ayuda de la implementación de disipadores sísmicos se puede contrarrestar este fenómeno llamado sismo.

Aunque las agitaciones sísmicas como terremotos no se puedan prevenir en la práctica, la ciencia y la ingeniería proporcionan las herramientas que se puedan utilizar para reducir sus efectos absolutamente substancialmente. En primer lugar, la ciencia puede ahora identificar donde y cuando los terremotos son probables ocurrir, en que magnitud puede conllevar esta y la magnitud adecuada a determinar son unos de los factores importantes como también la probabilidad relativa de una gama de tierra que sacude niveles de la corteza terrestre.

Esta información es fácilmente disponible a los ingenieros, arquitectos, por lo cual se puede establecer diferentes parámetros de diseños y análisis sísmicos en el cual podamos solucionar dándole más importancia al estudio analítico de sismo en una estructura y como tener en cuenta las diferentes soluciones que podemos tener con ella.

## Antecedentes

### Nacionales:

**“Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un Sistema dual frente al modelo con aisladores Elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un Sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Shell de Seis pisos ubicados en la Provincia de Lima – Perú.”**

Realizar un análisis comparativo y diseño estructural utilizando aisladores sísmicos en la base (elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR)) para estudiar el comportamiento estructural de un edificio de oficinas contra un sistema dual bajo un criterio normativo sismo-resistente, utilizando un modelo sísmico mediante el programa de modelación estructural SAP2000, el cual nos proporcionará resultados necesarios para elegir el mejor modelo ante un evento sísmico. El método de diseño está hecho en base a las diferentes normas arriba descritas, así, de acuerdo con la norma E.060 el diseño que se realizará, será el Método de Diseño por Resistencia, en este métodos las cargas actuantes o de servicio se amplifican mediante factores, y se usarán combinaciones, dependiendo del tipo de carga, las cuales están incluidas en la Norma E.060 Diseño en Concreto Armado. La estructura aislada presenta su mayor desplazamiento relativo en la interface de aislación y que en los pisos superiores se observa poco incremento entre ellos, esto se debe a que la absorción de la energía ocurre principalmente en el nivel de aislación con una gran deformación de la interface, logrando un mejor comportamiento de la estructura. Al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, Por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas Disminuirán. Lo cual contribuirá a menores demandas de diseño. (Ramírez., 2015)

Esta investigación aporta un diseño de cómo se vas a establecer las diferentes dimensiones de estructurales mediante cargas actuantes según la norma, y obtener diferentes disipadores sísmicos como son los de base que ayuda a minimizar el grado de fuerza que pueda llegar a tener el sismo y reducir los daños ocasionados por el sismo.

## **“Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en lima, Perú”.**

La presente tesis se enfoca en reconocer la factibilidad técnica-económica del Aislamiento sísmico en una edificación de concreto armado en particular: el edificio Multifamiliar Basadre, ubicado en el distrito de San Isidro, Lima, El diseño determinará la eficiencia de la tecnología a través de indicadores estructurales y la evaluación económica, circunscrita a las variaciones entre propuestas, determinará los costos por el aislamiento. De tal manera, primero se modificará el sistema estructural del edificio considerando Sólo los cambios estrictamente necesarios por requerimiento de la aislación. Luego, se Definirá los tipos y dimensiones de los aisladores que servirán de apoyo para las Columnas o placas en base a los parámetros de carga y desplazamientos. El Procedimiento de dimensionamiento es iterativo: se busca que el desplazamiento Estimado converja con los resultados del análisis con un software de estructuras. Al Finalizar, se verificarán los factores de seguridad del sistema aislado. Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se cuantificó los costos por daños Estructurales y se realizó un cuadro comparativo, mostrando estos en perspectiva con La partida de estructuras. El sistema estructural de pórticos demuestra ser el óptimo, en términos técnicos y Económicos, para proyectar estructuras aisladas como el Edificio Multifamiliar Basadre. Un sistema dual o de muros asigna mayor la responsabilidad sísmica a las placas, mientras que el sistema de pórticos la distribuye, de manera más uniforme, en todas Las columnas. En edificaciones aisladas, si una placa concentrara gran parte del momento volcante, se generarían de pares de fuerzas axiales desproporcionadas en Los aisladores y se correría el riesgo de inestabilidad o falla por tracción en los dispositivos. (Bradley, 2017)

Esta investigación aporta a estimar los diferentes costos según el análisis sismo e como el sistema estructural pórtico llega a ser óptimo para diferentes construcción antisísmicas, y por el cual elegir este tipo de análisis estructural a lo largo del pórtico en diferentes viviendas o estructuras más amplias puede reducirnos el costo que estas producen brindando una mayor seguridad a la hora de estar ejecutada.



## **“Análisis y diseño estructural sismorresistente por el Método de elementos finitos: Pabellón de aulas I.E.S. Charamaya - mañazo”.**

Aplicar el método de elementos finitos, en el análisis y diseño estructural sismorresistente del Pabellón de Aulas I.E.S. Charamaya; para cumplir la funcionalidad y seguridad estructural en concordancia a la normativa establecida en el RNE. El diseño del pabellón de aulas de la I.E.S Charamaya se realizará dentro del marco normativo del “Reglamento Nacional de Edificaciones” (RNE), el cual a su vez se subdivide en varios capítulos o normas. En la siguiente tabla se muestra las Normas a las cuales nos referiremos durante el análisis y diseño de los diferentes elementos estructurales que conforman el pabellón de aulas. Se necesita una combinación de cargas que nos entregue la envolvente de las diferentes cargas vivas, considerando que es más probable que todos los ambientes no estén soportando sobrecargas al mismo tiempo y evaluar cuáles son los resultados más desfavorables que se produzcan, se realiza una alternancia de cargas como cargar ciertos Tramos de la estructura intercaladamente o en forma de damero, para obtener valores como momentos positivos o negativos máximos. Al aplicar el método de elementos finitos, en el presente proyecto de investigación, se determinó que el análisis y diseño estructural sismorresistente del Pabellón de Aulas I.E.S. Charamaya si cumple con la funcionalidad y seguridad estructural en concordancia a la normativa establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE. (Carazas, 2014)

Esta tesis aporta con un diseño y análisis muy interesante como son los de los elementos finitos ya que es un método donde puede calcular cualquier estructura obteniendo las diferentes fuerzas que pueda soportar la estructura o edificación a causa de un sismo y como vemos en esta investigación un colegio es muy importante establecer este tipo de análisis que puede llegar a salvar varias vidas si está mal estructurado.

## **Internacionales:**

### **“Análisis Comparativo de los Métodos de Diseño Sismorresistente basado en Fuerzas y basado en Desplazamientos para Edificaciones en el Ecuador”.**

Determinar el método más efectivo, en aspectos económicos y de diseño, entre el método basado en fuerzas y el basado en desplazamientos para realizar un diseño sismorresistente.

Método de diseño basado en fuerzas, Este método controla los daños de la estructura a partir de factores de reducción de resistencia. También considera que la rigidez se toma independientemente de la resistencia de la estructura, mientras que para el caso del periodo de vibración este se estima de forma aproximada conociendo ciertas características del edificio. El efecto directo del sismo hacia la estructura varía en gran medida, dependiendo de las características particulares del lugar de diseño; cada país tiene sus propios códigos de diseño. El análisis estructural de las 18 estructuras ha brindado información suficiente para determinar varios aspectos propuestos al inicio de este proyecto. Las diferencias entre los cortantes basales de diseño para cada una de las diferentes configuraciones estructurales, proveen información sobre el efecto de las fuerzas sísmicas sobre las estructuras, lo cual nos permite determinar qué tipo de diseño resulta más práctico para algún tipo de estructura en particular. Se concluyó que trabajar con un análisis más detallado y riguroso de las edificaciones, al considerar la distribución de masa, por lo tanto una mayor consideración a su geometría que DBF y, por otro lado, la definición del desplazamiento característico del sistema equivalente de un solo grado de libertad se presenta como un método más sólido conceptualmente que el método basado en fuerzas. (Sáenz, 2014)

Esta Investigación Aporta porque está hablando de desplazamientos y fueros por el cual vamos a calcular que fuerzas o el grado de magnitud de fuerzas puede soportar nuestra estructura y cuanto se va a desplazar, en cuento consideraremos el sismo en las diferentes dirección en x y y provocando que nuestra estructura este más estable a la hora que la fuerza venga en ambas direcciones, es un tipo de análisis más detallado y riguroso que sirve mucho para esta investigación.

## **“Vulnerabilidad sísmica de edificios del campus Mocambo de la universidad veracruzana”.**

Determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones selectas del Campus Mocambo de la Universidad Veracruzana para asegurar la continuidad de Los servicios básicos, minimizar daños a la propiedad, minimizar el riesgo de colapso, evitar pérdidas de vida y tener un nivel de seguridad sísmica de acuerdo con el método de análisis utilizado. Para realizar el estudio de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales, es Recomendable contar previamente con los resultados del estudio de vulnerabilidad Estructural, ya que este último entrega resultados valiosos que permiten determinar de manera más acertada la susceptibilidad a sufrir daños de los elementos no Estructurales. Por ejemplo, los datos de la aceleración o desplazamiento de cada Piso del edificio a causa de un sismo, obtenidos en el estudio de vulnerabilidad Estructural. El método de primer orden permite la evaluación de un diagnóstico del riesgo del sistema estructural basado en la geometría y morfología del sistema así como el nivel de daño existente, deterioro en el tiempo del sistema estructural e influencia de las condiciones locales de la zona donde se encuentre el edificio. Se concluyó que los modelos estructurales presentados en este trabajo son los más cercanos a las estructuras reales, pues sus periodos obtenidos mediante ambos Métodos (experimental y analítico) son muy similares, lo que garantiza un Margen de error mínimo en el modelado de dichas estructuras, y la obtención de los parámetros necesarios para la aplicación del método para calcular la Vulnerabilidad sísmica. (Ávila, 2016)

Esta investigación ayuda a establecer los índices de vulnerabilidad sísmica a los largo de varias estructuras y si puede afectar a lo externo e interno de la edificación, la vulnerabilidad de la edificación puede ser importante a la hora de analizar las diferentes causas que conllevan a ella no obstante antes se tiene que hacer un diseño y análisis general de la estructura para saber las diferentes causas, este método experimental que propone esta investigación puede ser útil en la última instancia de la tesis.

## **“Efecto Sísmico de tres modelos Histeréticos Para Muros de Mampostería Confinada en los Espectros De Respuesta Inelásticos”.**

Implementar tres modelos histeréticos para muros aislados de mampostería Confinada que difieran en las reglas y parámetros histeréticos, para construir Espectros de respuesta inelásticos. El propósito es demostrar la importancia Del uso de una modelación adecuada, con base en el análisis comparativo De las demandas sísmicas observadas, en términos de la ley de Comportamiento histérico.

Metodología para la Determinación de Espectros de Respuesta y Calibración de las Funciones Histeréticas para la Implementación en la Ecuación Diferencial Definir propiedades del sistema dinámico y fuerza externa de excitación, Para cada periodo, determinar el punto máximo de la respuesta en el tiempo Para el desplazamiento, velocidad y aceleración, Características de los espectros de respuesta inelásticos, Proceso de calibración de las funciones histeréticas.

Los resultados mostraron que: los patrones de daño fueron los típicos de Fallas por cortante y estuvieron dominados por agrietamientos diagonales que Penetraron en los castillos confinantes; el refuerzo horizontal no influyó sobre El cortante al primer agrietamiento diagonal, pero sí aumentó la resistencia Ligeramente, un 11%; los muros con refuerzo horizontal, exhibieron mayores Capacidades de deformación que los muros sin refuerzo horizontal; cuanto Mayor es el refuerzo horizontal, las grietas a grandes distorsiones son más Finas y las unidades se deterioran menos, lo cual indica que los esfuerzos se Distribuyen más uniformemente.

Se realizó una breve descripción de los estudios realizados en México para Comprender la importancia de las propiedades índice del conjunto de piezas de Mampostería en la resistencia de muros estructurales sometidos a diferentes Solicitaciones. Es notable que se ha logrado un avance importante en la Caracterización de las propiedades de este material. Por otra parte, se llevó a cabo una breve reseña de las investigaciones Realizadas a nivel internacional relacionadas al estudio del comportamiento Experimental en muros aislados de mampostería confinada. (Martínez, 2014)

Esta Investigación aporta porque nos da a entender la importancia de un modelo histórico que es muy importante porque mantiene las propiedades de la estructura aumentando así su resistencia a eventos de sismo y sobre todo para los muros que son parte fundamental en una estructura , los muros de mampostería son muy importantes en las edificaciones ya que soportan mucho la fuerza sísmica por el cual esta investigación es importante ya que tiene que ver su análisis dependiendo de cada material de una estructura .

## **Bases Teóricas**

### **Conceptos:**

Diseño e Evaluación de disipadores sísmicos El análisis de una estructura sismorresistente es una etapa del proceso de diseño fundamental para la implementación de disipadores sísmicos como también la etapa de comprobación. El análisis (dinámico o de cualquier otro tipo) debería ser utilizado como indicador del funcionamiento futuro: si es bueno para aceptar el diseño y si es malo para modificarlo Elementos y características que definen la estructura antisísmica de un edificio. Configuración del edificio. Escala. Simetría. Altura. Tamaño horizontal. Distribución y concentración de masas. Densidad de estructura en planta. Rigidez. Piso flexible. Esquinas. Resistencia Perimetral. Redundancia. Centro de Masas. Centro de Rigideces. Torsión. Periodo propio de oscilación. Ductilidad. Amortiguamiento. Sistemas resistentes. (Reboredo, 2014)

### **Historia y desarrollo de los Disipadores sísmicos:**

La historia de los aisladores sísmicos se remonta a hace 100 años; sin embargo, en los últimos 40 años se ha ido difundiendo para ser aplicado en las construcciones y en los últimos 15 años es cuando se ha notado un aumento exponencial en su uso por la necesidad de un buen desempeño sísmico de las edificaciones.

La afirmación escrita de J.A Calentarients del Reino Unido dirigida al Director del servicio sismológico de Chile en 1909 comenzó la iniciativa de buscar lo fundamental para poder construir

Sin límites en lugares con alta sismicidad, la afirmación se basaba en una junta divisoria entre la fundación de la estructura y el suelo la cual estaría formada por un material fino que permitiera desplazar la estructura durante un evento sísmico.

La teoría se llevó a la práctica con el Profesor Inglés de Ingeniería de minas en la universidad de Tokio, John Mine, entre 1876 y 1895, su modelo consistía en utilizar esferas de diferentes diámetros como elementos aisladores en la fundación para determinar el desempeño ante cargas laterales, y como conclusión obtuvo un diámetro de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y escribió en 1885 un reporte a la Asociación Británica de Avance de la Ciencia.

La siguiente tabla consta de los primeros edificios que implementaron disipadores sísmicos.

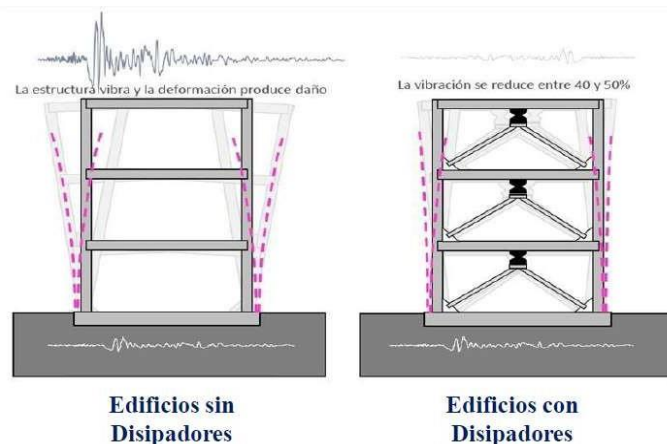
**Tabla 1 primeros edificios que implementaron disipadores sísmicos.**

PAIS	CIUDAD	AÑO	EDIFICIO	N de pisos
China	Beijin		Observatorio sismologico de Beijing	
Yugoslavia	Skopje	1969	Escuela Pestalozzi	3
Nueva Zelanda	North Island	1978	Viaducto de Toe-Toe	
Nueva Zelanda	Wellington	1981	William Clayton	
USA	Los Angeles	1984-1985	Foothills Communities Law and Justice Center	
USA			Fire Command and Control Facility (FCCF)	
Mexico				5
Ucrania	Sevastopol			
Turkmenistan	Ashkhabad	1959		
Chile		1991-1992	Conjunto habitacional Comunidad Andalucia	
Chile		2000	Centro Medico San Carlos de Apoquindo	
Chile		2008	Hospital Militar	

*Fuente: ranking mundial de países con protección sísmica-2013*

## **Función de los Disipadores Sísmicos**

Los Disipadores Sísmicos, actúan disipando grandes cantidades de energía, asegurando que otros elementos estructurales no sufran demandas excesivas que signifiquen daños. Pero la mejor forma de asegurar la estructura durante un sismo es combinar ambos sistemas de protección sísmica, proporcionándole a esta una mayor capacidad de amortiguación durante un evento sísmico y una mejor respuesta durante este. Cuando existe estructuras donde el uso de aisladores sísmicos no es recomendable (EJ: Suelos Blandos), sistemas de amortiguamiento con alta capacidad de disipación son la mejor alternativa de protección sísmica.



**Figura 1 comparación de edificio sin disipadores y edificio con disipadores de energía.**

**Fuente: NTE.0.30,2018.**

- ✓ Los sistemas de disipación de energía, si bien no evitan el ingreso de energía a la estructura, permiten que la disipación de energía se concentre en dispositivos especialmente diseñados para estos fines.
- ✓ Estos dispositivos reducen sustancialmente la porción de la energía que debe ser disipada por la estructura.
- ✓ El uso de disipadores de energía reduce la respuesta estructural, disminuyendo el daño de los componentes estructurales y no estructurales.
- ✓ Chile es uno de los países con mayor actividad sísmica del mundo. el 46.5 % de toda la energía sísmica mundial del siglo xx, se liberó en Chile, según el sismólogo experto Sergio Barrientos.
- ✓ De los 15 terremotos más destructivos registrados a nivel mundial desde 1900, de los cuales tres han ocurrido en Chile.

**Tabla 2 Ranking de terremotos más destructivos a nivel mundial desde 1990.**

	UBICACIÓN	FECHA	MAGNITUD (RICHTER)	LATITUD	LONGITUD
1	Valdivia, Chile	1960/05/22	9.5	-38.29	-73.05
2	Prince William Sound, Alaska	1964/03/28	9.2	61.02	-147.65
3	Costa Oeste de Sumatra Norte	2004/12/26	9.1	3.30	95.78
4	Costa Este de Honshu, Japón	2011/03/11	9.0	38.322	142.369
5	Kamchatka, Rusia	1952/11/04	9.0	52.76	160.06
6	Maule, Chile	2010/02/27	8.8	-35.846	-72.719
7	Costa de Ecuador	1906/01/31	8.8	1.0	-81.5
8	Islas Rata, Alaska	1965/02/04	8.7	51.21	178.50
9	Sumatra Norte, Indonesia	2005/03/28	8.6	2.08	97.01
10	Assam, Tibet	1950/08/15	8.6	28.5	96.5
11	Islas Andreanof, Alaska	1957/03/09	8.6	51.56	-175.39
12	Sumatra Sur, Indonesia	2007/09/12	8.5	-4.438	101.367
13	Mar de Banda, Indonesia	1938/02/01	8.5	-5.05	131.62
14	Kamchatka, Rusia	1923/02/03	8.5	54.0	161.0
15	Frontera Chile-Argentina	1922/11/11	8.5	-28.55	-70.50
16	Islas Kuril	1963/10/13	8.5	44.9	149.6

**Fuente: USGS**

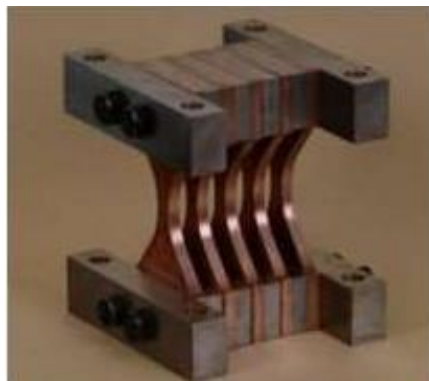
- ✓ Los disipadores de energía diferencia de los aisladores sísmicos, no evitan que las fuerzas y movimientos sísmicos se transfieran desde el suelo a la estructura.
- ✓ Los dispositivos son diseñados para disipar la energía entregada por los sismos, fenómenos de vientos fuertes u otras sollicitaciones de origen dinámico, protegiendo y reduciendo los daños en elementos estructurales y no estructurales.
- ✓ Estos dispositivos permiten aumentar el nivel de amortiguamiento de la estructura.
- ✓ En la estructura con disipadores, la energía es absorbida por estos dispositivos reduciendo significativamente las deformaciones y el daño estructural.
- ✓ Las ventajas de los disipadores viene hacer: la seguridad estructural es entre 50 y 100% mayor que un edificio convencional.
- ✓ Se puede utilizar tanto en edificios como en equipos industriales para el control de vibraciones
- ✓ En los terremotos de Northridge, usa (1994) y Kobe en Japón (1995) se pudo comprobar con éxito las ventajas que poseen las estructuras provistas de sistema de disipación de energía, al observar el excelente comportamiento de este tipo de edificios frente a los convencionales.



## TIPOS DE DISIPADORES

### Disipadores de fluencia:

Esta clase de disipadores la energía se disipa por calor al deformarse las placas en forma de X por encima de su límite de fluencia, la forma del dispositivo favorece la disipación de energía por calor en una superficie muy grande.



**Figura 2 Disipador ADAS**  
Fuente: Oviedo et al,2006.

### Disipadores por fricción:

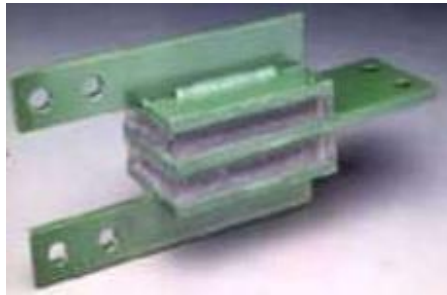
Son dispositivos metálicos que se caracterizan por tener un comportamiento histerético que se logra a través de la fricción entre sólidos metálicos y de este modo disipar energía por calor, el principio básico de estos disipadores consiste en utilizar la deformación relativa entre dos puntos de una estructura para disipar energía a través de fricción



**Figura 3 Disipador de fricción**  
Fuente: Disipadores Quaketek

### **Disipadores viscoelásticos:**

Es un disipador caracterizado por ser de velocidad su principio básico de funcionamiento consiste en movilizar un elemento a través de un material viscoelástico, esto generan fuerzas que se oponen al movimiento del elemento, de magnitud proporcional a la velocidad.



**Figura 4 Disipador viscoelástico.**  
Fuente: CDV

### **Disipadores con fluido viscoso:**

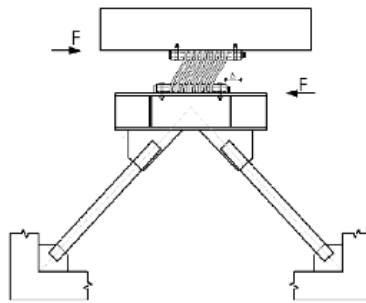
Su tecnología fue desarrollada principalmente para la industria militar y para la industria pesada, un amortiguador de fluido viscoso disipa la energía empujando el líquido a través de un orificio, produciendo una presión de amortiguamiento que crea una fuerza, la cual no aumenta significativamente las cargas sísmicas para un grado comparable de la deformación estructural



**Figura 5 Disipador de fluido viscoso.**  
Fuente: CDV

### Disipadores ADAS:

En la última década de los años ochenta y noventa, fueron desarrollados dos disipadores de energía por fluencia del material, que tienen un comportamiento histórico bastante similar y son los denominados ADAS.

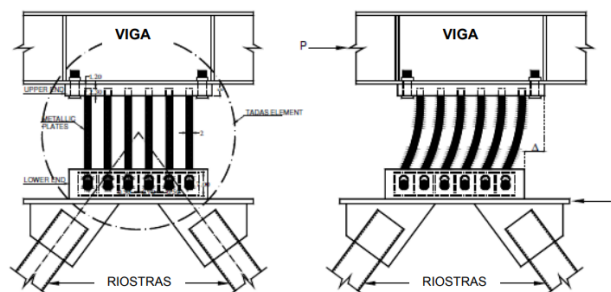


*Figura 6 Disipador ADAS.*

**Fuente: Alehasmen, 2008.**

Los disipadores ADAS fueron desarrollados en Nueva Zelanda por Tyler en 1978; Boardman, 1983 para soportar tuberías. Posteriormente Roger Scholl con el aporte experimental y analítico de las universidades de Berkeley y de la universidad de Michigan (Bergman y Goel 1987), dieron un soporte más riguroso a estos disipadores.

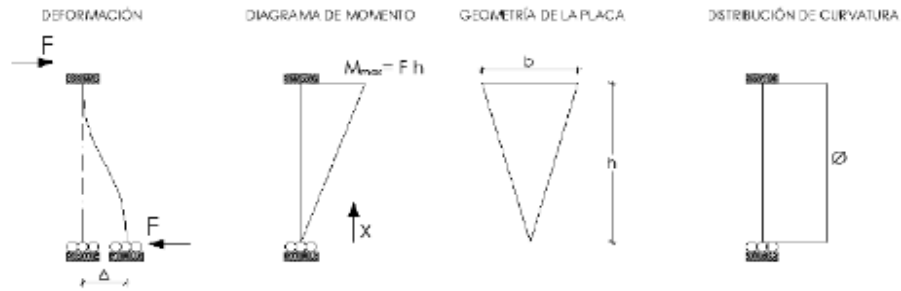
Investigaciones recientes sobre disipadores ADAS están centradas en la obtención de Otros materiales para su construcción, que tengan mayor ductilidad; uno de esos Trabajos es el desarrollado por Heresi (2012)



*Figura 7 Disipador ADAS.*

**Fuente: Alehasmen, 2008.**

El diagrama es similar a los diagramas de deformaciones, momento, geometría de placa y distribución de curvatura; lógicamente que tiene sus cambios como en el diagrama de momentos, en la geometría de la placa que es triangular y en la distribución de curvatura, que ahora se aprecia es simple



**Figura 8 Diagrama de deformaciones.**  
**Fuente: Alehasmen, 2008.**

## **Definición de términos básicos**

### **Desempeño sísmico:**

El desempeño sísmico se define como el proceso de ver el comportamiento y análisis estructural sísmico, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Se aplica habitualmente en el contexto ingeniería. Involucra mayormente cómo se comporta la edificación ante un sismo de cualquier magnitud y haciendo un análisis general estructural de acuerdo a variadas dimensiones que van más allá del aspecto, la forma.

### **Disipadores a fricción:**

Los disipadores a fricción tienen como función disipar las acumulaciones de energía asegurándose que otros elementos de la estructuras no sean sobre solicitados, evitando daños a la estructura. Es decir, los disipadores sísmicos ofrecen un incremento de la amortiguación a la estructura promoviendo así una adecuada estructuración sismo resistente.

### **Edificios:**

Es una construcción dedicada a albergar distintas actividades humanas: vivienda, templo, teatro, comercio, etc. La inventiva humana ha ido mejorando las técnicas de construcción y decoración de sus partes, hasta hacer de la actividad de edificar una de las bellas artes: la arquitectura.

### **Evaluar:**

Evaluar significa Poner en funcionamiento, aplicar diferentes métodos y medidas para evaluar a nuestra estructura sismo resistente con el fin de implementar teóricamente disipadores sísmicos capaces de absorber toda la energía sísmica y que no afecte a nuestra estructura ya planificada estructuralmente.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el modelamiento estructural original de las edificaciones.
- Realizar el análisis estructural Sísmico según nuestro reglamento peruano (E-0.30).
- Definir el análisis Dinámico tiempo-Historia lineal y Análisis Dinámico tiempo-Historia no lineal con disipadores a fricción ante un sismo severo.
- Realizar el diseño de los disipadores a fricción implementado a la estructura mediante software.
- Verificar que las derivas máximas de las edificaciones no superen el límite de derivas que nos da la norma E.030 de diseño sismo resistente.
- Comparar los resultados obtenidos de ambas edificaciones con y sin disipadores.
- Determinar el máximo porcentaje de reducción de desplazamientos y derivas de entrepiso con disipadores de fricción ante un sismo severo.
- Determinar el costo y beneficio de los disipadores a fricción.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La Presente investigación es de tipo descriptiva porque se trata de evaluar diferentes disipadores sísmicos en el cual se pueda evaluar en estructuras simorresistentes de edificios bajos para luego analizarlas con el fin de crear modelos que sean adecuadamente necesarios para la seguridad donde se presente desastres naturales como el sismo o terremotos.

DISEÑO NO EXPERIMENTAL: La presente investigación es de diseño no experimental porque se analizan fenómenos de estructuras sismorresistentes que ya están hechos en la vida real y por consiguiente se va a dar una solución a las diferentes estructuras para poder diseñar diferentes modelos de disipadores sísmicos con el cual podamos tener un mayor grado de confiabilidad y seguridad de nuestra estructura con los diferentes análisis propuestos en esta investigación.

DISEÑO TRANSVERSAL: La presente investigación es de diseño transversal porque se realiza en un solo periodo de tiempo por el cual esta investigación puede realizar un análisis correcto en un determinado periodo de tiempo, dando solución a diversos problemas de estructuras sismorresistentes.

DISEÑO DESCRIPTIVO: La presente investigación es de diseño descriptivo porque describe de manera natural los diferentes problemas que se puedan presentar en una estructura en los momentos donde se presentan eventos como sismos o terremotos con el fin de analizar adecuadamente para solucionar los problemas y males que se presente en la estructura simorresistente.



**Figura 9** Diseño de investigación  
**Fuente:** Propia



## 2.2. Variables

### 2.2.1. Operacionalización de variables:

Tabla 3 Operacionalización de variables.

variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Evaluación del Desempeño sísmico con disipadores a fricción.	La Evaluación del Desempeño sísmico con disipadores a fricción es una etapa donde depende mucho la etapa de comprobación. El análisis (dinámico o de cualquier otro tipo) que se hace a la estructura estudiada o las diferentes estructuras deben estar ligadas el tipo de disipador de energía adecuada para cada tipo de estructura.	Se analiza en varias estructuras con diferentes métodos o análisis que se puedan emplear para asegurar el adecuado comportamiento sísmico de la edificación. Por lo tanto el análisis debería servir para confirmar o rectificar un diseño en el cual se pueda implementar un tipo de disipador sísmico de acuerdo al comportamiento de la construcción.	Diseño sísmico	Flexión Compresión Torsión	Tn Kg/cm Tn.m
			Análisis estructural	Análisis estático Análisis dinámico Análisis modal espectral	Tn. Tonf-s <sup>2</sup> /m g
			Modelamiento estructural	Estado de arte en predimensionamiento mostrado en 3D de las estructuras.	
			Disipadores sísmicos	Disipadores por fricción	

Fuente: Propia

### **2.3. Población:**

En la presente investigación la población estará dada por las edificaciones bajas del distrito El Milagro, en la provincia de Trujillo, en el cual se presenta un suelo muy parecido a los demás distritos de Trujillo con el fin de analizar de acuerdo a su estructuración y se analizará mediante diferentes métodos de análisis sísmicos (de acuerdo a nuestra norma) y a la cual vamos a elegir el mejor diseño de disipador y de estructura para implementar a nuestro territorio de acuerdo a la estructuración del modelo y cumpliendo las normas peruanas correspondientes.

### **2.4. Muestra:**

La presente investigación es de tipo no probabilístico, puesto que en esta investigación se va a analizar determinados modelos de estructuras sismorresistentes y no es tan grande para que dificulte el análisis, por el cual se tomará 2 modelos de estructuras de edificación baja del distrito El Milagro de la provincia de Trujillo, para analizar y así mismo evaluar e hacer un análisis comparativo con su disipador más adecuado.

El muestreo es por conveniencia, porque se está escogiendo por conveniencia el número de estructuras a analizarse y están disponibles a diversas cantidades a lo cual estemos disponibles a escoger de acuerdo a nuestro análisis a emplear, este muestreo el libre cuando vamos a escoger diferentes modelos estructurales y por lo cual nos hace más correcto analizarlo de esta manera.

### **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Detalla los métodos, técnicas e instrumentos para recolectar y analizar los datos.

#### **2.5.1. Técnica:**

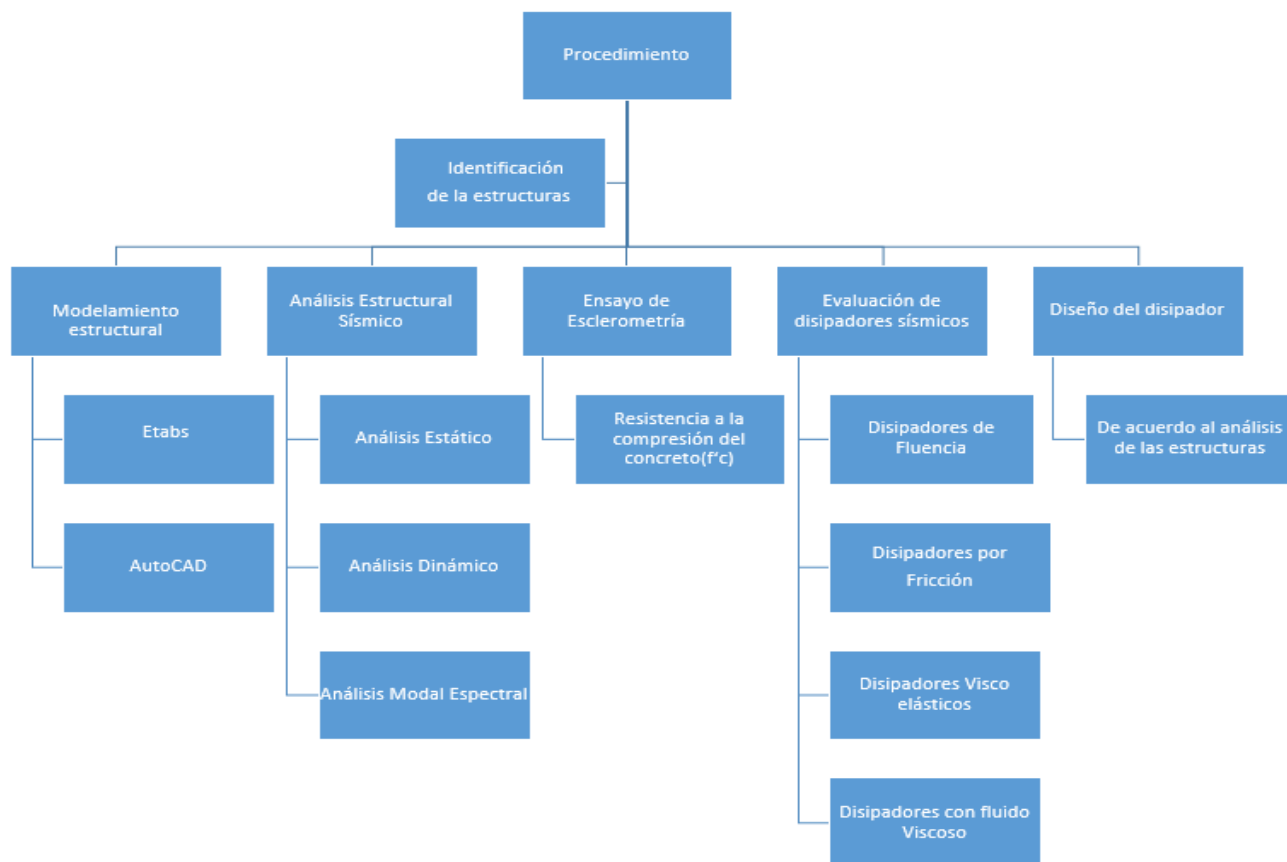
En la Presente investigación se utilizara la técnica de la observación, en el cual buscamos diferentes resultados de los análisis sísmicos de nuestras estructuras a analizar para luego implementar diferentes disipadores que esté de acuerdo a la estructuración de cada edificio que nos servirán dar solución a los problemas sísmicos.

### 2.5.2. Instrumento:

#### GUÍA DE OBSERVACIÓN:

En la presente investigación se utilizara la guía de observación como instrumento, porque mediante esta técnica se dará a conocer la evaluación del riesgo sísmico de los diferentes tipos de estructuras que nos pueden ayudar a analizar con el fin de encontrar la solución a problemas sísmicos. Firmada por el Ing. Gonzalo Hugo Díaz García (GUÍA DE OBSERVACIÓN – ANEXOS).

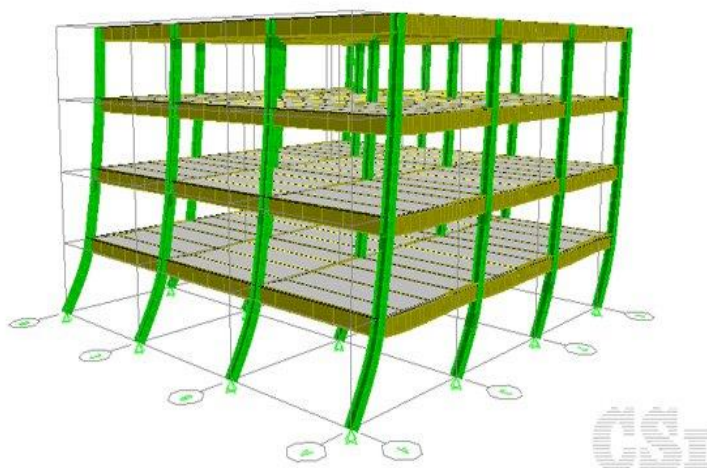
### 2.5.3. Descripción del procedimiento:



**Figura 10 Procedimiento**  
Fuente: Propia

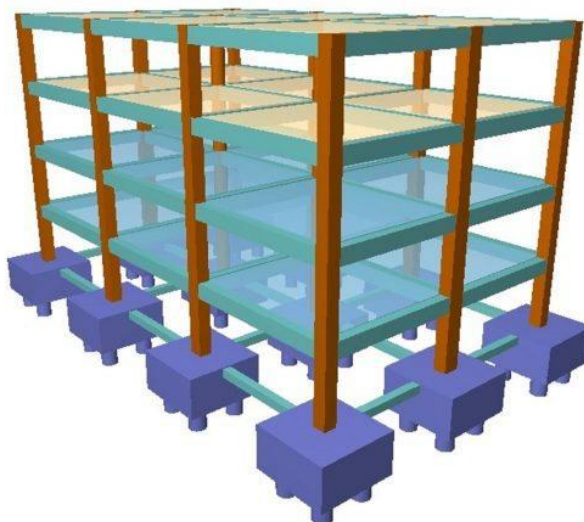
### Modelamiento estructural:

Se establece dos modelos de estructuras (ver figura 11 y 12) realizado por Etabs 2016 con el fin de realizar el análisis sísmico según la norma E.030 de sismo y comparar resultados sacados del programa como el análisis estático y dinámico, con el fin de ver su comportamiento estructural ante diversos niveles de peligro sísmico, diversas situaciones como suelo, cambios climáticos etc.



*Figura 11 Modelamiento estructural en Etabs.2016.*

Fuente: Propia

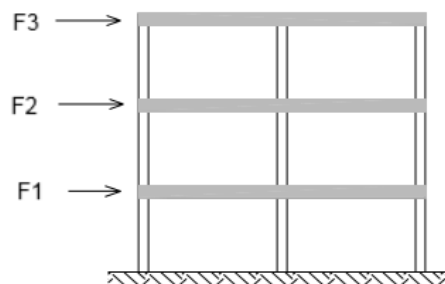


*Figura 12 Modelamiento estructural*

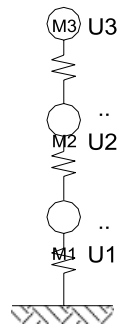
Fuente: Propia

## Análisis Estático

- Representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel:



**Figura 13 fuerzas horizontales**  
Fuente: NTE.030, 2018.



**Figura 14 Distribución de masas**  
Fuente: NTE.030, 2018.

## Fuerza Cortante en la Base (V)

*Ecuación 1 Fuerza Cortante en la Base*

$$V = \frac{ZUSC}{R} * P$$

Fuente: NTE.030, 2018.

El cálculo de la cortante basal permite determinar las fuerzas laterales estáticas totales de la edificación dividiéndose en cada piso consecuencia de la fuerzas de inercia o fuerzas sísmicas.

## Parámetros de Sitio

### Zonificación

*Tabla 4 Factores de zona.*

FACTORES DE ZONA	
ZONA	FACTOR DE ZONA -Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: NTE.030, 2018.

### Clasificación de los perfiles de suelo

*Tabla 5 Clasificación de los perfiles de suelo.*

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	Vs	N60	Su
S0	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kpa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kpa a 100kpa
S3	< 180 m/s	<15	25kpa a 50kpa
S4	clasificación basada en el EMS		

Fuente:

NTE.030, 2018.

Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.

a) A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0.25 s.

b) Perfil tipo S2: Suelos intermedios.

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.

c) Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0.6 s, incluyéndose los casos en los que el espesor del estrato de suelo excede los valores siguientes:

**Tabla 6 Suelos cohesivos.**

Suelos Cohesivos	Resistencia al corte típica En condición no drenada (kPa)	Espesor del Estrato (m)
Blandos	< 25	20
Medianamente compactos	25 - 50	25
Compactos	50 - 100	40
Muy compactos	100 - 200	60

Fuente: NTE.030, 2018.

**Tabla 7 Suelos Granulares.**

Suelos Granulares	Valores N típicos en ensayos De penetración estándar (SPT)	Espesor del Estrato (m)
Sueltos	4 - 10	40
Medianamente densos	10 - 30	45
Densos	Mayor que 30	100

Fuente: NTE.030, 2018.

Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales.

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas sean particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de  $T_p$  y del factor de amplificación del suelo.

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S3. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

*Tabla 8 Parámetros de sitio.*

ZONA-SUELO	FACTOR DE SUELO "S"			
	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

**Fuente: NTE.030, 2018.**

(\*) Los valores de  $T_p$  y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S3.

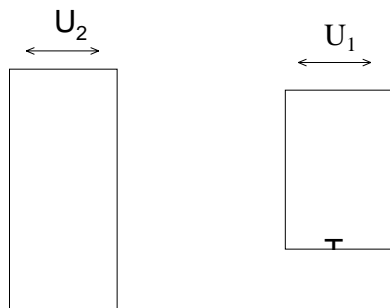
$C_s$  = Velocidad de las Ondas de Corte  $T_p$  = Período donde desciende la curva C



## Análisis dinámico:

### Factor de Amplificación Sísmica:

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.



T: Período de la estructura

Tp: Período donde desciende la curva C

### Período Fundamental (T):

El periodo fundamental para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

*Ecuación 2 Periodo fundamental*

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Dónde:  $h_n$  = Altura Total de la Edificación

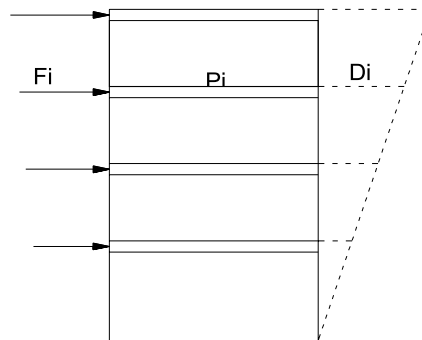
*Tabla 9 Sistema resistente al corte*

Sistema Resistente al Corte	$C_T$
Sólo pórticos	35
Pórticos, cajas de ascensores, escaleras	45
Muros de corte	60

Fuente: NTE.030, 2018.

A medida que el valor de  $CT$  aumenta, el valor de  $T$  disminuye

También podrá usarse un procedimiento de análisis dinámico que considere las características de rigidez y distribución de masas en la estructura. Como una forma sencilla de este procedimiento puede usarse la siguiente expresión:



*Figura 15 Distribución de fuerzas y desplazamiento*  
Fuente: NTE.030, 2018.

### Factor de Uso o Importancia (U)

*Tabla 10 Factor de uso*

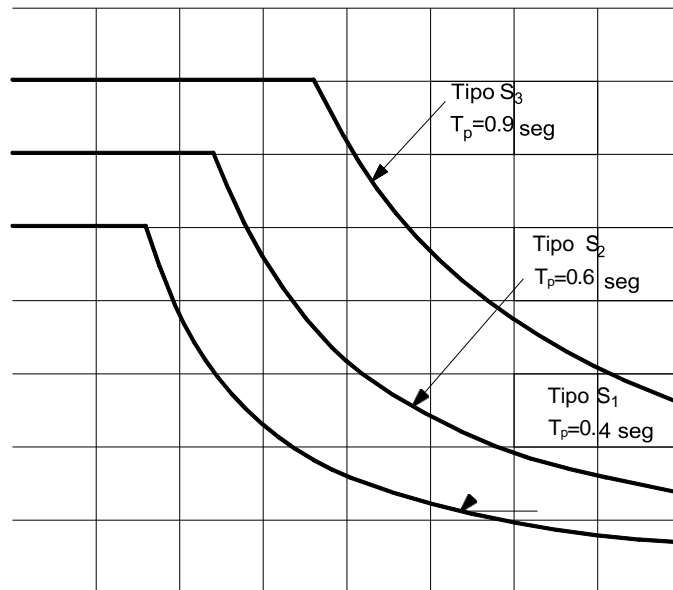
Tipo	Edificaciones	U
A	Esenciales	1.5
B	Importantes	1.3
C	Comunes	1.0
D	Menores	(*)

(\*) : No requieren análisis sísmico

Fuente: NTE.030, 2018.

## Análisis modal espectral

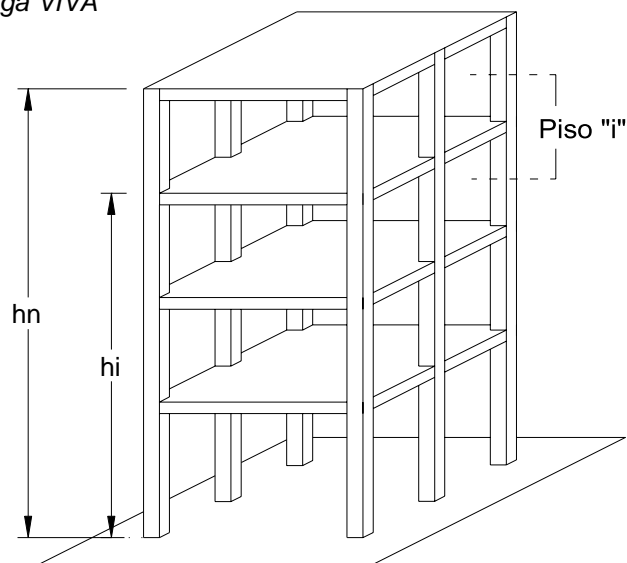
### 2.1. Espectro de Diseño



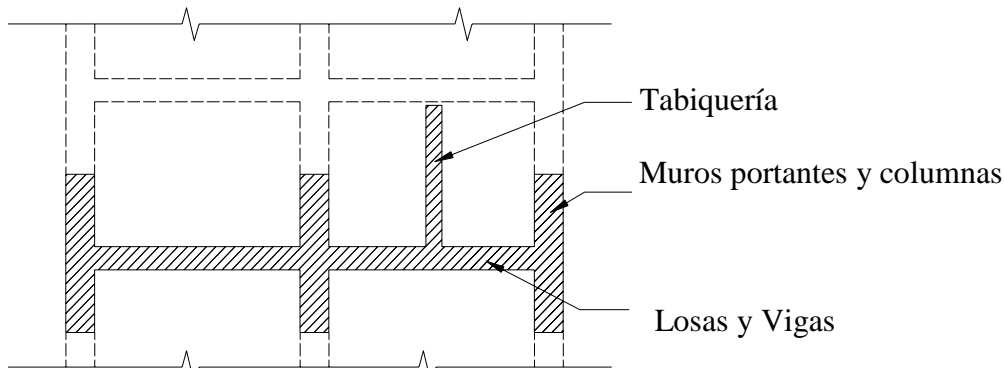
**Figura 16 Espectro de diseño**  
Fuente: NTE.030, 2018.

### Peso de la Edificación

$$P = \text{Carga MUERTA} + \% \text{ Carga VIVA}$$



**Figura 17 Peso sísmico**  
Fuente: NTE.030, 2018.



**Figura 18 Elementos estructurales**  
Fuente: NTE.030, 2018.

### % Carga Viva:

**Tabla 11 Carga viva.**

Tipo	%	Carga
A y B	50	Viva
C	25	Viva
Depósito	80	Peso total almacenable
Azotea, Techo	25	Viva
Tanques, Silos	100	Peso total almacenable

Fuente: NTE.030, 2018.

### Coefficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica (R)

#### R para estructuras regulares:

**Tabla 12 Coeficientes de reducción sísmica.**

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R para estructuras regulares (*) (**)
<b>Acero</b>	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero.	6,5
Arriostres Excéntricos	6,0
Arriostres en Cruz	
<b>Concreto Armado</b>	
Pórticos.	8
Dual.	7
De muros estructurales <sup>(3)</sup> .	6
Muros de ductilidad limitada <sup>(4)</sup> .	4
Albañilería Armada o Confinada <sup>(5)</sup> .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: NTE.030, 2018.

Por lo menos el 60% hasta el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos y que cumplan con los requisitos de la NTE (E.060) Concreto Armado. En caso se tengan muchos muros estructurales, éstos deben diseñarse para resistir una parte de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez y su corte.

Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos 25% del cortante en la base. Los muros estructurales son diseñados para las fuerzas que son obtenidas del análisis sísmico.

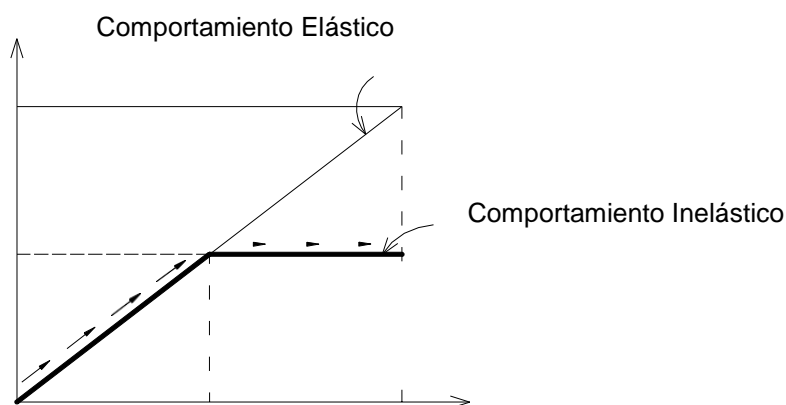
Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80% del cortante en la base.

Edificación con bajos pisos de altura con alta densidad de muros de ductilidad limitada. Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R será 6, estos coeficientes a su vez solamente se aplican a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía sísmica manteniendo la estabilidad y rigidez de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

### **R para estructuras irregulares:**

Para construcciones de tierra usar la E-080 ADOBE. Este tipo de construcciones no se recomiendan en suelos S3, ni se permiten en suelos S4,

Cortante de Diseño Reducido y Desplazamiento Calculado



*Figura 19 Comportamiento elástico y deformación*  
Fuente: NTE.030, 2018.

### **Ensayo de esclerometría.**

Este procedimiento cubre la determinación del número de rebote del concreto endurecido usando un esclerómetro. El procedimiento es aplicable para determinar la uniformidad del concreto en sitio, delinear regiones en una estructura de una calidad menor o con el concreto deteriorado, y estimar la resistencia del sitio con el esclerómetro (ver figura 20).

Para una mezcla de concreto dada, el número del rebote es afectado por factores como contenido de humedad de la superficie de prueba, del método usado para obtener la superficie de prueba (la textura del material o tipo de acabado), de la distancia vertical desde el fondo de una colocación de concreto, y de la profundidad de la carbonatación. Estos factores necesitan ser considerados para interpretar los números del rebote.



*Figura 20 Esclerómetro*  
Fuente: Sencico

### **Importancia y aplicación.**

Este ensayo permite determinar la resistencia de un elemento de concreto a partir del número de rebotes del esclerómetro en el concreto endurecido, sin embargo se debe tomar en cuenta que este método de prueba no es conveniente como la base para la aceptación o el rechazo del concreto.



*Figura 21 Ensayo de esclerometría*  
Fuente: Sencico

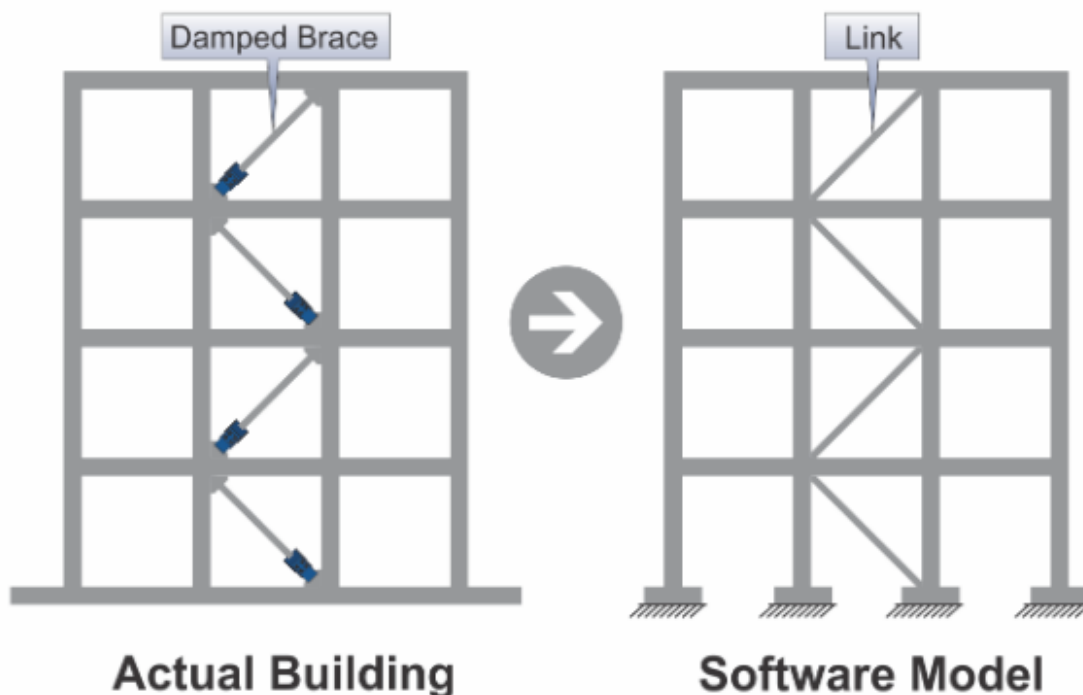
## IMPLEMENTACIÓN DEL DISIPADOR SÍSMICO

### DISIPADORES POR FRICCIÓN (QUAKETEK)

Los Disipadores a fricción están diseñados para accionarse antes que los miembros de que los miembros estructurales alcancen estados plásticos. De esta forma el edificio es capaz de resistir un terremoto sin recibir un daño significativo a su estructura principal.

Los disipadores a fricción son muy fáciles de modelar en el análisis estructural, pudiendo ser implementados en virtualmente cualquier proyecto.

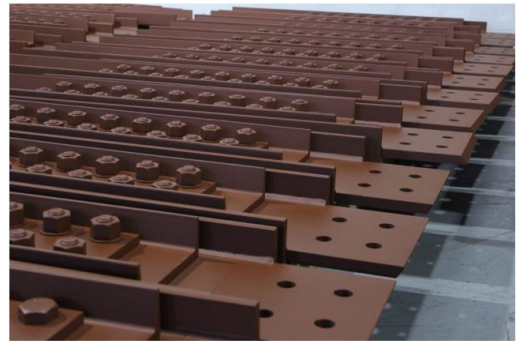
El contraviento equipado con disipador es modelado como un elemento “link” en la mayoría de los softwares. En otras palabras, es modelado como un contraviento, riostra o diagonal ficticia. Debido a que el disipador a fricción puede ser tratado como un elemento elástico-plástico la aplicación del modelo de Wen plastic es posible. Aunque es una simplificación del comportamiento del Disipador, su precisión vuelve el análisis estructural mucho menos complejo.



*Figura 22 Implementación del disipador sísmico*  
Fuente: Quaketek

Los disipadores permiten al edificio deformarse elásticamente y disipar la energía de terremoto. Esto a su vez produce ahorros substanciales toda vez que los elementos estructurales pueden ser optimizados.

Los disipadores a fricción operan con los principios de un amortiguador tipo Coulomb transformando la energía cinética en calor mediante la fricción.



*Figura 23 brazo metálico*  
Fuente: Quaketek

## APLICACIONES

Entre las aplicaciones destacadas de los disipadores a fricción realizadas en diferentes edificaciones del mundo con el fin de la protección sísmica tenemos a hospitales realizados e implementados con disipadores a fricción en cada país (ver figura 24, 25, 26,27).





*Figura 24 Hospital de Alma, Quebec, Canadá*  
Fuente: Quaketek



*Figura 25 Valle de Lili, Cali, Colombia*  
Fuente: Quaketek



*Figura 26 CHUS Fleurimont, Sherbrooke, Canadá*  
Fuente: Quaketek



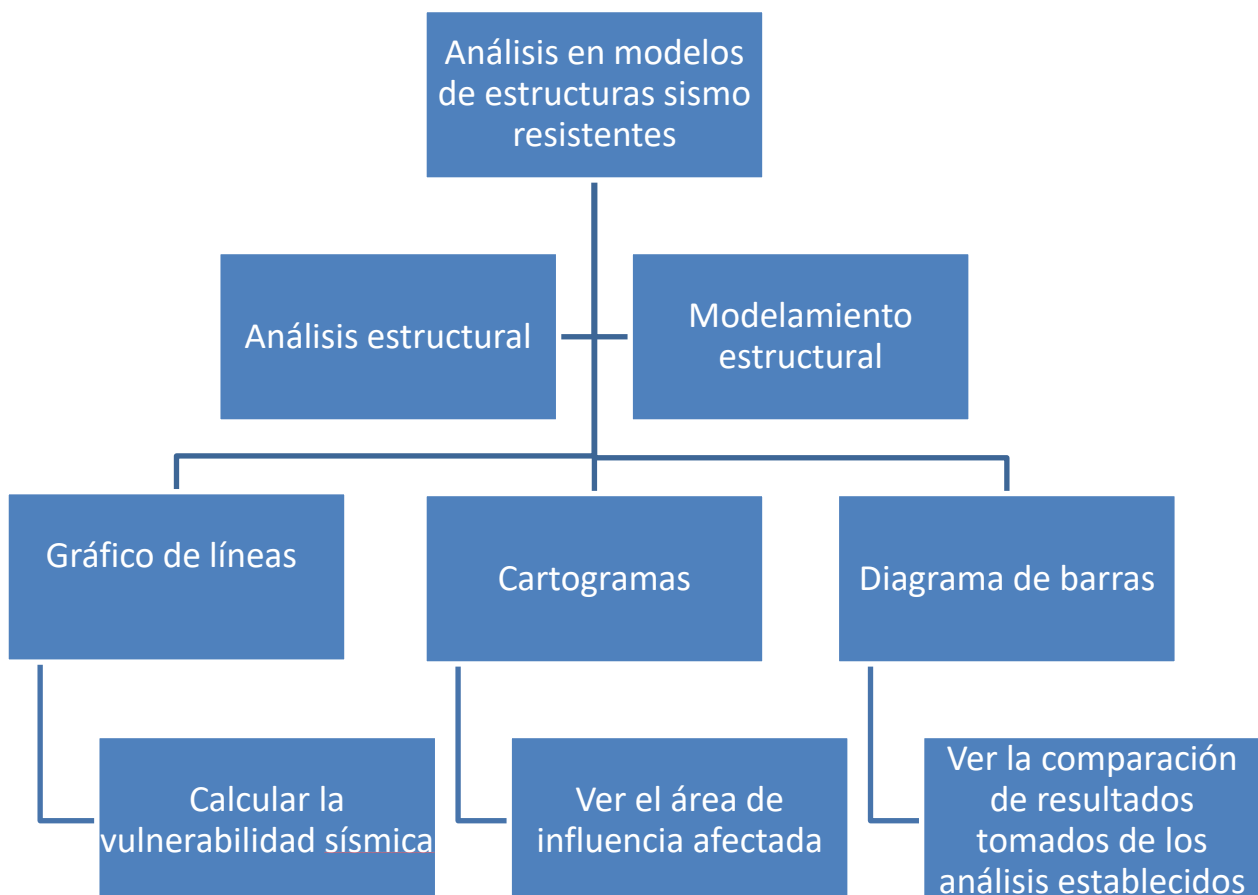
*Figura 27 Hospital de Florencia, Caquetá, Colombia*  
Fuente: Quaketek

## 2.6. Métodos y procedimientos de análisis de datos:

### MÉTODOS:

La presente investigación es de tipo no experimental, por el cual presenta el Método de Estadística Descriptiva puesto que se presentaran resultados de nuestros análisis dando a conocer mediante gráficos y medidas estadísticas de diferentes análisis estructurales que vamos a realizar por lo consiguiente se implementara en mejor disipador sísmico según la característica de la estructura.

### PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

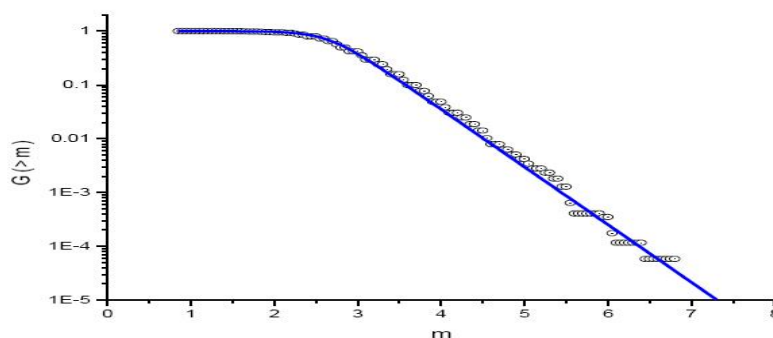


**Figura 28 Análisis en modelos de estructuras sismoresistentes**

Fuente: Propia

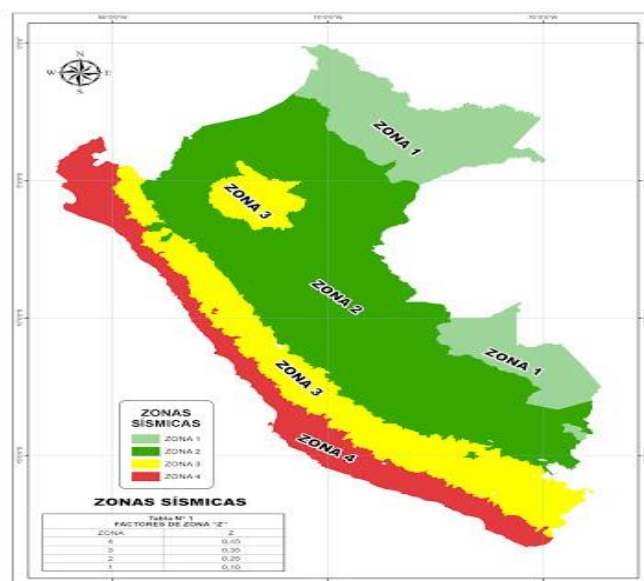
## INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

En la presente investigación mi clasificación de mi variable es cualitativa nominal por el cual se utilizara los gráficos lineales en el cual se puede registrar la frecuencia misma en la que un sismo pueda pegar y soportar una estructura, también podemos utilizar el cartograma para ver qué áreas son las más afectadas a causa de un sismo severo o moderado y también las barras para ver el grado de insatisfacción que tiene la población respecto a las malas construcciones de estructuras sísmicas en la ciudad.

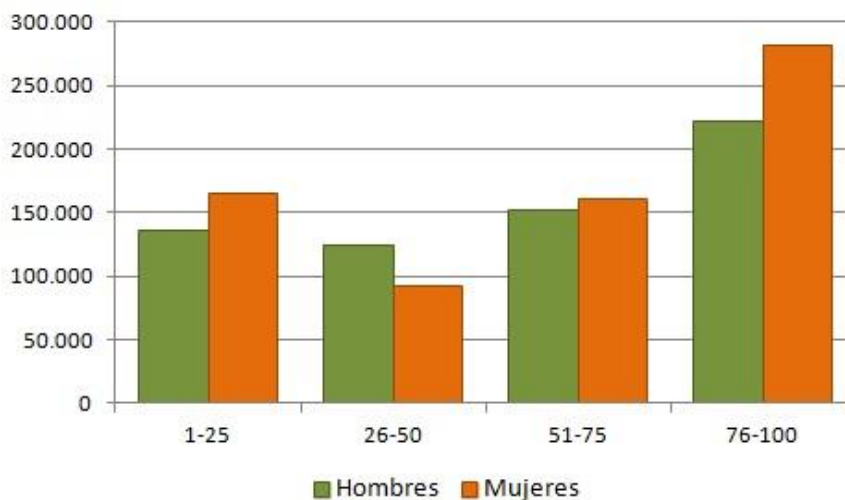


**Figura 29 Gráfico lineal**  
Fuente: Propia

Los gráficos de líneas muestran una serie como un conjunto de puntos conectados unidos por segmentos lineales. Los gráficos de líneas se usan para representar grandes cantidades de datos que tienen lugar durante un período continuado de tiempo. Para obtener más información sobre cómo agregar datos a un gráfico de líneas.



Un cartograma es un mapa o diagrama que muestra datos de cantidad asociados a sus respectivas áreas, mediante la modificación de los tamaños de las unidades de enumeración. La información es aportada mediante la distorsión de las superficies reales, utilizando cada superficie de enumeración como un símbolo proporcional, el cual aumenta o disminuye en función de los valores correspondientes.



*Figura 31 ejemplo de gráfica de barras agrupado*  
Fuente: Propia

Un diagrama de barras, también conocido como gráfica de barras o diagrama de columnas, es una forma de representar gráficamente un conjunto de datos o valores, y está conformado por barras rectangulares de longitudes proporcionales a los valores verticales y horizontalmente según el estudio que se realice en ella.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 1.2. Identificación y Modelamiento de la primera estructura en etabs-2016.

-Se procedió a modelar la primera edificación (ver figura 32), con las siguientes especificaciones reales de acuerdo al plano:

Nºpisos = 4

Losa aligerada = 0.20 m

Col 1,4,5 = 40 x 20 cm.

Col 2 = 40 x 30 cm.

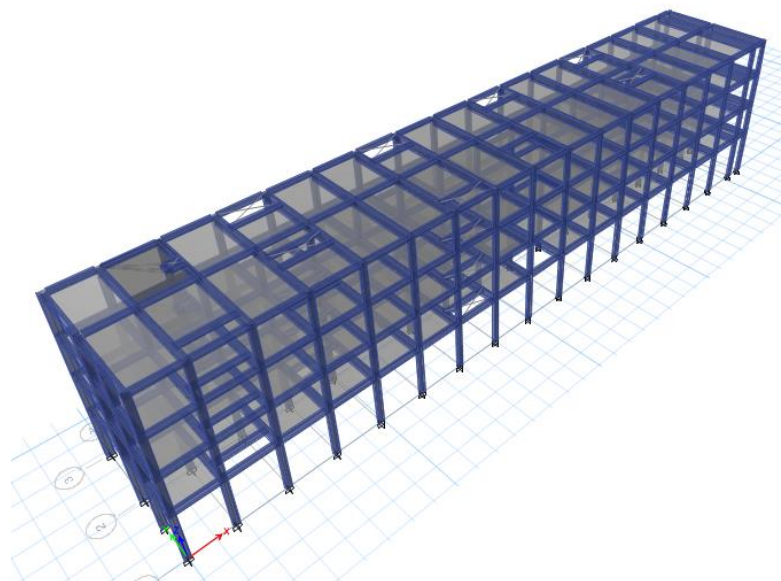
Col 3 = 50 x 30 cm.

V-101 = 20 x 40 cm.

V-102 = 30x60 cm.

(VER PLANO ANEXO 3).

#### Modelo estructural 3D en ETABS



*Figura 32 Modelo estructural 3D-primer estructura en ETABS.*

Fuente: Propia.

## ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

### 4.2. Análisis sísmico estático-primera estructura.

#### 4.2.1. Factor de zona (Z)

Para esta investigación tenemos a la estructura ubicada en el departamento la libertad en la ciudad de Trujillo del Distrito el Milagro por el cual esta ubicada en la zona 4 (ver figura 33) según el mapa de zonificación según nuestra norma E.030 2018, en el cual el valor de Z según la tabla 13 es de 0.45.

**Tabla 13 Factor de zona.**

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: NTE.030, 2018.

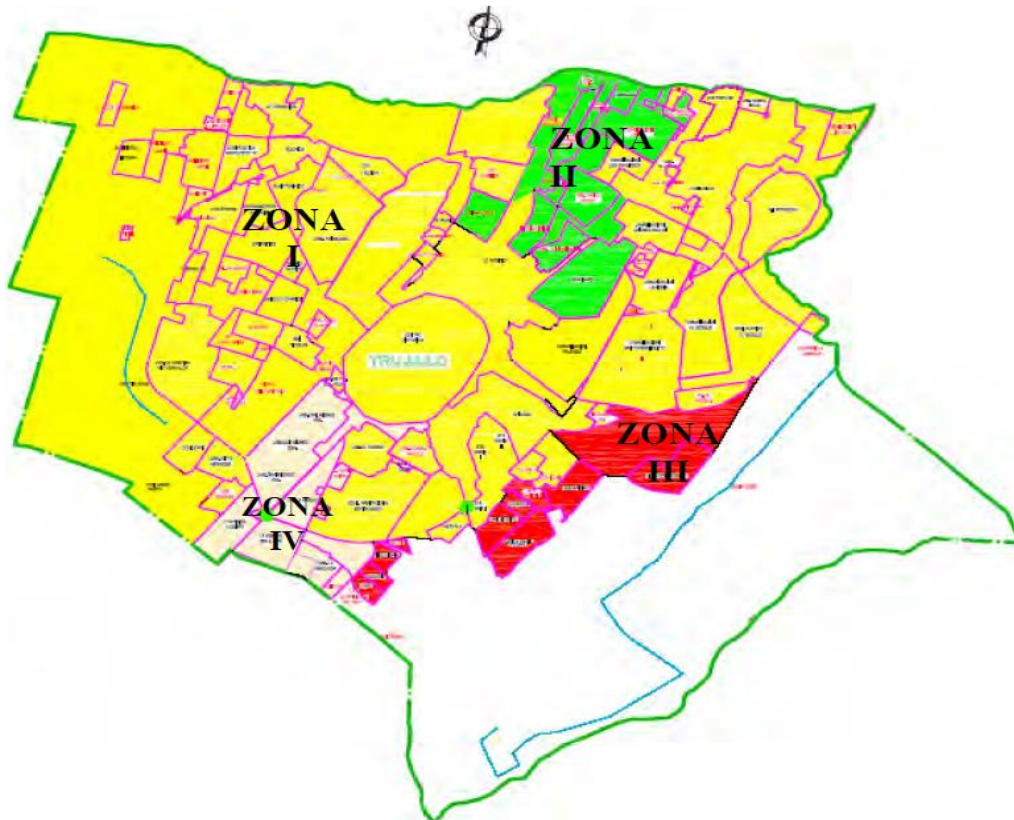


**Figura 33 Mapa de zonificación.**  
Fuente: NTE.030, 2018.

#### 4.2.2. Perfil del suelo (S)

Nuestra norma E.030 nos dice que en el estudio de suelos que cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m se pueden permitir valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas establecidas.

Según estudios geotécnicos se pudo establecer en diferentes zonas la ciudad de Trujillo.



**Figura 34** Microzonificación geotécnica del distrito de Trujillo.

**Fuente:** UNI-Enrique F. Luján Silva

Según estudios la zona I (ver figura 34) pertenece al Distrito del Milagro por ende presenta suelo blando, según nuestra norma E.030 presenta un factor de suelo S3.

**Tabla 14 Factor suelo.**

SUELO-ZONA	FACTOR SE SUELO "S"			
	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: NTE.030, 2018.

#### 4.2.3. Periodos de acuerdo al tipo de suelo

**Tabla 15 Periodos de perfil de suelo.**

PERIODOS	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP(S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(S)	3.0	0.3	2.0	1.6

Fuente: NTE.030, 2018.

#### 4.2.4. Periodo fundamental de vibración (T)

El periodo fundamental referencial inicial de la estructura se estimara con la siguiente expresión:

**Ecuación 3 Periodo fundamental.**

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

Dónde:

Fuente: NTE.030, 2018.

T = Periodo fundamental.

hn = Altura de la edificación.



$C_t$  = Factor en función al sistema estructural.

**Tabla 16 Factor en función al sistema estructural.**

COEFICIENTES SEGÚN EL PERIODO	
$C_t = 35$	Pórticos de concreto armado sin muros de corte
$C_t = 45$	Pórticos más muros en la caja de ascensores o escaleras y pórticos arriostrados de acero
$C_t = 60$	Albañilería, concreto armado duales, muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Fuente: NTE.030, 2018.

La altura que la edificación presenta:

$$h_n = 13.20 \text{ m}$$

$C_t = 35$  (pórticos)

$$T_{xy} = \frac{13.20}{35}$$

$$T_{xy} = 0.377 \text{ seg}$$

#### 4.2.5. Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a las características del lugar, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

**Ecuación 4 Factor de amplificación sísmica**

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

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Para hallar nuestro factor de amplificación sísmica tenemos los datos del periodo de acuerdo al tipo de suelo de la estructura en este caso es el S3 y el periodo fundamental de vibración

$$T_p = 1$$

$$T = 0.377$$

$$T < T_p$$

$$0.377 < 1$$

En este caso como cumple se tomara nuestro factor de de amplificación sísmica ( $C=2.5$ )

#### 4.2.6. Categoría de la edificación (U)

**Tabla 17 Categoría de la edificación.**

CATEGORÍA DE EDIFICACIONES Y FACTOR U		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR
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

Fuente: NTE.030, 2018.

#### 4.2.7. Coeficiente de reducción sísmica (R)

La Edificación está estructurada a base de pórticos por el cual Para términos de cálculo y análisis de la estructura corresponde un  $R=8$ .

*Tabla 18 Coeficiente de reducción sísmica.*

Coeficiente de reducción sísmica	
Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción
<b>Concreto armado</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: NTE.030, 2018.

#### 4.2.8. Regularidad estructural

La importancia de saber si una estructura es regular o irregular es fundamental para el análisis sísmico de cada estructura. Por el cual se determinara las diferentes irregularidades más importantes que nos da nuestra norma actualizada E.030-2018.

## Irregularidades Estructurales en altura

### Irregularidad de rigidez – Piso blando

“Existe irregularidad de rigidez cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes, las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga” (RNE, 2018, p. 17).

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiffness X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiffness Y tonf/m
Story4	SEX	81.9466	0.008495	9646.607	0	9.5E-05	0
Story3	SEX	151.8271	0.013664	11111.721	0	0.000152	0
Story2	SEX	201.1545	0.017585	11438.817	0	0.000215	0
Story1	SEX	230.4135	0.021391	10771.329	0	0.00043	0
Story4	SEY	0	0.000191	0	81.9466	0.006174	13271.925
Story3	SEY	0	0.000347	0	151.8271	0.011179	13581.939
Story2	SEY	0	0.000474	0	201.1545	0.014995	13414.7
Story1	SEY	0	0.001233	0	230.4135	0.040389	5704.824

**Figura 35 Rigidez en la dirección X,Y.**

**Fuente: Propia.**

-Lo primero que debemos es sacar los desplazamientos relativos de cada piso de la edificación mediante el Etabs obtenemos esos valores en cada dirección del análisis estático(X,Y).

-también sacamos las rigideces laterales como nos dice nuestra norma que es la razón de la fuerza cortante de entrepiso con el desplazamiento relativo.

**Tabla 19 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando en el Eje X.**

Piso	dirección	D. Relativo	VX	rigidez lateral	70%	Promedio	80%
		(m)	(m)				
4	SEX	0.008495	81.9466	9646.450853	6752.5156		
3	SEX	0.013664	151.8271	11111.46809	7778.02766	7512.61024	6010.08819
2	SEX	0.017585	201.1545	11438.98209	8007.28746		
1	SEX	0.021391	230.4135	10771.51606	7540.06124		

Fuente: Propia.

**Tabla 20 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando en el Eje Y.**

Piso	dirección	D. Relativo	VY	rigidez lateral	70%	Promedio	80%
		(m)	(m)				
4	SEY	0.006174	81.9466	13272.8539	9290.99773		
3	SEY	0.011179	151.8271	13581.4563	9507.01941	9396.11909	7516.89527
2	SEY	0.014995	201.1545	13414.77159	9390.34011		
1	SEY	0.040389	230.4135	5704.857758	3993.40043		

Fuente: Propia.

Vemos que la rigidez lateral del 1 piso de la dirección Y es menor que el 70 % de las rigideces de los 3 pisos superiores y además menor que el 80 % del promedio de las rigideces de los 3 pisos superiores, entonces podemos concluir que la edificación presenta irregularidad por piso blando.

### Irregularidad de resistencia – Piso débil

“Existe irregularidad de piso débil cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (RNE, 2018, p. 17).

**Tabla 21 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje X.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	80%(VX)
4	81.95	65.56
3	151.83	121.46
2	201.15	160.92
1	230.41	184.33

**Fuente: Propia.**

-Se muestra en el cuadro que la resistencia de cada entrepiso es mayor que el 80 % de la resistencia de cada entrepiso por el cual no presenta irregularidad por piso débil.

**Tabla 22 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje Y.**

PISO	F.CORTANTE(VY)	80%(VY)
4	81.95	65.56
3	151.83	121.46
2	201.15	160.92
1	230.41	184.33

**Fuente: Propia.**

-Como también es el caso en la dirección Y, se muestra que cada entrepiso es mayor que el 80% de la resistencia de cada entrepiso por el cual podemos decir que no presenta irregularidad por piso en las dos direcciones del análisis.

### Irregularidad extrema de rigidez

“Existe irregularidad extrema de rigidez cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes” (RNE, 2018, p. 17).

**Tabla 23 Irregularidad de extrema rigidez en el Eje X.**

Piso	dirección	D. Relativo	VX	rigidez lateral	60%	Promedio	70%
		(m)	(m)				
4	SEX	0.008495	81.9466	9646.450853	5787.87051		
3	SEX	0.013664	151.8271	11111.46809	6666.88085	6439.38021	4507.56614
2	SEX	0.017585	201.1545	11438.98209	6863.38925		
1	SEX	0.021391	230.4135	10771.51606	6462.90963		

Fuente: Propia.

**Tabla 24 Irregularidad de extrema rigidez en el Eje Y.**

Piso	dirección	D. Relativo	VY	rigidez lateral	60%	Promedio	70%
		(m)	(m)				
4	SEY	0.006174	81.9466	13272.8539	7963.71234		
3	SEY	0.011179	151.8271	13581.4563	8148.87378	8053.81636	5637.67145
2	SEY	0.014995	201.1545	13414.77159	8048.86295		
1	SEY	0.040389	230.4135	5704.857758	3422.91465		

Fuente: Propia.

-Podemos ver que en la dirección X no presenta irregularidad de extrema rigidez cumple de acuerdo a la norma, pero vemos en la dirección Y presenta irregularidad de extrema rigidez en el primer piso, por el cual concluimos que si presenta irregularidad de extrema rigidez.

### Irregularidad de extrema de resistencia

“Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (RNE, 2018, p. 17).

**Tabla 25 Irregularidad de extrema resistencia en el Eje X.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	65%(VX)
4	81.95	53.27
3	151.83	98.69
2	201.15	130.75
1	230.41	149.77

Fuente: Propia.

-Vemos en la dirección X no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % del entrepisos superiores como dice la norma.

**Tabla 26 Irregularidad de extrema resistencia en el Eje Y.**

PISO	F.CORTANTE(VY)	65%(VY)
4	81.95	65.56
3	151.83	121.46
2	201.15	160.92
1	230.41	184.33

Fuente: Propia.



-Vemos en la dirección Y no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % de los entrepisos superiores como dice la norma.

### Irregularidad de masas

“Se considera irregularidad de masas en una estructura cuando, la masa del primer nivel es mayor a 1.5 veces la masa de un nivel adyacente” (RNE, 2018, p. 17).

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m
Story1	D1	39.37025	39.37025
Story2	D2	38.51731	38.51731
Story3	D3	38.51731	38.51731
Story4	D4	34.9	34.9

**Figura 36 Masas en la dirección X,Y.**  
Fuente: Propia.

**Tabla 27 Análisis de Irregularidad de Masas.**

PISO	Masas	Peso sísmico
	Tnf.s <sup>2</sup> /m	Tn
4	34.9	342.369
3	38.51731	377.85481
2	38.51731	377.85481
1	39.37025	386.22215

Fuente: Propia.

**Ecuación 5 Análisis de Irregularidad de Masas.**

$$M_{pn} > 1.5 \times M_{n+1}$$

Fuente: NTE.030, 2018.

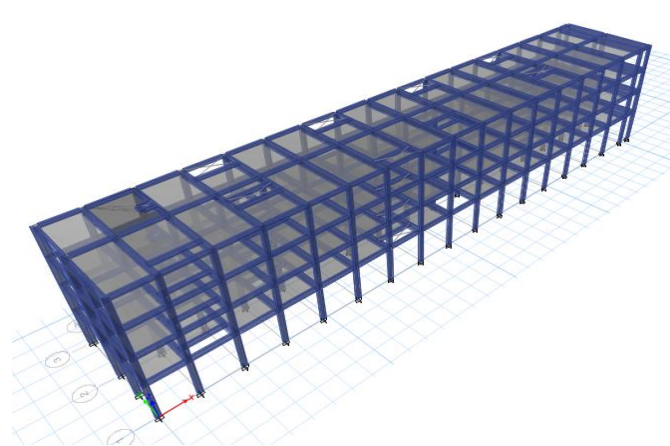
$$39.37025 > 1.5 \times 38.51731$$

39.37025 > 57.775965

-Podemos concluir que no existe irregularidad de masas porque la masa del primer nivel no es mayor al 1.5 de las masas de los demás pisos adyacentes.

### **Irregularidad geométrica vertical**

“Existe irregularidad geométrica vertical cuando en cualquiera de las direcciones de análisis de la estructura, la dimensión en planta del edificio resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 la correspondiente del nivel superior” (RNE, 2018, p. 17).



**Figura 37 Irregularidad Geométrica Vertical.**  
Fuente: Propia.

-Se observa que en las dos direcciones de análisis, los pisos superiores adyacentes no sobrepasan el 130% de las dimensiones a los demás pisos inferiores por lo tanto concluimos que la edificación no presenta irregularidad geométrica vertical.

## Irregularidades estructurales en planta

### Irregularidad Torsional

“Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamientos relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga, este criterio solo se aplican en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible (0.007) ” (RNE, 2018, p. 18).

*Tabla 28 Análisis de irregularidad torsional en el Eje X.*

Piso	Diafragma	Sismo	Desplazamiento	D. Relativo	H	Derivas	50%.C.A
4	D4	SEX	0.061134	0.008494	3	0.00283133	0.0035
3	D3	SEX	0.05264	0.013664	3	0.00455467	0.0035
2	D2	SEX	0.038976	0.017584	3	0.00586133	0.0035
1	D1	SEX	0.021392	0.021392	4.2	0.00509333	0.0035

Fuente: Propia.

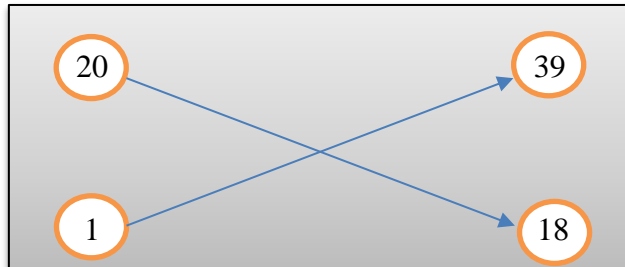
*Tabla 29 Análisis de irregularidad torsional en el Eje Y.*

Piso	Diafragma	Sismo	Desplazamiento	D. Relativo	H	Derivas	50%.C.A
4	D4	SEY	0.073004	0.006234	3	0.002078	0.0035
3	D3	SEY	0.06677	0.011213	3	0.00373767	0.0035
2	D2	SEY	0.055557	0.015109	3	0.00503633	0.0035
1	D1	SEY	0.040448	0.040448	4.2	0.00963048	0.0035

Fuente: Propia.

-En este caso vemos que las derivas es mayor que el 50 % del desplazamiento permisible (0.007)

-Entonces vamos a tomar 4 extremos del edificio: (label20, label1, label39, label18)



*Figura 38 Nudos extremos-Irregularidad torsional.*

Fuente: Propia.

**Extremo del 20 al 18:** Se procede hallar las derivas en cada extremo de entrepiso (ver tabla 30, 31, 32,33).

*Tabla 30 Análisis torsional Eje X - extremo 20.*

ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X-X						
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas	
4	20	3	0.061416	0.008526	0.002842	
3	20	3	0.05289	0.013712	0.00457067	
2	20	3	0.039178	0.017653	0.00588433	
1	20	4.2	0.021525	0.021525	0.005125	

Fuente: Propia.

*Tabla 31 Análisis torsional Eje X - extremo 18.*

ANALISIS EN DIRECCION X-X					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	18	3	0.060854	0.008464	0.00282133
3	18	3	0.05239	0.013615	0.00453833
2	18	3	0.038775	0.017517	0.005839
1	18	4.2	0.021258	0.021258	0.00506143

Fuente: Propia.

*Tabla 32 Análisis torsional Eje Y - extremo 20.*

ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	20	3	0.04857	0.004115	0.00137167
3	20	3	0.044455	0.007446	0.002482
2	20	3	0.037009	0.009895	0.00329833
1	20	4.2	0.027114	0.027114	0.00645571

Fuente: Propia.

*Tabla 33 Análisis torsional Eje Y - extremo 18.*

ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	18	3	0.096905	0.008234	0.00274467
3	18	3	0.088671	0.014911	0.00497033
2	18	3	0.07376	0.020096	0.00669867
1	18	4.2	0.053664	0.053664	0.01277714

Fuente: Propia.

**Extremo del 1 al 39:** Se procede hallar las derivas en cada extremo de entrepiso (ver tabla 34, 35, 36,37).

*Tabla 34 Análisis torsional Eje X - extremo 1.*

ANALISIS EN DIRECCION X-X					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	1	3	0.060854	0.008464	0.00282133
3	1	3	0.05239	0.013615	0.00453833
2	1	3	0.038775	0.017517	0.005839
1	1	4.2	0.021258	0.021258	0.00506143

Fuente: Propia.

*Tabla 35 Análisis torsional Eje X - extremo 39.*

ANALISIS EN DIRECCION X-X					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	39	3	0.061416	0.008526	0.002842
3	39	3	0.05289	0.013712	0.00457067
2	39	3	0.039178	0.017653	0.00588433
1	39	4.2	0.021525	0.021525	0.005125

Fuente: Propia.

*Tabla 36 Análisis torsional Eje Y- extremo 1.*

ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	1	3	0.04857	0.004115	0.00137167
3	1	3	0.044455	0.007446	0.002482
2	1	3	0.037009	0.009895	0.00329833
1	1	4.2	0.027114	0.027114	0.00645571

Fuente: Propia.

*Tabla 37 Análisis torsional Eje Y- extremo 39.*

ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Piso	Joint label	entrepiso(h)	Desplazamientos	D. Relativo	Derivas
4	39	3	0.096905	0.008234	0.00274467
3	39	3	0.088671	0.014911	0.00497033
2	39	3	0.07376	0.020096	0.00669867
1	39	4.2	0.053664	0.053664	0.01277714

Fuente: Propia.

Tomamos como referencia el extremo 20 :

**Dirección X:**

*Tabla 38 Análisis torsional Eje X - extremo 20.*

Piso	Derivas (label 20)	Derivas (label 18)	Derivas (label 1)	Derivas (label 39)	promedio	1.3 promedio
4	0.002842	0.00282133	0.002821333	0.002842	-	
3	0.004570667	0.00453833	0.004538333	0.004570667	-	
2	<b>0.005884333</b>	0.005839	0.005839	0.005884333	0.00585411	<b>0.00761034</b>
1	0.005125	0.00506143	0.005061429	0.005125		

Fuente: Propia.

$$0.005884333 < 0.00761034$$

-Como vemos el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en la dirección X, no es mayor que el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso de los extremos del edificio por el 1.3 como nos manda la norma entonces podemos concluir que la edificación no presenta irregularidad torsional.

**Dirección Y:**

*Tabla 39 Análisis torsional Eje Y- extremo 20.*

Piso	Derivas (label 20)	Derivas (label 18)	Derivas (label 1)	Derivas (label 39)	promedio	1.3 promedio
4	0.001371667	0.00274467	0.001371667	0.002744667	-	
3	0.002482	0.00497033	0.002482	0.004970333	-	
2	0.003298333	0.00669867	0.003298333	0.006698667	-	
1	<b>0.006455714</b>	0.01277714	0.006455714	0.012777143	0.01067	<b>0.013871</b>

Fuente: Propia.

$$0.006455714 < 0.013871$$

-Como vemos el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en la dirección Y, no es mayor que el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso de los extremos del edificio por el 1.3 como nos manda la norma entonces podemos concluir que la edificación no presenta irregularidad torsional.

#### **Irregularidad torsional extrema:**

-como dice la norma es igual que la irregularidad torsional solo que no sería por el 1.3 si no en este caso sería por el 1.5.

#### **Dirección X:**

*Tabla 40 Análisis de irregularidad torsional extrema Eje X- extremo 20.*

Piso	Derivas (label 20)	Derivas (label 18)	Derivas (label 1)	Derivas (label 39)	promedio	1.5 promedio
4	0.002842	0.00282133	0.002821333	0.002842	-	
3	0.004570667	0.00453833	0.004538333	0.004570667	-	
2	<b>0.005884333</b>	0.005839	0.005839	0.005884333	0.00585411	<b>0.00878117</b>
1	0.005125	0.00506143	0.005061429	0.005125		



Fuente: Propia.

$$0.005884333 < 0.00878117$$

Como vemos el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en la dirección X, no es mayor que el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso de los extremos del edificio por el 1.5 como nos manda la norma entonces podemos concluir que la edificación no presenta irregularidad torsional extrema.

Dirección Y:

*Tabla 41 Análisis de irregularidad torsional extrema Eje Y- extremo 20.*

Piso	Derivas (label 20)	Derivas (label 18)	Derivas (label 1)	Derivas (label 39)	promedio	1.5 promedio
4	0.001371667	0.00274467	0.001371667	0.002744667	-	
3	0.002482	0.00497033	0.002482	0.004970333	-	
2	0.003298333	0.00669867	0.003298333	0.006698667	-	
1	<b>0.006455714</b>	0.01277714	0.006455714	0.012777143	0.01067	<b>0.016005</b>

Fuente: Propia.

$$0.006455714 < 0.016005$$

-Como vemos el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en la dirección Y, no es mayor que el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso de los extremos del edificio por el 1.5 como nos manda la norma entonces podemos concluir que la edificación no presenta irregularidad torsional extrema.

-En conclusión la edificación solo presenta irregularidades de piso blando y de irregularidad de extrema rigidez por el cual nuestro coeficiente nuevo de reducción sísmica es:

*Ecuación 6 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.*

$$R=8 \times I_o \times I_o$$

Fuente: NTE.030, 2018.

$$R=8 \times 0.75 \times 0.50$$

$$R= 3$$

#### 4.2.9. Fuerza cortante en la base:

La fuerza cortante basal en la estructura en cualquier eje de análisis se determinara por la siguiente formula:

*Ecuación 7 Fuerza cortante en la base.*

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot p$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Datos de la estructura:

*Tabla 42 Datos de la estructura.*

Z	0.45
U	1
C	2.5
S	1.1
R <sub>xy</sub>	R=8x0.75x0.50=3
P	1489.5416 Tn

Fuente: Propia.

$$V_{xy} = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{3} \times 1489.5416$$

$$V_{xy} = 614.44 \text{ Tn}$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

*Ecuación 8 valor de C/R*

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Fuente: NTE.030, 2018.

$$\frac{2.5}{3} \geq 0.11$$

$$0.83 \geq 0.11$$

**Periodos:**

Case	Mode	Period sec	UX	UY
Modal	1	1.221	0.0001	0.8919
Modal	2	1.053	0.8903	0.0007
Modal	3	0.99	0.0038	0.0712

*Figura 39 Periodos en la dirección X, Y*

Fuente: Propia.

$$T_x = 1.221 \text{ Seg}$$

$$T_y = 1.053 \text{ Seg}$$

**Corrección por periodo real sísmico:**

*Ecuación 9 Factor de amplificación sísmica*

**Dirección X:**

$$T_p = 1 \text{ Seg}$$

$$T_l = 1.6 \text{ seg}$$

$$T_x = 1.221 \text{ Seg}$$

$$T < T_p$$

$$C = 2.5$$

$$T_p < T < T_l$$

$$C = 2.5 \times (T_p / T)$$

$$T > T_l$$

$$C = 2.5 \times (T_p \cdot T_l / T^2)$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Se determina que:

$$C = 2.5 \times \frac{1}{1.221} = 2.0475$$

$$C_x = \frac{0.45 \times 1 \times 2.047502048 \times 1.1}{3} = 0.3378378379.$$

**Tabla 43** coeficiente de distribución.

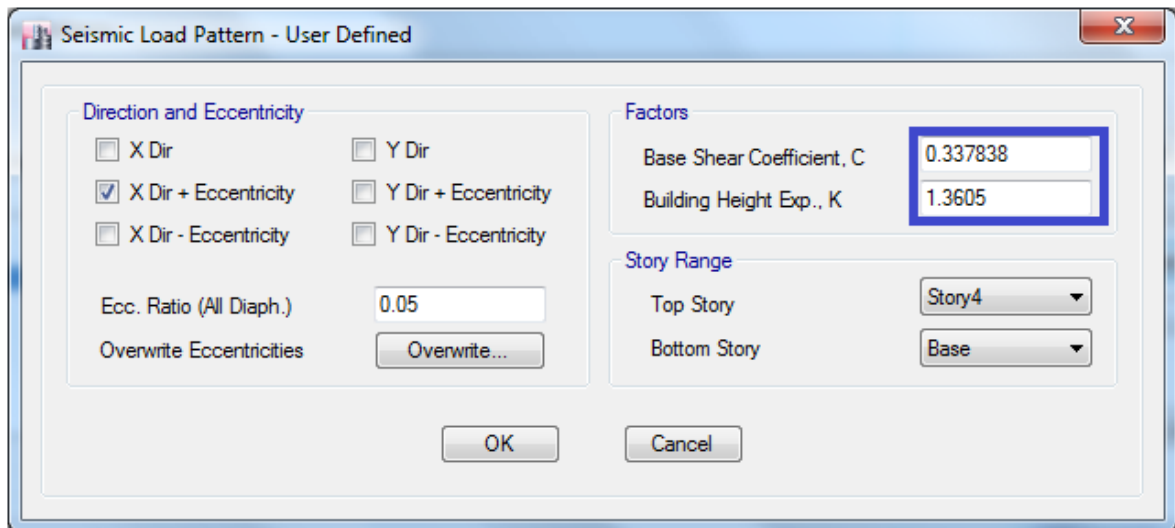
Hallando el coeficiente de distribución (k):

$$K = (0.75 + 0.5 \times 1.221)$$

$$K = 1.3605$$

K = 1.0	T ≤ 0.5 Seg
K = (0.75 + 0.5T) ≤ 2.0	T ≥ 0.5 Seg

**Fuente: Manual etabs-2016.**



**Figura 40** Asignación del Coeficiente Cx.

**Fuente: Propia.**

**Dirección Y:**

$$T_p = 1 \text{ Seg}$$

$$T_l = 1.6 \text{ seg}$$

$$T_y = 1.053 \text{ Seg}$$

Se determina que:

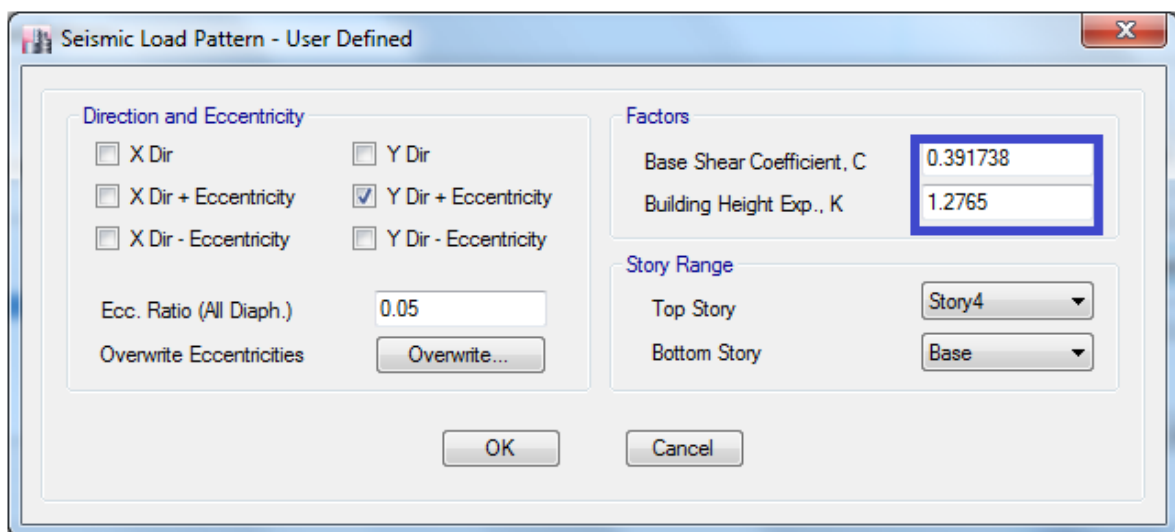
$$C = 2.5 \times \frac{1}{1.053} = 2.3742$$

$$C_y = \frac{0.45 \times 1 \times 2.374169041 \times 1.1}{3} = 0.3917378918.$$

Hallando el coeficiente de distribución (k):

$$K = (0.75 + 0.5 \times 1.053)$$

$$K = 1.2765$$



*Figura 41 Asignación del Coeficiente  $C_y$ .*

Fuente: Propia.

**Nueva cortante en la base**

**Dirección X:**

$$V_x = \frac{0.45 \times 1 \times 2.047502048 \times 1.1}{3} \times 1489.5416 = 503.22 \text{ Tn}$$

**Dirección Y:**

$$V_y = \frac{0.45 \times 1 \times 2.374169041 \times 1.1}{3} \times 1489.5416 = 583.51 \text{ Tn}$$

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity %	Ecc. Overridden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SEX	Seismic	X+Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Story4	Base	0.337838	1.3605	1489.5416	503.2235
SEY	Seismic	Y+Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Story4	Base	0.391738	1.2765	1489.5416	583.5099

*Figura 42 Coeficiente Cx, y y peso sísmico.*

**Fuente: Propia.**

**.Distribución de la fuerza sísmica en altura**

**Distribución de la cortante en el eje “X”:**

$$V_x = 503.22 \text{ Tn}$$

*Tabla 44 Distribución de la cortante en el Eje X.*

piso	Hi(m)	Pi(tn)	Pi x Hi(tn)	fv	fi	Vi(tn)
4	13.20	342.369	4519.2708	0.355398178	178.8434714	178.84
3	10.20	377.8548111	3854.119073	0.303090246	152.5210736	331.36
2	7.20	377.8548111	2720.55464	0.213946056	107.6619343	439.03
1	4.20	386.2221525	1622.133041	0.12756552	64.19352078	503.22
			12716.07755	1		

**Fuente: Propia.**

**Distribución de la cortante en el eje “Y”:**

$V_y = 583.51 \text{ Tn}$ 
**Tabla 45 Distribución de la cortante en el Eje Y.**

piso	Hi(m)	Pi(tn)	Pi x Hi(tn)	fv	fi	Vi(tn)
4	13.20	342.369	4519.2708	0.355398178	207.3783911	207.38
3	10.20	377.8548111	3854.119073	0.303090246	176.8561894	384.23
2	7.20	377.8548111	2720.55464	0.213946056	124.8396631	509.07
1	4.20	386.2221525	1622.133041	0.12756552	74.43575635	583.51
			12716.07755	1		

**Fuente: Propia.**

#### 4.2.10. Desplazamientos laterales y control de derivas estáticas

Según la norma E. 0.30 Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales de entrepiso se calcularán multiplicando por 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

*Ecuación 10 control de derivas*

$$Drift = \frac{\Delta_i - (\Delta_i - 1)}{H_i} \leq Drift \text{ E. 030}$$

**D inelástico= R x D elástico**

**Fuente: NTE.030, 2018.**

**Tabla 46 Control de derivas estáticas en el Eje X.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
4	D4	SEX	0.139162	0.020322	3	0.006774	0.0172737	NO PASA
3	D3	SEX	0.11884	0.031844	3	0.010614667	0.0270674	NO PASA
2	D2	SEX	0.086996	0.039773	3	0.013257667	0.03380705	NO PASA
1	D1	SEX	0.047223	0.047223	4.2	0.011243571	0.028671107	NO PASA

**Fuente: Propia.**

*Tabla 47 Control de derivas estáticas en el Eje Y.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
4	D4	SEY	0.189219	0.017238	3	0.005746	0.0146523	NO PASA
3	D3	SEY	0.171981	0.030127	3	0.010042333	0.02560795	NO PASA
2	D2	SEY	0.141854	0.039349	3	0.013116333	0.03344665	NO PASA
1	D1	SEY	0.102505	0.102505	4.2	0.024405952	0.062235179	NO PASA

Fuente: Propia.

## ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL - ESPECTRAL

### 4.3. Análisis dinámico –primera estructura:

Según nuestra norma E.030, 2018: En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis



*Figura 43 Modos de Vibración.*

Fuente: Propia.

Modo01: traslación en X

Modo02: traslación en Y

Modo03: rotación

#### 4.3.1. Cálculo de masas traslacional:

##### .Masa Traslacional



$$M_t = M_x = M_y = \frac{P \text{ sismico } \times \text{ piso}}{g} \text{ (Tn.s}^2\text{/m)}$$

Primer piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{386.22215}{9.81 \text{ m/s}^2} = 39.37025 \text{ Tn.s}^2\text{/m}$$

Segundo y tercer piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{377.85481}{9.81 \text{ m/s}^2} = 38.51731 \text{ Tn.s}^2\text{/m}$$

Cuarto piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{342.369}{9.81 \text{ m/s}^2} = 34.9 \text{ Tn.s}^2\text{/m}$$

*Tabla 48 Masa y peso sísmico de la edificación.*

PISO	Masas	P.Sísmico
	Tnf.s <sup>2</sup> /m	Tn
4	34.9	342.369
3	38.51731	377.85481
2	38.51731	377.85481
1	39.37025	386.22215

**Fuente: Propia.**

#### 4.3.2. Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se usara un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

*Ecuación 11 Aceleración espectral.*

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Z = Zona 4 = 0.45

U = Categoría común

C = Coeficiente de amplificación sísmica

S = Factor del tipo de suelo

R = Coeficiente de reducción sísmica – Dual en x,y.

G = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>

#### 4.3.3. Espectro de respuesta

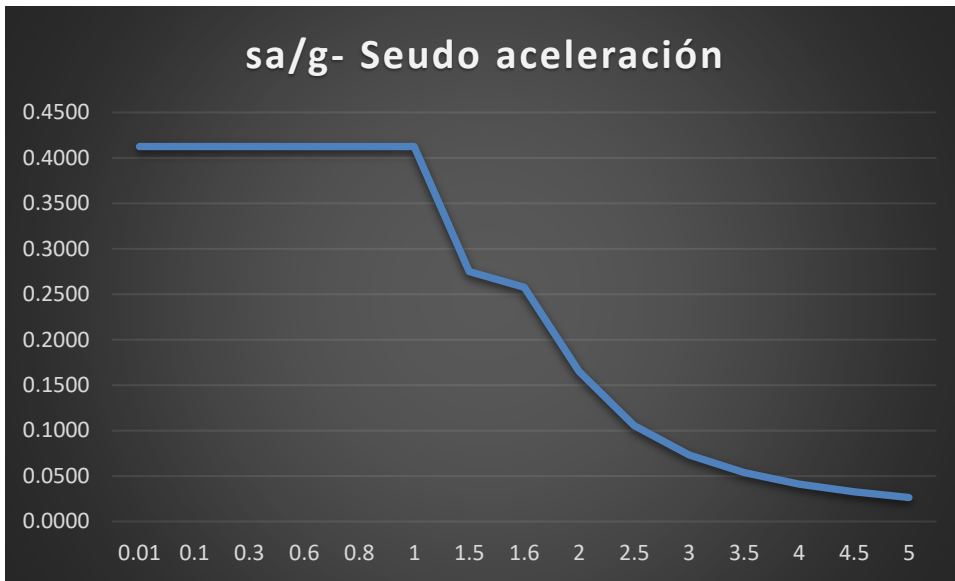
Mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta.

Tabla 49 Aceleración espectral R=3.

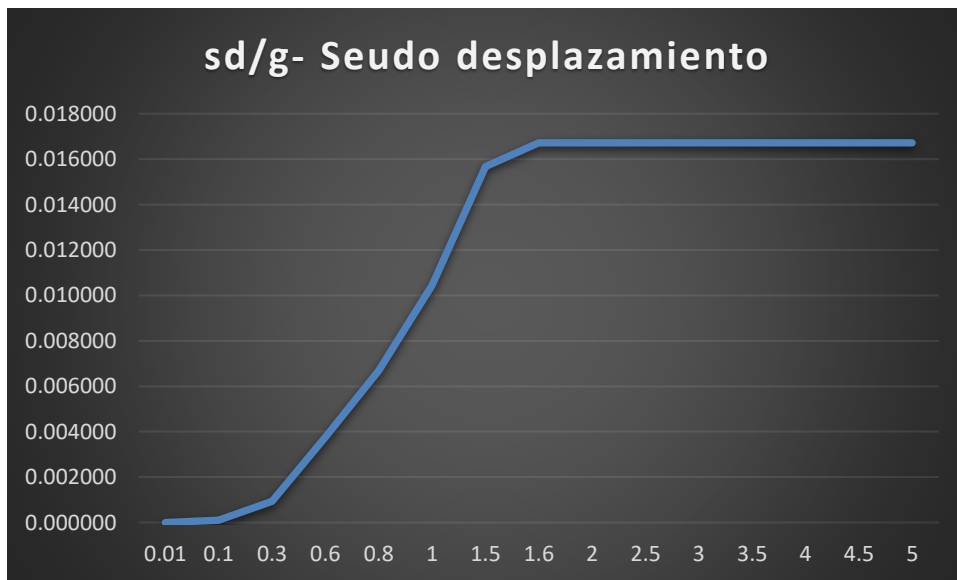
Z	U	C	S	R	G	Tp	Tl
0.45	1.00	2.50	1.10	3.00	9.81	1.00	1.60

T	C	Sa/g	Sa	Wn	Sv	Sd
0.01	2.500	0.4125	4.046625	628.319	0.000657	0.000001
0.1	2.500	0.4125	4.046625	62.832	0.006565	0.000104
0.3	2.500	0.4125	4.046625	20.944	0.019695	0.000940
0.6	2.500	0.4125	4.046625	10.472	0.039391	0.003762
0.8	2.500	0.4125	4.046625	7.854	0.052521	0.006687
1	2.500	0.4125	4.046625	6.283	0.065651	0.010449
1.5	1.667	0.2750	2.69775	4.189	0.065651	0.015673
1.6	1.563	0.2578	2.52914063	3.927	0.065651	0.016718
2	1.000	0.1650	1.61865	3.142	0.052521	0.016718
2.5	0.640	0.1056	1.035936	2.513	0.042017	0.016718
3	0.444	0.0733	0.7194	2.094	0.035014	0.016718
3.5	0.327	0.0539	0.52853878	1.795	0.030012	0.016718
4	0.250	0.0413	0.4046625	1.571	0.026261	0.016718
4.5	0.198	0.0326	0.31973333	1.396	0.023343	0.016718
5	0.160	0.0264	0.258984	1.257	0.021008	0.016718

Fuente: Propia.



**Figura 44 Espectro de seudo aceleración-primera estructura**  
Fuente: Propia.



**Figura 45 Espectro de seudo desplazamiento-primera estructura**  
Fuente: Propia.



*Figura 46 Espectro de pseudo velocidad-primera estructura*  
**Fuente: Propia.**

#### 4.3.4. Cortante dinámico en la base:

A continuación se calculó el cortante dinámico de la estructura obtenida por el ETABS 2016.

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story1	SDX Max	Bottom	0	532.4025	10.2228	2953.0914	94.1129	5137.1569
Story1	SDY Max	Bottom	0	10.2227	477.8532	16906.9841	4395.5258	98.8421

*Figura 47 Cortante dinámico en la base.*  
**Fuente: Propia.**

#### 4.3.5. Escalamiento de fuerzas de diseño.

Se debe cumplir según la norma del NT E.030 que la fuerza cortante mínima en el cual indica que para estructuras irregulares, la cortante dinámica de la estructura tiene que ser mínimo el 90 % del a cortante estática.

Según la norma E.0.30 nos dice que si no cumple que la cortante dinámica sea mayor que el 90 % de las cortantes estáticas podemos escalar los resultados obtenidos, en este caso se presenta que en la dirección X, si cumple el cortante dinámico sea mayor que el cortante

estático con el porcentaje establecido, sin embargo en la dirección Y, no se cumple que el cortante dinámico sea mayor que el cortante estático con el porcentaje establecido por el cual tomamos el valor el cortante Y multiplicado con el porcentaje establecido en la norma.

**Tabla 50 Cortante estático y dinámico.**

dirección	V(Tn)	Porcentaje (90%)	V a tomar(Tn)
SEX	503.22	452.898	503.22
SEY	583.51	525.159	583.51
SDX	532.4025	-	532.4025
SDY	477.8532	-	525.159

**Fuente: Propia.**

$$FS = 0.90 \left( \frac{VE_{max}}{VD_{max}} \right)$$

$$FS_y = 0.90 \left( \frac{583.51}{477.85} \right)$$

$$FS = 1.09$$

#### 4.3.6. Masa participativa:

La estructura en análisis en las dos direcciones, tendrá que cumplir como manda la norma con un número determinado de modos de vibración, en la cual participe mínimo el 90% de la masa del edificio, considerándose para el análisis el mínimo o los tres primeros modos.

.Como se puede apreciar en el cuadro se analizaría 4 modos en dirección X por el cual todo los modos de esa dirección sobrepasan el mínimo que es el 90 %, y 2 modos en la dirección Y por el cual todos los modos a continuación de esa dirección cumplen con el mínimo del 90 % que nos dice la norma.

Se consideró los 12 modos de vibración

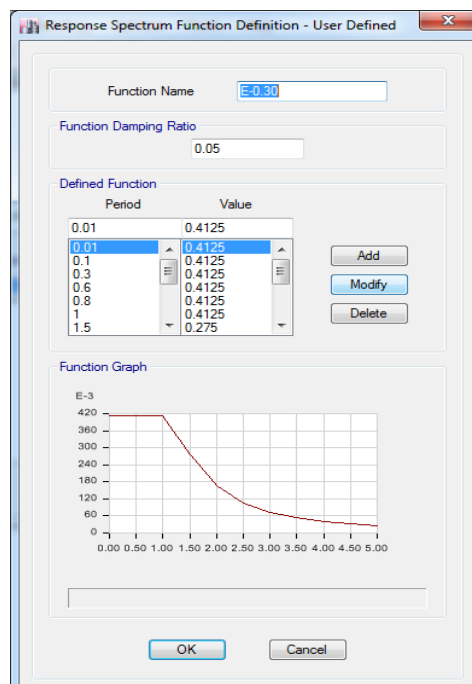
*Tabla 51 Masa participativa.*

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	1.221	0.0001	0.8919	0	0.01%	89%
Modal	2	1.053	0.8903	0.0007	0	89%	89%
Modal	3	0.99	0.0038	0.0712	0	89%	96%
Modal	4	0.372	6.26E-06	0.0298	0	89%	99%
Modal	5	0.313	0.0827	0.0001	0	98%	99%
Modal	6	0.304	0.0018	0.0026	0	98%	100%
Modal	7	0.218	0	0.003	0	98%	100%
Modal	8	0.176	4.03E-05	0.0003	0	98%	100%
Modal	9	0.167	0	0.0004	0	98%	100%
Modal	10	0.157	0.0182	0	0	100%	100%
Modal	11	0.132	2.04E-06	3.13E-05	0	100%	100%
Modal	12	0.098	0.0031	0	0	100%	100%

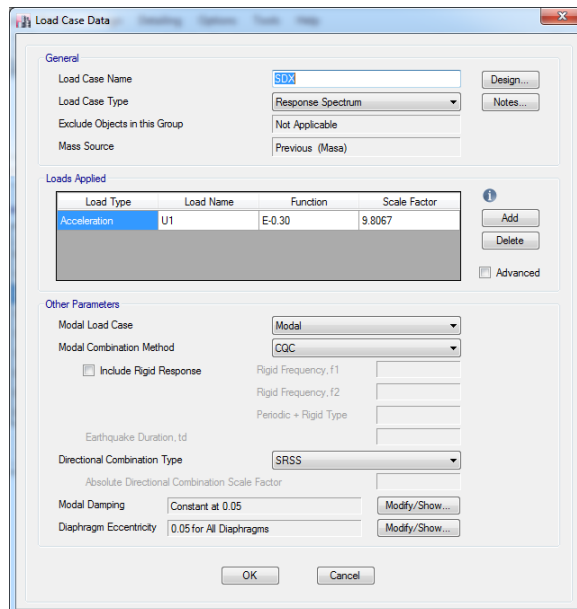
Fuente: Propia

#### 4.3.7. Espectro R=3 cargado al software

Ya cargado el espectro de respuesta R=3 al software



**Figura 48 Asignación del espectro de respuesta**  
**Fuente: Propia**



**Figura 49 Asignación de la dirección sísmica.**  
**Fuente: Propia**

#### 4.3.8. Control de derivas inelásticas dinámicas:

*Ecuación 12 control de derivas.*

$$Drift = \frac{\Delta_i - (\Delta_i - 1)}{H_i} \leq Drift E.030$$

$$D_{inelastico} = R \times D_{elastico}$$

**Fuente: NTE.030, 2018.**

**Tabla 52 Control de derivas dinámicas en el Eje X.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
4	D4	SDX	0.13821	0.018513	3	0.006171	0.01573605	NO PASA
3	D3	SDX	0.119697	0.030467	3	0.010155667	0.02589695	NO PASA
2	D2	SDX	0.08923	0.040007	3	0.013335667	0.03400595	NO PASA
1	D1	SDX	0.049223	0.049223	4.2	0.011719762	0.029885393	NO PASA

Fuente: Propia.

**Tabla 53 Control de derivas dinámicas en el Eje Y.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
4	D4	SDY	0.146208	0.010616	3	0.003538667	0.0090236	NO PASA
3	D3	SDY	0.135592	0.020503	3	0.006834333	0.01742755	NO PASA
2	D2	SDY	0.115089	0.029866	3	0.009955333	0.0253861	NO PASA
1	D1	SDY	0.085223	0.085223	4.2	0.02029119	0.051742536	NO PASA

Fuente: Propia.

#### 4.3.9. Análisis sísmico dinámico modal – espectral con R=1

Para proceder al análisis dinámico tiempo – historia será necesario en primer lugar realizar un análisis dinámico modal – espectral con un espectro de diseño usando R=1, la cual sus resultados serán contrastados con los del tiempo – historia lineal y posteriormente se definirá al sismo de diseño para un análisis por desempeño, sabemos que este análisis con R=1 como dice la norma es para que el edificio entre en un comportamiento no lineal ante un sismo severo.

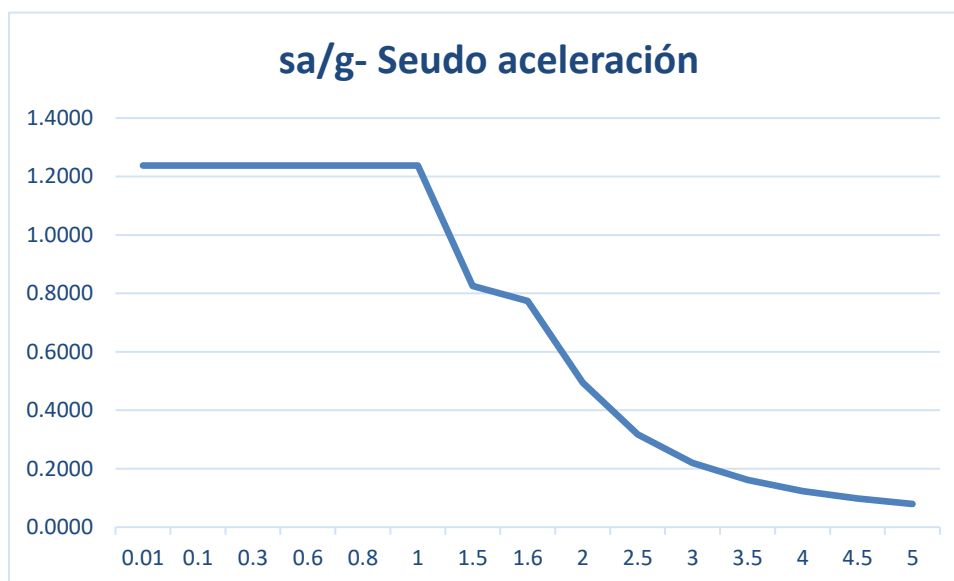


*Tabla 54 Aceleración espectral R=1.*

Z	U	C	S	R	G	Tp	Tl
0.45	1.00	2.50	1.10	1.00	9.81	1.00	1.60

T	C	Sa/g	Sa	Wn	Sv	Sd
0.01	2.500	1.2375	12.139875	628.319	0.001970	0.000003
0.1	2.500	1.2375	12.139875	62.832	0.019695	0.000313
0.3	2.500	1.2375	12.139875	20.944	0.059086	0.002821
0.6	2.500	1.2375	12.139875	10.472	0.118173	0.011285
0.8	2.500	1.2375	12.139875	7.854	0.157563	0.020062
1	2.500	1.2375	12.139875	6.283	0.196954	0.031346
1.5	1.667	0.8250	8.09325	4.189	0.196954	0.047019
1.6	1.563	0.7734	7.58742188	3.927	0.196954	0.050154
2	1.000	0.4950	4.85595	3.142	0.157563	0.050154
2.5	0.640	0.3168	3.107808	2.513	0.126051	0.050154
3	0.444	0.2200	2.1582	2.094	0.105042	0.050154
3.5	0.327	0.1616	1.58561633	1.795	0.090036	0.050154
4	0.250	0.1238	1.2139875	1.571	0.078782	0.050154
4.5	0.198	0.0978	0.9592	1.396	0.070028	0.050154
5	0.160	0.0792	0.776952	1.257	0.063025	0.050154

Fuente: Propia.



*Figura 50 Espectro de seudo aceleración.*

Fuente: Propia.

**Obtenemos las derivas cuando R=1**

Lugares	Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima	Duración (seg)
				(cm/seg <sup>2</sup> )	
ICA	Universidad Nacional San Luis Gonzaga	15/08/2007	N-S	333.66	218.06
			E-W	-272.82	
LIMA	Parque de la reserva	03/10/1974	N-S	180.09	97.96
			E-W	-194.21	
LIMA	Parque de la reserva	17/10/1966	N-S	-268.24	197.64
			E-W	-180.56	

*Tabla 55 Control de derivas R=1, en el Eje X.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		≤ 0.007
4	D4	SDR1X Max	0.414626	0.055537	3	0.018512333	NO PASA
3	D3	SDR1X Max	0.359089	0.0914	3	0.030466667	NO PASA
2	D2	SDR1X Max	0.267689	0.120021	3	0.040007	NO PASA
1	D1	SDR1X Max	0.147668	0.147668	4.2	0.035159048	NO PASA

Fuente: Propia.

*Tabla 56 Control de derivas R=1, en el Eje Y.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		≤ 0.007
4	D4	SDR1Y Max	0.438625	0.031849	3	0.010616333	NO PASA
3	D3	SDR1Y Max	0.406776	0.061509	3	0.020503	NO PASA
2	D2	SDR1Y Max	0.345267	0.089598	3	0.029866	NO PASA
1	D1	SDR1Y Max	0.255669	0.255669	4.2	0.060873571	NO PASA

Fuente: Propia.

**4.4. Análisis Dinámico Tiempo Historia- primera estructura.**
**4.4.1. Acelerogramas para espectro de diseño:**
*Tabla 57 Acelogramas para espectro de diseño.*

**Fuente: Propia.**

Para esta tesis se registraron 3 sismos más fuertes en el Perú, con el fin de encontrar un registro sísmico para el diseño de los disipadores

Para poder escalar los diferentes registros sísmicos (Acelogramas), para esta tesis se utilizó el programa SEISMOSIGNAL para la corrección y el SEISMOMATCH para realizar el escalonamiento del espectro de diseño.

### **Corrección por línea base**

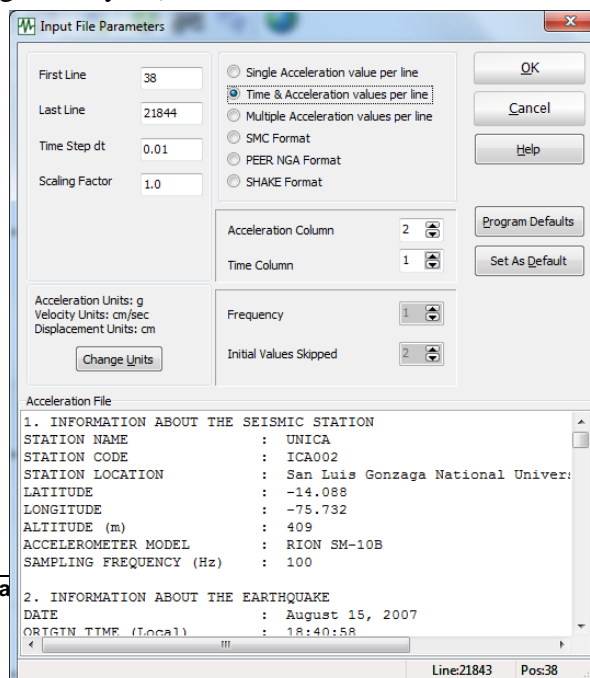
Generalmente los valores del acelerograma se encuentran desplazados respecto a la línea cero de aceleración. Este error puede ocurrir porque el acelerógrafo no se encuentra nivelado adecuadamente, lo cual también distorsiona la velocidad y el desplazamiento que se determinan por integración, por ello es necesario corregir el acelerograma a partir del promedio de sus valores registrados.(ver figura 53,54).

### **Filtrado de la señal**

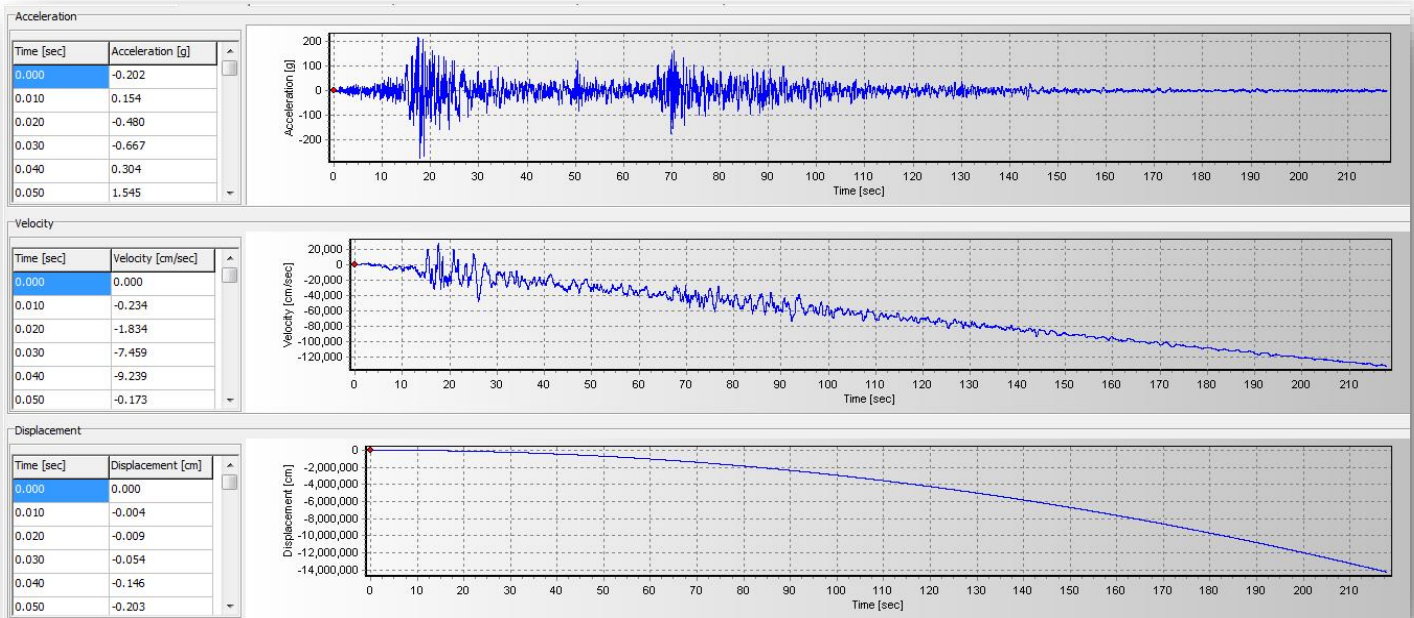
Se debe tener en cuenta la repercusión que el ruido tiene sobre el acelerograma. Este ruido puede estar causado tanto por fenómenos naturales y artificiales como el viento, tránsito de vehículos y personas.

Para poder filtrar la señal del ruido de alta y baja frecuencia se limita la banda de frecuencia de trabajo desde 0.1 Hz a 25 Hz, debido a que los sismos se encuentran en este rango y así evitar los errores que puede contener la señal.

Asignación mediante el programa SEISMOSIGNAL, tomamos de ejemplo el sismo de Ica del año 2007.(ver figura 51 y 52)

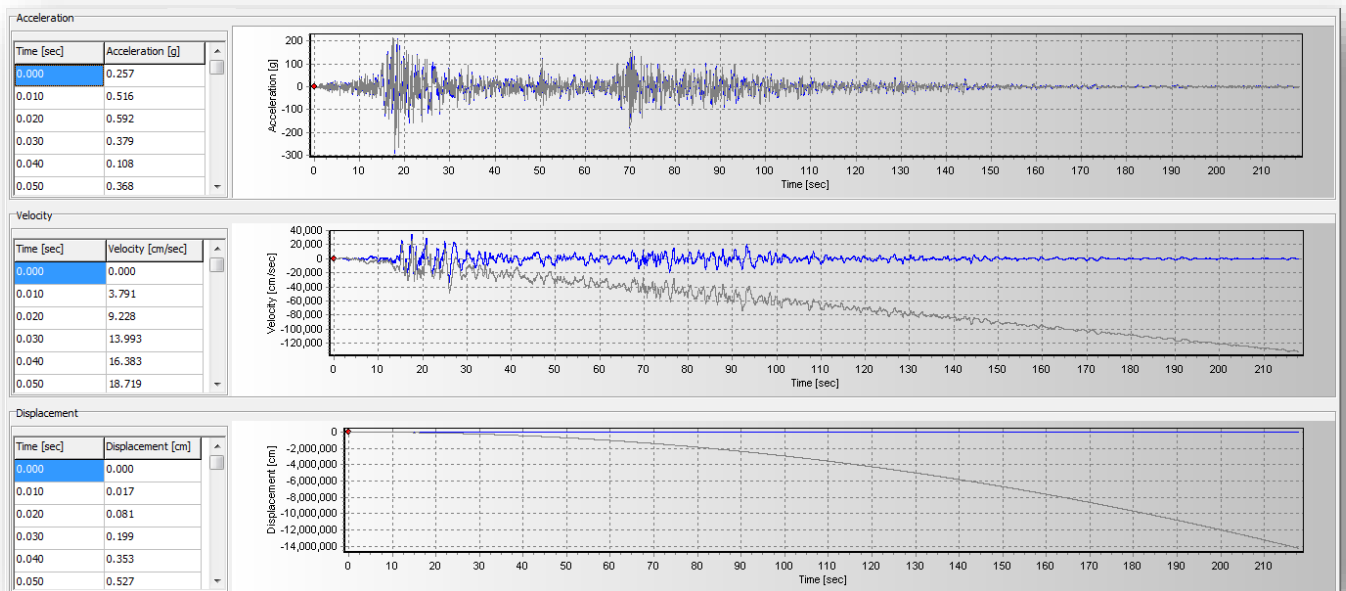


**Figura 51 Asignación al programa seismosignal.**  
Fuente: Propia.

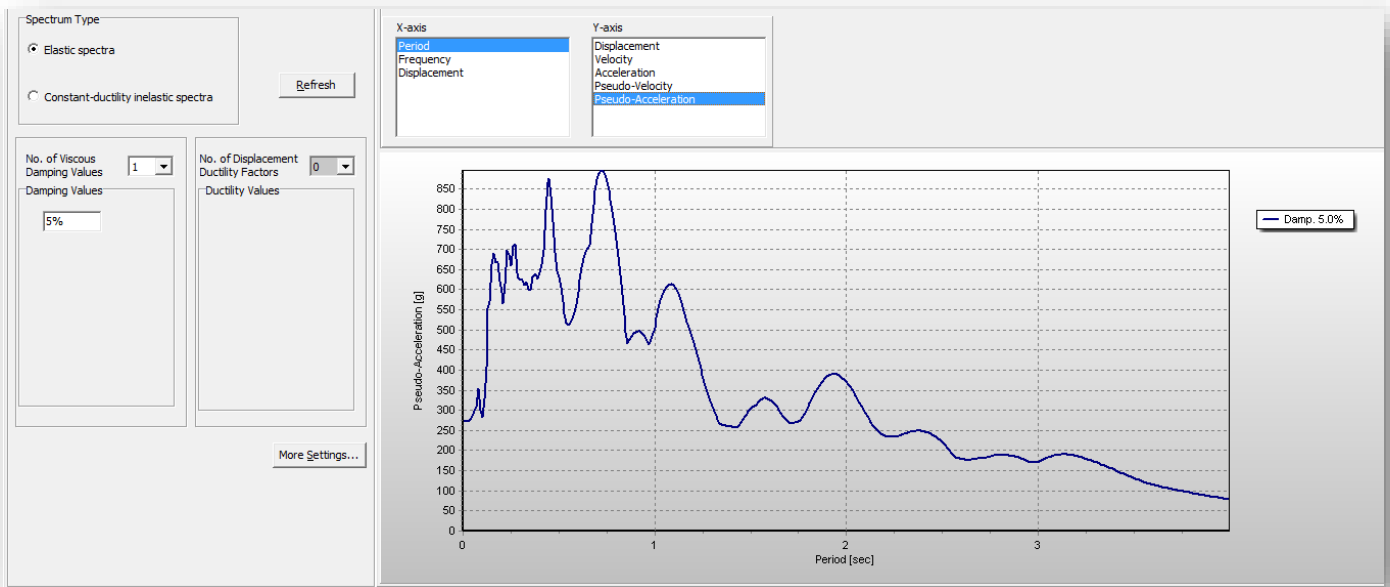


**Figura 52 Acelograma original- Ica 2007.**  
Fuente: Propia.

Se aplicó la corrección por línea base



**Figura 53 Acelograma corregido por línea base.**  
Fuente: Propia.

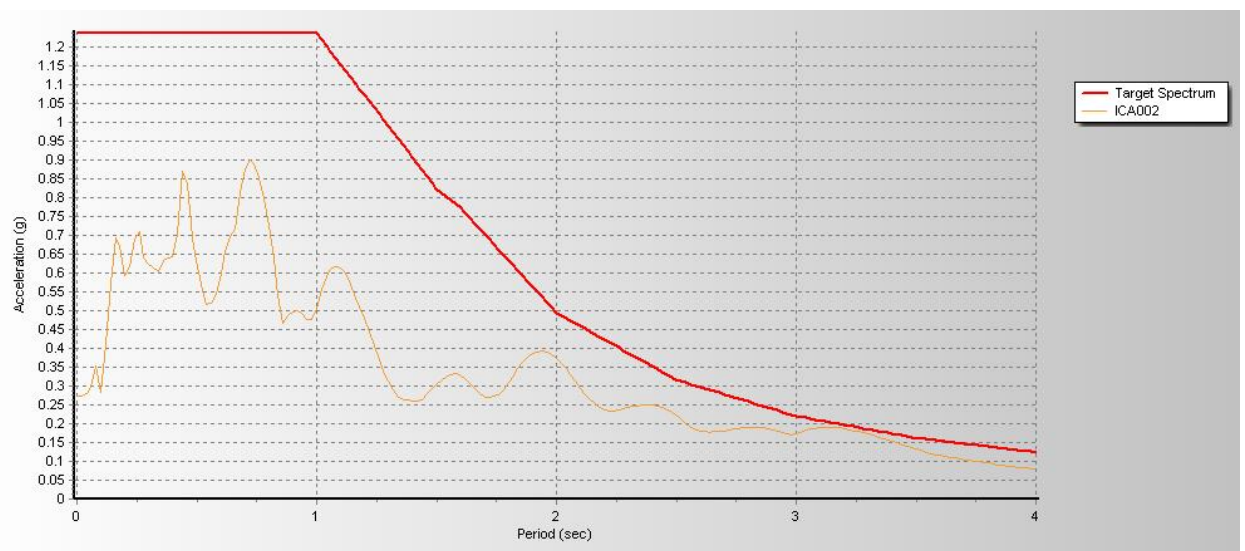


**Figura 54 Filtrado de componentes frecuenciales.**

**Fuente: Propia.**

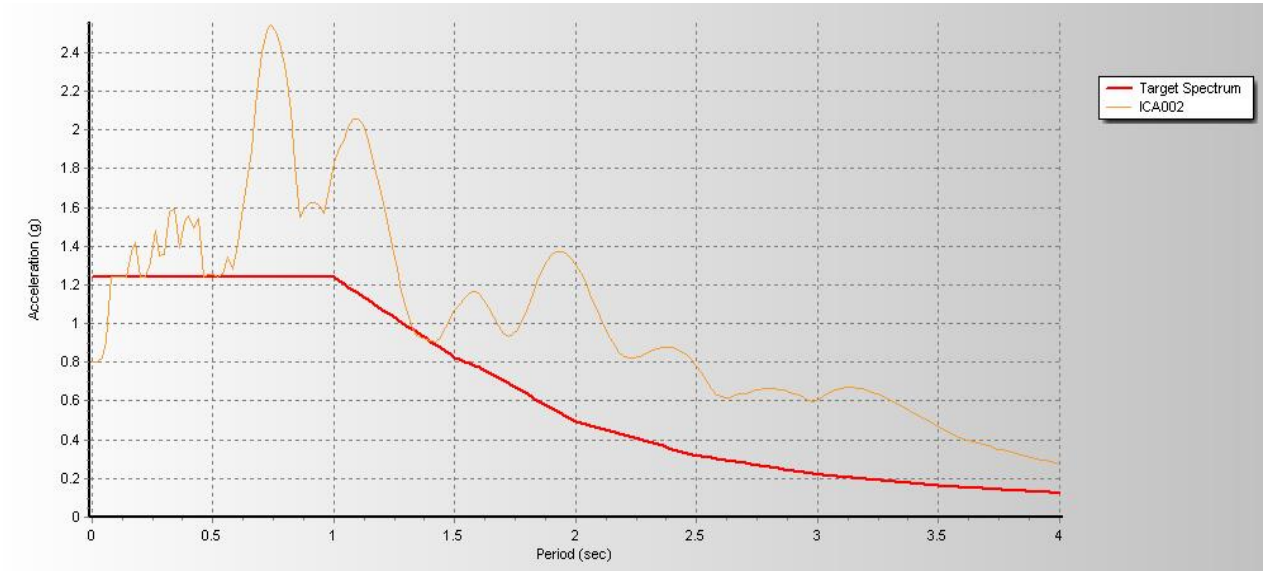
### Escalamiento de Acelerogramas

Se procederá a escalar los acelerogramas ya corregidos anteriormente, según nuestra norma (E.030) con los periodos respectivos y al espectro de diseño de nuestra estructura al analizar cuando  $R=1$ , mediante el programa "SeismoMatch", en este caso estamos tomando el caso del sismo de ICA 2007 (ver figura 55, 56, 57).

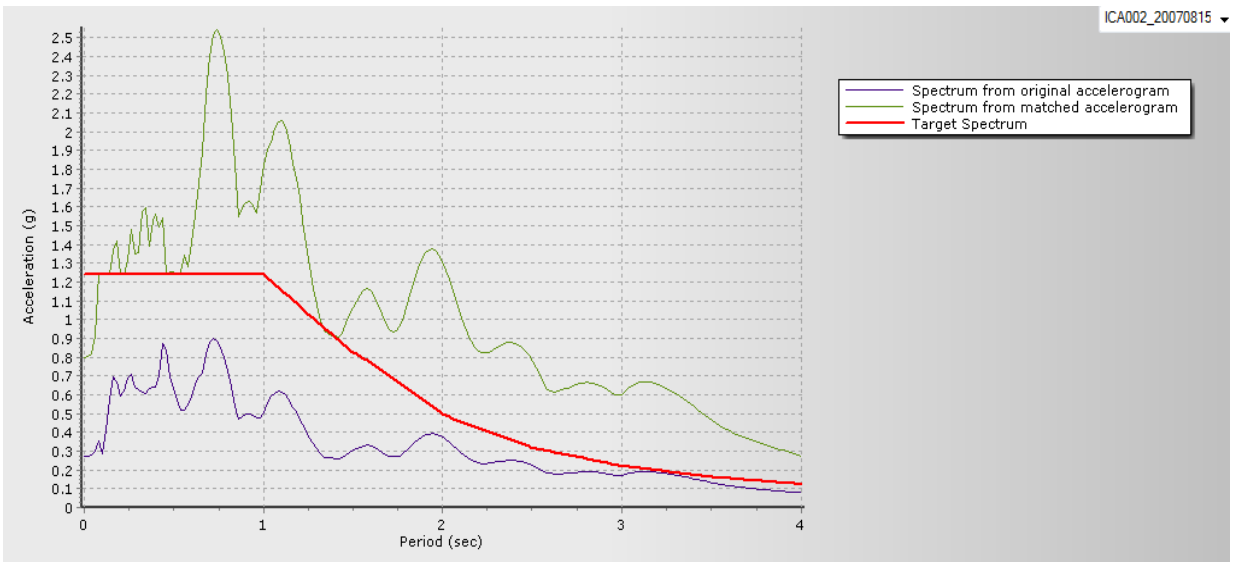


**Figura 55 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico sin escalar (color naranja).**

**Fuente: Propia**



**Figura 56** Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico escalado (color naranja).  
Fuente: Propia.



**Figura 57** Comparación entre registro sin escalar y registro escalado al espectro de diseño.  
Fuente: Propia.

-Para obtener el tiempo historia lineal tenemos dos etapas de análisis:

**DIRECCION X:**

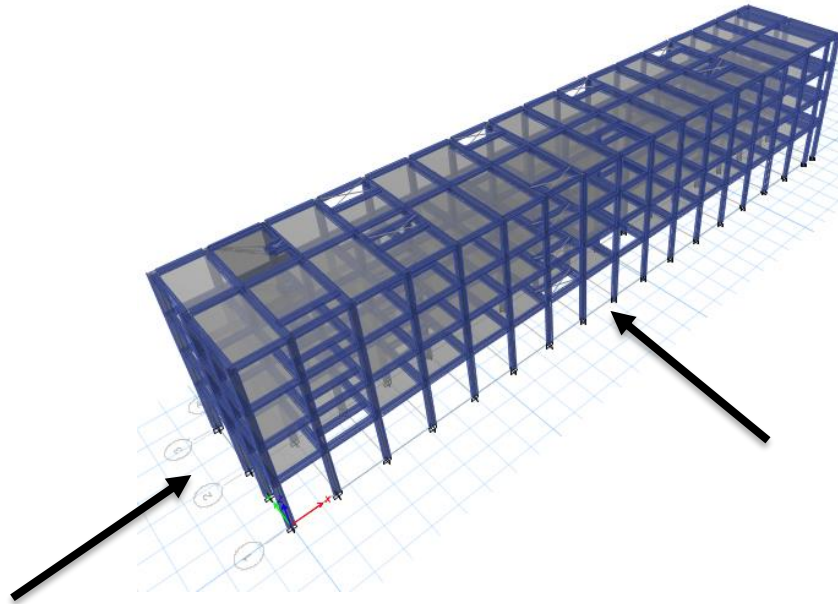
Etapa 1: (E-W)

Etapa 2: (N-S)

**DIRECCION Y**

Etapa 1: (E-W)

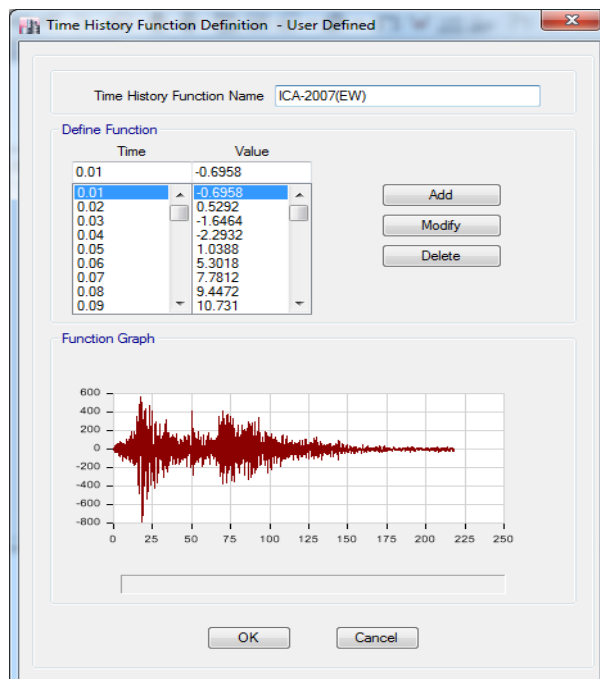
Etapa 2: (N-S)



**Figura 58 Etapa 1 y 2 en ambas direcciones X,Y.  
Fuente: Propia.**

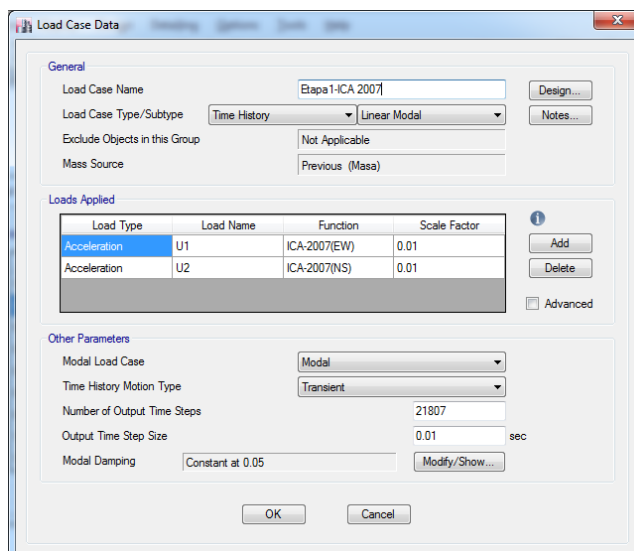
**4.4.2. Análisis sísmico dinámico modal – tiempo historia lineal con efectos de interacción sísmica.**

-se procede a analizar en el software el tiempo- historia dinámico lineal (ver figura 59 y 60).



**Figura 59** Análisis dinámico lineal (Tiempo-Historia) – Ica 2007.

Fuente: Propia.



**Figura 60** Derivas inelásticas a sismo severo.

Fuente: Propia.

Se procede a sacar la deriva a sismo severo en cada dirección de cada sismo de diseño empleado en el tiempo historia.

**SISMO DE ICA 2007** (ver tabla 58, 59, 60,61).

**Tabla 58** Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Ica 2007.

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.665815	0.092471	3	0.030823667
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.573344	0.149142	3	0.049714
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.424202	0.191741	3	0.063913667
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.232461	0.232461	4.2	0.055347857

Fuente: Propia.



**Tabla 59 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Ica 2007.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.393894	0.05267	3	0.017556667
3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.341224	0.087087	3	0.029029
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.254137	0.114158	3	0.038052667
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.139979	0.139979	4.2	0.033328333

Fuente: Propia.

**Tabla 60 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Ica 2007.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.353285	0.026962	3	0.008987333
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.326323	0.051037	3	0.017012333
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.275286	0.072235	3	0.024078333
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.203051	0.203051	4.2	0.048345476

Fuente: Propia.

**Tabla 61 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Ica 2007.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.620149	0.048534	3	0.016178

3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.571615	0.092181	3	0.030727
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.479434	0.129262	3	0.043087333
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.350172	0.350172	4.2	0.083374286

Fuente: Propia.

**SISMO DE LIMA 1974:** (ver tabla 62, 63, 64,65).

*Tabla 62 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1974.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-Lima1974 Max	0.149448	0.025865	3	0.008621667
3	D3	Etapa1-Lima1974 Max	0.123583	0.034398	3	0.011466
2	D2	Etapa1-Lima1974 Max	0.089185	0.039259	3	0.013086333
1	D1	Etapa1-Lima1974 Max	0.049926	0.049926	4.2	0.011887143

Fuente: Propia.

*Tabla 63 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1974.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa2-Lima1974 Max	0.084003	0.010336	3	0.003445333
3	D3	Etapa2-Lima1974 Max	0.073667	0.017053	3	0.005684333
2	D2	Etapa2-Lima1974 Max	0.056614	0.02434	3	0.008113333
1	D1	Etapa2-Lima1974 Max	0.032274	0.032274	4.2	0.007684286

Fuente: Propia.

*Tabla 64 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1974.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-Lima1974 Max	0.08712	0.009475	3	0.003158333

3	D3	Etapa1-Lima1974 Max	0.077645	0.014266	3	0.004755333
2	D2	Etapa1-Lima1974 Max	0.063379	0.017198	3	0.005732667
1	D1	Etapa1-Lima1974 Max	0.046181	0.046181	4.2	0.010995476

Fuente: Propia.

*Tabla 65 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1974.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa2-Lima1974 Max	0.125555	0.007398	3	0.002466
3	D3	Etapa2-Lima1974 Max	0.118157	0.015913	3	0.005304333
2	D2	Etapa2-Lima1974 Max	0.102244	0.025855	3	0.008618333
1	D1	Etapa2-Lima1974 Max	0.076389	0.076389	4.2	0.018187857

Fuente: Propia.

**SISMO DE LIMA 1966:** (ver tabla 66, 67,68,69).

*Tabla 66 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1966*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-Lima1966 Max	0.073171	0.017842	3	0.005947333
3	D3	Etapa1-Lima1966 Max	0.055329	0.011113	3	0.003704333
2	D2	Etapa1-Lima1966 Max	0.044216	0.017185	3	0.005728333
1	D1	Etapa1-Lima1966 Max	0.027031	0.027031	4.2	0.006435952

Fuente: Propia.

*Tabla 67 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1966.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	

4	D4	Etapa2-Lima1966 Max	0.069093	0.013273	3	0.004424333
3	D3	Etapa2-Lima1966 Max	0.05582	0.008209	3	0.002736333
2	D2	Etapa2-Lima1966 Max	0.047611	0.018937	3	0.006312333
1	D1	Etapa2-Lima1966 Max	0.028674	0.028674	4.2	0.006827143

Fuente: Propia.

*Tabla 68 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1966.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa1-Lima1966 Max	0.053004	0.005052	3	0.001684
3	D3	Etapa1-Lima1966 Max	0.047952	0.008867	3	0.002955667
2	D2	Etapa1-Lima1966 Max	0.039085	0.011139	3	0.003713
1	D1	Etapa1-Lima1966 Max	0.027946	0.027946	4.2	0.00665381

Fuente: Propia.

*Tabla 69 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1966.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
4	D4	Etapa2-Lima1966 Max	0.041765	0.004695	3	0.001565
3	D3	Etapa2-Lima1966 Max	0.03707	0.005991	3	0.001997
2	D2	Etapa2-Lima1966 Max	0.031079	0.007812	3	0.002604
1	D1	Etapa2-Lima1966 Max	0.023267	0.023267	4.2	0.005539762

Fuente: Propia.

Una vez analizadas cada los 3 sismos en las dos direcciones de análisis obtenemos un cuadro de resumen (ver tabla 70,71).

**Tabla 70 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje X.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
4	0.03082367	0.01755667	0.00862167	0.00344533	0.00594733	0.00442433
3	0.049714	0.029029	0.011466	0.00568433	0.00370433	0.00273633
2	0.06391367	0.03805267	0.01308633	0.00811333	0.00572833	0.00631233
1	0.05534786	0.03332833	0.01188714	0.00768429	0.00643595	0.00682714

Fuente: Propia.

**Tabla 71 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje Y.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
4	0.00898733	0.016178	0.00315833	0.002466	0.001684	0.001565
3	0.01701233	0.030727	0.00475533	0.00530433	0.00295567	0.001997
2	0.02407833	0.04308733	0.00573267	0.00861833	0.003713	0.002604
1	0.04834548	0.08337429	0.01099548	0.01818786	0.00665381	0.00553976

Fuente: Propia.

#### 4.4.3. Determinación del sismo de diseño

Una vez ejecutado el análisis lineal tiempo – historia, y tener las derivas máximas de entrepiso en función a un espectro inelástico de diseño a sismo severo, se procede a determinar cuál de los tres registros sísmicos usados en la presente tesis

Se determina la variación de las derivas de los tres registros sísmicos, en los dos casos de análisis, con las derivas obtenidas del análisis dinámico modal – espectral con  $R=1$ .

Se descarta aquellas variaciones en los registros sísmicos que estén por debajo del valor de 0.80 ya que estarían -20% con respecto a las derivas obtenidas del espectro de diseño, se elegirá aquel caso sea la dirección analizada, que tenga mayor proximidad a la unidad, (ver tabla 72 y 73)

**Tabla 72 Determinación del sismo de diseño en el Eje X.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
4	1.66503	0.94838	0.46573	0.18611	0.32126	0.23899
3	1.63175	0.95281	0.37635	0.18658	0.12159	0.08981
2	1.59756	0.95115	0.32710	0.20280	0.14318	0.15778
1	1.57421	0.94793	0.33810	0.21856	0.18305	0.19418

Fuente: Propia.

**Tabla 73 Determinación del sismo de diseño en el Eje Y.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
4	0.84656	1.52388	0.29750	0.23228	0.15862	0.14741
3	0.82975	1.49866	0.23193	0.25871	0.14416	0.09740
2	0.80621	1.44269	0.19195	0.28857	0.12432	0.08719
1	0.79419	1.36963	0.18063	0.29878	0.10931	0.09100

Fuente: Propia.

Para ambas direcciones de análisis se descarta los registros sísmicos de lima 1974 y lima 1966, ya que están por muy debajo de la unidad y el que más se asemeja es Ica 2007 en el cual tienes 2 etapas, por el cual elegiremos la etapa 2 por el cual está más cerca a la unidad, en conclusión de determino como sismo de diseño en ambas direcciones el de Ica 2007-etapa 2.

#### 4.5. Diseño por desempeño de los disipadores de Fricción:

.En esta tesis se logró optar por un disipador a fricción (Quaketek) económico, en el cual puede adaptarse ante un sismo severo.

#### 4.5.1. Factor de amenaza sísmica:

El comité VISION 2000 (SEAOC, 1995), da a conocer 4 niveles de peligro sísmico con una probabilidad de excedencia de 50 años (ver tabla 74).

*Tabla 74 Factor de amenaza sísmica.*

SISMO	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (50 AÑOS)	PERIODO DE RETORNO
Frecuente	69%	43 años
Ocasional	50%	72 años
Raro	10%	475 años
Muy Raro	5%	970 años

**Fuente: VISION 2000**

#### Niveles de desempeño

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

*Figura 61 Niveles de desempeño.*  
Fuente: VISION 2000

### Matriz de desempeño

Fuente: VISION 2000

En este caso se tomara el nivel de desempeño de resguardo de vida en edificaciones esenciales con un sismo severo para el correcto diseño.(ver figura 62).

### Deriva objetivo

- La deriva a la cual se debe llegar ante un sismo severo planteado, según la norma E.030 es de 0.007 m (ver tabla 75 y 76).

### DIRECCION: X-X:

NIVEL DE SISMO	MATRIZ DE DESEMPEÑO			
	Operacional	Funcional	Resguardo de Vida	Próximo al Colapso
Frecuente (43 años)	Edificaciones Básicas			
Ocasional (72 años)	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Básicas		
Raro (475 años)	Edificaciones Críticas	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Básicas	
Muy Raro (970 años)	Edificaciones Críticas	Edificaciones Críticas	Edificaciones Esenciales	Edificaciones Básicas

*Figura 62 Matriz de desempeño.*



*Tabla 75 Derivas en X (Etapa2) – ICA 2007.*

PISO	D.ETAPA 2	E-030
	ICA-2007	≤ 0.007
4	0.017556667	<b>NO PASA</b>
3	0.029029	<b>NO PASA</b>
2	0.038052667	<b>NO PASA</b>
1	0.033328333	<b>NO PASA</b>

Fuente: Propia.

**DIRECCION: Y-Y:**

*Tabla 76 Derivas en Y (Etapa2) – ICA 2007.*

PISO	D.ETAPA 2	E-030
	ICA-2007	≤ 0.007
4	0.016178	<b>NO PASA</b>
3	0.030727	<b>NO PASA</b>
2	0.043087333	<b>NO PASA</b>
1	0.083374286	<b>NO PASA</b>

Fuente: Propia.

#### 4.5.2. Diseño del disipador de fricción

**Rigidez del brazo metálico:**

*Ecuación 13 Rigidez del brazo metálico.*

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

Fuente: Quaketek

- Módulo de Elasticidad del Acero.

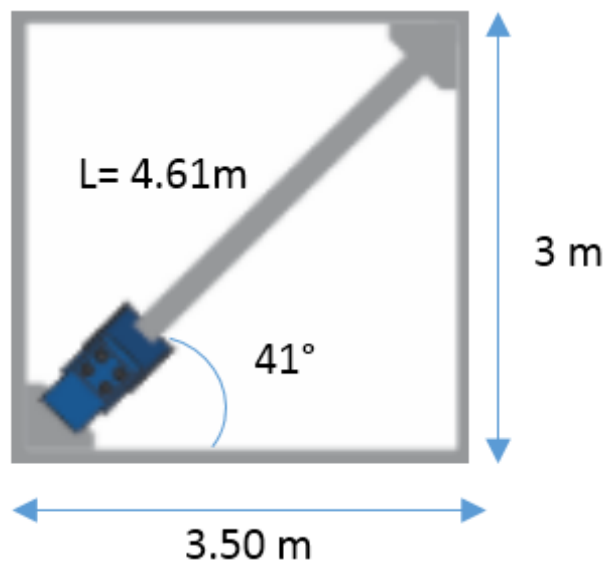
$E =$  Modulo de Elasticidad del Acero =  $2,100\,000\text{kg/cm}^2 = 2.1 \times 10^7 \text{ Tn/m}^2$ .

- Área del brazo metálico

$$A = 30 \text{ in}^2 = 0.0193548 \text{ m}^2.$$

- Longitud del brazo metálico.

**Dirección X-X:**



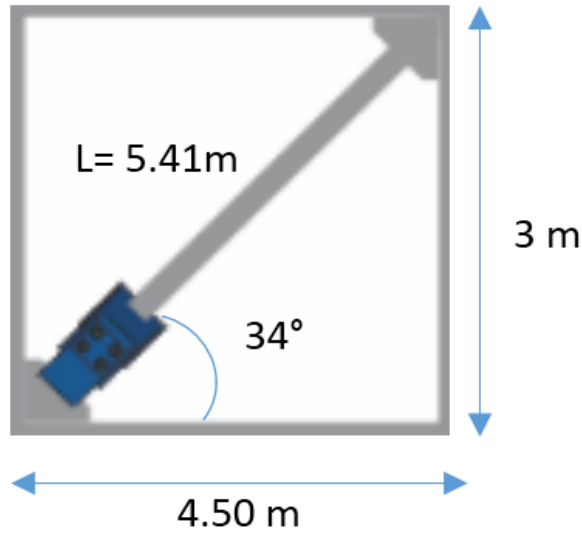
*Figura 63 Brazo metálico en el Eje X.*  
Fuente: Propia.

- Rigidez:

$$K_x = \frac{(2.1 \times 10^7) \times (0.0193548)}{4.61}$$

$$K_x = 88167.20 \text{ Tn/m}$$

**Dirección Y-Y:**



*Figura 64 Brazo metálico en el Eje Y.  
Fuente: Propia.*

- Rigidez

$$K_y = \frac{(2.1 \times 10^7) \times (0.0193548)}{5.41}$$

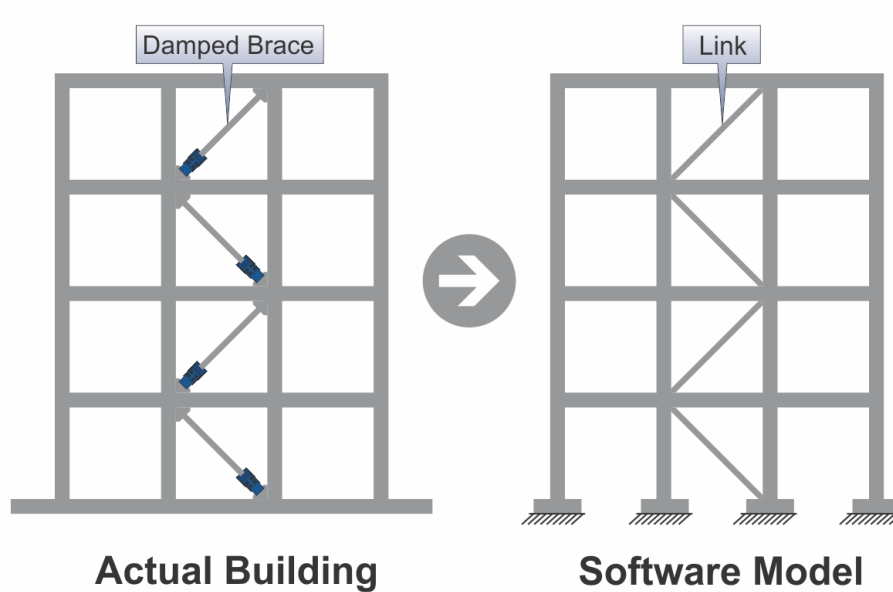
$$K_y = 75129.54 \text{ Tn/m}$$

**Implementación de los disipadores QUAKETEK a la estructura**

El empleo de los disipadores QUAKETEK que principalmente son disipadores que trabajan a fricción manteniendo una rigidez total de la estructura, estos disipadores son modelados con una curva de histéresis rectangular o como un resorte esta curva histerética es rectangular, mucho mayor en área y confiable para muchísimos ciclos, con lo cual permiten al edificio deformarse elásticamente y disipar la energía de terremoto (ver figura 65).

Los Disipadores a fricción están diseñados para accionarse antes que los miembros estructurales alcancen estados plásticos. De esta forma el edificio es capaz de resistir un terremoto sin recibir un daño significativo a su estructura principal.

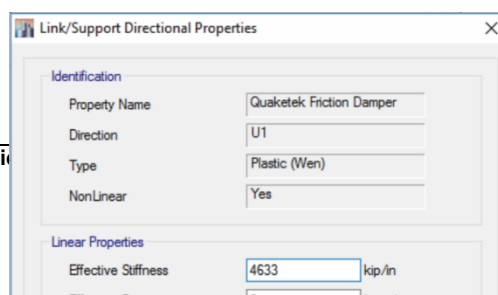
Los disipadores a fricción operan con los principios de un amortiguador tipo Coulomb transformando la energía cinética en calor mediante la fricción.



*Figura 65 Implementación de los disipadores.*  
Fuente: Quaketek

#### 4.5.3. Parámetros del disipador del Etabs:

Los disipadores QUAKETEK nos dan unos parámetros para la asignación a los programas de análisis estructural (ver figura 66).

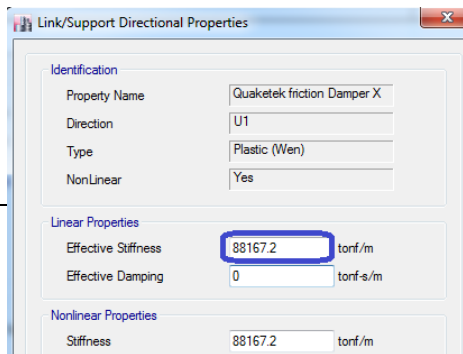


*Figura 66 Parámetros del disipador al etabs-16*  
**Fuente: Quaketek**

En el cual se adecuo de acuerdo a la estructura analizada hallando la rigidez y la fuerza de desplazamiento, los demás que son (post yield stiffness ratio, yielding exponent) son parámetros de acuerdo al estudio que hace QUAKETEK al originar los disipadores y como en su propia página lo rectifica

La vulnerabilidad de la propia estructura empleado hace que junto a los disipadores se establezcan muros estructurales en la dirección Y para tener equilibrio estructural a la hora de analizar en ambas dirección (X y Y).

#### 4.5.4. Valores asignados al etabs



Identification	
Property Name	Quaketek friction Damper X
Direction	U1
Type	Plastic (Wen)
NonLinear	Yes

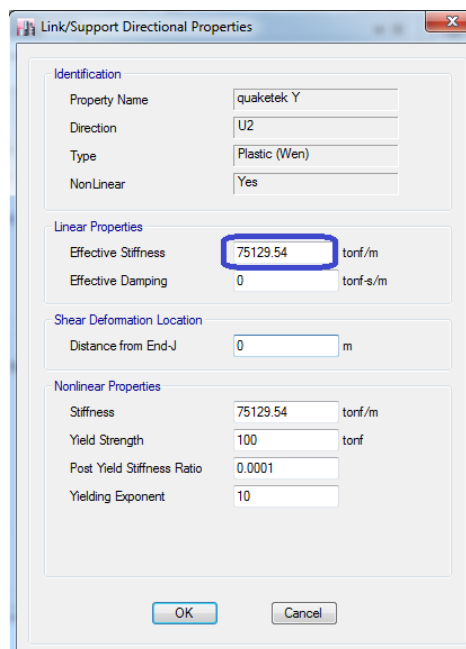
Linear Properties	
Effective Stiffness	88167.2 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

Nonlinear Properties	
Stiffness	88167.2 tonf/m

*Figura 67 Propiedades del disipador en el Eje X.*

**Fuente: Propia.**

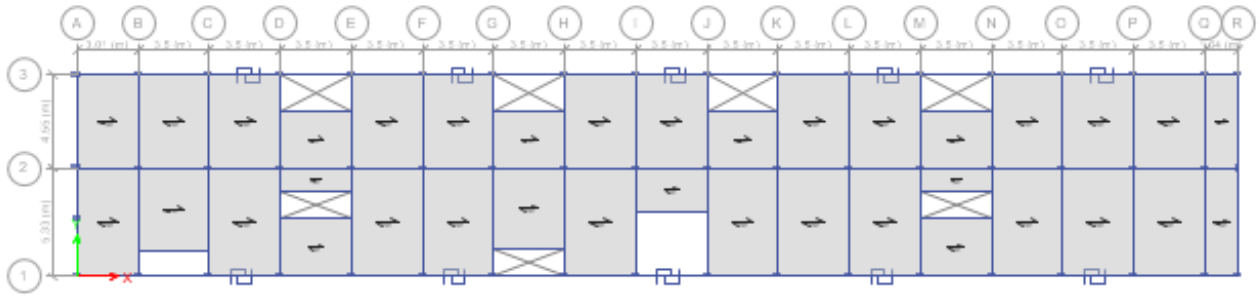


*Figura 68 Propiedades del disipador en el Eje Y.*

**Fuente: Propia.**

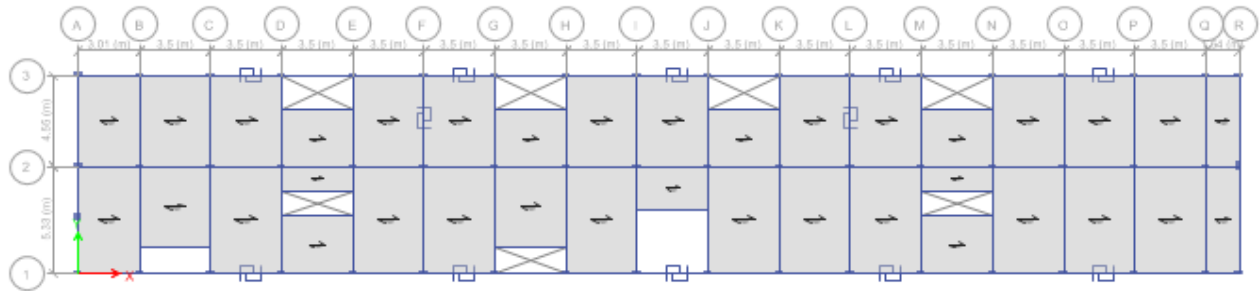
-Se emplearon diez disipadores en la dirección X por cada piso y dos en la dirección Y desde el segundo piso, puesto que la dirección más vulnerable era la X (ver figura 69,70, 71 y 72).

### **1 piso:**

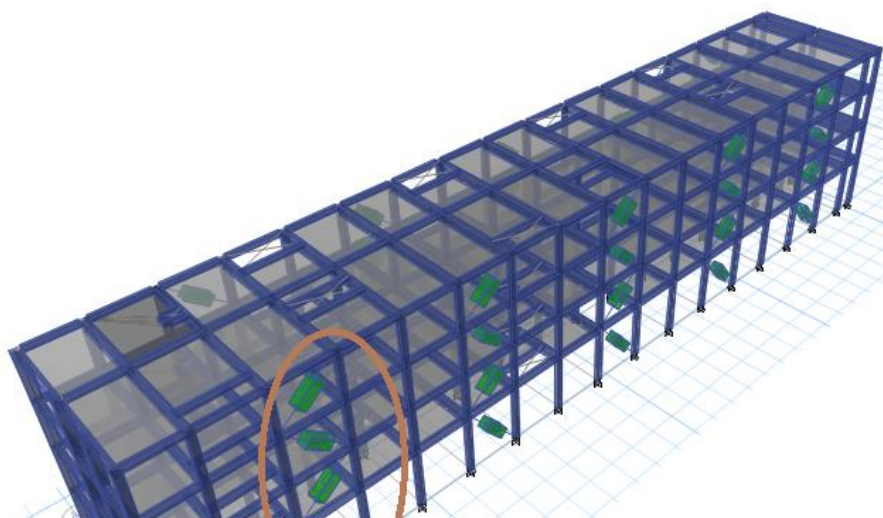


**Figura 69 Disposición de disipadores vista en planta-1piso.**  
Fuente: Propia.

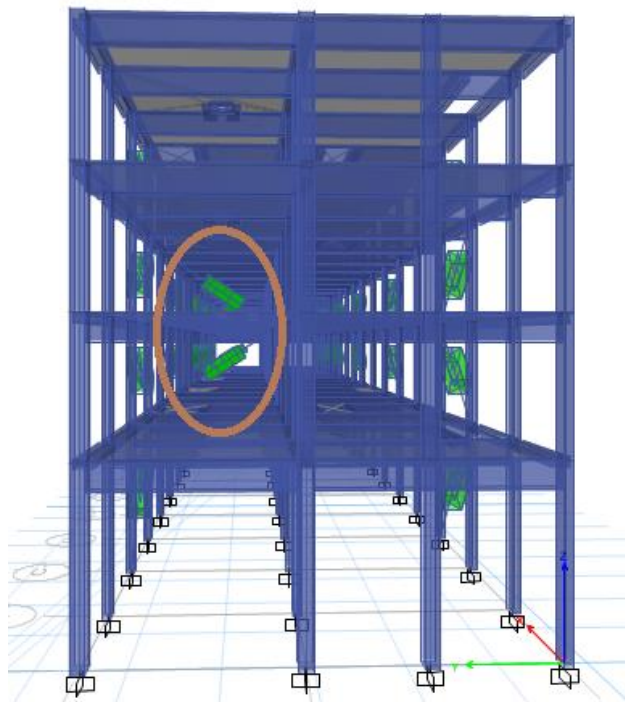
**2, 3, 4 piso:**



**Figura 70 Disposición de disipadores vista en planta-2, 3,4 piso.**  
Fuente: Propia.



*Figura 71 Disposición de disipadores en el Eje X.*  
Fuente: Propia.



*Figura 72 Disposición de disipadores en el Eje Y.*  
Fuente: Propia.

#### 4.6. Ensayo de esclerometria

-Se tuvo que realizar un ensayo de esclerometría para ver a la resistencia del concreto de la edificación ya que era muy vulnerable en su estructura ya que con los disipadores no cumplían las derivas establecida de nuestra norma.

Este ensayo sirve para calcular la resistencia a la compresión del concreto empleado en la estructura, cabe recalcar que es un ensayo que te da resultados aproximados de la fuerza de



la compresión del concreto con el cual podemos analizar según el análisis estructural de nuestra estructura.

Para la presente tesis, se realizó un ensayo de esclerometría en cada elemento estructural (cimiento, columna y viga) de cada piso, con el fin de sacar su valor aproximado a la resistencia a la compresión del concreto que se utilizó en la estructura (ver tabla 77,78,79,80,81 y 82).

### **Procedimiento:**

- Se planteó a dibujar una área de 15 cm<sup>2</sup> mediante una tiza en cada elemento estructural.
- Se procedió a lijar esa área de concreto para lograr un mejor resultado.
- Se procedió a dibujar 10 puntos con separamiento de 1 pulg (2.54cm) entre cada punto.
- Con el esclerómetro se golpea cada punto con el cual se tomó cada resultado de la resistencia elástica en cada punto que se dibujó.
- Se tuvo en cuenta el ángulo en el cual se golpea el esclerómetro es importante ya que con ese ángulo se sacó la resistencia a la compresión.
- Se sacó la resistencia a la compresión de cada punto mediante el Abaco del esclerómetro.
- Con esos 10 resultados procederemos a sacar un promedio en el cual ese resultado quedara como la resistencia a la compresión de cada elemento estructural tomado (cimiento, columna y viga).
- Es importante mencionar que el esclerómetro jamás se debe utilizar para determinar o establecer el valor del  $f'_c$  del concreto ya que este aparato no es para esos fin y solo es para determinar o comparar concretos semajantes en cuanto a dureza.(Ver Anexo...)

### **1 piso:**

*Tabla 77 Ensayo de esclerometría-cimiento-Ipiso.*

CIMIENTO		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	30	228
2°	27	223
3°	30	228
4°	30	228
5°	28	225
6°	29	226
7°	28	225
8°	27	223
9°	27	223
10°	29	226
	PROMEDIO	225.5

Fuente: Propia.

*Tabla 78 Ensayo de esclerometría-columna-Ipiso.*

COLUMNA		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	38	336
2°	34	229
3°	40	339
4°	38	336
5°	37	334
6°	42	443
7°	40	339
8°	36	332
9°	35	331
10°	35	331
	PROMEDIO	335

Fuente: Propia.

*Tabla 79 Ensayo de esclerometría-viga-Ipiso.*

VIGA		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	40	332
2°	40	332
3°	40	332
4°	40	332
5°	40	332
6°	43	338
7°	36	225
8°	38	228
9°	37	227
10°	40	332
PROMEDIO		301

Fuente: Propia.

**2, 3, 4 piso:**

**Tabla 80 Ensayo de esclerometría-cimiento-2,3, 4 piso.**

CIMIENTO		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	35	336
2°	43	449
3°	42	448
4°	42	448
5°	38	441
6°	36	338
7°	42	448
8°	38	441
9°	42	448
10°	38	441
PROMEDIO		423.8

Fuente: Propia.

*Tabla 81 Ensayo de esclerometría-columna-2,3,4 piso.*

COLUMNA		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	39	338
2°	39	338
3°	36	332
4°	37	334
5°	33	227
6°	32	225
7°	43	445
8°	37	334
9°	36	332
10°	37	334
	<b>PROMEDIO</b>	<b>323.9</b>

Fuente: Propia.

*Tabla 82 Ensayo de esclerometría-viga-2,3,4 piso.*

VIGA		
PUNTOS	LECTURA	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
1°	42	443
2°	42	443
3°	41	441
4°	39	338
5°	41	441
6°	38	336
7°	43	445
8°	38	336
9°	41	441
10°	42	443
	<b>PROMEDIO</b>	<b>410.7</b>

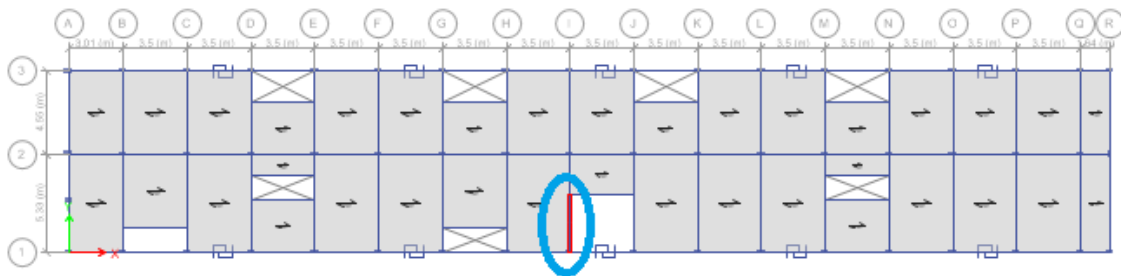
Fuente: Propia.

#### 4.7. Diseño e implementación de muros de concreto armado

-Se tuvo que diseñar muros estructurales ya que la edificación aun no cumplió con la distorsión que nos manda la norma E.030 por el cual no solo basto los disipadores a fricción

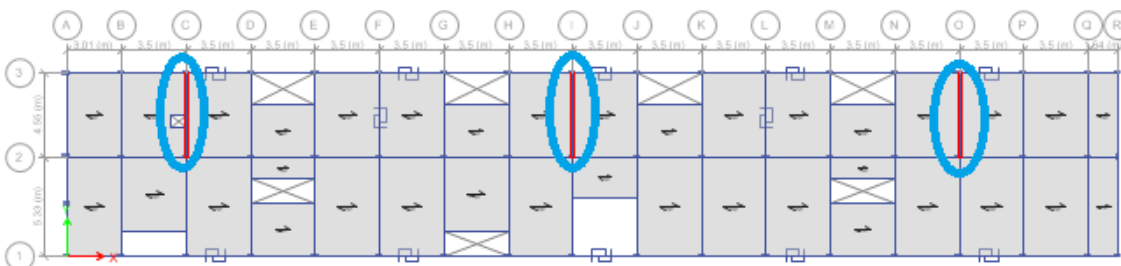
-Se procedió a implementar refuerzos estructurales sísmicos en este caso muros estructurales como vemos solo en el eje Y, sin afectar la arquitectura de la edificación, en el cual se colocó en los Ejes (C, I, O) del segundo, tercero y cuarto piso de la edificación y el muro estructural del primer piso en el Eje (I) por el cual va a lograr un equilibrio total de la edificación (ver figura 73 y 74).

##### 1 Piso:



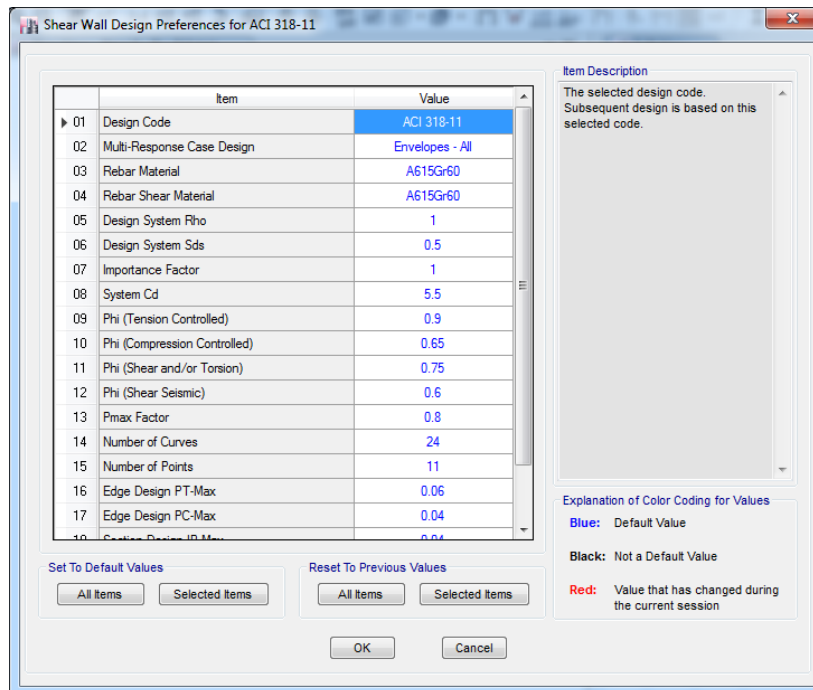
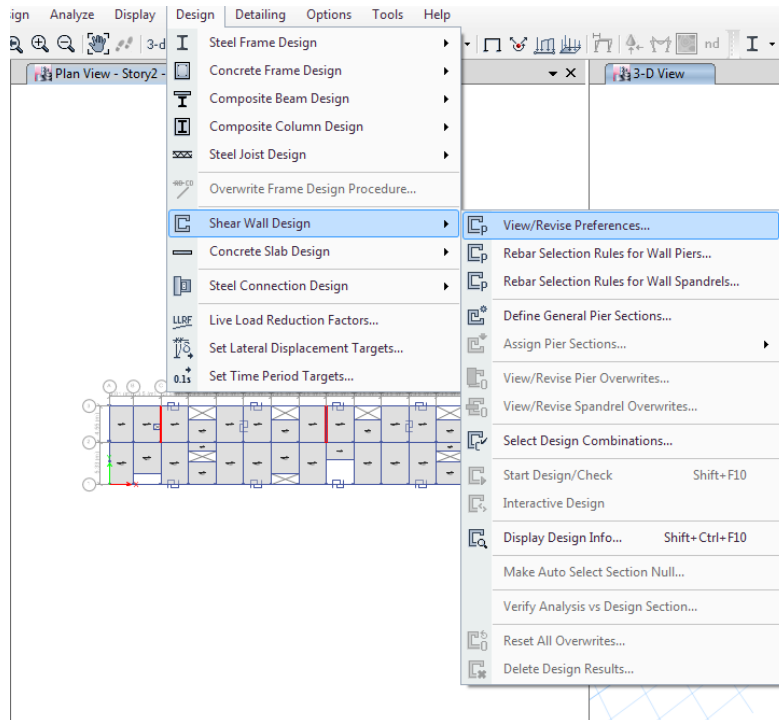
*Figura 73 Disposición de muros estructurales-1piso.*  
Fuente: Propia.

##### 2,3,4 piso:

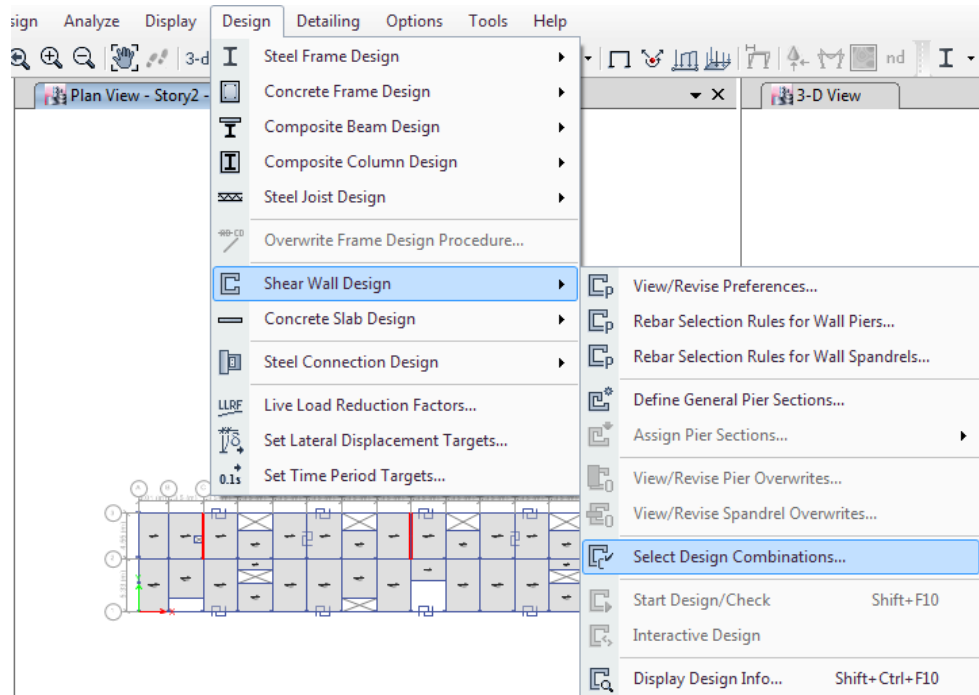


*Figura 74 Disposición de muros estructurales-2,3,4 piso.*  
Fuente: Propia.

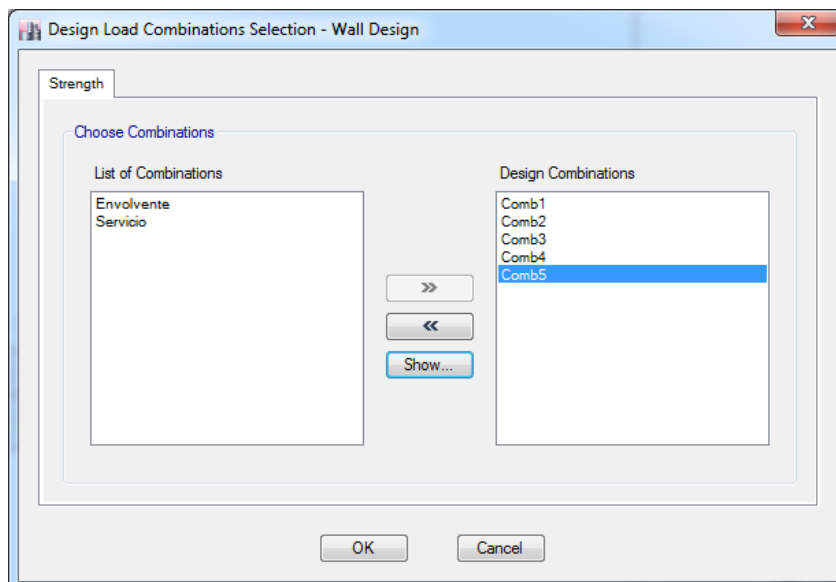
Antes de proceder con el diseño es muy importante definir la norma de diseño, se selecciona el ACI 318 -11 (ver figura 75).



**Figura 75 Selección de la norma de diseño.**  
**Fuente: Propia.**

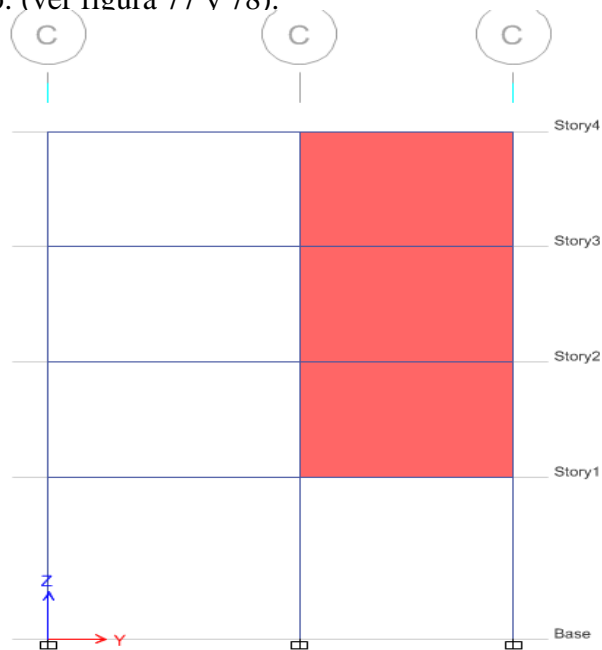


Se fija las combinaciones de carga señaladas por la norma para el diseño (ver figura 76).



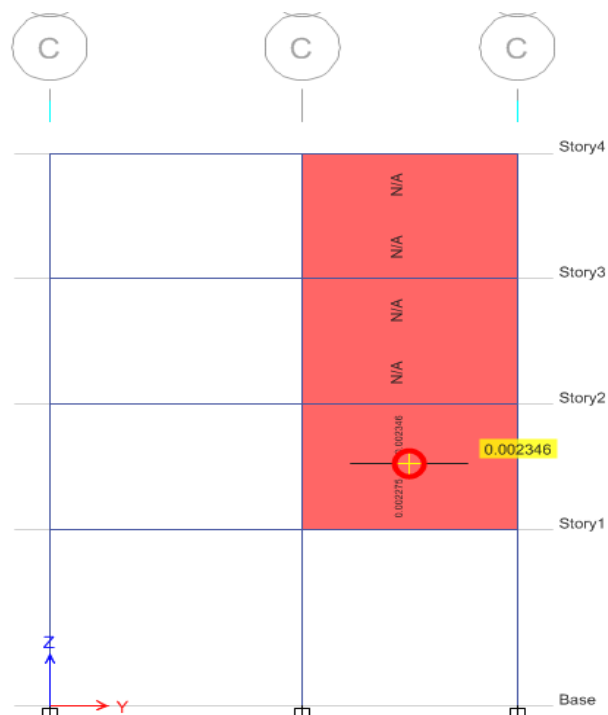
**Figura 76** Fijación de las combinaciones de carga a considerar en el diseño.  
Fuente: Propia.

Muro a ser diseñado: (ver figura 77 v 78).



**Figura 77 Muro a ser diseñado.**  
**Fuente: Propia.**

Corremos y con un anticlick en el muro obtenemos un reporte de los resultados del análisis



**Figura 78 Reporte del muro a diseñar.**  
**Fuente: Propia.**



**Reporte de los análisis obtenidos: C-I**

-con el programa con los muros establecidos en la estructura procedemos a correr los resultados (ver figura 79).

Pier Leg Location, Length and Thickness							
Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> m	Left Y <sub>1</sub> m	Right X <sub>2</sub> m	Right Y <sub>2</sub> m	Length m	Thickness m
Top	Leg 1	6.51	5.33	6.51	9.88	4.55	0.2
Bottom	Leg 1	6.51	5.33	6.51	9.88	4.55	0.2

Flexural Design for P <sub>u</sub> , M <sub>u2</sub> and M <sub>u3</sub>								
Station Location	Required Rebar Area (m <sup>2</sup> )	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P <sub>u</sub> tonf	M <sub>u2</sub> tonf-m	M <sub>u3</sub> tonf-m	Pier A <sub>g</sub> m <sup>2</sup>
Top	0.002346	0.0026	0.0025	Comb4	-28.6158	0.709	-114.261	0.91
Bottom	0.002275	0.0025	0.0025	Comb5	124.904	2.8061	47.1343	0.91

Shear Design								
Station Location	ID	Rebar m <sup>2</sup> /m	Shear Combo	P <sub>u</sub> tonf	M <sub>u</sub> tonf-m	V <sub>u</sub> tonf	ΦV <sub>c</sub> tonf	ΦV <sub>n</sub> tonf
Top	Leg 1	0.0005	Comb2	5.5334	-136.3285	12.0735	26.1567	83.7381
Bottom	Leg 1	0.0005	Comb2	13.7234	-100.1081	12.0735	33.6657	91.2471

Boundary Element Check (ACI 21.9.6.3, 21.9.6.4)									
Station Location	ID	Edge Length (m)	Governing Combo	P <sub>u</sub> tonf	M <sub>u</sub> tonf-m	Stress Comp tonf/m <sup>2</sup>	Stress Limit tonf/m <sup>2</sup>	C Depth m	C Limit m
Top-Left	Leg 1	Not Required	Comb2	5.5334	-136.3285	203.63	420	0.29162	1.08333
Top-Right	Leg 1	Not Required	Comb2	153.1564	40.6807	227.25	420	0.76408	1.08333
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	Comb2	13.7234	-100.1081	160.15	420	0.31761	1.08333
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	Comb2	161.3464	32.3999	224.25	420	0.79053	1.08333

*Figura 79 Reporte con los resultados del análisis del muro a diseñar.  
Fuente: Propia.*

#### 4.7.1. Diseño del Refuerzo de la Columna (2,3,4 piso).

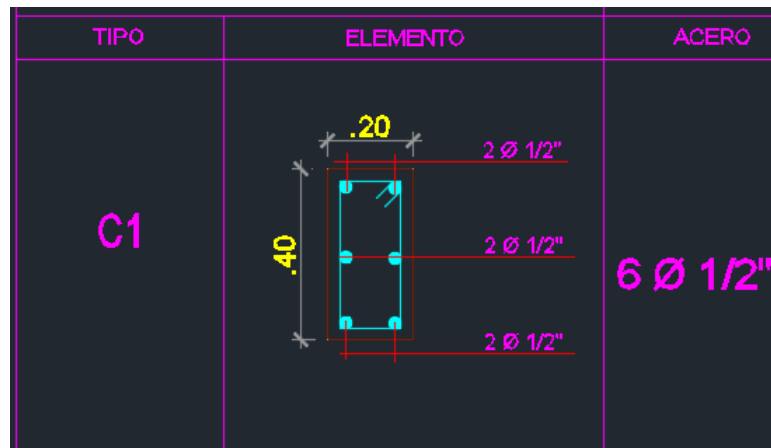


Figura 80 Columna C1.  
Fuente: Propia.

Para el cálculo del área del acero se requiere

$$P_u = 161.34 \text{ Ton}$$

$$M_u = 40.6807 \text{ Ton.m}$$

$$b \times h = 40 \times 20 = 800 \text{ cm}^2$$

Se pone el área de acero inicial

$$6 \text{ } \varnothing \text{ } 1/2''$$

$$6 \times \frac{\pi \times \left(\frac{1}{2} \times 2.54\right)^2}{4}$$

$$6 \times 1.267 = 7.602 \text{ cm}^2$$

Cuantía existente

$$P_{\text{existente}} = \frac{A_{st}}{b \times h} = \frac{7.602}{800} = 0.00950$$

$$P_{\text{mínima}} < 0.00950 < P_{\text{máxima}}$$

$$0.010 < 0.00950 < 0.060$$

No cumple.

Al no cumplir la cuantía se va a diseñar una columna de 40 x 40 con 10 varillas como la columna del otro extremo.

### Asumimos el Área del acero

10  $\emptyset$  5/8"

$$10 \times \frac{\pi \times \left(\frac{5}{8} \times 2.54\right)^2}{4}$$

$$10 \times 1.979 = 19.79 \text{ cm}^2$$

### Cuantía existente

*Ecuación 14 cuantía existente.*

$$P \text{ existente} = \frac{A_{st}}{b \times h} = \frac{19.79}{1600} = 0.01237$$

Fuente: E.060 C.Armado.

$$P \text{ mínima} < 0.01237 < P \text{ máxima}$$

$$0.010 < 0.01237 < 0.060 \dots \dots \dots \text{ (OK)}$$

Cumple la cuantía

### Calculamos la carga resistente:

*Ecuación 15 Carga resistente.*

$$P_n \text{ máx} = 0.8(0.85 \times F'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times F_y)$$

$$\emptyset = 0.70$$

$$P_u \text{ máx} = \emptyset P_n \text{ máx} = (0.7) P_n \text{ máx}$$

$$P_u \text{ máx} = 0.7 \times 0.8(0.85 \times F'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times F_y)$$

Fuente: E.060 C.Armado.

### Resolviendo

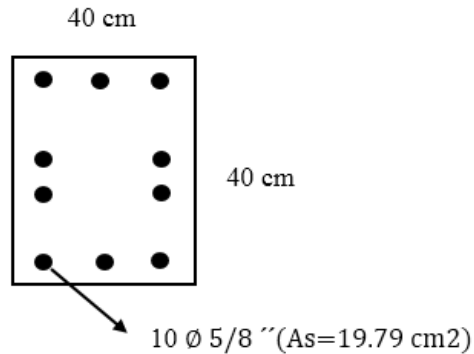
$$P_u \text{ máx} = 0.7 \times 0.80 (0.85 \times 0.21 (1600 - 19.79) + 19.79 \times 4.2)$$

$$P_u \text{ máx} = 204.504 \text{ Ton}$$

**Se verifica que:**

$P_u \text{ máx (204.504 Ton)} > P_u \text{ (161.34 Ton)} \dots \text{(OK)}$

Emplearemos:  $10 \text{ } \varnothing \text{ } 5/8 \text{ ''}$



**Figura 81** Diseño de columna - 40x40.

Fuente: Propia.

### Área de Acero Horizontal

*Ecuación 16 Refuerzo transversal en columnas.*

$$A_{sh} \geq \begin{cases} 0.3s \text{ hc} \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y} \\ 0.09s \text{ hc} \frac{f'_c}{f_y} \end{cases}$$

Fuente: E.060 C.Armado.

**S se calcula como:**

$$S \leq \frac{T_{menor}}{4}$$

$$S \leq \frac{T_{menor}}{4} \leq \frac{40}{4} = 10$$

**Calculo del hc:**

$$hc = \text{Longitud} - (2(\text{recubrimiento}) + \text{diámetro de la varilla})$$

$$\text{Recubrimiento} = 4\text{cm}$$

$$hc = 40 - (2(4) + 1.979)$$

$$hc = 30.02 \text{ cm}$$

**Tomando el mayor valor de:**

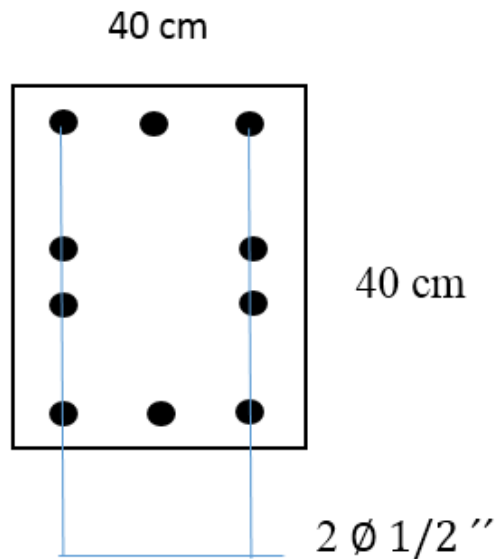
$$Ash1 = 0.3 \times 10 \times 30.02 \left( \frac{1600}{1024} - 1 \right) \left( \frac{210}{4200} \right) = 2.533 \text{ cm}^2$$

$$Ash2 = 0.09 \times 10 \times 30.02 \left( \frac{210}{4200} \right) = 1.351 \text{ cm}^2$$

**Finalmente**

Se usa  $2\emptyset 1/2''$

$$Ash = 2 \times 1.27 = 2.54 \text{ cm}^2$$



*Figura 82 Diseño de columna-acero horizontal.*  
Fuente: Propia.

#### 4.7.2. Diseño del refuerzo del muro ( 2,3,4 piso)

##### Área de acero vertical:

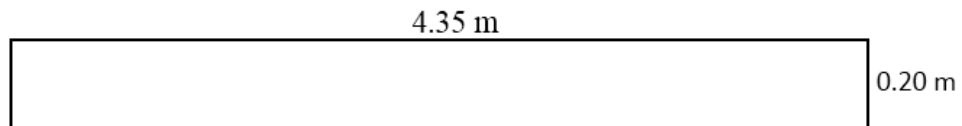
El etabs nos brinda la cuantía que debe tener la placa

$$P = 0.0025$$

Considerando varillas de

$$\varnothing 1/2'' (0.713 \text{ cm}^2)$$

Se tendría:



*Figura 83 Muro estructural- piso 2,3,4.*  
**Fuente: Propia.**

$$\text{Área} \times p = (435\text{cm} \times 20\text{cm} + 2 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}) \times 0.0025$$

El acero que se debe cubrir es:

$$\text{Área} \times p = 11900\text{cm}^2 \times 0.0025 = 29.75 \text{ cm}^2$$

Sabiendo que tenemos en los confinamientos de las columnas sumadas:

$$20\varnothing 5/8'' = 20 \times 1.979 = 39.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Mínimo a emplear} = 39.58 + 29.75 = 69.33 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varillas de 5/8'':

Colocaremos 36 varillas de  $\varnothing 5/8'' @ 20\text{cm}$

Finalmente verificamos:

$$36 (1.979 \text{ cm}^2) = 71.244 \text{ cm}^2$$

$$71.244 \text{ cm}^2 > 69.33 \text{ cm}^2 \dots \text{ (Ok)}$$

### Área de acero Horizontal

El etabs nos brinda la cantidad de Acero por metro lineal

$$0.0005 \frac{m^2}{m} = 5 \frac{cm^2}{m}$$

El refuerzo se empleara en dos capas:

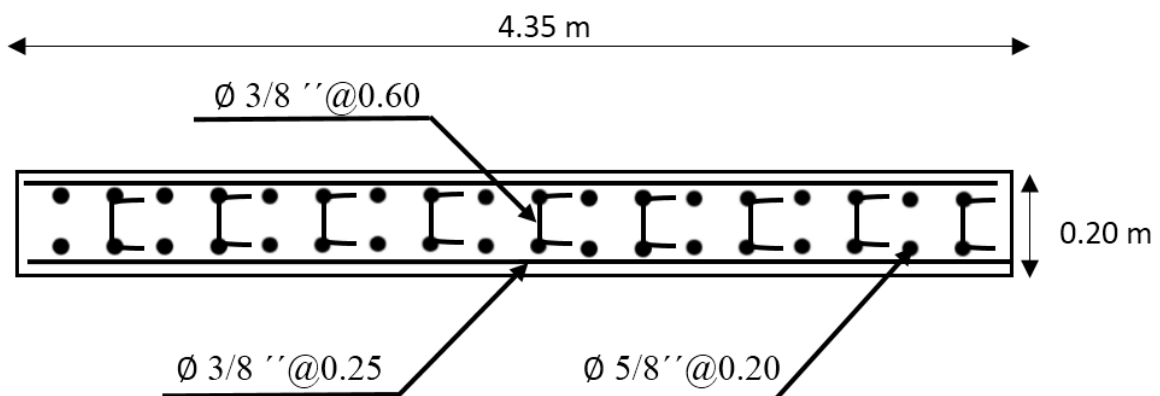
$$\emptyset 3/8'' (0.713cm^2)$$

$$A_s = 2 \times 0.713 = 1.426 \text{ cm}^2$$

$$S_{requerido} = \frac{A_s}{A_s/m} = \frac{1.426}{5} = 0.2852 \text{ m}$$

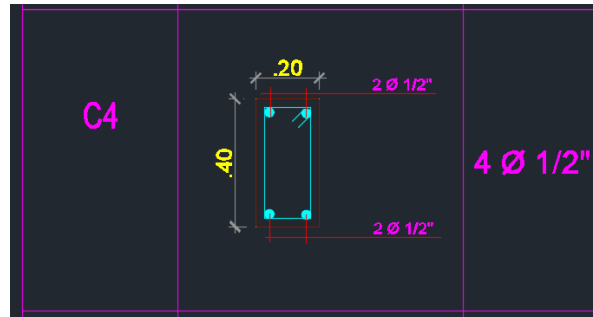
Se considera:

$$\emptyset 3/8'' @ 25cm$$



*Figura 84 Diseño de muro estructural-piso 2,3,4.*  
Fuente: Propia.

#### 4.7.3. Diseño del Refuerzo de la Columna ( 1 piso )



*Figura 85 Columna C4.*  
Fuente: Propia.

Se pone el área de acero inicial

$$4 \text{ } \varnothing \text{ } 1/2''$$

$$4 \times \frac{\pi \times \left(\frac{1}{2} \times 2.54\right)^2}{4}$$

$$4 \times 1.267 = 5.068 \text{ cm}^2$$

**Cuantía existente**

$$P \text{ existente} = \frac{A_{st}}{b \times h} = \frac{5.068}{800} = 0.00634$$

$$P \text{ mínima} < 0.00950 < P \text{ máxima}$$

$$0.010 < 0.00950 < 0.060$$

No cumple.

Al no cumplir la cuantía se va a diseñar una columna de 40 x 40 con 10 varillas como las columnas que soportan al muro estructural de los otros pisos. Que ira solo a un extremo conectado con el muro estructural.



#### 4.7.4. Diseño del refuerzo del muro ( 1 piso)

##### Área de acero vertical:

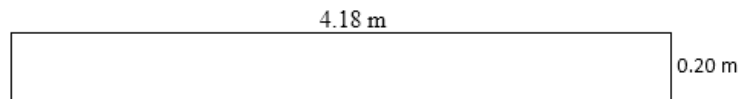
El etabs nos brinda la cuantía que debe tener la placa

$$P = 0.0025$$

Considerando varillas de

$$\varnothing 1/2'' (0.713 \text{ cm}^2)$$

Se tendría:



*Figura 86 Muro estructural-piso 1.*

**Fuente: Propia.**

$$\text{Área} \times p = (418\text{cm} \times 20\text{cm} + 2 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}) \times 0.0025$$

El acero que se debe cubrir es:

$$\text{Área} \times p = 11560\text{cm}^2 \times 0.0025 = 28.9 \text{ cm}^2$$

Sabiendo que tenemos en los confinamientos de las columnas sumadas:

$$20\varnothing 5/8'' = 20 \times 1.979 = 39.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Mínimo a emplear} = 39.58 + 28.9 = 68.48 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varillas de 5/8'':

Colocaremos 36 varillas de  $\varnothing 5/8'' @ 15\text{cm}$

Finalmente verificamos:

$$36 (1.979 \text{ cm}^2) = 71.244 \text{ cm}^2$$

$$71.244 \text{ cm}^2 > 68.48 \text{ cm}^2 \dots \text{(Ok)}$$

### Área de acero Horizontal

El etabs nos vindra la cantidad de Acero por metro lineal

$$0.0005 \frac{m^2}{m} = 5 \frac{cm^2}{m}$$

El refuerzo se empleara en dos capas:

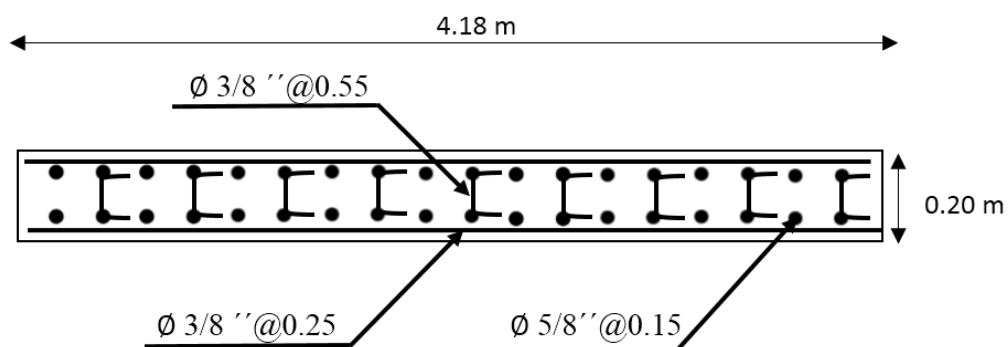
$$\emptyset 3/8'' (0.713cm^2)$$

$$A_s = 2 \times 0.713 = 1.426 \text{ cm}^2$$

$$S_{requerido} = \frac{A_s}{A_s/m} = \frac{1.426}{5} = 0.2852 \text{ m}$$

Se considera:

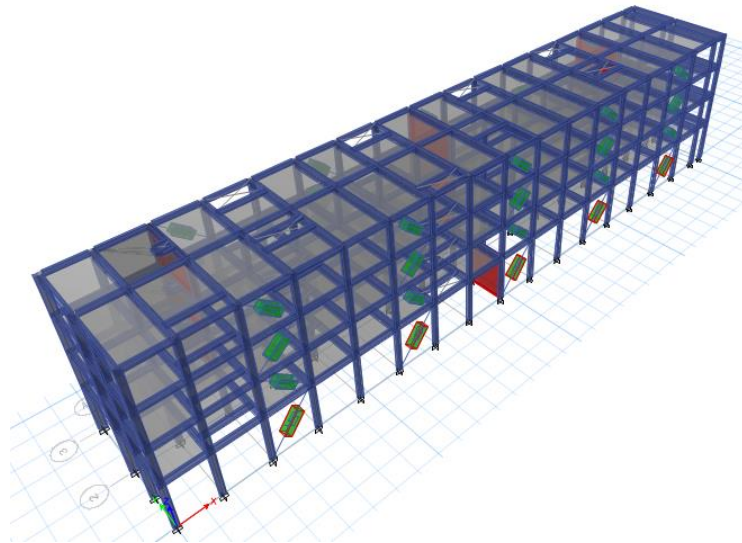
$$\emptyset 3/8'' @ 25cm$$



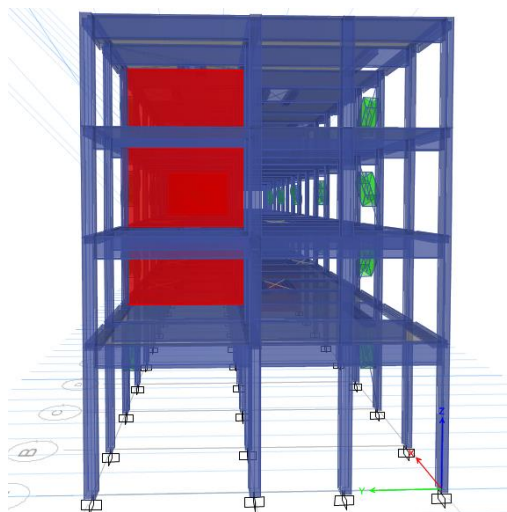
**Figura 87** Diseño de muro estructural-piso 1.  
Fuente: Propia.

#### 4.8. Análisis sísmico dinámico no lineal tiempo – historia con optimización de disipadores de fricción y muros estructurales.

-Una vez diseñado el muro e implementado sin afectar la arquitectura de la estructura y los disipadores a fricción en la estructura procedemos a correr los resultados con la ayuda del software etabs 2016 (ver figura 88 y 89).



*Figura 88 Disposición de disipadores y muros estructurales en el Eje X.*  
Fuente: Propia.



*Figura 89 Disposición de disipadores y muros estructurales en el Eje Y.*  
Fuente: Propia.

-Se procede a sacar los desplazamientos en las dos direcciones de análisis de acuerdo a nuestro sismo de diseño empleado que viene ser la Etapa 2 Ica-2007 (ver figura 90).

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX m	UY m
Story4	D4	Etapa2-ICA 2007...	0.057361	0.072287
Story3	D3	Etapa2-ICA 2007...	0.04353	0.056147
Story2	D2	Etapa2-ICA 2007...	0.029343	0.041241
Story1	D1	Etapa2-ICA 2007...	0.016548	0.027691

*Figura 90 Desplazamientos-Análisis dinámico no lineal-tiempo historia.*

Fuente: Propia.

-Se procede a sacar las derivas inelásticas de los desplazamientos de nuestro sismo de diseño en las dos direcciones de análisis.(ver tabla 83 y 84).

*Tabla 83 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores y muros estructurales en X.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m				m
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.057361	0.013831	3	0.004610333	PASA
3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.04353	0.014187	3	0.004729	PASA
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.029343	0.012795	3	0.004265	PASA
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.016548	0.016548	4.2	0.00394	PASA

Fuente: Propia.

*Tabla 84 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores y muros estructurales en Y.*

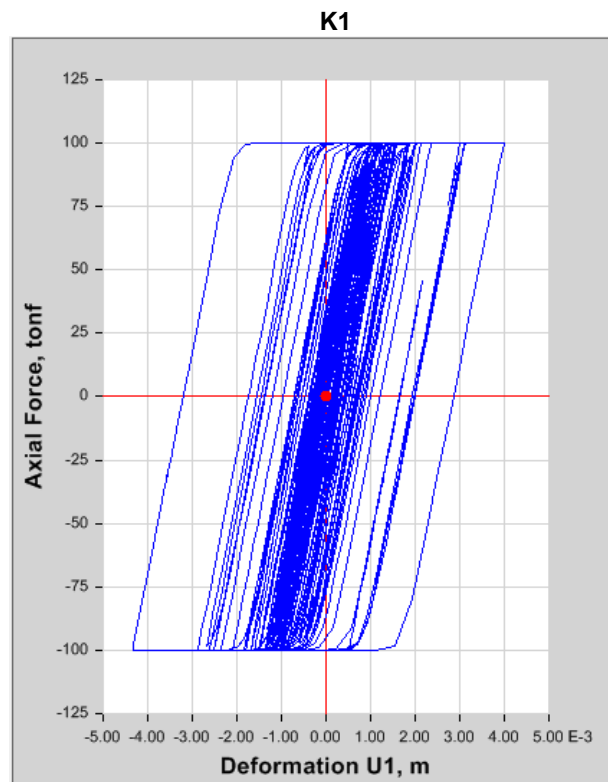
Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m				m
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.072287	0.01614	3	0.00538	PASA
3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.056147	0.014906	3	0.004968667	PASA
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.041241	0.01355	3	0.004516667	PASA
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.027691	0.027691	4.2	0.006593095	PASA

Fuente: Propia.

-Cómo podemos observar las derivas son menores al límite de distorsión que nos da la norma E.030 de simorresistente por el cual podemos concluir que es una estructura que puede soportar un sismo severo.

#### 4.8.1. Comportamiento histerético:

El comportamiento histerético se verifica con el correcto comportamiento de los disipadores acoplados a la estructura en análisis, en el cual mediante esta curva demuestra una relación de fuerza y desplazamiento en curvas rectangulares que son de los disipadores a fricción (ver figura 91).



*Figura 91 Comportamiento histerético.*  
Fuente: Propia.

#### 4.9. Identificación y Modelamiento de la segunda estructura en etabs-2016.

-Se va a proceder a modelar la segunda edificación con las siguientes especificaciones reales de acuerdo al plano.

Nºpisos = 5

Losa aligerada =0.20 m

Col 1 = 25x 40 cm.

V1=25x 50 cm.

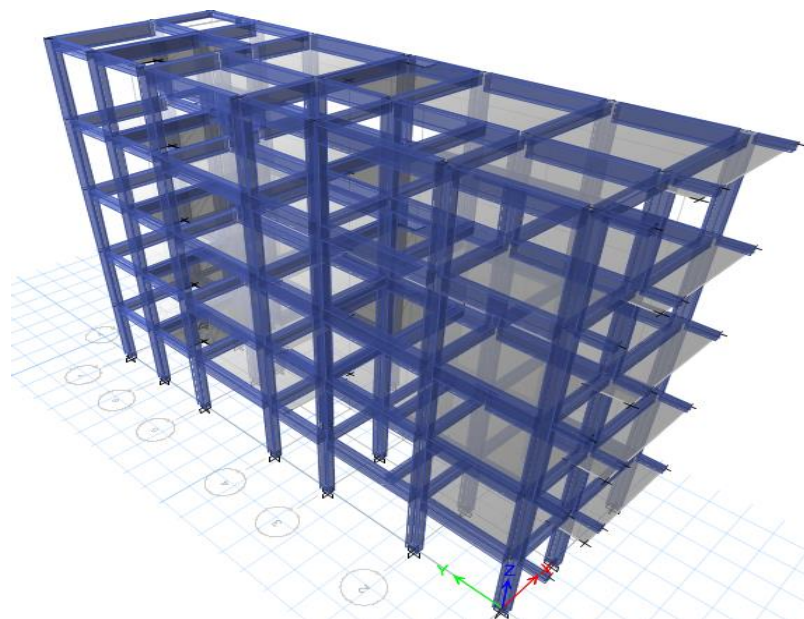
V2=25 x 30 cm.

Vp= 20x 20 cm.

Vs= 15 x 20 cm.

(VER PLANO ANEXO 4).

#### Modelo estructural 3D en ETABS



*Figura 92 Modelo estructural 3D- segunda estructura en ETABS.  
Fuente: Propia.*

## ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

### 4.10. Análisis sísmico estático –segunda estructura.

#### 4.10.1. Factor de zona (Z)

Para esta investigación tenemos a la estructura ubicada en el departamento la libertad en la ciudad de Trujillo del Distrito el Milagro por el cual esta ubicada en la zona 4 según el mapa de zonificación según nuestra norma E.030 2018, (ver tabla 85).

*Tabla 85 Factor zona- segunda estructura.*

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Propia.

#### 4.10.2. Perfil del suelo (S)

Según estudios la zona I pertenece al Distrito del Milagro por ende presenta suelo blando, según nuestra norma E.030 presenta un factor de suelo S3 (ver tabla 86).

*Tabla 86 Perfil de suelo- segunda estructura.*

SUELO- ZONA	FACTOR SE SUELO "S"			
	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Propia.

#### 4.10.3. Periodos de acuerdo al tipo de suelo

*Tabla 87 Periodos de acuerdo al tipo de suelo-segunda estructura.*

PERIODOS	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP(S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(S)	3.0	0.3	2.0	1.6

Fuente: Propia.

#### 4.10.4. Periodo fundamental de vibración (T)

El periodo fundamental referencial inicial de la estructura se estimara con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Dónde:

T = Periodo fundamental

$h_n$  = Altura de la edificación

$C_t$  = Factor en función al sistema estructural



**Tabla 88** Factor en función al sistema estructural-segunda estructura.

COEFICIENTES SEGÚN EL PERIODO	
Ct = 35	Pórticos de concreto armado sin muros de corte
Ct = 45	Pórticos más muros en la caja de ascensores o escaleras y pórticos arriostrados de acero
Ct = 60	Albañilería, concreto armado duales, muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Fuente: Propia.

La altura que la edificación presenta:

$$h_n = 15 \text{ m}$$

$$C_t = 35 \text{ (pórticos)}$$

$$T_{xy} = \frac{15}{35}$$

$$T_{xy} = 0.429 \text{ seg}$$

#### 4.10.5. Factor de amplificación sísmica (C)

De acuerdo a las características del lugar, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

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

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \times \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Para hallar nuestro factor de amplificación sísmica tenemos los datos del periodo de acuerdo al tipo de suelo de la estructura en este caso es el S3 y el periodo fundamental de vibración

$$T_p = 1$$

$$T = 0.429$$

$$T < T_p$$

$$0.429 < 1$$

En este caso como cumple se tomara nuestro factor de de amplificación sísmica ( $C=2.5$ )

#### 4.10.6. Categoría de la edificación (U)

*Tabla 89 Categoría de la edificación-segunda estructura.*

CATEGORÍA DE EDIFICACIONES Y FACTOR U		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR
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

**Fuente: Propia.**

#### 4.10.7. Coeficiente de reducción sísmica (R)

La Edificación está estructurada a base de pórticos por el cual Para términos de cálculo y análisis de la estructura corresponde un  $R=8$  (ver tabla 90).

*Tabla 90 Coeficiente de reducción sísmica-segunda estructura.*

Coeficiente de reducción sísmica	
Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción
Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: Propia.

#### 4.10.8. Regularidad estructural

La importancia de saber si una estructura es regular o irregular es fundamental para el análisis sísmico de cada estructura. Por el cual se determinara las diferentes irregularidades más importantes que nos da nuestra norma actualizada E.030-2018.

## Irregularidades Estructurales en altura

### Irregularidad de rigidez – Piso blando

“Existe irregularidad de rigidez cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes, las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga” (RNE, 2018, p. 17).

Story	Load Case	Shear X tonf	Drift X m	Stiffness X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y m	Stiffness Y tonf/m
Story5	SEX	18.7034	0.003133	5969.978		3.1E-05	0
Story4	SEX	36.3996	0.003973	9161.04		0.000222	0
Story3	SEX	49.6719	0.004429	11216.11		0.000437	0
Story2	SEX	58.52	0.004481	13058.639		0.000579	0
Story1	SEX	62.8608	0.007442	8446.442		4.3E-05	0
Story5	SEY	0	0.000381	0	18.7034	0.001203	15543.44
Story4	SEY	0	0.000528	0	36.3996	0.001781	20434.111
Story3	SEY	0	0.000792	0	49.6719	0.002137	23245.361
Story2	SEY	0	0.000985	0	58.52	0.002402	24358.087
Story1	SEY	0	0.000396	0	62.8608	0.003268	19237.12

**Figura 93 Rigidez en la dirección X,Y- segunda estructura.**

**Fuente: Propia.**

Lo primero que debemos es sacar los desplazamientos relativos de cada piso de la edificación mediante el Etabs obtenemos esos valores en cada dirección del análisis estático(X, Y).

-también sacamos las rigideces laterales como nos dice nuestra norma que es la razón de la fuerza cortante de entrepiso con el desplazamiento relativo.

**Tabla 91 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando X.**

Piso	dirección	D. Relativo	VX	rigidez lateral	70%	Promedio	80%
		(m)	(ton)				
5	SEX	0.003133	18.7034	5969.805298	4178.86371	7801.84459	6241.47567
4	SEX	0.003973	36.3996	9161.741757	6413.21923		
3	SEX	0.004429	49.6719	11215.15015	7850.6051		
2	SEX	0.004481	58.52	13059.58491	9141.70944		
1	SEX	0.007442	62.8608	8446.761623	5912.73314		

Fuente: Propia.

**Tabla 92 Análisis de irregularidad de rigidez-piso blando Y.**

Piso	dirección	D. Relativo	VY	rigidez lateral	70%	Promedio	80%
		(m)	(ton)				
5	SEY	0.001203	18.7034	15547.29842	10883.1089	15877.0536	12701.6429
4	SEY	0.001781	36.3996	20437.73161	14306.4121		
3	SEY	0.002137	49.6719	23243.75292	16270.627		
2	SEY	0.002402	58.52	24363.03081	17054.1216		
1	SEY	0.003268	62.8608	19235.25092	13464.6756		

Fuente: Propia.

Vemos que la rigidez lateral del 1 piso de la dirección X es menor que el 70 % de las rigideces de los pisos superiores adyacentes, a pesar que solo un piso presente irregularidad no podemos dejar margen de error, entonces podemos concluir que la edificación presenta irregularidad por piso blando.

### **Irregularidad de resistencia – Piso débil**

“Existe irregularidad de piso débil cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (RNE, 2018, p. 17).

**Tabla 93 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje X.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	80%(VX)
5	18.7034	14.96
4	36.3996	29.12
3	49.6719	39.74
2	58.52	46.82
1	62.8608	50.29

**Fuente: Propia.**

-Se muestra en el cuadro que la resistencia de cada entrepiso es mayor que el 80 % de la resistencia de cada entrepiso por el cual no presenta irregularidad por piso débil.

**Tabla 94 Análisis de irregularidad de resistencia-piso débil en el Eje Y.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	80%(VY)
5	18.7034	14.96
4	36.3996	29.12
3	49.6719	39.74
2	58.52	46.82
1	62.8608	50.29

**Fuente: Propia.**

-Como también es el caso en la dirección Y, se muestra que cada entrepiso es mayor que el 80% de la resistencia de cada entrepiso por el cual podemos decir que no presenta irregularidad por piso en las dos direcciones del análisis.

### **Irregularidad de extrema de rigidez**

“Existe irregularidad extrema de rigidez cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes” (RNE, 2018, p. 17).

*Tabla 95 Análisis de irregularidad de extrema rigidez en el Eje X.*

Piso	dirección	D.Relativo	VX	rigidez lateral	60%	Promedio	70%
		(m)	(ton)				
5	SEX	0.003133	18.7034	5969.805298	3581.883179	6687.29536	4681.10675
4	SEX	0.003973	36.3996	9161.741757	5497.045054		
3	SEX	0.004429	49.6719	11215.15015	6729.090088		
2	SEX	0.004481	58.52	13059.58491	7835.750948		
1	SEX	0.007442	62.8608	8446.761623	5068.056974		

Fuente: Propia.

*Tabla 96 Análisis de irregularidad de extrema rigidez en el Eje Y.*

Piso	dirección	D.Relativo	VY	rigidez lateral	60%	Promedio	70%
		(m)	(ton)				
5	SEY	0.001203	18.7034	15547.29842	9328.379052	13608.9031	9526.23215
4	SEY	0.001781	36.3996	20437.73161	12262.63897		
3	SEY	0.002137	49.6719	23243.75292	13946.25175		
2	SEY	0.002402	58.52	24363.03081	14617.81848		
1	SEY	0.003268	62.8608	19235.25092	11541.15055		

Fuente: Propia.

-Cómo podemos ver la rigidez lateral del 1 piso en las dos dirección X y Y es superior al 60% del piso inmediato superior y además es mayor que el 70% del promedio de los 3 pisos superiores adyacentes entonces podemos concluir que la edificación no presenta irregularidad de extrema rigidez.

## Irregularidad de extrema de resistencia

“Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior” (RNE, 2018, p. 17).

**Tabla 97 Análisis de irregularidad de extrema resistencia en el Eje X.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	65%(VX)
5	18.7034	12.16
4	36.3996	23.66
3	49.6719	32.29
2	58.52	38.04
1	62.8608	40.86

Fuente: Propia.

-Vemos en la dirección X no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % del entresijos superiores como dice la norma.

**Tabla 98 Análisis de irregularidad de extrema resistencia en el Eje Y.**

PISO	F.CORTANTE(VX)	65%(VY)
5	18.7034	12.16
4	36.3996	23.66
3	49.6719	32.29
2	58.52	38.04
1	62.8608	40.86

Fuente: Propia.

-Vemos en la dirección Y no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % de los entresijos superiores como dice la norma



## Irregularidad de masas

“Se considera irregularidad de masas en una estructura cuando, la masa del primer nivel es mayor a 1.5 veces la masa de un nivel adyacente” (RNE, 2018, p. 17).

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m
Story1	D1	8.32206	8.32206
Story2	D2	8.39182	8.39182
Story3	D3	8.39182	8.39182
Story4	D4	8.39182	8.39182
Story5	D5	7.08138	7.08138

**Figura 94 Masas en la dirección X,Y -segunda estructura.**

**Fuente: Propia.**

**Tabla 99 Análisis de irregularidad de masas - segunda estructura.**

PISO	Masas	g	P.sismico
	(Tnf.s <sup>2</sup> /m)	(9.81m/s <sup>2</sup> )	(Tn)
5	7.08138	9.81	69.4683378
4	8.39182	9.81	82.3237542
3	8.39182	9.81	82.3237542
2	8.39182	9.81	82.3237542
1	8.32206	9.81	81.6394086

**Fuente: Propia.**

$$M_{pn} > 1.5 \times M_{n+1}$$

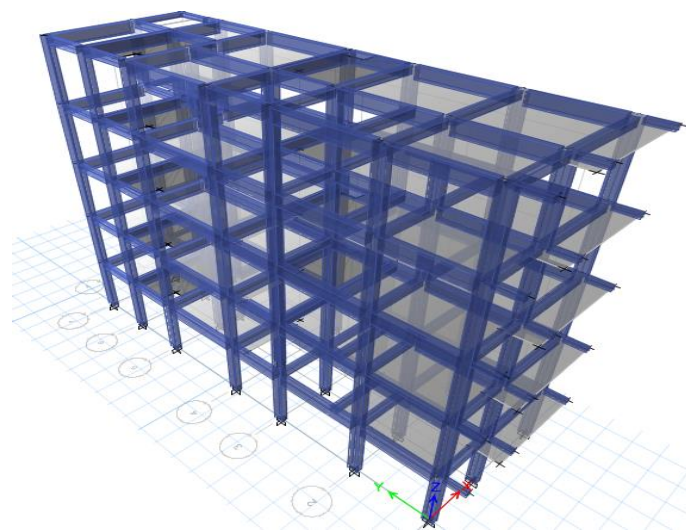
$$8.32206 < 1.5 \times 8.39182$$

$$8.32206 < 12.58773$$

-Podemos concluir que no existe irregularidad de masas porque la masa del primer nivel no es mayor al 1.5 de las masas de los demás pisos adyacentes.

### **Irregularidad geométrica vertical**

“Existe irregularidad geométrica vertical cuando en cualquiera de las direcciones de análisis de la estructura, la dimensión en planta del edificio resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 la correspondiente del nivel superior” (RNE, 2018, p. 17).



*Figura 95 Irregularidad Geométrica Vertical- segunda estructura.*  
**Fuente: Propia.**

-Se observa que en las dos direcciones de análisis, los pisos superiores adyacentes no sobrepasan el 130% de las dimensiones a los demás pisos inferiores por lo tanto concluimos que la edificación no presenta irregularidad geométrica vertical.

## Irregularidades estructurales en planta

### Irregularidad Torsional

“Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamientos relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga, este criterio solo se aplican en edificios con diafragmas rígidos y solo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible (0.007)” (RNE, 2018, p. 18).

*Tabla 100 Análisis de irregularidad Torsional en el Eje X.*

Piso	Diafragma	Sismo	Desplazamiento	D. Relativo	H	Derivas	50%.C.A
5	D5	SEX	0.023512	0.003165	3	0.001055	0.0035
4	D4	SEX	0.020347	0.003978	3	0.001326	0.0035
3	D3	SEX	0.016369	0.004438	3	0.00147933	0.0035
2	D2	SEX	0.011931	0.004494	3	0.001498	0.0035
1	D1	SEX	0.007437	0.007437	3	0.002479	0.0035

Fuente: Propia.

*Tabla 101 Análisis de irregularidad Torsional en el Eje Y.*

Piso	Diafragma	Sismo	Desplazamiento	D. Relativo	H	Derivas	50%.C.A
5	D5	SEY	0.010777	0.001224	3	0.000408	0.0035
4	D4	SEY	0.009553	0.001774	3	0.00059133	0.0035
3	D3	SEY	0.007779	0.002126	3	0.00070867	0.0035
2	D2	SEY	0.005653	0.002387	3	0.00079567	0.0035

1	D1	SEY	0.003266	0.003266	3	0.00108867	0.0035
---	----	-----	----------	----------	---	------------	--------

Fuente: Propia.

-Vemos que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es menor que el 50 % del desplazamiento permisible que nos da la norma (0.007), por el cual concluimos que la edificación no presenta irregularidad torsional y para el mismo caso tampoco presenta irregularidad torsional extrema.

-En conclusión la edificación solo presenta irregularidades de piso blando por el cual nuestro coeficiente nuevo de reducción sísmica es:

### Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas:

*Ecuación 17 Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas-segunda estructura.*

$$R = R_o \times I_o$$

Fuente: NTE.030, 2018.

$$R = 8 \times 0.75$$

$$R = 6$$

#### 4.10.9. Fuerza cortante en la base:

La fuerza cortante basal en la estructura en cualquier eje de análisis se determinara por la siguiente formula:

*Ecuación 18 Fuerza cortante en la base-segunda estructura.*

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot p$$

Fuente: NTE.030, 2018.

Datos de la estructura:

*Tabla 102 Datos de la segunda estructura.*

<b>Z</b>	<b>0.45</b>
<b>U</b>	<b>1</b>
<b>C</b>	<b>2.5</b>
<b>S</b>	<b>1.1</b>
<b>R<sub>xy</sub></b>	<b>R=8x0.75=6</b>
<b>P</b>	<b>406.34 Tn</b>

Fuente: Propia.

$$V_{xy} = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{6} \times 406.34$$

$$V_{xy} = 83.81 \text{ Tn}$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{6} \geq 0.11$$

$$0.42 \geq 0.11$$

### Periodos

Case	Mode	Period sec	UX	UY
Modal	1	0.631	0.7979	0.0052
Modal	2	0.614	0.0953	0.0266

Figura 96 Periodos en la dirección X, Y-segunda estructura.

Fuente: Propia.

$$T_x = 0.631 \text{ Seg}$$

$$T_y = 0.614 \text{ Seg}$$

### Corrección por periodo real sísmico

#### Dirección X:

$$T_p = 1 \text{ Seg}$$

$$T_l = 1.6 \text{ seg}$$

$$T_x = 0.631 \text{ Seg}$$

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

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

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

Se determina que:

$$T < T_p$$

$$0.631 < 1$$

$$C = 2,5$$

$$C_x = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{6} = 0.2063$$

*Tabla 103 C. de distribución-segunda estructura.*

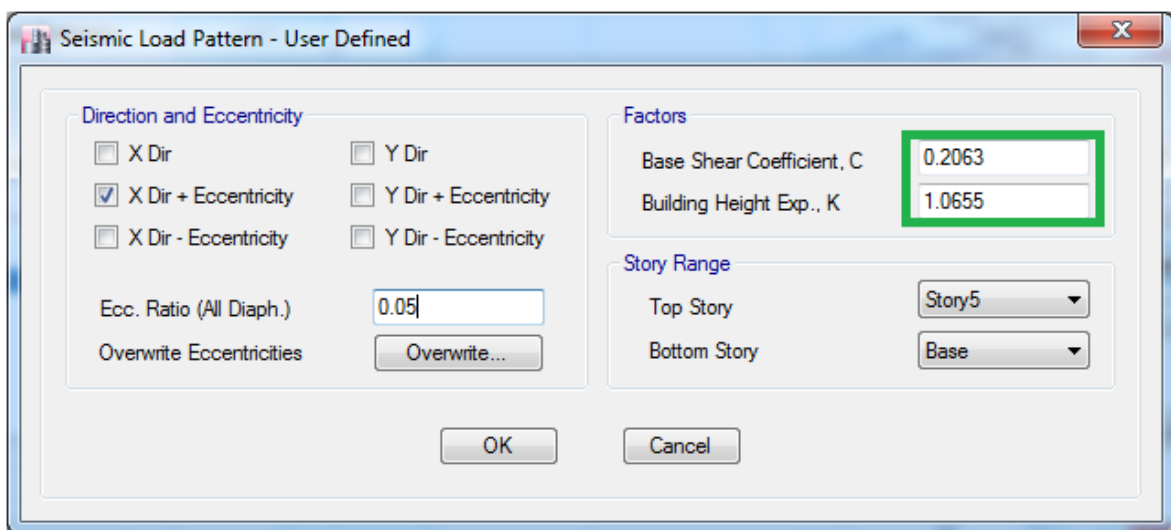
Hallando el coeficiente de distribución (k):

$$K = (0.75 + 0.5 \times 0.631)$$

$$K = 1.0655$$

$K = 1.0$	$T \leq 0.5 \text{ Seg}$
$K = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0$	$T \geq 0.5 \text{ Seg}$

Fuente: Manual etabs-2016.



*Figura 97 Asignación del Coeficiente Cx.*

Fuente: Propia.

**Dirección Y:**

$$T_p = 1 \text{ Seg}$$

$$T_l = 1.6 \text{ seg}$$

$$T_y = 0.614 \text{ Seg}$$

**Se determina que:**

$$T < T_p$$

$$0.614 < 1$$

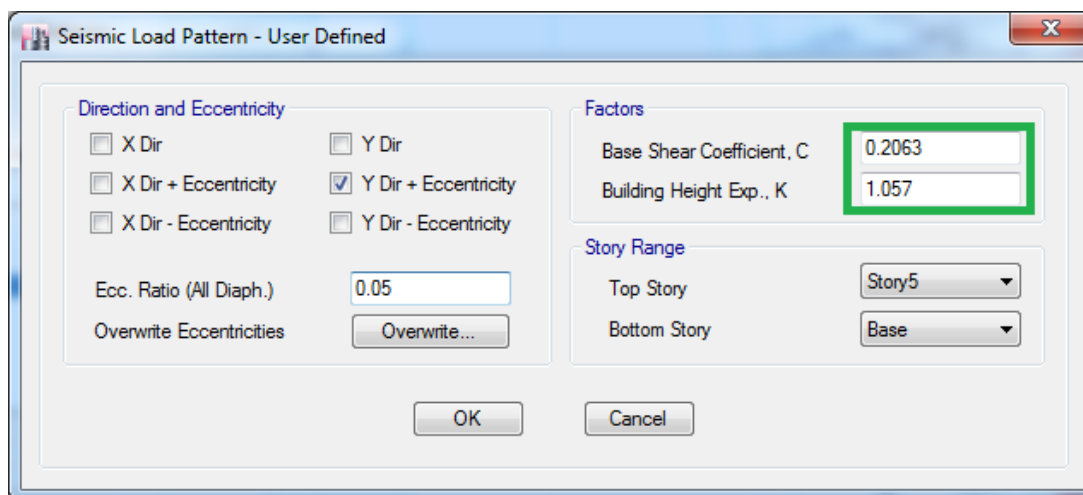
$$C = 2.5$$

$$C_y = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{6} = 0.2063$$

Hallando el coeficiente de distribución (k):

$$K = (0.75 + 0.5 \times 0.614)$$

$$K = 1.057$$



*Figura 98 Asignación del Coeficiente Cy.*  
Fuente: Propia.

### Nueva cortante en la base

**Dirección X:**

$$V_x = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{6} \times 406.34 = 83.81 \text{ Tn}$$

**Dirección Y:**

$$V_y = \frac{0.45 \times 1 \times 2.5 \times 1.1}{6} \times 406.34 = 83.81 \text{ Tn}$$

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity %	Ecc. Overriden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SEX	Seismic	X + Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Story5	Base	0.2063	1.0655	406.34	83.8279
SEY	Seismic	Y + Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Story5	Base	0.2063	1.057	406.34	83.8279

*Figura 99 Coeficiente Cx, y y peso sísmico-segunda estructura.*  
Fuente: Propia.



### Distribución de la fuerza sísmica en altura

### Distribución de la cortante en el eje "X":

$$V_x = 83.81 \text{ Tn}$$

*Tabla 104 Distribución de la cortante en el Eje X- segunda estructura.*

piso	Hi(m)	Pi(tn)	Pi x Hi(tn)	fv	fi	Vi(tn)
5	15.00	69.4683378	1042.025067	0.31917293	26.74988325	26.75
4	12.00	82.3237542	987.8850504	0.302589809	25.36005189	52.11
3	9.00	82.3237542	740.9137878	0.226942357	19.02003892	71.13
2	6.00	82.3237542	493.9425252	0.151294904	12.68002594	83.81
1	3.00	81.6394086	244.9182258	0.075018606	6.28730935	90.10
			3264.76643	1		

Fuente: Propia.

### Distribución de la cortante en el eje "Y":

$$V_y = 83.81 \text{ Tn}$$

*Tabla 105 Distribución de la cortante en el Eje Y- segunda estructura.*

piso	Hi(m)	Pi(tn)	Pi x Hi(tn)	fv	fi	Vi(tn)
5	15.00	69.4683378	1042.025067	0.31917293	26.74988325	26.75
4	12.00	82.3237542	987.8850504	0.302589809	25.36005189	52.11

3	9.00	82.3237542	740.9137878	0.226942357	19.02003892	71.13
2	6.00	82.3237542	493.9425252	0.151294904	12.68002594	83.81
1	3.00	81.6394086	244.9182258	0.075018606	6.28730935	90.10
			3264.76643	1		

Fuente: Propia.

#### 4.10.10. Desplazamientos laterales y control de derivas Estáticas

Según la norma E. 0.30 Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico

$$Drift = \frac{\Delta_i - (\Delta_i - 1)}{H_i} \leq Drift E. 030$$

Tabla 106 Control de derivas estáticas en el Eje X- segunda estructura.

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
5	D5	SEX	0.03165	0.004299	3	0.001433	0.0073083	NO PASA
4	D4	SEX	0.027351	0.005394	3	0.001798	0.0091698	NO PASA
3	D3	SEX	0.021957	0.005995	3	0.001998333	0.0101915	NO PASA
2	D2	SEX	0.015962	0.006038	3	0.002012667	0.0102646	NO PASA
1	D1	SEX	0.009924	0.009924	3	0.003308	0.0168708	NO PASA

Fuente: Propia.

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
5	D5	SEY	0.014489	0.001662	3	0.000554	0.0028254	PASA
4	D4	SEY	0.012827	0.002402	3	0.000800667	0.0040834	PASA

3	D3	SEY	0.010425	0.002867	3	0.000955667	0.0048739	PASA
2	D2	SEY	0.007558	0.003201	3	0.001067	0.0054417	PASA
1	D1	SEY	0.004357	0.004357	3	0.001452333	0.0074069	NO PASA

Tabla 107 Control de derivas estáticas en el Eje Y- segunda estructura.

Fuente: Propia.

## ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL - ESPECTRAL

### 4.11. Análisis dinámico – segunda estructura.

Según nuestra norma E.030, 2018: En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis



Figura 100 Modos de Vibración.

Fuente: Propia.

Modo01: traslación en X

Modo02: traslación en Y

Modo03: rotación

#### 4.11.1. Cálculo de masa traslacional:

##### Masa Traslacional

$$M_t = M_x = M_y = \frac{P_{sismico} \times piso}{g} \text{ (Tn.s}^2\text{/m)}$$

Primer piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{81.6394086}{9.81 \text{ m/s}^2} = 8.32206 \text{ Tn.s}^2/\text{m}$$

Segundo, tercer y cuarto piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{82.3237542}{9.81 \text{ m/s}^2} = 8.39182 \text{ Tn.s}^2/\text{m}$$

Quinto piso:

$$M_t = M_x = M_y = \frac{69.4683378}{9.81 \text{ m/s}^2} = 7.08138 \text{ Tn.s}^2/\text{m}$$

*Tabla 108 Masa y peso sísmico de la edificación-segunda estructura.*

PISO	Masas	g	P.sismico
	(Tnf.s <sup>2</sup> /m)	(9.81m/s <sup>2</sup> )	(Tn)
5	7.08138	9.81	69.4683378
4	8.39182	9.81	82.3237542
3	8.39182	9.81	82.3237542
2	8.39182	9.81	82.3237542
1	8.32206	9.81	81.6394086

Fuente: Propia.

#### 4.11.2. Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se usara un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

$Z = \text{Zona 4} = 0.45$

$U = \text{Categoría común}$

$C = \text{Coeficiente de amplificación sísmica}$

$S = \text{Factor del tipo de suelo}$

$R = \text{Coeficiente de reducción sísmica – Dual en x,y.}$

$G = \text{Aceleración de la gravedad } 9.81 \text{ m/s}^2$

### 4.11.3. Espectro de respuesta

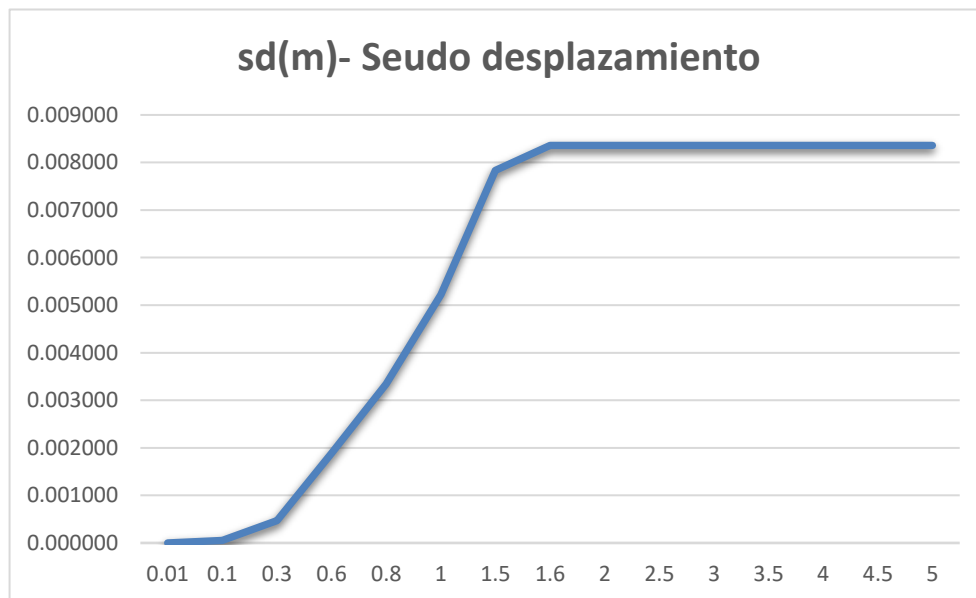
*Tabla 109 Aceleración espectral  $R=6$ .*

Z	U	C	S	R	G	$T_p$	TI
0.45	1.00	2.50	1.10	6.00	9.81	1.00	1.60

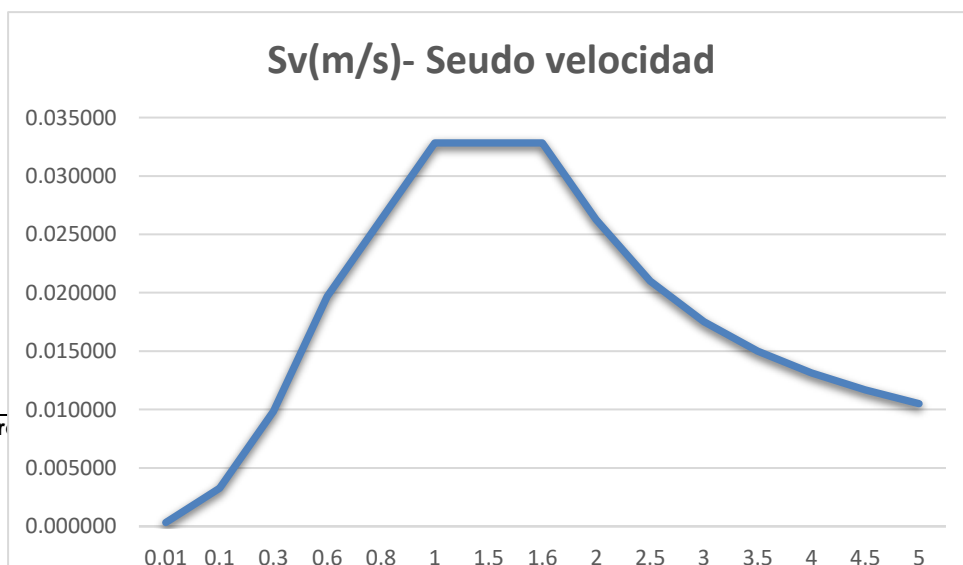
T	C	$S_a/g$	$S_a$	$W_n$	$S_v$	$S_d$
0.01	2.500	0.2063	2.0233125	628.319	0.000328	0.000001
0.1	2.500	0.2063	2.0233125	62.832	0.003283	0.000052
0.3	2.500	0.2063	2.0233125	20.944	0.009848	0.000470
0.6	2.500	0.2063	2.0233125	10.472	0.019695	0.001881
0.8	2.500	0.2063	2.0233125	7.854	0.026261	0.003344
1	2.500	0.2063	2.0233125	6.283	0.032826	0.005224
1.5	1.667	0.1375	1.348875	4.189	0.032826	0.007837
1.6	1.563	0.1289	1.26457031	3.927	0.032826	0.008359
2	1.000	0.0825	0.809325	3.142	0.026261	0.008359
2.5	0.640	0.0528	0.517968	2.513	0.021008	0.008359
3	0.444	0.0367	0.3597	2.094	0.017507	0.008359
3.5	0.327	0.0269	0.26426939	1.795	0.015006	0.008359
4	0.250	0.0206	0.20233125	1.571	0.013130	0.008359
4.5	0.198	0.0163	0.15986667	1.396	0.011671	0.008359
5	0.160	0.0132	0.129492	1.257	0.010504	0.008359

Fuente: Propia.





**Figura 102 Espectro de seudo desplazamiento.  
Fuente: Propia.**



#### 4.11.4. Cortante dinámico en la base

A continuación se calculó el cortante dinámico de la estructura obtenida por el ETABS 2016.

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story1	SDX Max	Bottom	0	74.8378	2.5084	723.8484	25.5604	763.4615
Story1	SDY Max	Bottom	0	2.5084	72.7536	168.5475	741.4257	26.3908

*Figura 104 Cortante dinámico en la base-segunda estructura.*

Fuente: Propia.

#### 4.11.5. Escalamiento de fuerzas para diseño.

Se debe cumplir según la norma del RNE E.030 29.4 la fuerza cortante mínima en el cual indica que para estructuras irregulares, la cortante dinámica de la estructura tiene que ser mínimo el 90 % del a cortante estática.

Según la norma E.0.30 nos dice que si no cumple que la cortante dinámica sea mayor que el 90 % de las cortantes estáticas podemos escalar los resultados obtenidos, en este caso no cumple en la dirección X, porque el cortante dinámico es menor que el cortante estático con el porcentaje establecido, sin embargo en la dirección Y, también no se cumple que el cortante dinámico sea mayor que el cortante estático con el porcentaje establecido por el cual tomamos el valor el cortante X y Y multiplicado con el porcentaje establecido en la norma (ver tabla 110).

**Tabla 110 Cortante estático y dinámico-segunda estructura.**

dirección	V(Tn)	Porcentaje (90%)	V a tomar(Tn)
SEX	83.81	75.429	83.81
SEY	83.81	75.429	83.81
SDX	74.8378	-	75.429
SDY	72.7536	-	75.429

$$FS = 0.90 \left( \frac{VE_{max}}{VD_{max}} \right)$$

$$FS_x = 0.90 \left( \frac{83.81}{74.84} \right)$$

$$FS_x = 1.01$$

$$FS_y = 0.90 \left( \frac{83.81}{72.75} \right)$$

$$FS_y = 1.04$$

Fuente: Propia.

#### 4.11.6. Masa participativa

La estructura en análisis en las dos direcciones, tendrá que cumplir como manda la norma con un número determinado de modos de vibración, en la cual participe mínimo el 90% de la masa del edificio, considerándose para el análisis el mínimo o los tres primeros modos.

.Como se puede apreciar en el cuadro se analizaría 3 modos en dirección X por el cual todos los modos de esa dirección sobrepasan el mínimo que es el 90 %, y 4 modos en la dirección Y por el cual todos los modos a continuación de esa dirección cumplen con el mínimo del 90 % que nos dice la norma (ver tabla 111).

Se consideró los 12 modos de vibración

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	0.631	0.7979	0.0052	0	80%	1%
Modal	2	0.614	0.0953	0.0266	0	89%	3%
Modal	3	0.418	0.0002	0.8606	0	89%	89%
Modal	4	0.211	0.0737	0.0012	0	97%	89%
Modal	5	0.202	0.0208	0.0048	0	99%	90%
Modal	6	0.139	0.0003	0.0793	0	99%	98%
Modal	7	0.126	0.0063	0.0054	0	99%	98%



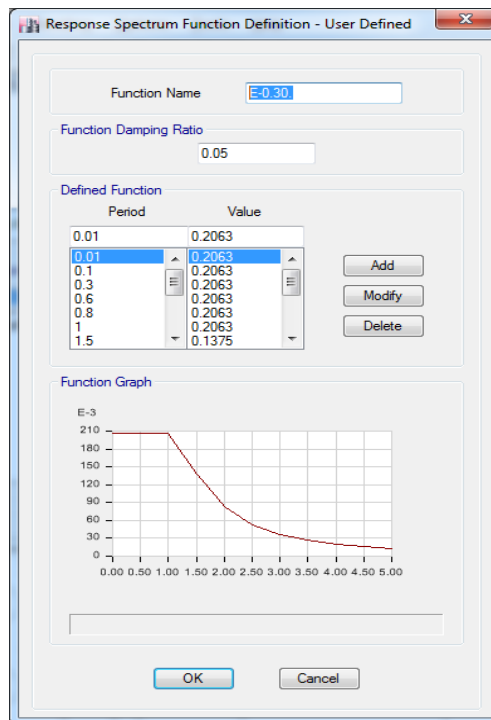
Modal	8	0.095	0.0023	0.0007	0	100%	98%
Modal	9	0.087	0.0024	0.0018	0	100%	99%
Modal	10	0.08	0.0003	0.0002	0	100%	99%
Modal	11	0.075	0.0001	0.0105	0	100%	100%
Modal	12	0.056	0.0002	0.0019	0	100%	100%

**Tabla 111 Masa participativa-segunda estructura.**

**Fuente: Propia**

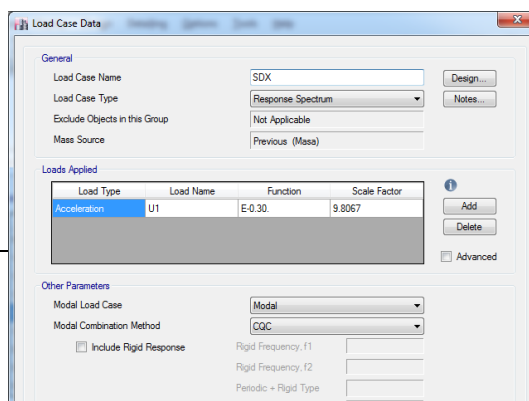
#### 4.11.7. Espectro R=6 cargado al software

Ya cargado el espectro de respuesta R=6 al software



**Figura 105 Asignación del espectro de respuesta.**

**Fuente: Propia**



#### 4.11.8. Control de derivas inelásticas dinámicas:

$$Drift = \frac{\Delta_i - (\Delta_i - 1)}{H_i} \leq Drift E. 030$$

$$D_{inelastico} = R \times D_{elastico}$$

Tabla 112 Control de derivas dinámicas en el Eje X-segunda estructura.

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
5	D4	SDX	0.026546	0.003438	3	0.001146	0.0058446	PASA
4	D3	SDX	0.023108	0.004308	3	0.001436	0.0073236	NO PASA
3	D2	SDX	0.0188	0.004897	3	0.001632333	0.0083249	NO PASA
2	D1	SDX	0.013903	0.004754	3	0.001584667	0.0080818	NO PASA
1	D2	SDX	0.009149	0.009149	3	0.003049667	0.0155533	NO PASA

Fuente: Propia.

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m			≤ 0.007
5	D4	SDY	0.011327	0.001183	3	0.000394333	0.0020111	PASA

4	D3	SDY	0.010144	0.001766	3	0.000588667	0.0030022	PASA
3	D2	SDY	0.008378	0.002156	3	0.000718667	0.0036652	PASA
2	D1	SDY	0.006222	0.00251	3	0.000836667	0.004267	PASA
1	D2	SDY	0.003712	0.003712	3	0.001237333	0.0063104	PASA

**Tabla 113 Control de derivas dinámicas en el Eje Y-segunda estructura.**

**Fuente: Propia.**

#### 4.11.9. Análisis sísmico dinámico modal – espectral con R=1

Para proceder al análisis dinámico tiempo – historia será necesario en primer lugar realizar un análisis dinámico modal – espectral con un espectro de diseño usando R=1, la cual sus resultados serán contrastados con los del tiempo – historia lineal y posteriormente se definirá al sismo de diseño para un análisis por desempeño, sabemos que este análisis con R=1 como dice la norma es para que el edificio entre en un comportamiento no lineal ante un sismo severo (ver tabla 114).

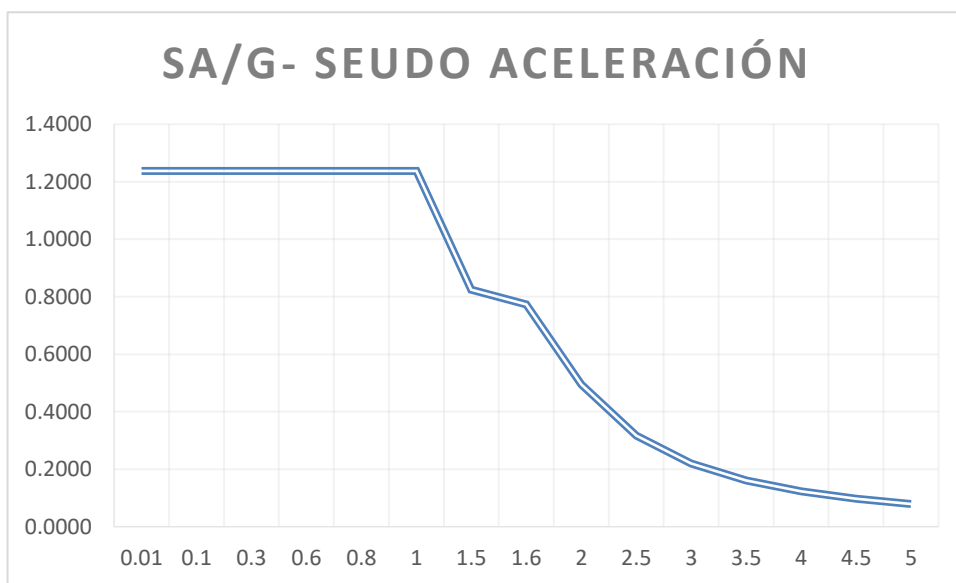
**Tabla 114 Aceleración espectral R=1.**

Z	U	C	S	R	G	Tp	Tl
0.45	1.00	2.50	1.10	1.00	9.81	1.00	1.60

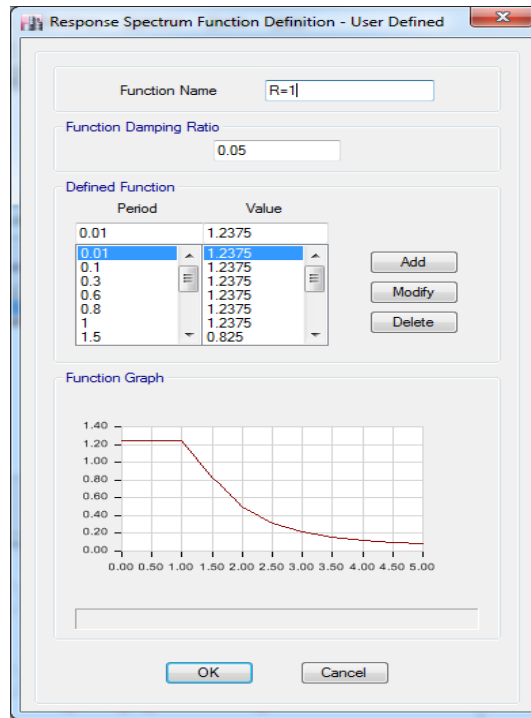
T	C	Sa/g	Sa	Wn	Sv	Sd
0.01	2.500	1.2375	12.139875	628.319	0.001970	0.000003
0.1	2.500	1.2375	12.139875	62.832	0.019695	0.000313
0.3	2.500	1.2375	12.139875	20.944	0.059086	0.002821
0.6	2.500	1.2375	12.139875	10.472	0.118173	0.011285
0.8	2.500	1.2375	12.139875	7.854	0.157563	0.020062
1	2.500	1.2375	12.139875	6.283	0.196954	0.031346
1.5	1.667	0.8250	8.09325	4.189	0.196954	0.047019
1.6	1.563	0.7734	7.58742188	3.927	0.196954	0.050154

2	1.000	0.4950	4.85595	3.142	0.157563	0.050154
2.5	0.640	0.3168	3.107808	2.513	0.126051	0.050154
3	0.444	0.2200	2.1582	2.094	0.105042	0.050154
3.5	0.327	0.1616	1.58561633	1.795	0.090036	0.050154
4	0.250	0.1238	1.2139875	1.571	0.078782	0.050154
4.5	0.198	0.0978	0.9592	1.396	0.070028	0.050154
5	0.160	0.0792	0.776952	1.257	0.063025	0.050154

**Fuente: Propia.**



**Figura 107 Espectro de seudo aceleración-R1**  
**Fuente: Propia.**



**Figura 108** Asignación del espectro R1.  
Fuente: Propia.

Obtenemos las derivas cuando R=1

**Tabla 115** Control de derivas R=1, en el Eje X-segunda estructura.

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		≤ 0.007
5	D5	SDR1X Max	0.159238	0.020621	3	0.006873667	NO PASA
4	D4	SDR1X Max	0.138617	0.025843	3	0.008614333	NO PASA
3	D3	SDR1X Max	0.112774	0.029374	3	0.009791333	NO PASA
2	D2	SDR1X Max	0.0834	0.028519	3	0.009506333	NO PASA
1	D1	SDR1X Max	0.054881	0.054881	3	0.018293667	NO PASA

Fuente: Propia.

**Tabla 116 Control de derivas  $R=1$ , en el Eje Y-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		$\leq 0.007$
5	D5	SDR1Y Max	0.067948	0.007097	3	0.002365667	PASA
4	D4	SDR1Y Max	0.060851	0.010597	3	0.003532333	PASA
3	D3	SDR1Y Max	0.050254	0.012934	3	0.004311333	PASA
2	D2	SDR1Y Max	0.03732	0.015051	3	0.005017	PASA
1	D1	SDR1Y Max	0.022269	0.022269	3	0.007423	NO PASA

Fuente: Propia.

#### 4.12. Análisis Dinámico Tiempo Historia-segunda estructura.

##### 4.12.1. Acelerogramas para espectro de diseño

**Tabla 117 Acelerogramas para espectro de diseño.**

Lugares	Estación	Fecha	Componentes	Aceleración máxima	Duración (seg)
				(cm/seg <sup>2</sup> )	
ICA	Universidad Nacional San Luis Gonzaga	15/08/2007	N-S	333.66	218.06
			E-W	-272.82	
LIMA	Parque de la reserva	03/10/1974	N-S	180.09	97.96
			E-W	-194.21	
LIMA	Parque de la reserva	17/10/1966	N-S	-268.24	197.64
			E-W	-180.56	

Fuente: Propia.

Para esta tesis se registraron 3 sismos más fuertes en el Perú, con el fin de encontrar un registro sísmico para el diseño de los disipadores.

Para poder escalar los diferentes registros sísmicos (Acelogramas), para esta tesis se utilizó el programa SEISMOSIGNAL para la corrección y el SEISMOMATCH para realizar el escalonamiento del espectro de diseño.

### Corrección por línea base

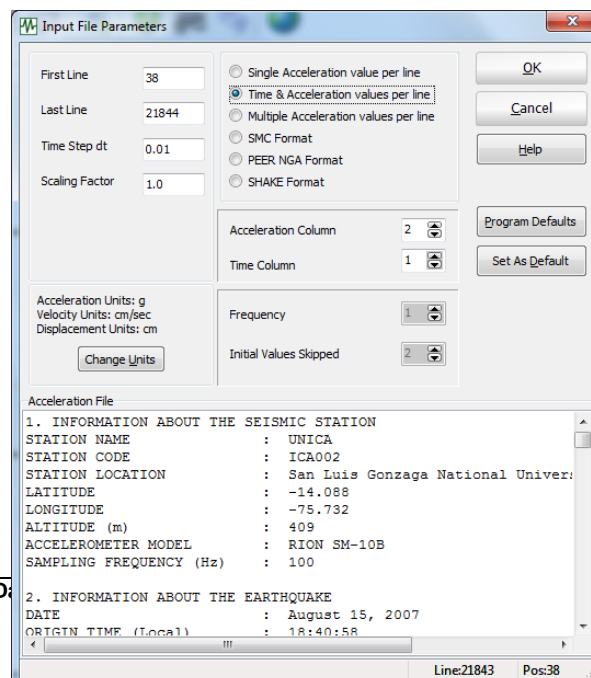
Generalmente los valores del acelerograma se encuentran desplazados respecto a la línea cero de aceleración. Este error puede ocurrir porque el acelerógrafo no se encuentra nivelado adecuadamente, lo cual también distorsiona la velocidad y el desplazamiento que se determinan por integración, por ello es necesario corregir el acelerograma a partir del promedio de sus valores registrados (ver figura 111 y 112).

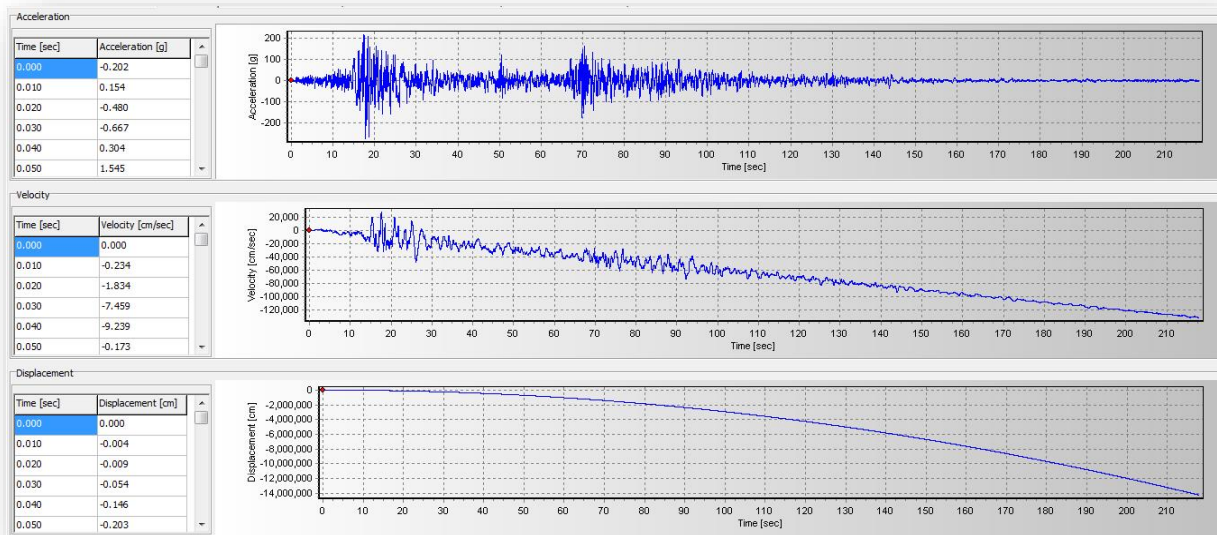
### Filtrado de la señal

Se debe tener en cuenta la repercusión que el ruido tiene sobre el acelerograma. Este ruido puede estar causado tanto por fenómenos naturales y artificiales como el viento, tránsito de vehículos y personas.

Para poder filtrar la señal del ruido de alta y baja frecuencia se limita la banda de frecuencia de trabajo desde 0.1 Hz a 25 Hz, debido a que los sismos se encuentran en este rango y así evitar los errores que puede contener la señal.

Asignación mediante el programa SEISMOSIGNAL, tomamos de ejemplo el sismo de Ica del año 2007.

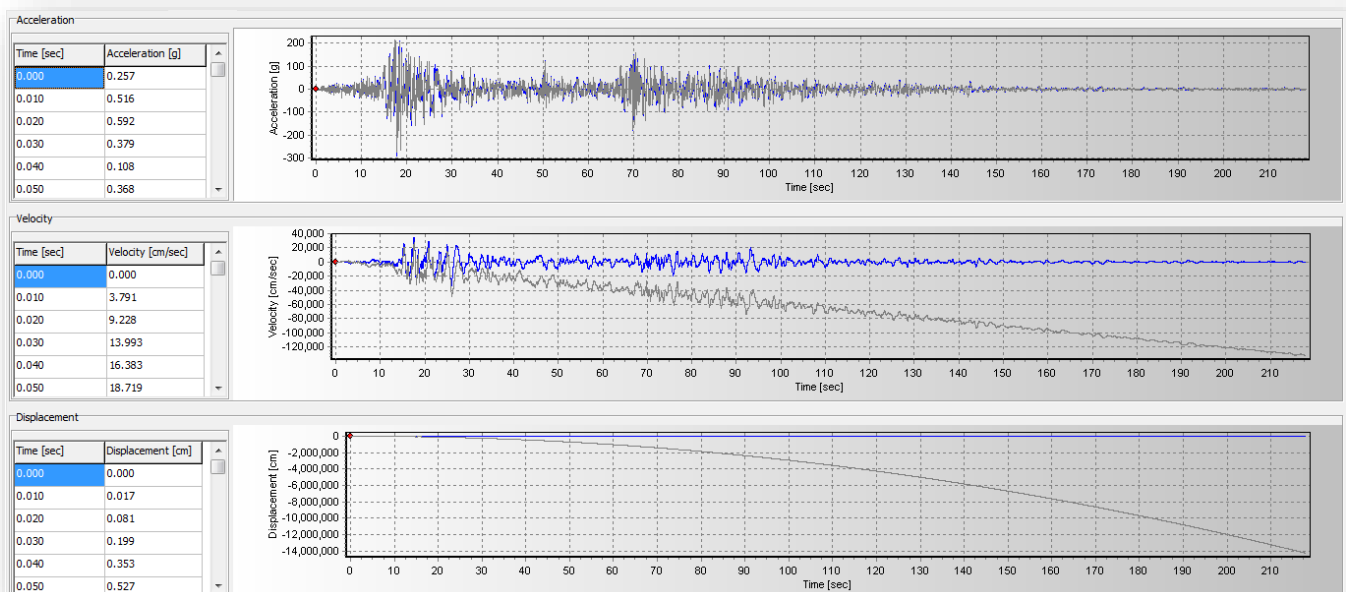




*Figura 110 Acelograma original- Ica 2007.*

Fuente: Propia.

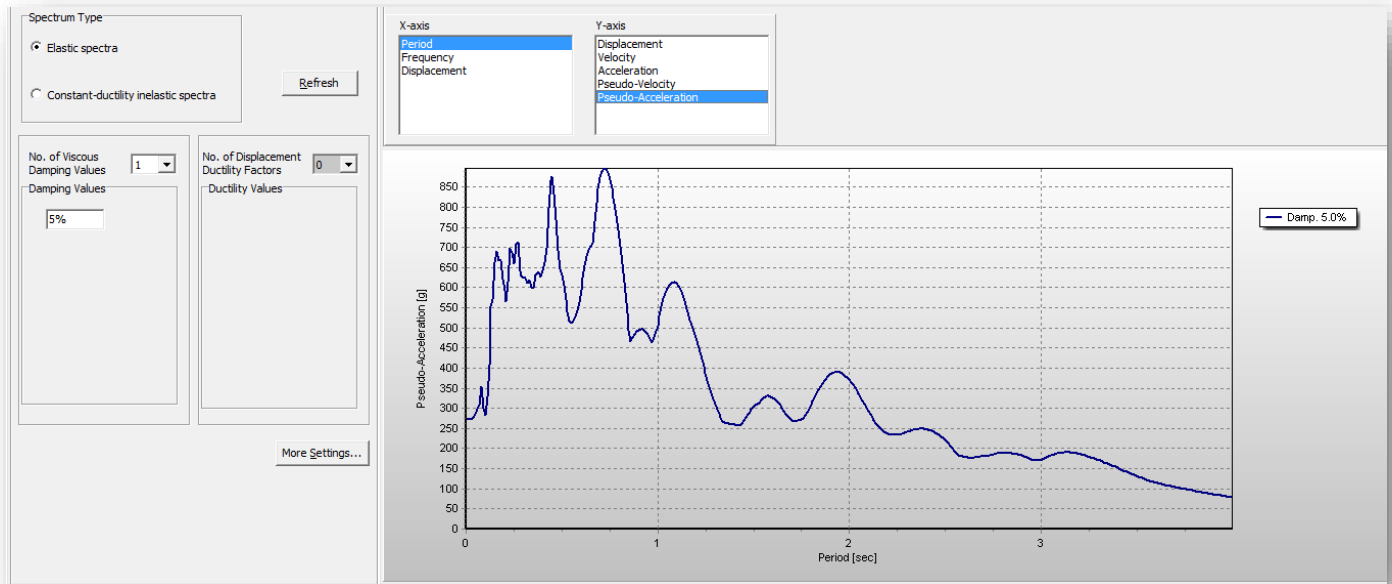
Se aplicó la corrección por línea base



*Figura 111 Acelograma corregido por línea base.*

Fuente: Propia.



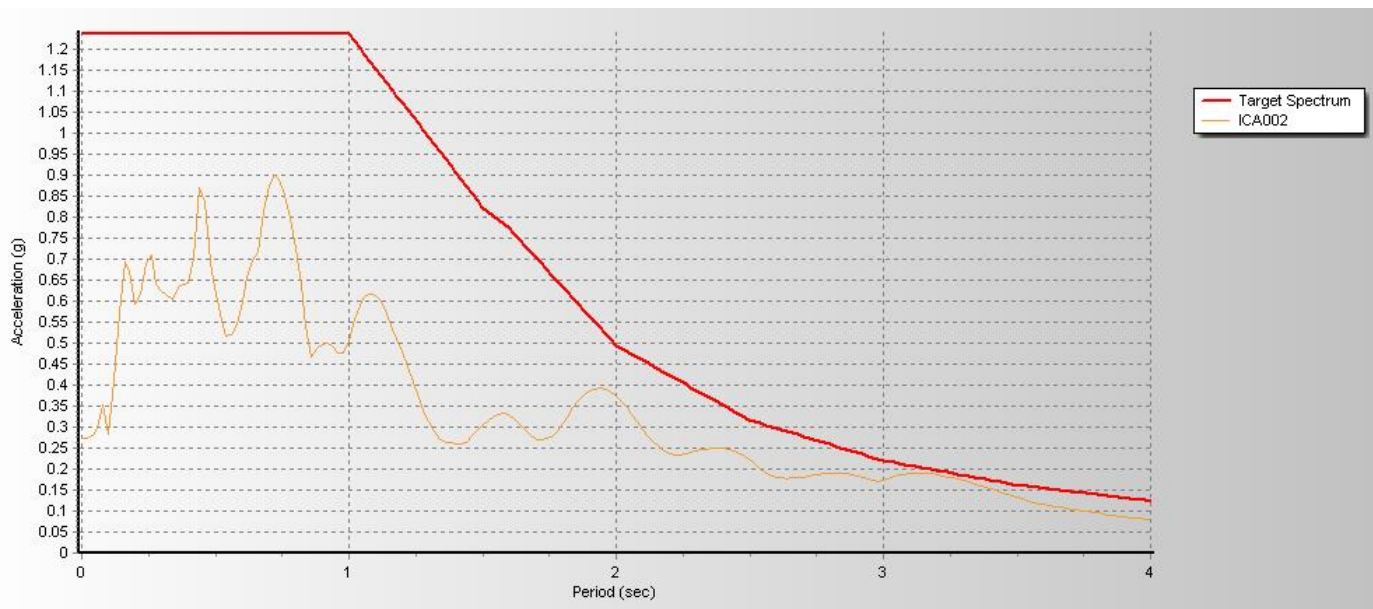


**Figura 112 Filtrado de componentes frecuenciales.**

**Fuente: Propia.**

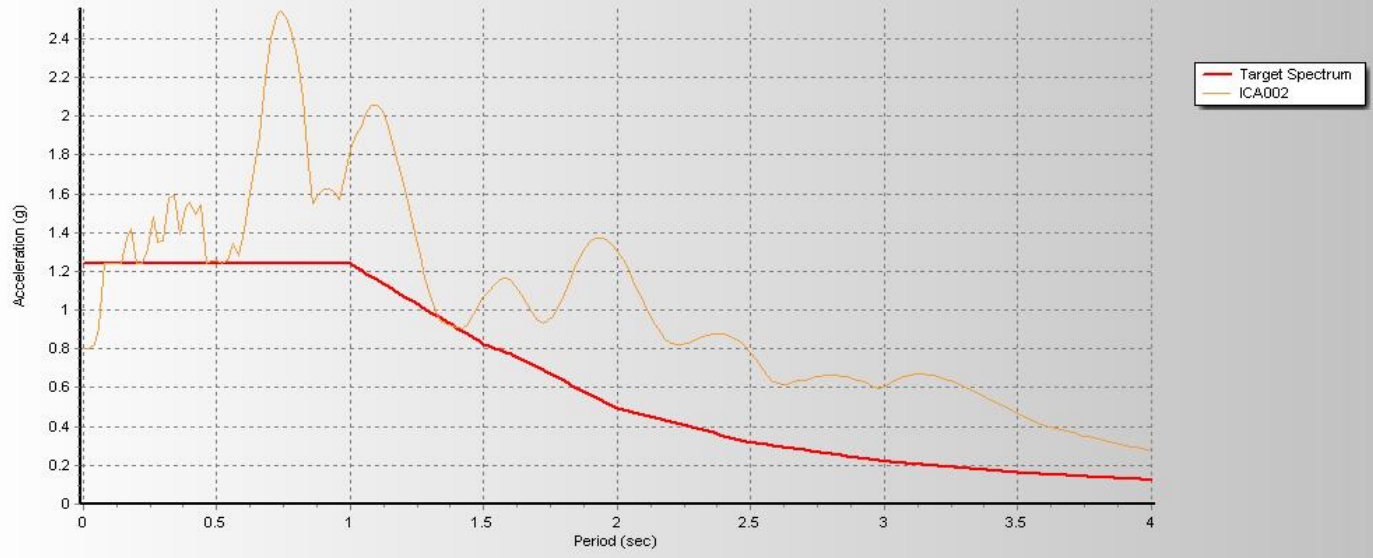
### Escalamiento de Acelerogramas

Se procederá a escalar los acelerogramas ya corregidos anteriormente, según nuestra norma (E.030) con los periodos respectivos y al espectro de diseño de nuestra estructura al analizar cuando  $R=1$ , mediante el programa SeismoMatch., en este caso estamos tomando el caso del sismo de ICA 2007 (ver figura 113,144 y 115).

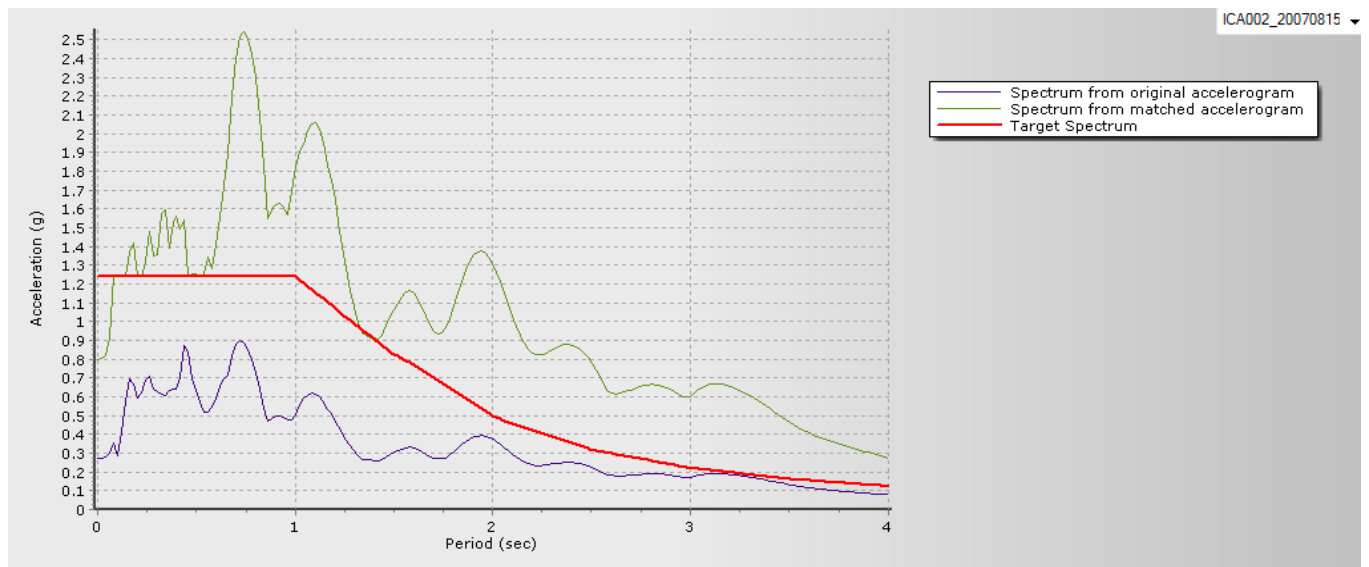


**Figura 113 Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico sin escalar (color naranja).**

**Fuente: Propia.**



**Figura 114** Espectro de diseño (color rojo) y registro sísmico escalado (color naranja).  
Fuente: Propia.



**Figura 115** Comparación entre registro sin escalar y registro escalado al espectro de diseño.  
Fuente: Propia.

-Para obtener el tiempo historia lineal tenemos dos etapas de análisis:

**DIRECCION X:**

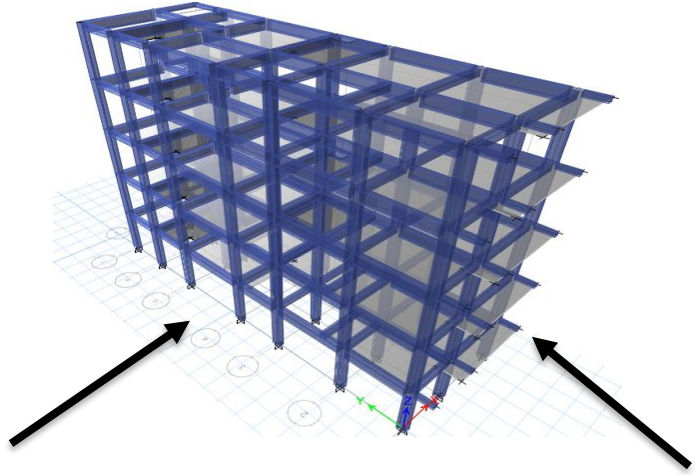
Etapa 1: (E-W)

Etapa 2: (N-S)

**DIRECCION Y**

Etapa 1: (E-W)

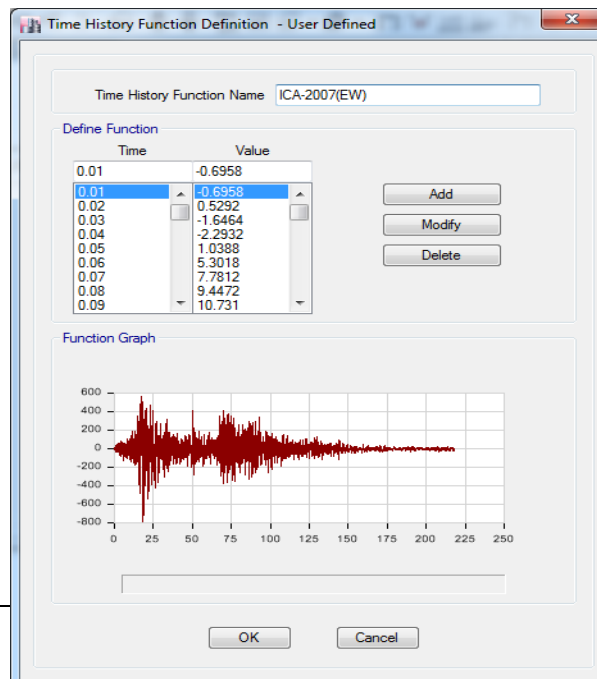
Etapa 2: (N-S)



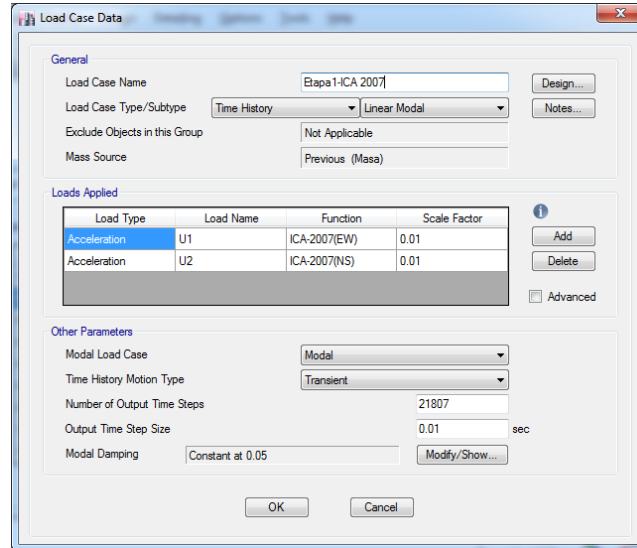
*Figura 116 Etapa 1 y 2 en ambas direcciones X,Y-segunda estructura.  
Fuente: Propia.*

**4.12.2. Análisis sísmico dinámico modal – tiempo historia lineal con efectos de interacción sísmica.**

-se procede a analizar en el software el tiempo- historia dinámico lineal (ver figura 117 y 118).



**Figura 117 Análisis dinámico lineal (Tiempo-Historia) – Ica 2007.**  
**Fuente: Propia.**



**Figura 118 Derivas inelásticas a sismo severo.**  
**Fuente: Propia.**

Se procede a sacar la deriva a sismo severo en cada dirección de cada sismo de diseño empleado en el tiempo historia

**SISMO DE ICA 2007** (ver tabla 118, 119, 120 y 121).

X-X:

**Tabla 118 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Ica 2007-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa1-ICA 2007 Max	0.207254	0.026464	3	0.008821333
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.18079	0.033034	3	0.011011333
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.147756	0.036445	3	0.012148333
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.111311	0.037941	3	0.012647
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.07337	0.07337	3	0.024456667

**Fuente: Propia.**

**Tabla 119 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Ica 2007-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-ICA 2007 Max	0.197189	0.024666	3	0.008222
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.172523	0.030158	3	0.010052667
3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.142365	0.034027	3	0.011342333
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.108338	0.036173	3	0.012057667
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.072165	0.072165	3	0.024055

Fuente: Propia.

**Tabla 120 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Ica 2007-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa1-ICA 2007 Max	0.070074	0.006508	3	0.002169333
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.063566	0.010477	3	0.003492333
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.053089	0.013601	3	0.004533667
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.039488	0.016091	3	0.005363667
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.023397	0.023397	3	0.007799

Fuente: Propia.

**Tabla 121 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Ica 2007-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-ICA 2007 Max	0.078467	0.008487	3	0.002829
4	D4	Etapa2-ICA 2007 Max	0.06998	0.011688	3	0.003896
3	D3	Etapa2-ICA 2007 Max	0.058292	0.014736	3	0.004912
2	D2	Etapa2-ICA 2007 Max	0.043556	0.017533	3	0.005844333
1	D1	Etapa2-ICA 2007 Max	0.026023	0.026023	3	0.008674333

Fuente: Propia.

**Lima 1974: (ver tabla 122,123,124 y125).**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
------	-----------	-------	----	-------------	----	---------------------

			m	m	m	
5	D5	Etapa1-Lima1974 Max	0.278013	0.036958	3	0.012319333
4	D4	Etapa1-Lima1974 Max	0.241055	0.046328	3	0.015442667
3	D3	Etapa1-Lima1974 Max	0.194727	0.051474	3	0.017158
2	D2	Etapa1-Lima1974 Max	0.143253	0.051461	3	0.017153667
1	D1	Etapa1-Lima1974 Max	0.091792	0.091792	3	0.030597333

*Tabla 122 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1974-segunda estructura.*

Fuente: Propia.

*Tabla 123 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1974-segunda estructura.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-Lima1974 Max	0.102099	0.014604	3	0.004868
4	D4	Etapa2-Lima1974 Max	0.087495	0.01758	3	0.00586
3	D3	Etapa2-Lima1974 Max	0.069915	0.018471	3	0.006157
2	D2	Etapa2-Lima1974 Max	0.051444	0.017042	3	0.005680667
1	D1	Etapa2-Lima1974 Max	0.034402	0.034402	3	0.011467333

Fuente: Propia.

*Tabla 124 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1974-segunda estructura.*

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa1-Lima1974 Max	0.057533	0.005896	3	0.001965333
4	D4	Etapa1-Lima1974 Max	0.051637	0.00869	3	0.002896667
3	D3	Etapa1-Lima1974 Max	0.042947	0.01058	3	0.003526667
2	D2	Etapa1-Lima1974 Max	0.032367	0.012556	3	0.004185333
1	D1	Etapa1-Lima1974 Max	0.019811	0.019811	3	0.006603667

Fuente: Propia.

**Tabla 125 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1974-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D. Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-Lima1974 Max	0.067987	0.007135	3	0.002378333
4	D4	Etapa2-Lima1974 Max	0.060852	0.010931	3	0.003643667
3	D3	Etapa2-Lima1974 Max	0.049921	0.013127	3	0.004375667
2	D2	Etapa2-Lima1974 Max	0.036794	0.014973	3	0.004991
1	D1	Etapa2-Lima1974 Max	0.021821	0.021821	3	0.007273667

Fuente: Propia.

**Lima 1966:** (ver tabla 126, 127, 128 y 129).

**Tabla 126 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje X – Lima 1966-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa1-Lima1966 Max	0.108342	0.014873	3	0.004957667
4	D4	Etapa1-Lima1966 Max	0.093469	0.018575	3	0.006191667
3	D3	Etapa1-Lima1966 Max	0.074894	0.018929	3	0.006309667
2	D2	Etapa1-Lima1966 Max	0.055965	0.018476	3	0.006158667
1	D1	Etapa1-Lima1966 Max	0.037489	0.037489	3	0.012496333

Fuente: Propia.

**Tabla 127 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje X – Lima 1966-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-Lima1966 Max	0.164526	0.023005	3	0.007668333
4	D4	Etapa2-Lima1966 Max	0.141521	0.027966	3	0.009322
3	D3	Etapa2-Lima1966 Max	0.113555	0.029742	3	0.009914
2	D2	Etapa2-Lima1966 Max	0.083813	0.02925	3	0.00975
1	D1	Etapa2-Lima1966 Max	0.054563	0.054563	3	0.018187667

Fuente: Propia.

**Tabla 128 Derivas inelásticas (Etapa1) en el Eje Y – Lima 1966-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa1-Lima1966 Max	0.048146	0.004852	3	0.001617333
4	D4	Etapa1-Lima1966 Max	0.043294	0.00703	3	0.002343333
3	D3	Etapa1-Lima1966 Max	0.036264	0.008813	3	0.002937667
2	D2	Etapa1-Lima1966 Max	0.027451	0.010688	3	0.003562667
1	D1	Etapa1-Lima1966 Max	0.016763	0.016763	3	0.005587667

Fuente: Propia.

**Tabla 129 Derivas inelásticas (Etapa2) en el Eje Y – Lima 1966-segunda estructura.**

Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas
			m	m	m	
5	D5	Etapa2-Lima1966 Max	0.050177	0.004722	3	0.001574
4	D4	Etapa2-Lima1966 Max	0.045455	0.007506	3	0.002502
3	D3	Etapa2-Lima1966 Max	0.037949	0.009353	3	0.003117667
2	D2	Etapa2-Lima1966 Max	0.028596	0.01133	3	0.003776667
1	D1	Etapa2-Lima1966 Max	0.017266	0.017266	3	0.005755333

Fuente: Propia.

Una vez analizadas cada los 3 sismos en las dos direcciones de análisis obtenemos un cuadro de resumen (ver tabla 130 y131).

**Tabla 130 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje X-segunda estructura.**

ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X						
PISO	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
5	0.00882133	0.008222	0.01231933	0.004868	0.00495767	0.00766833



4	0.01101133	0.01005267	0.01544267	0.00586	0.00619167	0.009322
3	0.01214833	0.01134233	0.017158	0.006157	0.00630967	0.009914
2	0.012647	0.01205767	0.01715367	0.00568067	0.00615867	0.00975
1	0.02445667	0.024055	0.03059733	0.01146733	0.01249633	0.01818767

Fuente: Propia.

*Tabla 131 Resumen análisis tiempo-historia en el Eje Y-segunda estructura.*

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
5	0.00216933	0.002829	0.00196533	0.00237833	0.00161733	0.001574
4	0.00349233	0.003896	0.00289667	0.00364367	0.00234333	0.002502
3	0.00453367	0.004912	0.00352667	0.00437567	0.00293767	0.00311767
2	0.00536367	0.00584433	0.00418533	0.004991	0.00356267	0.00377667
1	0.007799	0.00867433	0.00660367	0.00727367	0.00558767	0.00575533

Fuente: Propia.

#### 4.12.3. Determinación del sismo de diseño

Una vez ejecutado el análisis lineal tiempo – historia, y tener las derivas máximas de entrepiso en función a un espectro inelástico de diseño a sismo severo, se procede a determinar cuál de los tres registros sísmicos usados en la presente tesis

Se determina la variación de las derivas de los tres registros sísmicos, en los dos casos de análisis, con las derivas obtenidas del análisis dinámico modal – espectral con  $R=1$ .

Se descarta aquellas variaciones en los registros sísmicos que estén por debajo del valor de 0.80 ya que estarían -20% con respecto a las derivas obtenidas del espectro de diseño, se elegirá aquel caso sea la dirección analizada, que tenga mayor proximidad a la unidad (ver tabla 132 y 133).

**Tabla 132 Determinación del sismo de diseño en el Eje X-segunda estructura.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN X-X					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
5	1.28335	1.19616	1.79225	0.70821	0.72126	1.11561
4	1.27826	1.16697	1.79267	0.68026	0.71876	1.08215
3	1.24072	1.15841	1.75237	0.62882	0.64441	1.01253
2	1.33038	1.26838	1.80445	0.59757	0.64785	1.02563
1	1.33689	1.31494	1.67256	0.62685	0.68310	0.99421

Fuente: Propia.

**Tabla 133 Determinación del sismo de diseño en el Eje Y-segunda estructura.**

PISO	ANÁLISIS DINÁMICO TIEMPO - HISTORIA EN Y-Y					
	ICA-2007		LIMA-1974		LIMA1966	
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2
5	0.91701	1.19586	0.83077	1.00535	0.68367	0.66535
4	0.98868	1.10295	0.82004	1.03152	0.66340	0.70831
3	1.05157	1.13932	0.81800	1.01492	0.68138	0.72313
2	1.06910	1.16491	0.83423	0.99482	0.71012	0.75277
1	1.05065	1.16858	0.88962	0.97988	0.75275	0.77534

Fuente: Propia.

Para ambas direcciones de análisis se descarta lo registros sísmicos de lima 1974 y lima 1966, ya que están por muy debajo y muy arriba de la unidad y el que más se asemeja es Ica 2007 en el cual tienes 2 etapas, por el cual elegiremos la etapa 1 por el cual está más cerca a la unidad, en conclusión de determino como sismo de diseño en ambas direcciones el de Ica 2007- etapa 1.

### Deriva objetivo

- La deriva a la cual se debe llegar ante un sismo severo planteado, según la norma E.030 es de 0.007 m

**DIRECCION: X-X:**

*Tabla 134 Derivas en X (Etapa1) – ICA 2007.*

PISO	D.ETAPA 1	E-030
	ICA-2007	≤ 0.007
5	0.008821333	NO CUMPLE
4	0.011011333	NO CUMPLE
3	0.012148333	NO CUMPLE
2	0.012647	NO CUMPLE
1	0.024456667	NO CUMPLE

Fuente: Propia.

**DIRECCION: Y-Y:**

*Tabla 135 Derivas en Y (Etapa1) – ICA 2007.*

PISO	D.ETAPA 1	E-030
	ICA-2007	≤ 0.007
5	0.002169333	SI CUMPLE
4	0.003492333	SI CUMPLE
3	0.004533667	SI CUMPLE
2	0.005363667	SI CUMPLE
1	0.007799	NO CUMPLE

Fuente: Propia.

#### 4.12.4. Diseño del disipador de fricción

Rigidez del brazo metálico:

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

- Módulo de Elasticidad del Acero.

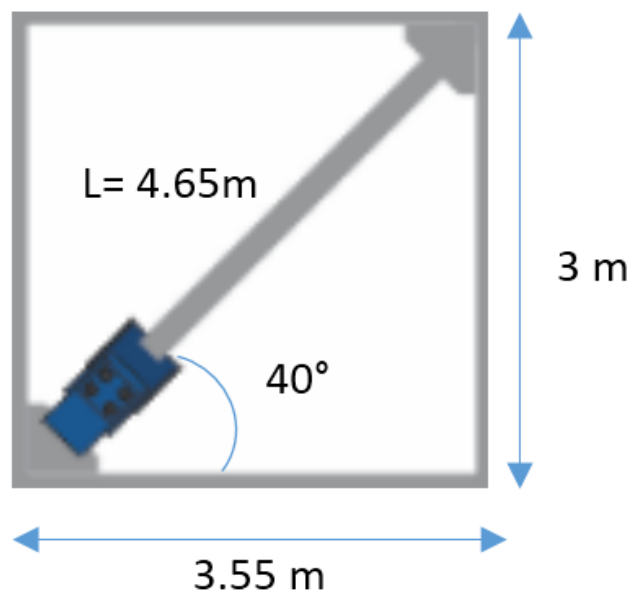
$E =$  Modulo de Elasticidad del Acero =  $2,100\,000\text{kg/cm}^2 = 2.1 \times 10^7 \text{ Tn/m}^2$ .

- Área del brazo metálico

$A = 40 \text{ in}^2 = 0.0258064\text{m}^2$ .

- Longitud del brazo metálico.

Dirección X-X-1:



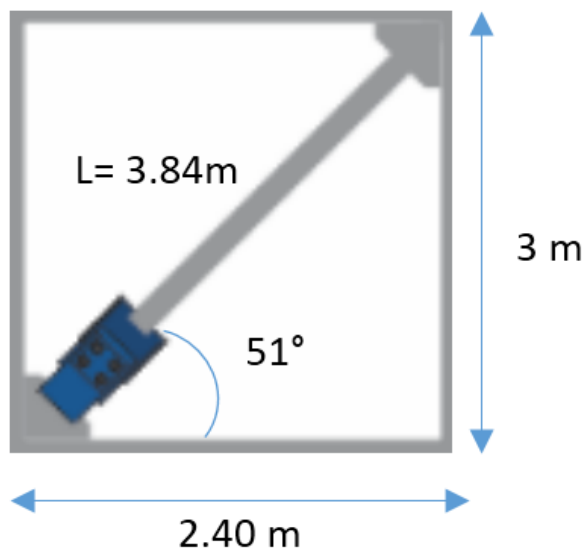
**Figura 119 Primer brazo metálico en el Eje X.**  
Fuente: Propia.

- Rigidez:

$$K_x = \frac{(2.1 \times 10^7) \times (0.0258064)}{4.65}$$

$$K_x = 116545.03 \text{ Tn/m}$$

**Dirección X-X-2:**



**Figura 120 Segundo brazo metálico en el Eje X.**  
Fuente: Propia.

- Rigidez:

$$K_x = \frac{(2.1 \times 10^7) \times (0.0258064)}{3.84}$$

$$K_x = 141128.75 \text{ Tn/m}$$

**Dirección Y-Y:**

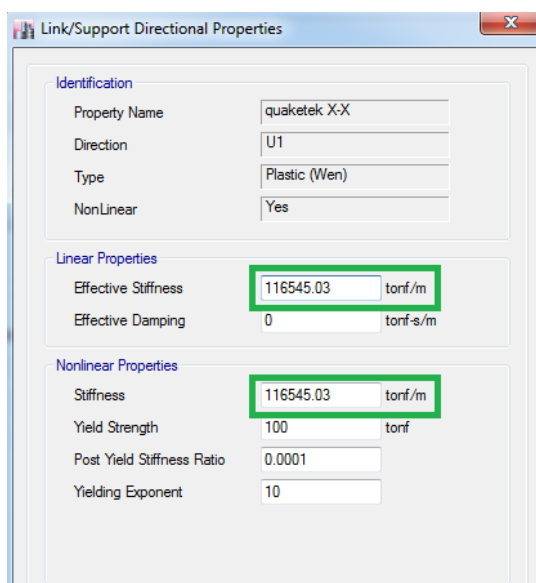


- Rigidez

$$K_y = \frac{(2.1 \times 10^7) \times (0.0258064)}{4.35}$$

$$K_y = 124582.62 \text{ Tn/m}$$

#### 4.12.5. Valores asignados al etabs



Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: quaketek X-X

Direction: U1

Type: Plastic (Wen)

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 116545.03 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

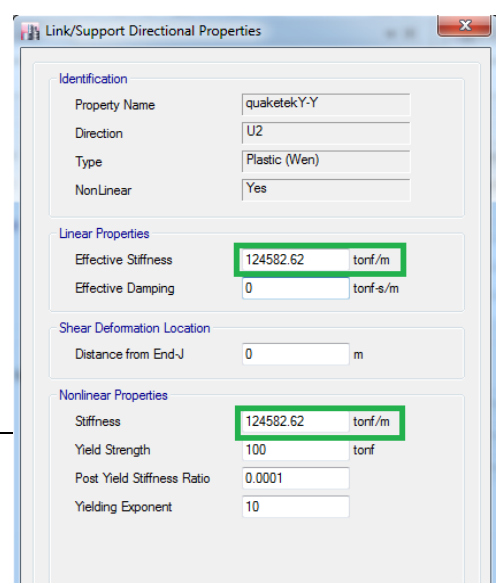
Nonlinear Properties

Stiffness: 116545.03 tonf/m

Yield Strength: 100 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.0001

Yielding Exponent: 10



Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: quaketek Y-Y

Direction: U2

Type: Plastic (Wen)

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 124582.62 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Nonlinear Properties

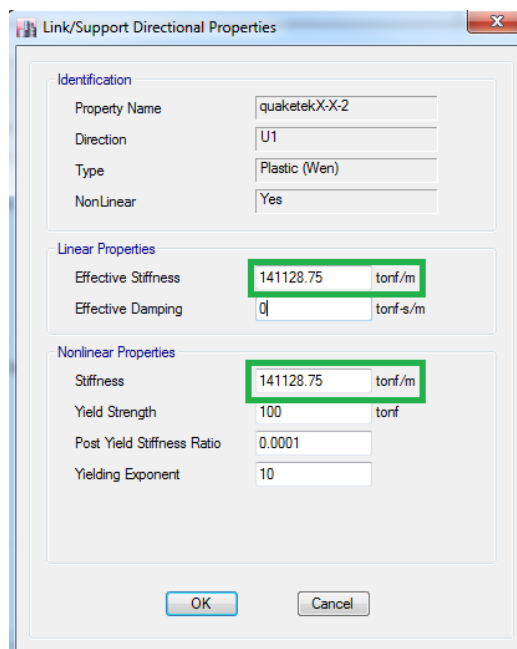
Stiffness: 124582.62 tonf/m

Yield Strength: 100 tonf

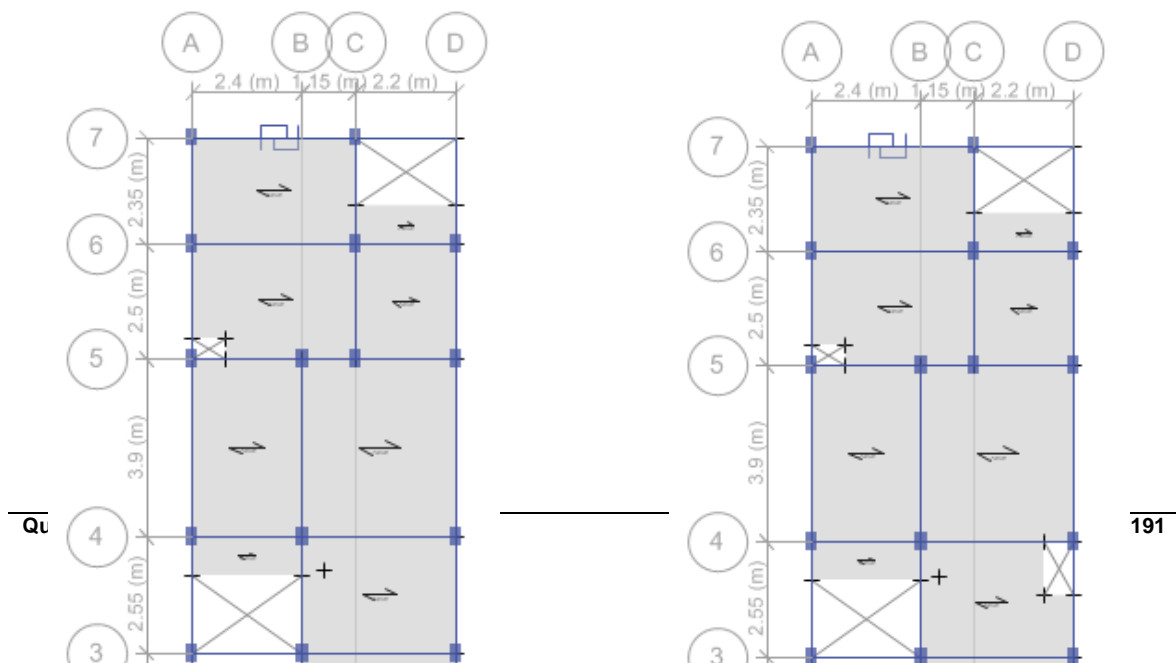
Post Yield Stiffness Ratio: 0.0001

Yielding Exponent: 10

**Figura 122** Propiedades del primer y segundo disipador en el Eje X.  
Fuente: Propia.



**Figura 123** Propiedades del disipador en el Eje Y.  
Fuente: Propia.

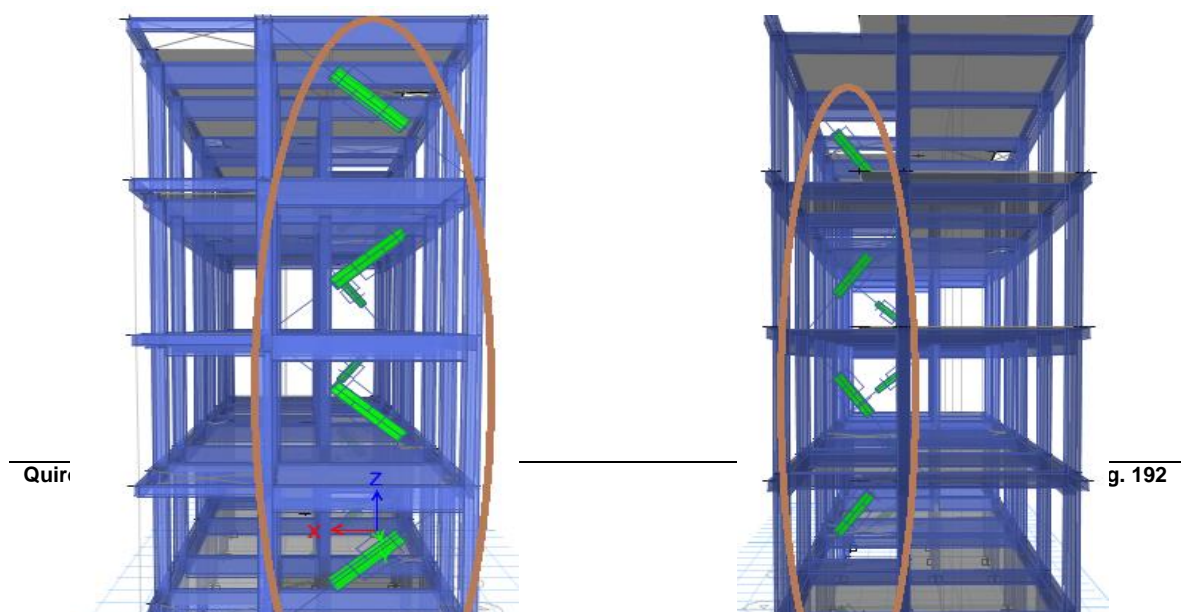


1°Piso

2°, 3°, 4°,5° Piso

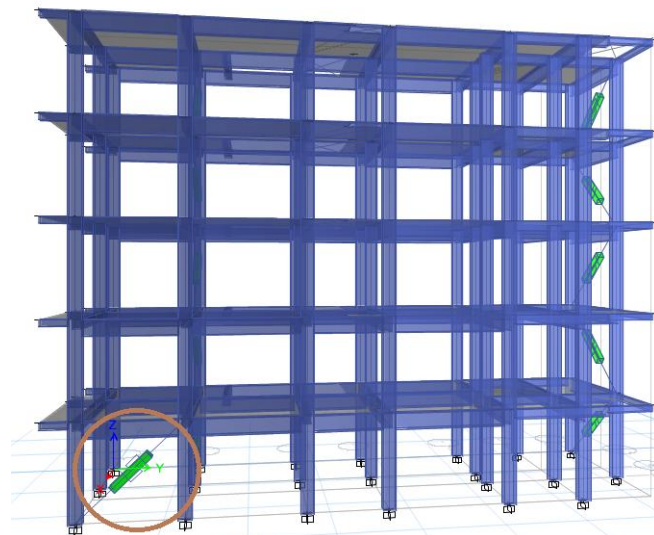
*Figura 124 Disposición de disipadores vista en planta-segunda estructura.*  
**Fuente: Propia.**

-Cómo podemos ver se establecieron 2 disipadores de fricción por cada piso en la dirección X y solo un disipador en el primer piso en la dirección Y (ver figura 124,125 y 126).





*Figura 125 Disposición de disipadores en el Eje X.-segunda estructura.*  
Fuente: Propia.



*Figura 126 Disposición de disipadores en el Eje Y.*  
Fuente: Propia.

#### 4.13. Análisis Dinámico no lineal tiempo- historia con disipadores de fricción

Se procede a sacar los desplazamientos en las dos direcciones de análisis de acuerdo a nuestro sismo de diseño empleado que viene ser la Etapa 1 Ica-2007(ver figura 127).

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX m	UY m
Story5	D5	Etapa1-ICA 2007...	0.078693	0.046466
Story4	D4	Etapa1-ICA 2007...	0.061857	0.040298
Story3	D3	Etapa1-ICA 2007...	0.043854	0.031506
Story2	D2	Etapa1-ICA 2007...	0.027586	0.021744

*Figura 127 Desplazamientos-Análisis dinámico no lineal-tiempo historia-segunda estructura.*

**Fuente: Propia.**

-Se procede a sacar las derivas inelásticas de los desplazamientos de nuestro sismo de diseño en las dos direcciones de análisis (ver tabla 136).

*Tabla 136 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores en X-segunda estructura.*

Piso	Diafragma	Sismo	UX	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		≤ 0.007
5	D5	Etapa1-ICA 2007 Max	0.078693	0.016836	3	0.005612	SI CUMPLE
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.061857	0.018003	3	0.006001	SI CUMPLE
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.043854	0.016268	3	0.005422667	SI CUMPLE
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.027586	0.014289	3	0.004763	SI CUMPLE
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.013297	0.013297	3	0.004432333	SI CUMPLE

**Fuente: Propia.**

*Tabla 137 Análisis sísmico dinámico no lineal con disipadores en Y-segunda estructura.*

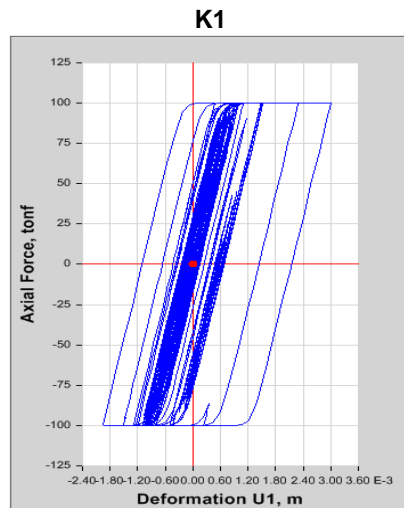
Piso	Diafragma	Sismo	UY	D.Relativo	Hi	Derivas Inelásticas	E-030
			m	m	m		≤ 0.007
5	D5	Etapa1-ICA 2007 Max	0.046466	0.006168	3	0.002056	SI CUMPLE
4	D4	Etapa1-ICA 2007 Max	0.040298	0.008792	3	0.002930667	SI CUMPLE
3	D3	Etapa1-ICA 2007 Max	0.031506	0.009762	3	0.003254	SI CUMPLE
2	D2	Etapa1-ICA 2007 Max	0.021744	0.011433	3	0.003811	SI CUMPLE
1	D1	Etapa1-ICA 2007 Max	0.010311	0.010311	3	0.003437	SI CUMPLE

**Fuente: Propia.**

-Cómo podemos observar las derivas son menores al límite de distorsión que nos da la norma E.030 de simorresistente por el cual podemos concluir que es una estructura que puede soportar un sismo severo.

#### 4.13.1. Comportamiento histerético:

El comportamiento histerético se verifica con el correcto comportamiento de los disipadores acoplados a la estructura en análisis, en el cual mediante esta curva demuestra una relación de fuerza y desplazamiento en curvas rectangulares que son de los disipadores a fricción (ver figura 128).



*Figura 128 Comportamiento histerético.*  
Fuente: Propia.

## 5. Porcentaje de reducción del centro de masas y derivas

### 5.1. Desplazamientos en el centro de masa (primera estructura)

*Tabla 138 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X.*

X-X
-----

Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR Y MURO ESTRUCTURAL	% de Reducción
4	0.393894	0.057361	85.44
3	0.341224	0.04353	87.24
2	0.254137	0.029343	88.45
1	0.139979	0.016548	88.18

Fuente: Propia.

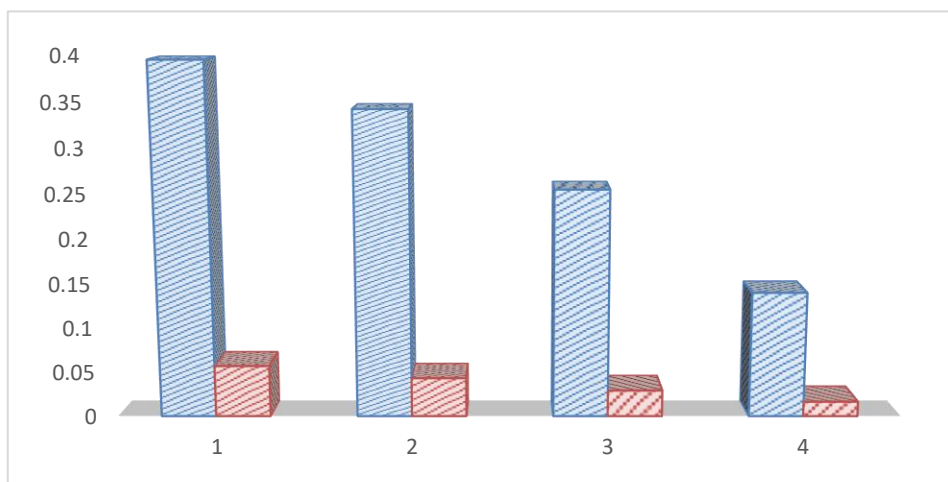


Figura 129 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X.

Fuente: Propia.

Tabla 139 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y.

Y-Y

Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR Y MURO ESTRUCTURAL	% de Reducción
4	0.620149	0.072287	88.34
3	0.571615	0.056147	90.18
2	0.479434	0.041241	91.40
1	0.350172	0.027691	92.09

Fuente: Propia.

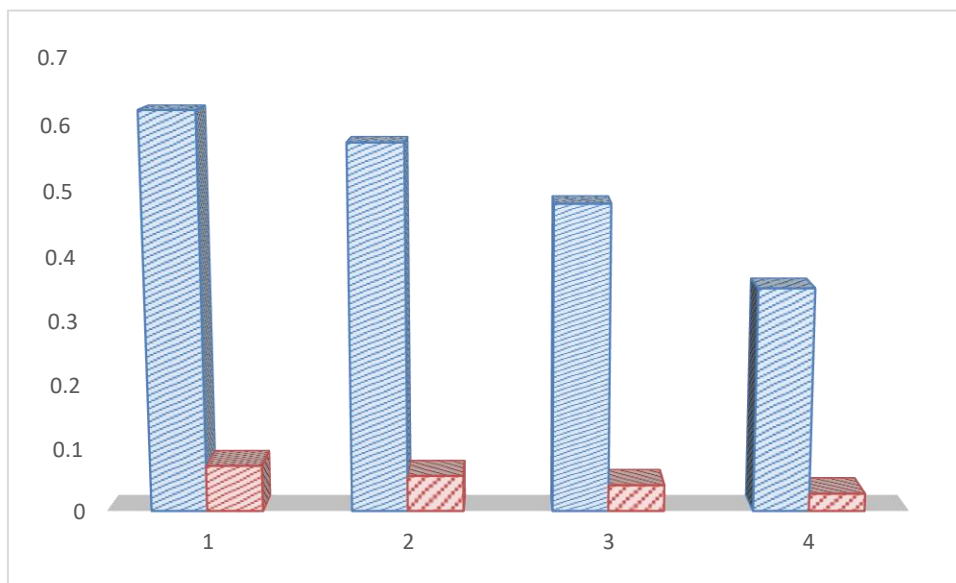


Figura 130 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y.

Fuente: Propia.

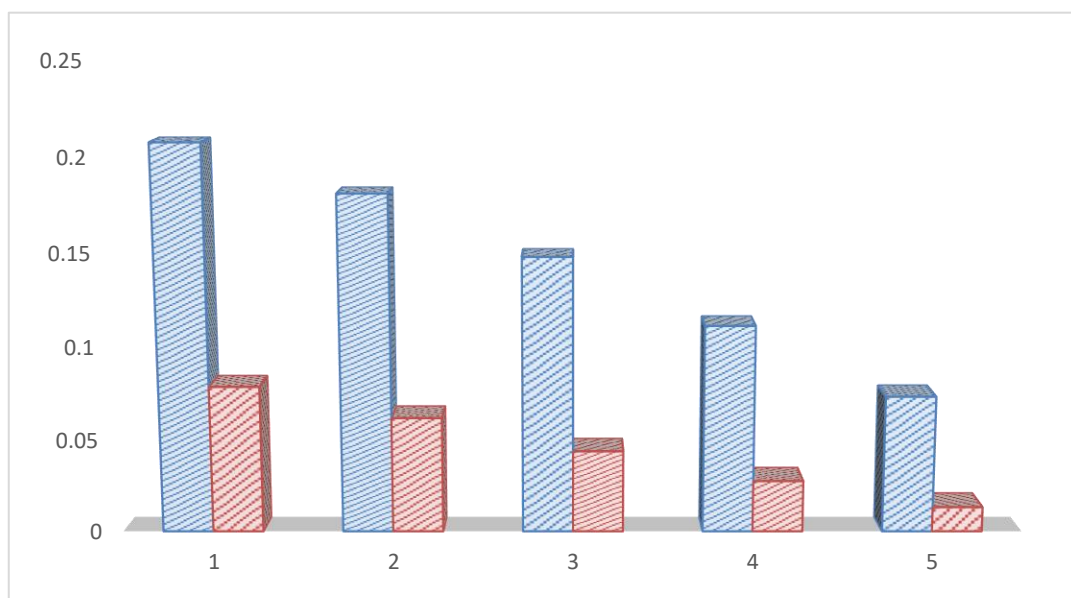
## 5.2. Desplazamientos en el centro de masa (segunda estructura)

X-X

Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	% de Reducción
5	0.207254	0.078693	62.03
4	0.18079	0.061857	65.79
3	0.147756	0.043854	70.32
2	0.111311	0.027586	75.22
1	0.07337	0.013297	81.88

*Tabla 140 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X- segunda estructura.*

Fuente: Propia.



*Figura 131 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje X- segunda estructura.*

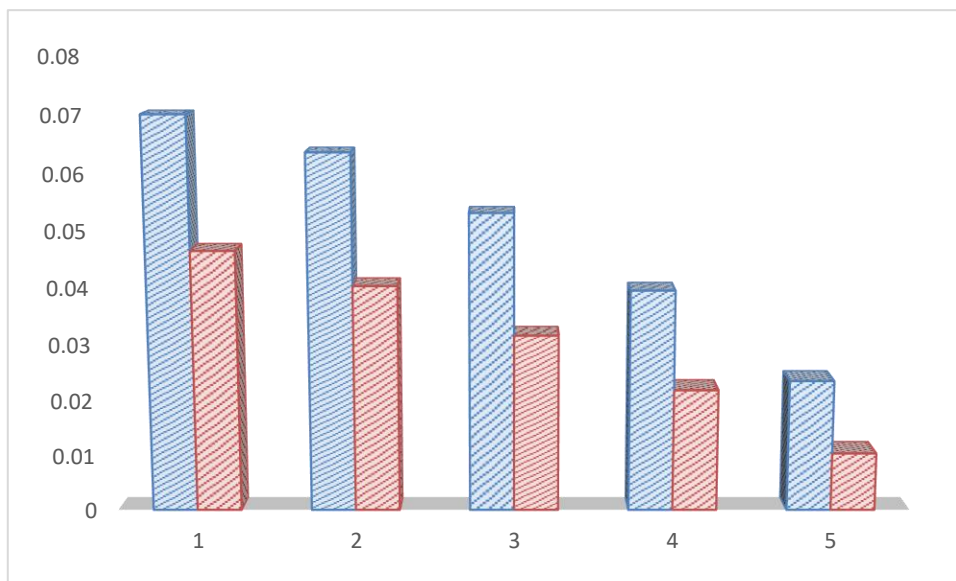
Fuente: Propia.

*Tabla 141 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y- segunda estructura.*

Y-Y			
Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	% de Reducción

5	0.070074	0.046466	33.69
4	0.063566	0.040298	36.60
3	0.053089	0.031506	40.65
2	0.039488	0.021744	44.94
1	0.023397	0.010311	55.93

Fuente: Propia.



*Figura 132 Desplazamiento en el Centro de Masa –Eje Y-segunda estructura.*

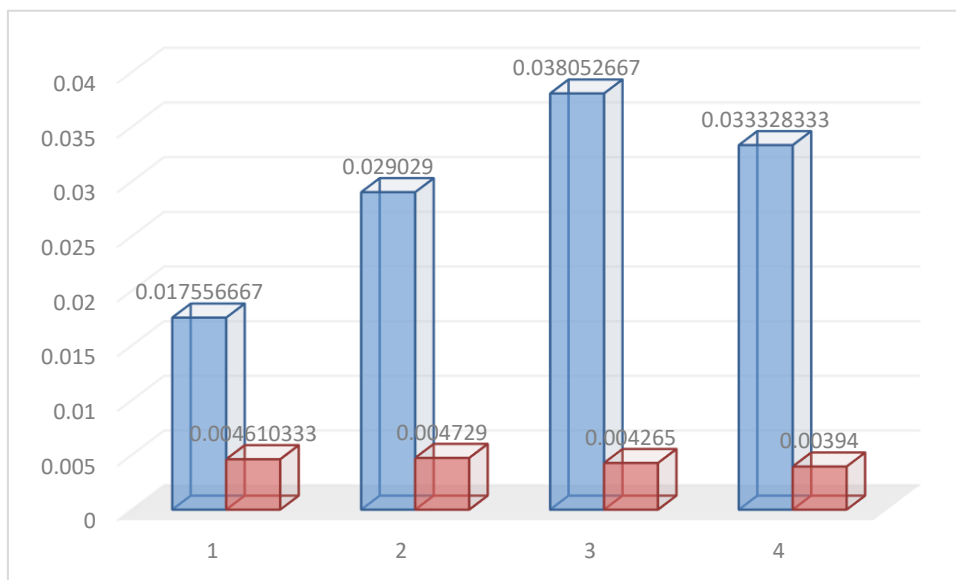
Fuente: Propia.

### 5.3. Derivas de entrepiso (primera estructura)

*Tabla 142 Derivas de entrepiso en el Eje X.*

X-X			
Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR Y MURO ESTRUCTURAL	% de Reducción
4	0.017556667	0.004610333	73.74
3	0.029029	0.004729	83.71
2	0.038052667	0.004265	88.79
1	0.033328333	0.00394	88.18

Fuente: Propia.



*Figura 133 Derivas de entrepiso en el Eje X.*

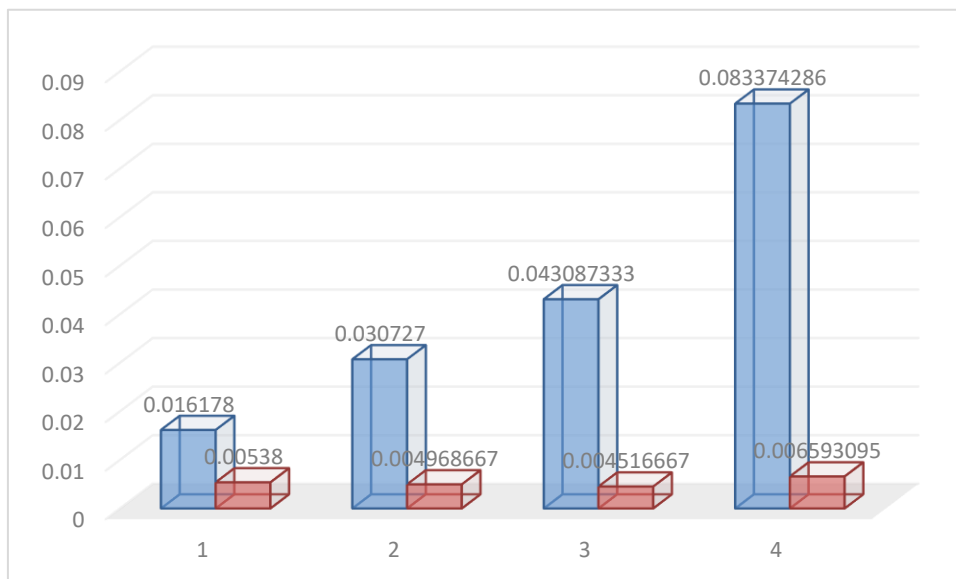
Fuente: Propia.



*Tabla 143 Derivas de entrepiso en el Eje Y.*

Y-Y			
Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR Y MURO ESTRUCTURAL	% de Reducción
4	0.016178	0.00538	66.74
3	0.030727	0.004968667	83.83
2	0.043087333	0.004516667	89.52
1	0.083374286	0.006593095	92.09

Fuente: Propia.



*Figura 134 Derivas de entrepiso en el Eje Y.*

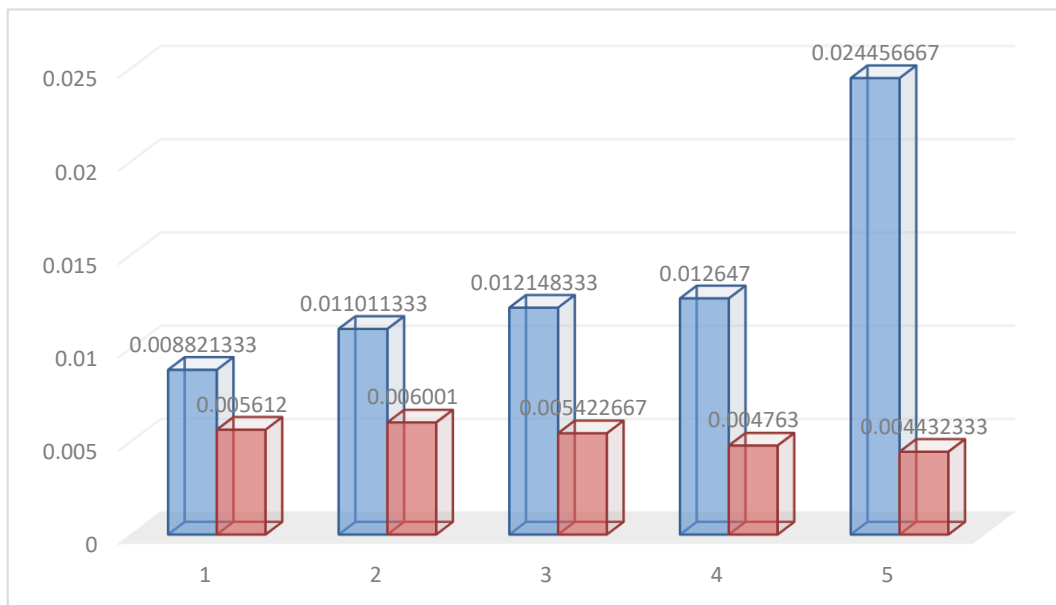
Fuente: Propia.

#### 5.4. Derivas de entrepiso (Segunda estructura)

**Tabla 144 Derivas de entrepiso en el Eje X-segunda estructura.**

X-X			
Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	% de Reducción
5	0.008821333	0.005612	36.38
4	0.011011333	0.006001	45.50
3	0.012148333	0.005422667	55.36
2	0.012647	0.004763	62.34
1	0.024456667	0.004432333	81.88

Fuente: Propia.



**Figura 135 Derivas de entrepiso en el Eje X-segunda estructura.**

Fuente: Propia.

**Tabla 145 Derivas de entrepiso en el Eje Y-segunda estructura.**

Y-Y
-----

Piso	SIN DISIPADOR	CON DISIPADOR	% de Reducción
5	0.002169333	0.002056	5.22
4	0.003492333	0.002930667	16.08
3	0.004533667	0.003254	28.23
2	0.005363667	0.003811	28.95
1	0.007799	0.003437	55.93

Fuente: Propia.

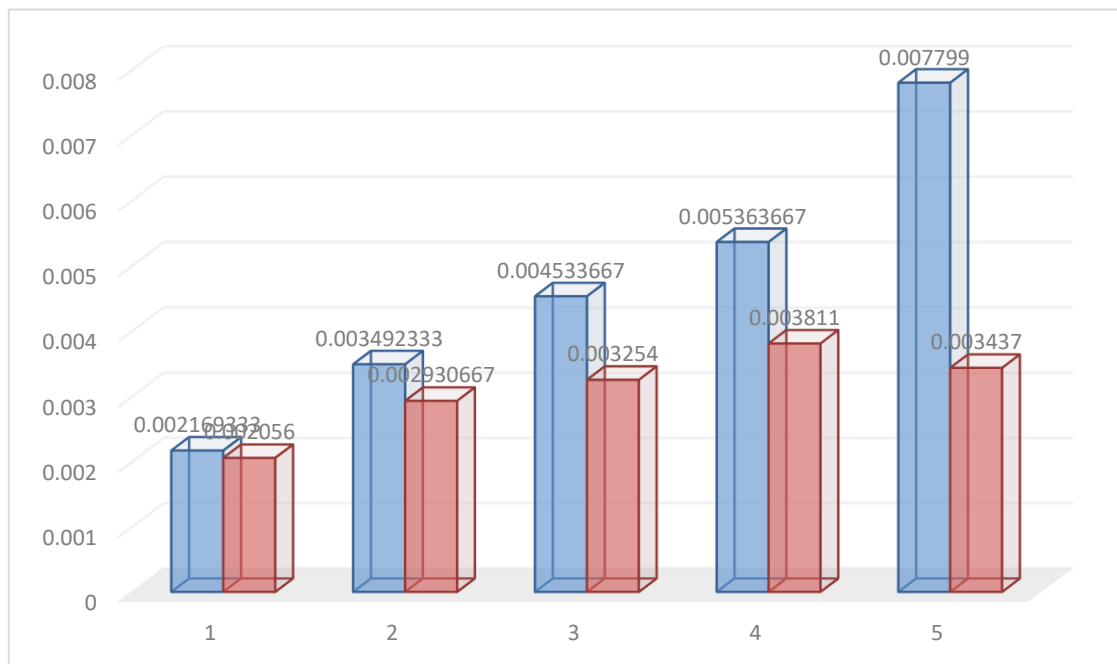


Figura 136 Derivas de entrepiso en el Eje Y-segunda estructura.

Fuente: Propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusiones:

- **costo y beneficio de contar con disipadores sísmicos de fricción (quaketek)**

El costo de los disipadores a fricción es generalmente menor al costo de los disipadores de fluido viscoso (ver anexo 5).

Inversión del 10 % a 20% menos del costo comparado con los disipadores fluido viscoso(S/.12529 soles peruanos).CDV disipadores de fluido viscosos (Casana, 2018).

- **Cuadro comparativo de las dos estructuras según la norma peruana E.030-2018**

-Como se ve en la tabla 146 se hizo un cuadro comparativo de las dos estructuras según las especificaciones que nos da la norma .E.030 -2018, estableciendo las principales diferencias a continuación:

- ✓ Las dos estructuras están ubicadas en el departamento la libertad en la ciudad de Trujillo del Distrito el Milagro por el cual está en la zona 4.
- ✓ El periodo fundamental de la primera estructura original es de 0.377 seg y de la segunda estructura original es de 0.429 seg.
- ✓ Las dos estructuras presenta irregularidad por piso blando.
- ✓ La primera estructura presenta irregularidad de extrema rigidez en cambio la segunda estructura no presenta irregularidad de extrema rigidez.
- ✓ La primera estructura que es un restaurante hotel presenta mayor irregularidad que la segunda estructura que es una vivienda multifamiliar.
- ✓ El coeficiente de reducción sísmica con las irregularidades de la primera estructura es ( $R=3$ ), mientras la segunda estructura es de ( $R=6$ ).
- ✓ El sismo de diseño, tiempo historia de la primera estructura es Ica 2007 Etapa 2.
- ✓ El sismo de diseño, tiempo historia de la segunda estructura es Ica 2007 Etapa 1.

*Tabla 146 Cuadro comparativo de las dos estructuras según la norma E.030-2018.*

Primera Estructura	Segunda Estructura
<p><b>Factor de zona (Z)</b> Para esta investigación tenemos a la estructura ubicada en el departamento la libertad en la ciudad de Trujillo del Distrito el Milagro por el cual eta ubicada en la zona 4 según el mapa de zonificación según nuestra norma E.030 2018.</p> <p><b>Perfil del suelo (S)</b> Según estudios a diferentes zonas de Trujillo el Distrito del El Milagro, presenta suelo blando, por el cual según nuestra norma E.030 presenta un factor de suelo S3</p> <p><b>Periodo fundamental de vibración (T)</b> Tp= 1.0 Tl= 1.60 Ct=35 ( pórticos estructurales) hn = 13.20 m <b>Txy = 0.377 seg</b></p>	<p><b>Factor de zona (Z)</b> Para esta investigación tenemos a la estructura ubicada en el departamento la libertad en la ciudad de Trujillo del Distrito el Milagro por el cual eta ubicada en la zona 4 según el mapa de zonificación según nuestra norma E.030 2018.</p> <p><b>Perfil del suelo (S)</b> Según estudios a diferentes zonas de Trujillo el Distrito del El Milagro, presenta suelo blando, por el cual según nuestra norma E.030 presenta un factor de suelo S3</p> <p><b>Periodo fundamental de vibración (T)</b> Tp= 1.0 Tl= 1.60 Ct=35 ( pórticos estructurales) hn =15 m <b>Txy = 0.429 seg</b></p>

<p><b>Factor de amplificación sísmica (C)</b></p> <p><math>T &lt; T_p</math>  <math>0.377 &lt; 1</math>  <math>C = 2.5</math></p> <p><b>Categoría de la edificación (U)</b></p> <p>U=1 (edificaciones comunes, Hotel)</p> <p><b>Coefficiente de reducción sísmica (R)</b></p> <p>R=8 (pórticos)</p> <p><b><u>Irregularidades Estructurales en altura</u></b></p> <p><b>Irregularidad de rigidez – Piso blando</b>          -presenta irregularidad de piso blando mayormente en el piso 1 de la dirección Y.</p> <p><b>Irregularidad de resistencia – Piso débil</b>          No presenta irregularidad de piso blando</p> <p>Porque la resistencia de cada entrepiso es mayor que el 80 % de la resistencia de cada entrepiso superior</p> <p><b>Irregularidad de extrema de rigidez</b></p> <p>Presenta irregularidad de extrema rigidez          -vemos en la dirección Y presenta irregularidad de extrema rigidez en el primer piso, por el cual concluimos que si presenta irregularidad de extrema rigidez</p>	<p><b>Factor de amplificación sísmica (C)</b></p> <p><math>T &lt; T_p</math>  <math>0.429 &lt; 1</math>  <math>C = 2.5</math></p> <p><b>Categoría de la edificación (U)</b></p> <p>U=1 (edificaciones comunes, vivienda)</p> <p><b>Coefficiente de reducción sísmica (R)</b></p> <p>R=8 (pórticos)</p> <p><b><u>Irregularidades Estructurales en altura</u></b></p> <p><b>Irregularidad de rigidez – Piso blando</b>          -presenta irregularidad de piso blando mayormente en el piso de la dirección X</p> <p><b>Irregularidad de resistencia – Piso débil</b>          No presenta irregularidad de piso blando</p> <p>Porque la resistencia de cada entrepiso es mayor que el 80 % de la resistencia de cada entrepiso superior</p> <p><b>Irregularidad de extrema de rigidez</b></p> <p>No presenta irregularidad de extrema rigidez          -la rigidez lateral del 1 piso en las dos dirección X y Y es superior al 60% del piso inmediato superior y además es mayor que el 70% del promedio de los 3 pisos superiores</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Irregularidad de extrema de resistencia</b> No presenta irregularidad de extrema resistencia</p> <p>-Vemos en la dirección (X, Y) no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % de los entrepisos superiores.</p> <p><b>Irregularidad de masas</b></p> <p>Vemos que no existe irregularidad de masas porque la masa del primer nivel no es mayor al 1.5 de las masas de los demás pisos adyacentes.</p> <p><b>Irregularidad geométrica vertical</b></p> <p>-Vemos que no presenta irregularidad geométrica vertical porque se observa que en las dos direcciones de análisis, los pisos superiores adyacentes no sobrepasan el 130% de las dimensiones a los demás pisos inferiores</p> <p><b><u>Irregularidades estructurales en planta</u></b></p> <p><b>Irregularidad Torsional</b></p> <p>-Vemos el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en la dirección X, no es mayor que el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso de los extremos del edificio por el 1.3 ni tampoco extrema irregularidad torsional que es pro el 1.5.</p>	<p><b>Irregularidad de extrema de resistencia</b> No presenta irregularidad de extrema resistencia</p> <p>-Vemos en la dirección (X, Y) no presenta irregularidad de extrema resistencia, puesto que las fuerzas cortantes no son inferiores al 65 % de los entrepisos superiores.</p> <p><b>Irregularidad de masas</b></p> <p>Vemos que no existe irregularidad de masas porque la masa del primer nivel no es mayor al 1.5 de las masas de los demás pisos adyacentes.</p> <p><b>Irregularidad geométrica vertical</b></p> <p>-Vemos que no presenta irregularidad geométrica vertical porque se observa que en las dos direcciones de análisis, los pisos superiores adyacentes no sobrepasan el 130% de las dimensiones a los demás pisos inferiores</p> <p><b><u>Irregularidades estructurales en planta</u></b></p> <p><b>Irregularidad Torsional</b></p> <p>-Vemos que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es menor que el 50 % del desplazamiento permisible que nos da la norma (0.007), por el cual concluimos que la edificación no presenta irregularidad torsional y para el mismo caso tampoco presenta irregularidad torsional extrema.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Coefficiente de reducción sísmica**

$$R = 8 \times I_o \times I_o$$

$$R = 8 \times 0.75 \times 0.50$$

$$R = 3$$

**Fuerza cortante en la base:**

$$V_{xy} = 614.44 \text{ Tn}$$

**Periodos**

$$T_x = 1.221 \text{ Seg}$$

$$T_y = 1.053 \text{ Seg}$$

**Masas y peso sísmico**

PISO	Masas	P. Sísmico
	Tnf.s2/m	Tn
4	34.9	342.369
3	38.51731	377.85481
2	38.51731	377.85481
1	39.37025	386.22215

**Cortante estático y cortante dinámico :**

$$SEX = 503.22 \text{ Tn}$$

$$SEY = 583.51 \text{ Tn}$$

$$SDX = 532.4025 \text{ Tn}$$

$$SDY = 525.159 \text{ Tn}$$

**Sismo de diseño -Tiempo Historia :**

ICA 2007- ETAPA 2

**Coefficiente de reducción sísmica**

$$R = R_o \times I_o$$

$$R = 8 \times 0.75$$

$$R = 6$$

**Fuerza cortante en la base:**

$$V_{xy} = 83.81 \text{ Tn}$$

**Periodos**

$$T_x = 0.631 \text{ Seg}$$

$$T_y = 0.614 \text{ Seg}$$

PISO	Masas	P.sismico
	(Tnf.s2/m)	(Tn)
5	7.08138	69.4683378
4	8.39182	82.3237542
3	8.39182	82.3237542
2	8.39182	82.3237542
1	8.32206	81.6394086

**Masas y peso sísmico**

**Cortante estático y cortante dinámico :**

$$SEX = 83.81 \text{ Tn}$$

$$SEY = 83.81 \text{ Tn}$$

$$SDX = 75.429 \text{ Tn}$$

$$SDY = 75.429 \text{ Tn}$$

**Sismo de diseño -Tiempo Historia :**

ICA 2007- ETAPA 1

Fuente: Propia.



- En la tablas 13, 14, 15, 16,17 y 18 se muestra el análisis estático de la primera estructura obteniendo una fuerza cortante de 614.44 tn, en la tablas 85, 86, 87, 88,89 y 90 se muestra el análisis estático de la segunda estructura obteniendo una fuerza cortante de 83.81 tn en ambas direcciones.
- En la tabla 19,20,21,22,23,24,25,26,27,29 hasta la tabla 41 se muestra las irregularidades según la norma E.030.2018 de la primera estructura, teniendo la irregularidad de piso blando y de extrema rigidez, por el cual el coeficiente de reducción sísmica es de  $R=3$  a diferente como vemos en las tablas 91, 92,93,94,95,96,97,98,99,100 y 101 solo presenta irregularidad de piso blando por el cual nuestro coeficiente de reducción sísmica es de  $R=6$ .
- En la figura 39, 40,41 se muestra la corrección por periodo real sísmico sacando su nueva cortante en la base en la dirección X de 503.22 tn y en la dirección Y de 583.51 tn como vemos en la figura 42, por el cual en la figura 96, 97,98 se muestra la corrección en la segunda estructura sacando la cortante de 83.81 tn en ambas direcciones de análisis.
- En la tabla 46 y 47 se muestra el control de las derivas estáticas sin disipadores a fricción, teniendo como máxima deriva entrepiso en la dirección X de 0.03380 m y en la dirección Y de 0.06224 m, en cambio en la segunda estructura como se muestra en la tabla 106 y 107 la máxima deriva de entrepiso en el dirección X es de 0.01687 m y en la dirección Y de 0.0074 m casi llegando al límite permisible esto nos dice que la segunda estructura en el eje Y era más resistente.
- En la figura 44, 45,46 se muestra los espectro de respuesta de la primera estructura, espectro de aceleración, de desplazamiento y de velocidad, la máxima aceleración de la edificación es 0.4125 m/s<sup>2</sup>, en cambio en la segunda estructura la máxima aceleración es de 0.2063 m/s<sup>2</sup> por el cual se establece que la primera estructura es más vulnerable.
- En la tabla 50 se muestra el cortante estático y dinámico en ambas direcciones, teniendo como máximo cortante en el eje Y con 583.51 tn, y de contante dinámico de 532.40 tn, en la segunda estructura como se ve en la tabla 110 el máximo cortante estático es de 83.81 tn en ambas direcciones y el cortante dinámico es de 45.43 tn en ambas direcciones.

- En la tabla 52 y 53 se muestra el control de derivas dinámicas sin disipadores a fricción en la primera estructura, teniendo como máxima deriva entrepiso en la dirección X de 0.03401m y en la dirección Y de 0.05174 m, en la segunda estructura como se muestra en la tabla 112 y 113 la máxima deriva entrepiso en la dirección X es de 0.01555 m y en la dirección Y de 0.00631 m pasando el límite de distorsión en el eje Y, siendo el eje X la más vulnerable.
- En la tabla 55 y 56 se muestra el control de derivas cuando R es 1 cuando el edificio entra en un comportamiento ante un sismo severo, en la primera estructura obteniendo su máxima deriva en la dirección X de 0.04000 m y en la dirección Y de 0.06087 m en cambio en la segunda estructura como se ve en la tabla 115 y 116 su máxima deriva en X es de 0.01829 m.
- En la tabla 72 y 73 se muestra el sismo de diseño adecuado para el análisis ante un sismo severo en la primera estructura se escogió el sismo de Ica 2007 etapa 2, en cambio en la segunda estructura se eligió el sismo de Ica 2007 pero la etapa 1 como se muestra en la tabla 132 y 133 siendo así Ica 2007 el sismo de diseño para ambas edificaciones para resistir un sismo severo.
- En la figura 63 y 64 se estable la rigidez del brazo metálico del disipador a fricción en la primera estructura la rigidez en la dirección X es de 88167.20  $Tn/m$ , en la dirección Y de 75129.54  $Tn/m$ , en cambio en la segunda estructura se empleó dos rigideces distintas en la dirección X, la primera es de 116545.03  $Tn/m$  y la segunda de 141128.75  $Tn/m$  y en la dirección Y es de 124582.62  $Tn/m$ .
- En la figura 69 y 70 se establecieron la distribución de los disipadores a fricción, en la primera estructura Se emplearon diez disipadores en la dirección X por cada piso y dos en la dirección Y desde el segundo piso, puesto que la dirección más vulnerable era la X, en cambio en la segunda estructura se emplearon dos disipadores de fricción por cada piso en la dirección X y solo un disipador en el primer piso en la dirección Y como se ve en las figura 124.
- En la figura 73 y 74 en la primera estructura se hizo la distribución de refuerzo estructural sísmico (muros estructurales), se diseñó (ver figura 84,87) en base a su arquitectura puesto que con solo disipadores no cumplía las derivas de entrepiso, por el contrario en la segunda estructura era necesario el refuerzo estructural sísmico puesto que cumplía solo con disipadores a fricción.

- En la tabla 83 y 84 se hizo el control de derivas del análisis tiempo historia no lineal con disipadores a fricción con refuerzo estructural sísmico en la primera estructura, obteniendo la máxima deriva de entrepiso en la dirección X de 0.0047 m y en la dirección Y de 0.0065m, en cambio en la segunda estructura solo con disipadores a fricción se obtuvo una deriva máxima de 0.0060m en la dirección X y en la dirección Y se tiene una deriva 0.0038 m, entonces podemos ver que en la segunda estructura en el eje Y es más resistente que la X ,cumpliendo así en las dos estructuras el límite permisible de la norma y resisten ante un sismo severo.
- En la primera estructura se logró un buen porcentaje de reducción de desplazamiento de masas como se observa en la tabla 138 y figura 129 en el Eje X un 88.45 % máximo de reducción y en el eje Y del 92.09% en la tabla 139.
- En la segunda estructura se logró un buen porcentaje de reducción de desplazamiento de masas como se observa en la tabla 140 y figura 131 en el Eje X un 81.88 % máximo de reducción y en el Eje Y del 55.93 % en la tabla141.
- En la primera estructura se logró un buen porcentaje de reducción de derivas de entrepiso como se observa en la tabla 142 y figura 133 en el Eje X un 88.79 % máximo de reducción y en el Eje Y del 92.09 % en la tabla 143.
- En la segunda estructura se logró un buen porcentaje de reducción de derivas de entrepiso como se observa en la tabla 144 y figura 135 en el Eje X un 81.88 % máximo de reducción y en el Eje Y del 55.93 % en la tabla 145.
- Tomando como trabajo previo los resultados de la tesis (casana, 2018).*desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de tumbes*.el porcentaje máximo de reducción de desplazamiento en el centro de masas con disipadores de fluido viscoso es del 46 % de reducción, en cambio el porcentaje de reducción máxima con disipadores a fricción de la primera estructura en el eje "x" es del 88.45% que se observa en la tabla 138, como podemos observar los disipadores a fricción nos generan una reducción casi el doble del reducción que nos ofrece los otros tipos de disipadores.
- Por el cual en la segunda estructura en el eje "x", tenemos que el porcentaje de reducción sísmica es del 81.88% que se observa en la tabla 140, con disipadores a

fricción comparado con los disipadores de fluido viscoso que es del 46 % (casana,2018) podemos decir que los disipadores a fricción son más eficientes.

- Por el cual en la primera estructura en el eje "y", el porcentaje máximo de reducción de desplazamiento en el centro de masas con disipadores de fluido viscoso es del 53 % de reducción (casana,2018), en cambio el porcentaje de reducción máxima con disipadores a fricción es del 92.09% como se observa en la tabla 139.
- En la segunda estructura en la eje "y", el porcentaje máximo de reducción de desplazamiento en el centro de masas con disipadores de fluido viscoso es del 53 % de reducción (casana,2018), en cambio el porcentaje de reducción máxima con disipadores a fricción es del 55.93%. como se observa en la tabla 141.
- Se tiene que el porcentaje máximo de reducción de derivas de entrepiso en el eje "x" con disipadores de fluido viscoso es del 55% de reducción (casana,2018), en cambio el porcentaje de reducción máxima con disipadores a fricción es del 88.79% como se observa en la tabla 142, como podemos observar los disipadores a fricción nos generan una reducción casi el doble del reducción que nos ofrece los otros tipos de disipadores.
- En la segunda estructura en el eje "x" con disipadores a fricción tiene un porcentaje de reducción del 81.88 % como se observa en la tabla 144, en cambio en la estructura con disipadores con fluido viscoso alcanza un porcentaje de reducción máxima del 55 % (casana,2018), por el cual podemos decir que con disipadores a fricción alcanza un mayor porcentaje de reducción sísmica.
- Como podemos observar en la tabla 143, en la primera estructura en el eje "y" con disipadores a fricción tiene un porcentaje de reducción del 92.09 % de reducción, en cambio en la estructura con disipadores con fluido viscoso alcanza un porcentaje de reducción máxima del 55 % (casana, 2018), por el cual podemos decir con disipadores a fricción alcanza un mayor porcentaje de reducción sísmica.
- Como podemos observar en la tabla 145, en la segunda estructura en el eje "y" con disipadores a fricción tiene un porcentaje de reducción del 55.93 % de reducción, en cambio en la estructura con disipadores con fluido viscoso alcanza un porcentaje de reducción máxima del 56 % (casana, 2018), por el cual podemos decir que en la dirección "y" alcanza un similar porcentaje de reducción sísmica.

## Conclusiones

- Se evaluó el desempeño sísmico con disipadores a fricción en edificios bajos en el Distrito El Milagro en dos estructuras irregulares adecuadas para el correcto análisis sísmico en el cual tienen un desempeño operacional ante un sismo severo de gran magnitud.
- Se realizó el respectivo diseño de disipador a fricción para cada estructura de acuerdo a su módulo de elasticidad, área y longitud del brazo metálico en el cual la rigidez del disipador a fricción en la primera estructura en el eje "x" es de 88167.20 tn/m y en el eje "y" de 75129.54 tn/m, por lo mismo en la segunda estructura en el eje "x" es de 116545.03 tn/m y 141128.75 tn/m y en el eje "y" de 124582.62 tn/m.
- Se determinó el sismo de diseño mediante un análisis dinámico lineal tiempo historia y un análisis dinámico tiempo historia no línea con disipadores de fricción en el cual se emplearon los registros de sismo de Ica del año 2007, de lima del año 1974 y del sismo de lima del año 1966, de todos estos registros el sismo de diseño que más sollicitaciones sísmicas tuvieron las dos estructuras fue la de Ica 2007.
- Se realizó un reforzamiento estructural sísmico (Muro Estructural) para la primera estructura como se muestra en la figura 84 y en la figura 87 obteniendo así el área de acero vertical  $\emptyset 5/8$  y en área de acero horizontal de  $\emptyset 3/8$ .

- Se determinó y verifico que la respuesta estructural de las dos edificaciones la cual está en función de sus desplazamientos y derivas cumplen con el mínimo de deriva que nos da la norma E.030.2018 que es del 7%,según los resultados obtenidos del análisis tiempo historia no lineal de la primera estructura con disipadores a fricción y refuerzo sísmico estructural su máxima deriva de entrepiso es de 0.0047 m en la dirección X-X y 0.0065 m en la dirección Y-Y, en el caso de la segunda estructura con disipadores a fricción tenemos que su máxima deriva de entrepiso es de 0.006 m en la dirección X-X y 0.0038 m en la dirección Y-Y.
- Se logró un porcentaje de reducción de derivas ante un sismo severo importante en las dos estructuras gracias a los disipadores de fricción en ambas estructuras y al reforzamiento estructural (primera estructura),en el cual la primera estructura se logró con un porcentaje máximo de reducción del 88.79 % de derivas de entrepiso en la dirección X-X de la tabla 143 y del 92.09 % de derivas de entrepiso en la dirección Y-Y de la tabla 144, como también en la segunda estructura se logró un porcentaje máximo de reducción del 81.88 % de derivas de entrepiso en la dirección X-X de la tabla 145 y del 55.93 % de derivas de entrepiso en la dirección Y-Y de la tabla 146.
- Se concluye que los disipadores de fricción son más eficientes que otros tipos de disipadores como el del fluido viscoso, ya que presentan un porcentaje de reducción más eficiente siendo el doble del porcentaje de reducción que un disipador de fluido viscoso.

- Se concluye que se puede utilizar disipadores de fricción en estructuras bajas por el cual significa un bajo de costo en estructuras muy irregulares o vulnerables ante un sismo severo y que se pueda soportar un sismo severo de gran magnitud.
- Se concluye que utilizar estos dos modelos de estructuras de esta tesis como modelo para construir nuevas edificaciones y más con los disipadores a fricción nos darán un resguardo de vida muy importante ante un sismo severo.
- Se determinó el costo y beneficio del disipador a fricción obteniendo que la inversión en una estructura nueva se reduce hasta un 10 %, puesto que el precio es el 20 % menos que un disipador de fluido viscoso en el cual influye su valor presupuestal y también constructivo.

## REFERENCIAS

- Alvarez, M. G. (2012). *Análisis estático no lineal y análisis dinámico no lineal del hospital de vielha*. Barcelona.
- Vargas, G. (2010). *Principios de sismorresistencia - estructurasII*. Cali.
- Ávila, M. Á. (2016). *Vulnerabilidad sísmica de edificios del campus mocambo de la universidad veracruzana*. Veracruz.
- Barrios, H. H. (2014). *Análisis del enfoque de diseño sismorresistente para edificios en México*. México.
- Bradley, M. L. (2017). *Implementación de aisladores sísmicos*. Lima.
- Bradley, M. L. (2017). *Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú*. Lima.
- Bradley, M. L. (2017). *Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú*. Lima.
- Carazas, d. c. (2014). "Análisis y diseño estructural sismorresistente por el metodo de elementos finitos: pabellon de aulas i.e.s. charamaya - mañazo". Puno.
- Delucchi, H. (2010). *Revista EMB construcción*.
- Gonzales, J. j. (2011). *Análisis dinámico de estructuras irregulares empleando el programa de calculo estructural ETABS*. caracas.
- Inostroza, R. A. (2007). *Calificación sísmica de edificios altos*. Santiago de Chile.
- Martínez, J. J. (2014). *Efecto sísmico de tres modelos histeréticos para muros de mampostería confinada en los*. Monterrey.
- Oviedo, J. A. (2006). Colombia.
- Quintana, r. a. (2007). *Aplicación de columnas compuestas al diseño sísmico de edificios*. Chile.
- Quintana, r. a. (2007). *Aplicación de columnas compuestas al diseño sísmico de edificios en Chile*. Chile.
- Ramírez, P. C. (2015). *Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un*. Lima.
- Ramírez., P. C. (2015). *Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores*. Lima .
- Reboredo, A. B. (2014). *El análisis dinámico de construcciones sismo resistentes*.
- Sáenz, J. F. (2014). *Análisis comparativo de los métodos de diseño sismorresistente basado en fuerzas y basado en desplazamientos para edificaciones en el Ecuador*.
- Sarmiento, R. O. (2013). *Análisis sísmico comparativo de edificaciones educativas del distrito de Ica*. Ica.



## ANEXOS

### ANEXO N° 01: formato de guía de observación de la estructura sísmica.

#### FICHA DE EVALUACION DEL RIESGO SISMICO

##### I. DOMICILIO

1.1. DIRECCION	Av. América Sur #718-A Urb. Palermo		
1.2. DEPARTAMENTO:	La Libertad	1.3. PROVINCIA:	Trujillo
1.4. DISTRITO	Trujillo	1.5. ZONA Y MANZANA:	Urbanización Palermo

##### II. INFORMACION TECNICA

2.1. AREA CONSTRUIDA :	104.44 m <sup>2</sup>	2.3. USO:	Vivienda
2.2. ALTURA ENTRE PISO:	2.6 m	2.4. ANCHO:	
2.4. LARGO DE FACHADA:			

##### III. DESCRIPCIÓN

1. La vivienda cuenta con planos  
Si cuenta con todos los planos ( X ) Solo Arquitectura o Estructura ( ) Ninguno ( )
2. Durante el proceso constructivo con que tipo de técnico especialista se contó  
Ingeniero ( ) Maestro de obra ( X ) Arquitecto ( )
3. Según el parametro de sitio en que tipo de Zona se encuentra la vivienda :  
Zona 1 ( ) Zona 2 ( ) Zona 3 ( ) Zona 4 ( X )
4. Que tipo de suelo presenta el area donde se encuentra la vivienda :  
Suelo rígido ( ) Suelo Intermedios ( X ) Suelo flexibles ( )
5. De acuerdo a su topografía que tipo de pendiente presenta  
Menos del 10% ( X )  
Entre 10% y 20% ( )  
Entre 20% y 30% ( )  
Mayor del 30% ( )
6. Numero de pisos que presenta la vivienda :  
1 ( ) 2 ( ) 3 ( X ) 4 ( )
7. Como se encuentra la vivienda de acuerdo al tipo y organización del sistema resistente :  
( X ) Presenta en todas las plantas, vigas y columnas de amarre.  
( ) En todas las plantas, son conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros  
( ) No presenta vigas de amarre en todas las plantas, solo paredes en ángulo recto bien ligadas.  
( ) Paredes rectas no ligadas
8. Estado de conservación del muro :  
( X ) Muros en buena condicion, sin lesiones visibles  
( ) Muros que presentan lesiones no extendidas, con pequeñas fisuras  
( ) Muros con fisuras entre 2 a 3 milímetros de ancho  
( ) Muros con fuerte deterioro de sus materiales, con lesiones muy graves de mas de 3mm de ancho

N° de pisos	3
Ap (m <sup>2</sup> )	104.44
Z	0.45
U	1
S	1.05

Densidad mínima 0.0253125

MURO	L (m)	t(m)	L.t (m <sup>2</sup> )
Y1	3.80	0.15	0.57
Y2	3.50	0.15	0.53
Y3	1.90	0.15	0.29
Y4	1.13	0.15	0.17
Y5(Y)	9.44	0.15	1.42
Y6(Y)	3.63	0.15	0.54
Y7(Y)	1.07	0.15	0.16
Y8(Y)	3.33	0.15	0.50
X6(Y)	4.48	0.15	0.67

SUMATORIA 4.84

Densidad Y 0.046

CUMPLE

MURO	L (m)	t(m)	L.t (m <sup>2</sup> )
X1	12.00	0.15	1.80
X2	1.95	0.15	0.29
X3	5.58	0.15	0.84
X4	2.47	0.15	0.37
X5	2.09	0.15	0.31
X6 (X)	2.00	0.15	0.30
Y5 (X)	1.05	0.15	0.16
Y6 (X)	0.40	0.15	0.06
Y7 (X)	2.53	0.15	0.38
Y8 (X)	0.10	0.15	0.02

SUMATORIA 4.53

Densidad X 0.043

CUMPLE

VULNERABILIDAD			EXPOSICIÓN
ESTRUCTURAL		NO ESTRUCTURAL	
DENSIDAD (60%)	MANO DE OBRA Y MATERIALES (30%)	TABIQUERIA (10%)	TIPO DE SUELO



QUIROZ GORDILLO CARLO DAVID

Adecuada	1	Buena Calidad	1	Adecuada	1	Suelo Rígido	S1
Aceptable	2	Regular Calidad	2	Aceptable	2	Suelo Intermedio	S2
Inadecuada	3	Mala Calidad	3	Inadecuada	3	Suelo Flexible	S3

Vulnerabilidad Sísmica	
Baja	0 a 1.2
Media	1.3 a 1.6
Alta	1.7 a más

PELIGRO SÍSMICO		EXPOSICIÓN			
Sismicidad (40%)		perfil de suelo (40%)		Topografía y Pendiente (20%)	
Z1	1	S0 o S1	1	Terreno plano	1
Z2	2	S2	2	Terreno ondulado	2
Z3 ó Z4	3	S3 o S4	3	Terreno accidentado o	3

Peligro Sísmico y	
Baja	0 a 1.8
Medio	1.9 a 2.4
Alto	2.6 a más

Vulnerabilidad Sísmica	Valor	Peligro Sísmico y Exposición	Valor
Baja	1	Baja	1
Media	2	Media	2
Alta	3	Alta	3

RIESGO SÍSMICO (Cuantitativa)				RIESGO SÍSMICO (Cualitativa)				
Vulnerabilidad		1	2	3	Vulnerabilidad Peligro y exposición	Baja	Media	Alta
1	→	1	1,5	2	Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
2	↓	1,5 ←	2	2,5	Medio	MEDIO ←	MEDIO	ALTO
3		2	2,5	3	Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

#### IV. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

Esta vivienda tiene un riesgo sísmico de nivel MEDIO, por lo tanto no se ve tan afectado en un movimiento sísmico.

NOMBRE DEL EVALUADOR : Quiroz Gordillo, Carlo David

FECHA DE EVALUACION :

HORA DE INICIO:

HORA FINAL :

#### V. CONDICIÓN FINAL:

FIRMA :

ANEXO N° 02: Ensayo de esclerometría – primera estructura.

Esclerómetro



Cimiento



lectura -cimiento



Columna



lectura- columna



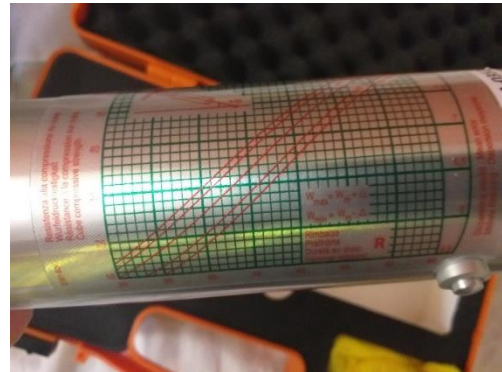
Viga



lectura-viga



Lectura de resultados



# Anexo N° 03

# Anexo N° 04

ANEXO N° 05: Presupuesto base de las edificaciones con disipadores a fricción.

PRESUPUESTO BASE DE DISIPADORES A FRICCIÓN-1 ESTRUCTURA

Descripción	und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Disipador marca Quaketek-Eje X	und	40.00	10,000.00	400,000.00
Disipador marca Quaketek-Eje Y	und	6.00	10,000.00	60,000.00
			total	460,000.00

PRESUPUESTO BASE DE DISIPADORES A FRICCIÓN-2 ESTRUCTURA

Descripción	und	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Disipador marca Quaketek-Eje X	und	10.00	10,000.00	100,000.00
Disipador marca Quaketek-Eje Y	und	1.00	10,000.00	10,000.00
			total	110,000.00

PRESUPUESTO BASE TOTAL DE LA 1 ESTRUCTURA	
ESTRUCTURAS	568,345.00
ARQUITECTURA	465,387.00
INSTALACIONES ELECTRICAS	89,361.00
INSTALACIONES SANITARIAS	50,613.00
total (S/.)	1,173,706.00

PRESUPUESTO BASE TOTAL DE LA 2 ESTRUCTURA	
ESTRUCTURAS	306,547.00
ARQUITECTURA	289,314.00
INSTALACIONES ELECTRICAS	28,965.00
INSTALACIONES SANITARIAS	22,869.00
total (S/.)	647,695.00

ANEXO N° 06 Excentricidad accidental en las dos edificaciones

CALCULO DE LA EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

	EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL-1 ESTRUCTURA			
	Lx(m)	Ly(m)	Ex(m)	Ey(m)
piso1	5.75	18.61	0.2875	5.350375
piso2	5.75	19.41	0.2875	5.580375
piso3	5.75	19.41	0.2875	5.580375
piso4	5.75	19.41	0.2875	5.580375

	EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL-2 ESTRUCTURA			
	Lx(m)	Ly(m)	Ex(m)	Ey(m)
piso1	59.2	10.08	2.96	29.8368
piso2	60	10.08	3	30.24
piso3	60	10.08	3	30.24
piso4	60	10.08	3	30.24
piso5	60	10.08	3	30.24



# Anexo N° 07

## ACTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **QUIROZ GORDILLO CARLO DAVID** bachiller de la carrera de Ingeniería Civil de la universidad Privada del Norte-Trujillo –San Isidro, con DNI 70576743. Solicito al propietario Gabriel Milton Vega Medina con DNI 18132891 el permiso para el acceso a su vivienda ubicada en la av. Miguel Grau Mz.2lt.7sector1 en el centro poblado el milagro con el fin de hacer el Análisis estructural sísmico en la edificación y hacer los ensayos respectivos sobre mi tesis denominada: "Evaluación del desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro, Trujillo 2019", así mismo me comprometo a cumplir con las normas y cuidar las instalaciones dentro de la edificación.



---

Propietario: vega Medina, Gabriel Milton  
DNI: 18132891

## ACTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **QUIROZ GORDILLO CARLO DAVID** bachiller de la carrera de Ingeniería Civil de la universidad Privada del Norte- Trujillo –San Isidro, con DNI 70576743. Solicito a la propietaria Silvia Estrada Leuterio con DNI 27544828 el permiso para el acceso a su vivienda ubicada en la av. Alfonso Ugarte Mz.20lt.30 en el centro poblado el milagro con el fin de hacer el Análisis estructural sísmico en la edificación y hacer los ensayos respectivos sobre mi tesis denominada: "Evaluación del desempeño sísmico con disipadores a fricción en dos edificios bajos en el centro poblado El Milagro, Trujillo 2019", así mismo me comprometo a cumplir con las normas y cuidar las instalaciones dentro de la edificación.



---

Propietaria: Estrada Leuterio, Silvia  
DNI: 27544828