



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL PABELLÓN A DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CON AISLADORES SÍSMICOS ELASTOMÉRICOS Y SIN AISLADORES SÍSMICOS”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

José Luis Soriano Cacho

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2014

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **José Luis Soriano Cacho**, denominada:

**“COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL PABELLÓN A DE  
LA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CON AISLADORES SÍSMICOS  
ELASTOMÉRICOS Y SIN AISLADORES SÍSMICOS”**

---

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno  
**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. CIP Sergio Nicola Quispe Salazar  
**JURADO**

---

Mg. Ing. Gerson Neri Quispe Rodríguez  
**JURADO**

## DEDICATORIA

*Dedico la presente investigación a mis padres y hermanos  
por brindarme la oportunidad de mejorar y obtener un nivel más para mi educación.*

*A mis abuelos que no se encuentran ahora pero me supieron educar y enseñar  
a tomar las decisiones correctas en estos caminos de la vida.*

## AGRADECIMIENTO

*Primero agradecer a Dios por estar conmigo y mantenerme con salud,  
fuerza y determinación suficiente para lograr dar un paso más  
en mi educación y llenar de orgullo a mi familia y amigos.*

*A mis padres por apoyarme y darme la fortaleza necesaria en todo lo que me he  
propuesto y por el esfuerzo realizado para salir adelante en mis estudios.*

*A mis hermanos por su constante apoyo a lo largo de la elaboración de mi investigación.*

*Agradecimiento especial al Ingeniero Miguel Mosqueira por compartir su sabiduría y  
conocimientos, por su apoyo, paciencia y dedicación, y por hacer posible el desarrollo de  
la presente investigación.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.1. Realidad problemática .....	22
1.2. Formulación del problema.....	25
1.3. Justificación.....	25
1.4. Limitaciones .....	26
1.5. Objetivos .....	26
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	26
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	26
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>27</b>
2.1. Antecedentes .....	27
2.2. Bases Teóricas .....	31
2.2.1. <i>Aislamiento Sísmico</i> .....	31
2.2.1.1. <i>Aisladores elastoméricos</i> .....	32
2.2.1.2. <i>Tipos de aisladores elastoméricos</i> .....	32
A) <i>Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento</i> .....	32
B) <i>Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento</i> .....	34
C) <i>Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo</i> .....	34
2.2.2. <i>Diseño del sistema de aislación</i> .....	37
2.2.2.1. <i>Condiciones generales en el diseño</i> .....	37
2.2.2.2. <i>Diseño Del Aislador</i> .....	38
A) <i>Diseño del aislador elastomérico de alto amortiguamiento (HDRB)</i> 38	
B) <i>Diseño del aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)</i> .....	48
2.2.2.3. <i>Modelamiento bilineal</i> .....	57
A) <i>Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDRB)</i> .....	57
B) <i>Diseño del aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)</i> .....	59
2.2.3. <i>Normas de diseño sísmico y aislamiento basal</i> .....	61

2.2.3.1.	<i>Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E.030</i> ....	61
2.2.3.2.	<i>American Society of Civil Engineers 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures</i> .....	64
2.2.3.3.	<i>Espectro de diseño</i> .....	73
2.2.4.	<i>Caracterización estructural y modelamiento del edificio</i> .....	76
2.2.4.1.	<i>Caracterización del edificio</i> .....	76
2.2.4.2.	<i>Análisis y diseño del edificio tradicional</i> .....	77
2.2.4.3.	<i>Análisis y diseño edificio aislado</i> .....	100
2.3.	Definición de términos básicos .....	104
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>		<b>106</b>
3.1.	Formulación de la hipótesis .....	106
3.2.	Operacionalización de variables .....	106
<b>CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL .....</b>		<b>109</b>
<b>CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>110</b>
5.1.	Tipo de diseño de investigación.....	110
5.2.	Material de estudio.....	110
5.2.1.	<i>Unidad de estudio</i> .....	110
5.2.2.	<i>Población</i> .....	110
5.2.3.	<i>Muestra</i> .....	110
5.3.	Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	110
5.3.1.	<i>Para recolectar datos</i> .....	110
5.3.2.	<i>Para analizar información</i> .....	111
5.3.3.	<i>Procedimientos:</i> .....	111
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS.....</b>		<b>114</b>
6.1.	Estructura Sin aislamiento .....	114
6.1.1.	<i>Periodo Natural: El periodo natural de la estructura es de 0.293 seg.</i> .....	114
6.1.2.	<i>Modos de Vibración:</i> .....	114
6.1.3.	<i>Desplazamientos:</i> .....	116
6.1.4.	<i>Derivas de entrepiso:</i> .....	116
6.1.5.	<i>Peso de la estructura: El peso total de la estructura es de 1304.08 Ton.</i> .....	117
6.1.6.	<i>Factor de Corrección:</i> .....	117
6.1.7.	<i>Fuerzas por piso:</i> .....	118
6.2.	Estructura Aislada .....	119
6.2.1.	<i>Caso 1: Combinación de aisladores de alto amortiguamiento del tipo HDRB-1.</i> .....	119
6.2.1.1.	<i>Periodo Natural: <math>T_n = 2.065</math> seg.</i> .....	119
6.2.1.2.	<i>Modos de vibración:</i> .....	120
6.2.1.3.	<i>Desplazamientos:</i> .....	121
6.2.1.4.	<i>Derivas de entrepiso:</i> .....	122
6.2.1.5.	<i>Fuerzas por piso:</i> .....	123
6.2.2.	<i>Caso 2: Combinación de aisladores de alto amortiguamiento con sección anular, del tipo HDRB-2.</i> .....	124
6.2.2.1.	<i>Periodo Natural: <math>T_n = 2.061</math> seg.</i> .....	124

6.2.2.2.	<i>Modos de vibración:</i>	125
6.2.2.3.	<i>Desplazamientos:</i>	126
6.2.2.4.	<i>Derivas de entrepiso:</i>	127
6.2.2.5.	<i>Fuerzas por piso:</i>	128
6.2.3.	<i>Caso 3: Combinación de aisladores de alto amortiguamiento y con núcleo de plomo, del tipo HDRB-2 y LRB-1.</i>	129
6.2.3.1.	<i>Periodo Natural: <math>T_n = 1.826</math> seg.</i>	129
6.2.3.2.	<i>Modos de vibración:</i>	130
6.2.3.3.	<i>Desplazamientos:</i>	131
6.2.3.4.	<i>Derivas de entrepiso:</i>	132
6.2.3.5.	<i>Fuerzas por piso:</i>	133
6.3.	<b>Resultados para Sismo de Diseño y Sismo Máximo Considerado.</b>	134
6.3.1.	<i>Sismo de Diseño:</i>	134
A)	<i>Desplazamientos:</i>	134
B)	<i>Derivas de entrepiso:</i>	136
C)	<i>Fuerzas por piso:</i>	138
6.3.2.	<i>Sismo Máximo Considerado:</i>	140
A)	<i>Desplazamientos:</i>	140
B)	<i>Derivas de entrepiso:</i>	141
C)	<i>Fuerzas por piso:</i>	143
6.4.	<b>Resultados para Análisis Tiempo-Historia</b>	146
6.4.1.	<i>Chimbote 1970:</i>	146
6.4.2.	<i>Lima 1966:</i>	151
6.4.3.	<i>Lima 1974:</i>	157
6.4.4.	<i>Ica 2007:</i>	162
6.4.5.	<i>Pisco 2007:</i>	167
6.4.6.	<i>Moyobamba 2005:</i>	173
6.4.7.	<i>Ocoña 2001:</i>	178
6.5.	<b>Comportamiento de los aisladores frente al análisis tiempo historia</b>	184
6.5.1.	<i>Caso 1: Aislador HDRB-1</i>	184
6.5.2.	<i>Caso 2: Aislador HDRB-2</i>	191
6.5.3.	<i>Caso 3: Aislador HDRB-2+LRB-1</i>	198
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN</b>		<b>205</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>210</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>211</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>212</b>
<b>PANEL FOTOGRÁFICO</b>		<b>214</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>219</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo 2

**Tabla N° 2.1.-** Factores de Zona

**Tabla N° 2.2.-** Parámetros de suelo

**Tabla N° 2.3.-** Límites para desplazamiento lateral de entrepiso

**Tabla N° 2.4.-** Coeficiente de sitio  $F_a$

**Tabla N° 2.5.-** Coeficiente de sitio  $F_v$

**Tabla N° 2.6.-** Clasificación según sitio

**Tabla N° 2.7.-** Valores aproximados para los parámetros  $C_t$  y  $x$

**Tabla N° 2.8.-** Coeficiente de amortiguamiento

**Tabla N° 2.9.-** Ambientes y áreas del 1° nivel

**Tabla N° 2.10.-** Ambientes y áreas del 2° y 3° nivel

**Tabla N° 2.11.-** Ambientes y áreas del 4° nivel

### Capítulo 3

**Tabla N° 3.1.-** Variable dependiente

**Tabla N° 3.2.-** Variable independiente

**Tabla N° 3.3.-** Variable independiente

### Capítulo 6

**Tabla N° 6.1.-** Periodos de la estructura sin aislamiento

**Tabla N° 6.2.-** Desplazamientos en dirección X

**Tabla N° 6.3.-** Desplazamientos en dirección Y

**Tabla N° 6.4.-** Derivas en sentido X

**Tabla N° 6.5.-** Derivas en sentido Y

**Tabla N° 6.6.-** Peso total de la estructura

**Tabla N° 6.7.-** Factor de corrección

**Tabla N° 6.8.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX

**Tabla N° 6.9.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY

**Tabla N° 6.10.-** Periodos de la estructura con aisladores HDR-1

**Tabla N° 6.11.-** Desplazamientos en dirección X

**Tabla N° 6.12.-** Desplazamientos en dirección Y

**Tabla N° 6.13.-** Derivas en dirección X

- Tabla N° 6.14.-** Derivas en dirección Y
- Tabla N° 6.15.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX
- Tabla N° 6.16.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY
- Tabla N° 6.17.-** Periodos de la estructura con aisladores HDR-2
- Tabla N° 6.18.-** Desplazamientos en dirección X
- Tabla N° 6.19.-** Desplazamientos en dirección Y
- Tabla N° 6.20.-** Derivas en dirección X
- Tabla N° 6.21.-** Derivas en dirección Y
- Tabla N° 6.22.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX
- Tabla N° 6.23.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY
- Tabla N° 6.24.-** Periodos de la estructura con combinación de aisladores
- Tabla N° 6.25.-** Desplazamientos en dirección X
- Tabla N° 6.26.-** Desplazamientos en dirección Y
- Tabla N° 6.27.-** Derivas en dirección X
- Tabla N° 6.28.-** Derivas en dirección Y
- Tabla N° 6.29.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX
- Tabla N° 6.30.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY
- Tabla N° 6.31.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño
- Tabla N° 6.32.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño
- Tabla N° 6.33.-** Derivas de entrepiso en eje X para sismo de diseño
- Tabla N° 6.34.-** Derivas de entrepiso en eje Y para sismo de diseño
- Tabla N° 6.35.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo de diseño
- Tabla N° 6.36.-** Fuerzas por piso en eje Y para sismo de diseño
- Tabla N° 6.37.-** Desplazamientos en eje X para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.38.-** Desplazamientos en eje Y para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.39.-** Derivas en eje X para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.40.-** Derivas en eje Y para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.41.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.42.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo máximo considerado
- Tabla N° 6.43.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Chimbote 1970.
- Tabla N° 6.44.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Chimbote 1970.
- Tabla N° 6.45.-** Derivas por piso en eje X para Chimbote 1970.
- Tabla N° 6.46.-** Derivas por piso en eje Y para Chimbote 1970.
- Tabla N° 6.47.-** Fuerzas por piso en eje X para Chimbote 1970.

- Tabla N° 6.48.-** Fuerzas por piso en eje Y para Chimbote 1970.
- Tabla N° 6.49.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Lima 1966.
- Tabla N° 6.50.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Lima 1966
- Tabla N° 6.51.-** Derivas por piso en eje X para Lima 1966.
- Tabla N° 6.52.-** Derivas por piso en eje Y para Lima 1966.
- Tabla N° 6.53.-** Fuerzas por piso en eje X para Lima 1966.
- Tabla N° 6.54.-** Fuerzas por piso en eje Y para Lima 1966.
- Tabla N° 6.55.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Lima 1974.
- Tabla N° 6.56.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Lima 1974
- Tabla N° 6.57.-** Derivas por piso en eje X para Lima 1974.
- Tabla N° 6.58.-** Derivas por piso en eje Y para Lima 1974.
- Tabla N° 6.59.-** Fuerzas por piso en eje X para Lima 1974.
- Tabla N° 6.60.-** Fuerzas por piso en eje Y para Lima 1974.
- Tabla N° 6.61.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Ica 2007.
- Tabla N° 6.62.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Ica 2007.
- Tabla N° 6.63.-** Derivas por piso en eje X para Ica 2007.
- Tabla N° 6.64.-** Derivas por piso en eje Y para Ica 2007.
- Tabla N° 6.65.-** Fuerzas por piso en eje X para Ica 2007.
- Tabla N° 6.66.-** Fuerzas por piso en eje Y para Ica 2007.
- Tabla N° 6.67.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.68.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.69.-** Derivas por piso en eje X para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.70.-** Derivas por piso en eje Y para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.71.-** Fuerzas por piso en eje X para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.72.-** Fuerzas por piso en eje Y para Pisco 2007.
- Tabla N° 6.73.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.74.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.75.-** Derivas por piso en eje X para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.76.-** Derivas por piso en eje Y para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.77.-** Fuerzas por piso en eje X para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.78.-** Fuerzas por piso en eje Y para Moyobamba 2005.
- Tabla N° 6.79.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Ocoña 2001.
- Tabla N° 6.80.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Ocoña 2001.
- Tabla N° 6.81.-** Derivas por piso en eje X para Ocoña 2001.

**Tabla N° 6.82.-** Derivas por piso en eje Y para Ocoña 2001.

**Tabla N° 6.83.-** Fuerzas por piso en eje X para Ocoña 2001.

**Tabla N° 6.84.-** Fuerzas por piso en eje Y para Ocoña 2001.

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### Capítulo 1

**Figura N° 1.1.-** Fisuramiento longitudinal en fachada

**Figura N° 1.2.-** Instalaciones eléctricas atravesando una de las placas

### Capítulo 2

**Figura N° 2.1.-** Aislador Elastomérico

**Figura N° 2.2.-** Aislador de Péndulo Friccionante

**Figura N° 2.3.-** Detalles de Aislador Elastomérico en elevación

**Figura N° 2.4.-** Detalles de Aislador Elastomérico en planta

**Figura N° 2.5.-** Detalles de Aislador Elastomérico con Núcleo de plomo en elevación

**Figura N° 2.6.-** Detalles de Aislador Elastomérico con Núcleo de plomo en planta

**Figura N° 2.7.-** Diagrama de Histéresis para un aislador con núcleo de plomo

**Figura N° 2.8.-** Espectro de diseño según Norma Peruana de Diseño Sismorresistente

**Figura N° 2.9.-** Ingreso de valores al eje X

**Figura N° 2.10.-** Ingreso de valores al eje Y

**Figura N° 2.11.-** Ingreso de valores al eje Z

**Figura N° 2.12.-** Definición de material Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**Figura N° 2.13.-** Sección Viga Principal VP-0.70x 0.30m

**Figura N° 2.14.-** Propiedades de reforzamiento de viga principal

**Figura N° 2.15.-** Sección Viga Secundaria VS-0.55x 0.25m

**Figura N° 2.16.-** Propiedades de reforzamiento de viga secundaria

**Figura N° 2.17.-** Sección Viga Tubular Cuadrada 10"x 6"

**Figura N° 2.18.-** Definición de elemento losa

**Figura N° 2.19.-** Definición de placa de  $e = 0.25 \text{ m}$

**Figura N° 2.20.-** Definición de placa de  $e = 0.30 \text{ m}$

**Figura N° 2.21.-** Asignación de placas, vigas y losas.

**Figura N° 2.22.-** Vista en isométrico de la estructura final.

**Figura N° 2.23.-** Ingreso de cargas muertas

**Figura N° 2.24.-** Ingreso de carga viva de aulas

**Figura N° 2.25.-** Ingreso de carga viva de servicios higiénicos

**Figura N° 2.26.-** Ingreso de carga viva de corredores y escaleras

- Figura N° 2.27.-** Ingreso de carga viva de talleres
- Figura N° 2.28.-** Asignación de cargas de parapetos
- Figura N° 2.29.-** Vista isométrica de cargas de parapetos
- Figura N° 2.30.-** Diafragma N°1 del primer nivel
- Figura N° 2.31.-** Diafragma N°2 del segundo nivel
- Figura N° 2.32.-** Diafragma N°3 del tercer nivel
- Figura N° 2.33.-** Vista isométrica de diafragmas rígidos
- Figura N° 2.34.-** Definición de masas
- Figura N° 2.35.-** Asignación de pier labels
- Figura N° 2.36.-** Definición de empotramiento
- Figura N° 2.37.-** Definición de análisis estático en X
- Figura N° 2.38.-** Definición de análisis estático en Y
- Figura N° 2.39.-** Espectro sísmico E-030
- Figura N° 2.40.-** Espectro sísmico en dirección X
- Figura N° 2.41.-** Espectro sísmico en dirección Y
- Figura N° 2.42.-** Señal sísmica de Chimbote del año 1970
- Figura N° 2.43.-** Señal sísmica de Lima del año 1966
- Figura N° 2.44.-** Señal sísmica de Lima del año 1974
- Figura N° 2.45.-** Señal sísmica de Ica del año 2007
- Figura N° 2.46.-** Señal sísmica de Pisco del año 2007
- Figura N° 2.47.-** Señal sísmica de Moyobamba del año 2005
- Figura N° 2.48.-** Señal sísmica de Ocoña del año 2001
- Figura N° 2.49.-** Sismo de Diseño
- Figura N° 2.50.-** Sismo Máximo Considerado
- Figura N° 2.51.-** Definición de losa para el sistema de aislamiento
- Figura N° 2.52.-** Asignación de diafragma
- Figura N° 2.53.-** Ingreso de datos para aislador HDR-1
- Figura N° 2.54.-** Ingreso de datos para aislador HDR-1
- Figura N° 2.55.-** Ingreso de datos para aislador HDR-2
- Figura N° 2.56.-** Ingreso de datos para aislador HDR-2
- Figura N° 2.57.-** Ingreso de datos para aislador LRB-1
- Figura N° 2.58.-** Ingreso de datos para aislador LRB-1

## Capítulo 5

**Figura 5.1.-** Procedimiento para el desarrollo de la investigación

**Figura 5.2.-** Procedimiento para diseño del aislador

**Figura 5.3.-** Procedimiento para el modelamiento bilineal

## Capítulo 6

**Figura N° 6.1.-** Primer modo de vibración sin aislamiento

**Figura N° 6.2.-** Segundo modo de vibración sin aislamiento

**Figura N° 6.3.-** Tercer modo de vibración sin aislamiento

**Figura N° 6.4.-** Primer modo de vibración con aislador HDR-1

**Figura N° 6.5.-** Segundo modo de vibración con aislador HDR-1

**Figura N° 6.6.-** Tercer modo de vibración con aislador HDR-1

**Figura N° 6.7.-** Primer modo de vibración con aislador HDR-2

**Figura N° 6.8.-** Segundo modo de vibración con aislador HDR-2

**Figura N° 6.9.-** Tercer modo de vibración con aislador HDR-2

**Figura N° 6.10.-** Primer modo de vibración para combinación de aisladores

**Figura N° 6.11.-** Segundo modo de vibración para combinación de aisladores

**Figura N° 6.12.-** Tercer modo de vibración para la combinación de aisladores

**Figura N° 6.13.-** Desplazamientos en eje X para sismo de diseño

**Figura N° 6.14.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño

**Figura N° 6.15.-** Derivas de entrepiso en eje X para sismo de diseño

**Figura N° 6.16.-** Derivas de entrepiso en eje Y para sismo de diseño

**Figura N° 6.17.-** Fuerzas en la base en eje X para sismo de diseño

**Figura N° 6.18.-** Fuerzas en la base en eje Y para sismo de diseño

**Figura N° 6.19.-** Desplazamientos en eje X para sismo de diseño

**Figura N° 6.20.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño

**Figura N° 6.21.-** Derivas en eje X para sismo máximo considerado

**Figura N° 6.22.-** Derivas en eje Y para sismo máximo considerado

**Figura N° 6.23.-** Fuerzas en la base en eje X para sismo máximo considerado

**Figura N° 6.24.-** Fuerzas en la base en eje Y para sismo máximo considerado

**Figura N° 6.25.-** Desplazamientos en eje X para Chimbote 1970

**Figura N° 6.26.-** Desplazamientos en eje Y para Chimbote 1970

**Figura N° 6.27.-** Derivas en eje X para Chimbote 1970

**Figura N° 6.28.-** Derivas en eje Y para Chimbote 1970

**Figura N° 6.29.-** Fuerzas en la base para Chimbote 1970 en eje X

**Figura N° 6.30.-** Fuerzas en la base para Chimbote 1970 en eje Y

**Figura N° 6.31.-** Desplazamientos en eje X para Lima 1966

**Figura N° 6.32.-** Desplazamientos en eje Y para Lima 1966

**Figura N° 6.33.-** Derivas en eje X para Lima 1966

**Figura N° 6.34.-** Derivas en eje Y para Lima 1966

**Figura N° 6.35.-** Fuerzas en la base para Lima 1966 en eje X

**Figura N° 6.36.-** Fuerzas en la base para Lima 1966 en eje Y

**Figura N° 6.37.-** Desplazamientos en eje X para Lima 1974

**Figura N° 6.38.-** Desplazamientos en eje Y para Lima 1974

**Figura N° 6.39.-** Derivas en eje X para Lima 1974

**Figura N° 6.40.-** Derivas en eje Y para Lima 1974

**Figura N° 6.41.-** Fuerza en la base para Lima 1974 en el eje X

**Figura N° 6.42.-** Fuerza en la base para Lima 1974 en el eje Y

**Figura N° 6.43.-** Desplazamiento en eje X para Ica 2007

**Figura N° 6.44.-** Desplazamiento en eje Y para Ica 2007

**Figura N° 6.45.-** Derivas en eje X para Ica 2007

**Figura N° 6.46.-** Derivas en eje Y para Ica 2007

**Figura N° 6.47.-** Fuerzas para Ica 2007 en el eje X

**Figura N° 6.48.-** Fuerzas para Ica 2007 en el eje Y

**Figura N° 6.49.-** Desplazamiento en eje X para Pisco 2007

**Figura N° 6.50.-** Desplazamiento en eje Y para Pisco 2007

**Figura N° 6.51.-** Derivas para Pisco 2007 en Eje X

**Figura N° 6.52.-** Derivas para Pisco 2007 en Eje Y

**Figura N° 6.53.-** Fuerzas en la base para Pisco 2007 en eje X

**Figura N° 6.54.-** Fuerzas en la base para Pisco 2007 en eje Y

**Figura N° 6.55.-** Desplazamientos en eje X para Moyobamba 2005

**Figura N° 6.56.-** Desplazamientos en eje Y para Moyobamba 2005

**Figura N° 6.57.-** Derivas en eje X para Moyobamba 2005

**Figura N° 6.58.-** Derivas en eje Y para Moyobamba 2005

**Figura N° 6.59.-** Fuerzas en la base para Moyobamba 2005 en eje X

**Figura N° 6.60.-** Fuerzas en la base para Moyobamba 2005 en eje Y

**Figura N° 6.61.-** Desplazamientos para Ocoña 2001 en Eje X

**Figura N° 6.62.-** Desplazamientos para Ocoña 2001 en Eje Y

**Figura N° 6.63.-** Derivas para Ocoña 2001 en Eje X

- Figura N° 6.64.-** Derivas para Ocoña 2001 en Eje Y
- Figura N° 6.65.-** Fuerzas en la base para Ocoña 2001 en eje X
- Figura N° 6.66.-** Fuerzas en la base para Ocoña 2001 en eje Y
- Figura N° 6.67.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X
- Figura N° 6.68.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y
- Figura N° 6.69.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X
- Figura N° 6.70.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y
- Figura N° 6.71.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X
- Figura N° 6.72.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y
- Figura N° 6.73.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X
- Figura N° 6.74.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y
- Figura N° 6.75.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X
- Figura N° 6.76.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y
- Figura N° 6.77.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X
- Figura N° 6.78.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X
- Figura N° 6.79.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X
- Figura N° 6.80.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y
- Figura N° 6.81.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X
- Figura N° 6.82.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y
- Figura N° 6.83.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X
- Figura N° 6.84.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y
- Figura N° 6.85.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X
- Figura N° 6.86.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y
- Figura N° 6.87.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X
- Figura N° 6.88.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y
- Figura N° 6.89.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X
- Figura N° 6.90.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y
- Figura N° 6.91.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X
- Figura N° 6.92.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X
- Figura N° 6.93.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X
- Figura N° 6.94.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y
- Figura N° 6.95.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X

- Figura N° 6.96.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y  
**Figura N° 6.97.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X  
**Figura N° 6.98.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y  
**Figura N° 6.99.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X  
**Figura N° 6.100.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y  
**Figura N° 6.101.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X  
**Figura N° 6.102.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y  
**Figura N° 6.103.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X  
**Figura N° 6.104.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y  
**Figura N° 6.105.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X  
**Figura N° 6.106.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección Y  
**Figura N° 6.107.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X  
**Figura N° 6.108.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y  
**Figura N° 6.109.-** Vista posterior del pabellón  
**Figura N° 6.110.-** Medición de columnas  
**Figura N° 6.111.-** Medición de distancias entre columnas y ventanas  
**Figura N° 6.112.-** Medición de ancho de corredor  
**Figura N° 6.113.-** Vista junta de separación sísmica  
**Figura N° 6.114.-** Medición junta de separación sísmica  
**Figura N° 6.115.-** Junta de separación sísmica Interna  
**Figura N° 6.616.-** Medición de puertas e ingresos  
**Figura N° 6.117.-** Vista de vigas metálicas y cobertura de madera  
**Figura N° 6.118.-** Medición de fachada externa

## ÍNDICE DE ECUACIONES

### Capítulo 2

- Ecuación 2.1.-** Rigidez Horizontal  
**Ecuación 2.2.-** Desplazamiento de diseño  
**Ecuación 2.3.-** Espesor de capas de caucho  
**Ecuación 2.4.-** Espesor de capas de caucho para máxima deformación  
**Ecuación 2.5.-** Número de capas de caucho

- Ecuación 2.6.-** Área del aislador
- Ecuación 2.7.-** Diámetro del aislador
- Ecuación 2.8.-** Verificación de esfuerzos
- Ecuación 2.9.-** Nueva rigidez del aislador
- Ecuación 2.10.-** Rigidez Compuesta
- Ecuación 2.11.-** Periodo Real
- Ecuación 2.12.-** Amortiguamiento Compuesto
- Ecuación 2.13.-** Nuevo Desplazamiento de diseño
- Ecuación 2.14.-** Desplazamiento con efectos de torsión
- Ecuación 2.15.-** Verificación del cortante máximo
- Ecuación 2.16.-** Cortante de diseño sobre la interfaz de aislamiento
- Ecuación 2.17.-** Cortante elástico
- Ecuación 2.18.-** Factor de forma
- Ecuación 2.19.-** Módulo de compresión
- Ecuación 2.20.-** Rigidez Vertical
- Ecuación 2.21.-** Periodo vertical real
- Ecuación 2.22.-** Frecuencia natural vertical
- Ecuación 2.23.-** Inercia de aislador
- Ecuación 2.24.-** Carga de pandeo de Euler
- Ecuación 2.25.-** Rigidez efectiva a corte
- Ecuación 2.26.-** Rigidez a corte por unidad de longitud
- Ecuación 2.27.-** Carga crítica
- Ecuación 2.28.-** Coeficiente de seguridad
- Ecuación 2.29.-** Rigidez Horizontal del aislador
- Ecuación 2.30.-** Rigidez Horizontal del sistema de aislamiento
- Ecuación 2.31.-** Coeficiente de amortiguamiento
- Ecuación 2.32.-** Periodo efectivo para el máximo desplazamiento
- Ecuación 2.33.-** Desplazamiento máximo para sismo máximo considerado
- Ecuación 2.34.-** Desplazamiento máximo considerando efectos de torsión
- Ecuación 2.35.-** Desplazamiento de rodamiento
- Ecuación 2.36.-** Área del núcleo de plomo
- Ecuación 2.37.-** Fuerza a deformación nula
- Ecuación 2.38.-** Área anular del aislador
- Ecuación 2.39.-** Rigidez elástica del aislador
- Ecuación 2.40.-** Rigidez efectiva

- Ecuación 2.41.-** Rigidez efectiva del conjunto de aisladores
- Ecuación 2.42.-** Rigidez efectiva de cada aislador
- Ecuación 2.43.-** Deformación de fluencia (1)
- Ecuación 2.44.-** Deformación de fluencia (2)
- Ecuación 2.45.-** Energía disipada
- Ecuación 2.46.-** Amortiguamiento Efectivo del conjunto de aisladores
- Ecuación 2.47.-** Rigidez compuesta
- Ecuación 2.48.-** Amortiguamiento compuesto
- Ecuación 2.49.-** Rigidez vertical del núcleo de plomo
- Ecuación 2.50.-** Rigidez vertical del aislador con núcleo de plomo
- Ecuación 2.51.-** Rigidez vertical compuesta
- Ecuación 2.52.-** Desplazamiento de fluencia
- Ecuación 2.53.-** Energía disipada
- Ecuación 2.54.-** Fuerza deformación nula
- Ecuación 2.55.-** Rigidez post fluencia
- Ecuación 2.56.-** Rigidez Inicial del aislador
- Ecuación 2.57.-** Fuerza de fluencia
- Ecuación 2.58.-** Frecuencia angular
- Ecuación 2.59.-** Amortiguamiento efectivo
- Ecuación 2.60.-** Energía disipada del aislador
- Ecuación 2.61.-** Fuerza a deformación nula
- Ecuación 2.62.-** Factor de amplificación sísmica
- Ecuación 2.63.-** Periodo fundamental
- Ecuación 2.64.-** Fuerza Cortante en la base
- Ecuación 2.65.-** Relación C/R
- Ecuación 2.66.-** Aceleración espectral
- Ecuación 2.67.-** Aceleración sismo máximo considerado para periodo corto
- Ecuación 2.68.-** Aceleración sismo máximo considerado para periodo de 1.00 seg.
- Ecuación 2.69.-** Aceleración sismo de diseño para periodo corto
- Ecuación 2.70.-** Aceleración sismo de diseño para periodo de 1.00 seg
- Ecuación 2.71.-** Periodo fundamental
- Ecuación 2.72.-** Desplazamiento total
- Ecuación 2.73.-** Distorsiones límites

## RESUMEN

El presente estudio se ha enfocado en un análisis comparativo de la respuesta estructural de un edificio con aisladores sísmicos y el edificio convencional. Se ha elegido una estructura de caracterización importante, en este caso es el pabellón “A” de la Universidad Privada del Norte, el modelamiento se ha realizado en el programa ETABS versión 2013 educacional, y se ha considerado en el diseño el Reglamento Nacional de Edificaciones y la norma de Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras. Se ha realizado 3 combinaciones de aisladores, en la primera combinación se ha considerado a los aisladores trabajando a sección completa, la segunda opción se ha considerado una disminución en la sección con diámetro interno, y en la tercera alternativa una combinación de alto amortiguamiento incluyendo en algunos una adición de núcleo de plomo. Se ha evaluado el mejor comportamiento de estas combinaciones frente a los espectros de las normas o a las siguientes señales sísmicas utilizadas de Lima de los años 1974 y 1966, Chimbote del año 1970, Moyobamba del año 2005, Ocoña del año 2001 y Pisco e Ica del año 2007, debidamente escaladas, verificando que la estructura se ha favorecido con el uso de aisladores logrando un mejor comportamiento estructural, obteniendo una disminución en promedio del 50% en las derivas de entrepiso, un 71% en promedio en las fuerzas en la base, una mejor distribución de los desplazamientos a nivel de diafragmas, y un aumento en el periodo de la estructura de 0.29 segundos hasta 2 segundos, ofreciendo mayor seguridad a sus ocupantes y continuidad en sus servicios. Dentro de los anexos se pueden apreciar los mapas de ordenadas espectrales para diferentes periodos, los planos de distribución en planta de los aisladores con sus respectivas especificaciones, el diseño y sus diagramas de histéresis, y por último los espectros de respuesta para los acelerogramas utilizados para amortiguamientos del 5%, 10% y 27%.

## ABSTRACT

The following study has focused on a comparative analysis of the structural response of a building with seismic isolators and conventional building. We have chosen a structure important characterization in this case is the pavilion "A" of Private University of the North, the modeling was performed in program ETABS version 2013 educational, and has been considered in designing the National Building Regulations and standard Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Was made 3 combinations of insulators, the first combination has been considered isolators working full section, the second option has been considered a decrease in internal diameter section, and the third alternative, a combination of high damping including some addition of lead core. We evaluated the improved performance of these combinations compared to the spectra of the following standards or seismic signals Lima used the years 1974 and 1966, Chimbote 1970, Moyabamba 2005, Ocoña 2001 and the Pisco and Ica 2007, properly scaled, verifying that the structure has been favored with the use of isolators offering better structural behavior, obtaining an average decrease of 50% in the drifts mezzanine, 71% on average in the forces at the base, better distribution of displacement level diaphragms, and an increase in the period of the structure is 0.29 seconds to 2 seconds offering occupants greater safety and continuity in its services. In the annexes you can see the maps of spectral ordinates for different periods, plant layout drawings of insulators with their respective specifications, design diagrams and hysteresis, and finally the response spectra for the accelerograms used for damping of 5%, 10% and 27%.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad se puede apreciar una gran cantidad de sismos en muchos lugares del planeta, pero aproximadamente el 80% de sismos han ocurrido en el Cinturón de Fuego Circumpacífico. “Es el caso de la placa oceánica Nazca, que se introduce bajo la placa continental Sudamericana, frente al Perú, a razón de unos 9 cm/año, velocidad que se ha establecido mediante mediciones satelitales muy precisas.”(Kuroiwa, 2005, p.98)

La teoría del silencio sísmico nos dice que “es posible identificar lugares donde no se ha liberado energía en varias décadas; en consecuencia, existe mayor probabilidad de que ésta se libere y ocurra un sismo, toda esta información es gracias a la estadística y a los sismos ocurridos anteriormente” (Kuroiwa, 2005, p. 99). Debido a esto se puede considerar a Cajamarca una zona de silencio sísmico y por ende considerar su ubicación como potencial de sismos destructivos.

Además se debe considerar los datos del Instituto Geofísico del Perú, que muestran los últimos sismos ocurridos se dieron cerca de la ciudad de Cajamarca. Éstos se presentan a continuación: viernes 21 de junio de 2013, a las 09 horas y 06 minutos, se registró el sismo con los siguientes parámetros hipocentrales, coordenadas del epicentro: Latitud:  $-06.62^{\circ}$ , Longitud:  $-78.56^{\circ}$ , Profundidad: 8km (profundidad superficial), Magnitud: 3.9 ML, Intensidad Máxima: II en Bambamarca (Escala Mercalli Modificada). Lunes 13 de Enero de 2014, a las 04 horas y 17 minutos, se registró el sismo con los siguientes parámetros hipocentrales, coordenadas del epicentro: Latitud:  $-05.32^{\circ}$ , Longitud:  $-78.67^{\circ}$ , Profundidad: 28 km (profundidad superficial), Magnitud: 4.2 ML. Martes 14 de Enero de 2014, a las 21 horas y 09 minutos, se registró el sismo con los siguientes parámetros hipocentrales, coordenadas del epicentro: Latitud:  $-05.75^{\circ}$ , Longitud:  $-78.71^{\circ}$ , Profundidad: 21 km (profundidad superficial), Magnitud: 4 ML. Jueves 13 de Marzo de 2014, a las 04 horas y 26 minutos, se registró el sismo con los siguientes parámetros hipocentrales, coordenadas del epicentro: Latitud:  $-05.45^{\circ}$ , Longitud:  $-78.75^{\circ}$ , Profundidad: 21 km (profundidad superficial), Magnitud: 4.3 ML.

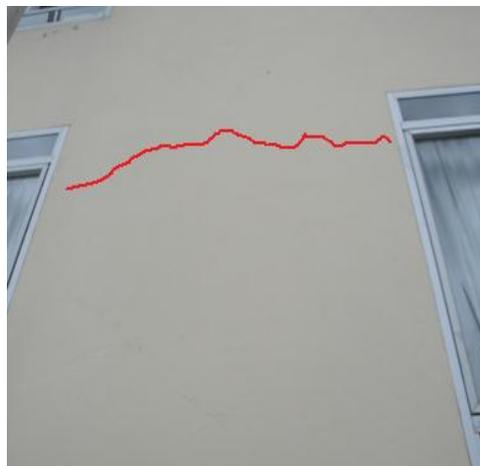
De acuerdo al Mapa de Calificación de Provincias según niveles de peligro sísmicos (Ver Anexo N°6), Cajamarca es considerada con un nivel Mediano, elaborado en el año 2003 por Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo y la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público - MEF.

Según Mapa de peligros Cajamarca (Ver Anexo N°7), el caso de nuestra edificación se encuentra ubicado en una zona de Peligro Alto +, respectivamente nos dice que son sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Por lo cual podemos deducir un elevado peligro sísmico.

Otro problema es la normatividad que rige el diseño Sismorresistente en el Perú es la Norma Técnica Peruana E.030 en la cual no se contempla información para el diseño de aisladores sísmicos, sino contempla únicamente un diseño convencional. Esto podría ser mejorado para las estructuras de categorías esenciales como los centros educativos u hospitales, puesto que estas estructuras no deberían interrumpir su función y ayudar como refugio después de un desastre o un sismo severo. Para esto se ofrece especificaciones técnicas o alternativas para el diseño de estructuras aisladas sísmicamente.

Por estas razones se ha realizado el análisis de la estructura del pabellón A de la Universidad Privada del Norte. Los resultados se exponen a continuación, en la figura N°1.1 se puede apreciar fisuras en las esquinas de las ventanas y otra en sentido transversal. Esta fisura se extiende en toda la longitud del eje en forma superficial.

**Figura N° 1.1.-** Fisuramiento longitudinal en fachada



**Fuente.-** Elaboración propia, 2014

En la figura N°1.2 se puede visualizar instalaciones eléctricas cruzando una placa de la estructura en la esquina del edificio. Esto puede causar un debilitamiento en la estructura.

**Figura N° 1.2.-** Instalaciones eléctricas atravesando una de las placas



**Fuente.-** Elaboración propia, 2014

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la mejor respuesta estructural del pabellón A de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos elastoméricos o sin aisladores sísmicos elastoméricos?

## 1.3. Justificación

El trabajo de investigación ayudará a comprender el comportamiento y la influencia de los aisladores sísmicos en edificios de gran importancia.

El tema investigado va a contribuir a apreciar las variaciones en los desplazamientos y derivas en la estructura, y se verificara cuál de los sistemas usados se comporta mejor frente a un sismo severo.

Con esta investigación se pretende proponer una mejora el comportamiento sismorresistente de las estructuras actuales, y ampliar la normatividad peruana en el caso de diseño de estructuras aisladas sísmicamente, proponiendo una metodología para el diseño de los aisladores elastoméricos, dando también especificaciones y recomendaciones para el sistema de aislamiento.

El tema a tratar va contribuir a la mejora en el diseño de las estructuras de gran importancia, aplicando la teoría del aislamiento, considerando que Cajamarca es una zona de silencio sísmico y en cualquier momento podría ocurrir un sismo severo que podría hacer colapsar bastantes estructuras.

Es importante estudiar la aislación sísmica porque sirven para proteger del efecto destructivo de los sismos, edificios, puentes y otros tipos de construcciones. Son doblemente beneficiosos: por un lado, incrementan el periodo de vibración de la estructura alejándola de los periodos naturales del suelo, y por otro lado reducen sustancialmente la aceleración en la estructura con respecto a la aceleración del suelo en las cercanías. (Kuroiwa, 2005)

Esta investigación apoya para que continúen las investigaciones y esta tecnología pueda ser aplicada en nuestro medio.

## 1.4. Limitaciones

Las limitaciones principales son que no se cuenta con normatividad, ni proveedores nacionales para el diseño de aisladores elastoméricos, por lo cual se ha recurrido a la Norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures del American Society of Civil Engineers, y para los proveedores se ha considerado con la hoja de especificaciones de la empresa Dynamic Isolation System de Estados Unidos.

Dentro de las limitaciones actuales de la investigación se ha considerado que el edificio ya se encuentra construido, pero la investigación sigue siendo válida pues contamos con el respaldo de la normatividad para realizar el diseño de la estructura.

Una de las dificultades de la investigación es que se contaba con un nivel inferior en la estructura, pero el sistema de aislación puede ir incorporado entre el nivel inferior y la estructura superior.

Para realizar un buen análisis de la estructura se está considerando un espectro de diseño, el cual no es apto para ser aplicado a todos los tipos de suelos, pero la investigación está considerando también un análisis tiempo-historia para verificar el comportamiento de la estructura frente a diferentes tipos de señales sísmicas.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

- Comparar la respuesta estructural del pabellón A de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos elastoméricos y sin aisladores sísmicos.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar los desplazamientos, derivas y esfuerzos del pabellón A de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos elastoméricos.
- Analizar los desplazamientos, derivas y esfuerzos del pabellón A de la Universidad Privada del Norte sin aisladores sísmicos elastoméricos.
- Elaborar una hoja de cálculo para el diseño de aisladores sísmicos elastoméricos.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

La investigación se llevará a cabo en la Universidad Privada del Norte de la ciudad de Cajamarca. Entre las fuentes de información utilizadas para documentar el trabajo se cuentan con libros, exposiciones, trabajos y tesis sobre este tema. Estas mismas fuentes también pueden servir como apoyo para la elaboración de otros proyectos. A continuación se van a presentar las fuentes como antecedentes a este trabajo.

Tafur Chilón, Wenner Martin, por la Universidad Nacional de Cajamarca, en su Tesis “Influencia de aisladores elastoméricos en el análisis de un prototipo de edificio educacional” realiza una comparación entre un edificio convencional y con aisladores sísmicos elastoméricos. En dicho trabajo llega a la conclusión que la estructura aislada brinda mejores resultados en cada uno de los parámetros planteados para el análisis, ya sean periodos, derivas y desplazamientos. Además se ha basado en las normas ASCE 7 – 10 y UBC 97 – IBC 09.

Paul Korswagen, Julio Arias, Pamela Huaranga, por la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su trabajo de tesis “Análisis y Diseño de Estructuras con Aisladores Sísmicos en el Perú” llegan a la conclusión que tanto la altura como la esbeltez de la edificación son parámetros limitantes para el aislamiento eficiente de una estructura, y recomiendan prestar más atención a los efectos  $P - \Delta$  para el diseño de las placas y columnas del primer nivel, las vigas de la interfaz de aislación y la cimentación, debido a que el mayor desplazamiento incrementa la importancia de este efecto. Para dicho trabajo se han basado en las normas FEMA, UBC y la norma chilena Nch – 2745.

Izaguirre Corona, Ariel Máximo, del Instituto Politécnico Nacional de México, en su tesis “Sistema de Aisladores Sísmicos de Base para Edificios” menciona dentro de sus conclusiones que los aisladores de base son más útiles en suelos rígidos donde las frecuencias de excitación son más altas que en los suelos blandos. Además llega a la suposición de que el comportamiento de los aisladores es complicado debido a su comportamiento no lineal.

Guillén Zambrano, Jorge Eduardo, por la Universidad Politécnica de Madrid, en su tesis para maestría “Tendencias Actuales en la Construcción Sismorresistente para Edificios en Hormigón Armado” concluye de que el porcentaje de reducción de aceleraciones absolutas resultante de aislar el edificio es del orden del 75%, los desplazamientos del edificio se reducen al 42%, de lo que se obtendría en el edificio convencional, y con esto el porcentaje de reducción de los desplazamientos es del orden del 58%.

R. Aguiar, J.L. Amazan, P. Dechent, V. Suarez, en su libro “Aisladores de Base Elastoméricos y FPS”, nos brinda un desarrollo completo para el diseño de aisladores elastoméricos pero tomando en cuenta la norma FEMA 450 (FEMA-2003). Tiene como primer objetivo resistir movimientos sísmicos menores y moderados sin daño a los elementos estructurales, elementos no estructurales, o a los contenidos del edificio, y como segundo objetivo resistir movimientos sísmicos mayores sin que el sistema de aislamiento colapse, sin daño significativo a los elementos estructurales y no estructurales, para no interrumpir el funcionamiento del edificio. (Aguiar et al. 2008).

F. Cando, C. Monroy, J. Ortega, O. Puerres, de la Universidad Central de Ecuador, en su tesis “Aislación sísmica de un edificio (Análisis comparativo de comportamiento y costos con un edificio tradicional)”, realizan una comparación de diferentes estructuras haciendo aplicación de aisladores elastoméricos y del tipo friccionantes, considerando un análisis dinámico no lineal según la NEC-11, y para la estructura aislada la Nch 2745. Llegando a la conclusión finalmente que los esfuerzos en columnas, vigas y diafragmas son notoriamente menores, disminuyendo las cuantías en 40% aproximadamente, y haciendo uso de un periodo de diseño de 2 segundos.

Lema Toapanta, Edith Pamela, de la Universidad Central de Ecuador, en su tema de tesis “Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en ETABS” consideró la norma UBC 97 para el diseño de 3 combinaciones de aisladores, se diseñó con 2 segundos de periodo objetivo y un total de 24 aisladores. Los resultados obtenidos obteniendo como resultados una reducción en las derivas de 21%, la cual está relacionada con el nivel de daños estructurales, los desplazamientos relativos del edificio aislado frente al edificio tradicional muestran una disminución de 2.81 cm en el último piso. El cortante basal también tuvo un factor de reducción de 2.71 en el sentido X y 2.77 en el sentido Y.

R. Meza y E. Sánchez, de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua, en su tesis con título “Guía de diseño de aisladores elastoméricos y de fricción para la Republica de Nicaragua”, en esta han utilizado el código ASCE 7 - 05 como guía para el diseño de las estructuras aisladas sísmicamente y han aplicado los mapas de aceleraciones espectrales para el diseño.

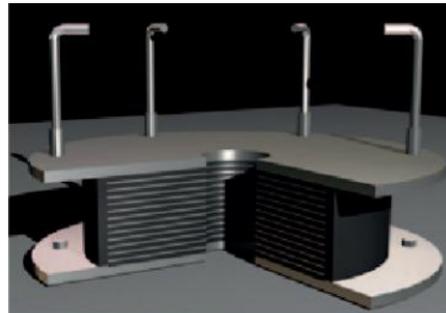
Hernández Morales, Hernán Martín en su investigación “Análisis estructural de un edificio aislado sísmicamente y diseño de su sistema de aislamiento” realiza un análisis sísmico basado en los métodos Estático Equivalente y Dinámico Modal Espectral usando el programa computacional ETABS. Las conclusiones son: las cortantes por piso se reducen en un 50% llegando a valores cercanos a 70% de disminución en el último nivel del edificio y las derivas se pueden reducir más del 75% llegando a valores que sobrepasan el 90%. Han considerado la norma E.030. No han considerado placas ni muros portantes.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Aislamiento Sísmico

Es una tecnología que se está utilizando en muchos países y actualmente está creciendo ampliamente en el país; estos sistemas de aislamiento consisten en separar la estructura del suelo de fundación para protegerlo de los efectos destructivos de los sismos ingresados entre la estructura y la cimentación, disminuyendo así el peligro al reducir sustancialmente las aceleraciones en la estructura e incrementando los periodos de vibración de la estructura alejándola de los periodos naturales del suelo. Existen diferentes tipos de aislación sísmica como los aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento, de alto amortiguamiento y con núcleo de plomo que se puede apreciar en la figura N°2.1, y los aisladores friccionantes, siendo el más conocido el de péndulo friccionante que se puede apreciar en la figura N°2.2.

**Figura N°2.1.-** Aislador Elastomérico



**Fuente:** SIRVE S.A Seismic Protection Technologies, 2013

Estos aisladores presentan flexibilidad al movimiento horizontal y rigidez al movimiento vertical, introduciendo a la edificación amortiguamientos estructurales elevados.

**Figura N° 2.2.-** Aislador de Péndulo Friccionante



**Fuente:** SIRVE S.A Seismic Protection Technologies, 2013

### 2.2.1.1. Aisladores elastoméricos

Los aisladores elastoméricos consisten en apoyos combinados de capas de caucho y acero intercaladas, R. Aguiar et al. (2008) mencionan que la rigidez del apoyo es controlada por el espesor de las capas de goma, así mientras más gruesas son estas capas más flexible es el apoyo en la dirección horizontal. En cambio, la rigidez vertical del apoyo es controlada por la alta rigidez en planta de las placas de acero que inhibe la expansión lateral de la goma que resulta de la presión vertical.

Se puede aumentar la capacidad de amortiguamiento del apoyo de varias maneras considerando la adición de aditivos a la goma, incorporando un núcleo de plomo en el centro del disipador y otros consideran la combinación con otros tipos de aisladores como los friccionantes.

### 2.2.1.2. Tipos de aisladores elastoméricos

Se ha considerado el estudio de los aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento, de alto amortiguamiento y con núcleo de plomo.

#### A) Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento

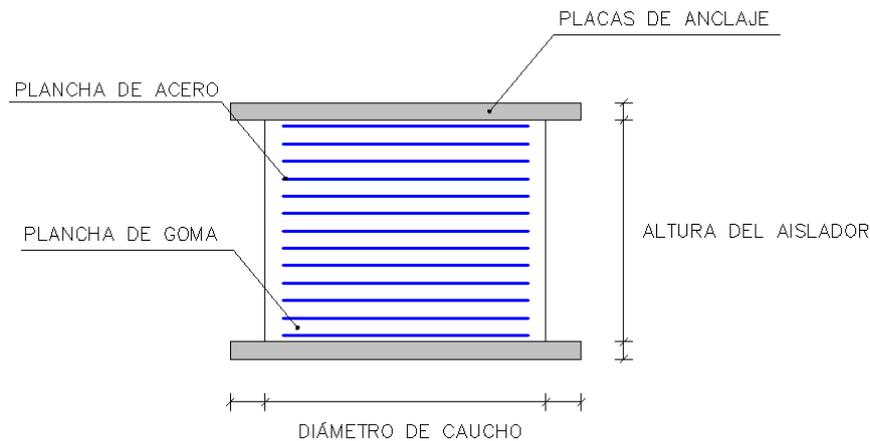
La característica principal de este aislador es que su amortiguamiento es de aproximadamente 5% al 10%, se puede apreciar que tiene una capacidad de disipación baja por lo cual se considera muchas veces la aplicación en conjunto con otros sistemas de amortiguamiento siendo esta su principal desventaja.

La deformación lateral y la fuerza cortante tienen una relación casi lineal considerando deformaciones del 100% con amortiguamiento del 7% y su ventaja principal es que son fáciles de modelar y fabricar, siendo estas a partir de un proceso de vulcanización; sin dejar de lado la fácil manufactura y que sus propiedades mecánicas no son afectadas por la temperatura ni el envejecimiento.

Dentro de las partes de un aislador cuenta con placas de acero en la zona superior e inferior con pernos de anclaje para confinar el núcleo y evitar la compresión del caucho ante cargas de gravedad, las placas de acero hacen que el aislador tenga una gran rigidez vertical y una rigidez horizontal baja. La rigidez vertical del sistema es comparable con la rigidez vertical de una columna de concreto armado.

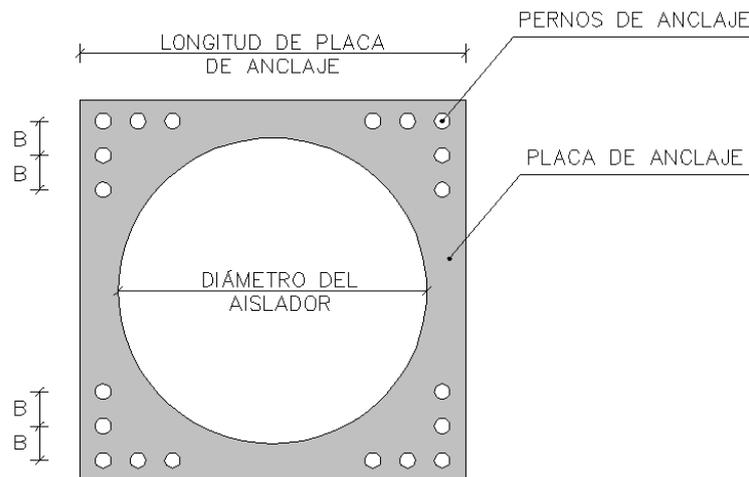
Para el diseño se debe considerar la acción combinada de fuerzas laterales, axiales y de torsión, no debiendo pandearse ni desestabilizarse. La rigidez horizontal es controlada por el módulo de corte del caucho. En la Figura N° 2.3 y N° 2.4 se puede apreciar un aislador elastomérico de bajo amortiguamiento.

**Figura N° 2.3.-** Detalles de Aislador Elastomérico en elevación



**Fuente:** Adaptado de Brochure de Dynamic Isolation System, 2014

**Figura N° 2.4.-** Detalles de Aislador Elastomérico en planta



**Fuente:** Adaptado de Brochure de Dynamic Isolation System, 2014

Estos aisladores son conocidos como aisladores del tipo LDRB por sus siglas en inglés, Low Damping Rubber Bearing.

## B) Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento

Conocidos como aisladores tipo HDRB por sus siglas en inglés, High Damping Rubber Bearing, y al igual que los aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento están compuestos por una serie de placas de acero y goma intercaladas, con la diferencia de que se han adicionado compuestos químicos como carbón en polvo, aceites, resinas u polímeros al caucho para mejorar la capacidad de amortiguamiento, rigidez, disipación y flexibilidad.

Para su aplicación se pueden utilizar a sección completa así como también un orificio al centro que podría ser reforzado luego con la adición de un núcleo de plomo. El amortiguamiento de este tipo de aislador se encuentra entre el 10% al 20%.

Su comportamiento entre la deformación lateral y el cortante es casi lineal, frente a la deformación se aprecian distintos comportamientos siendo así para deformaciones menores al 20% el material tiene una elevada rigidez y amortiguamiento, comportándose de manera no lineal, cuando las deformaciones son entre el 20% y el 120% el módulo de corte es bajo y constante, y para deformaciones mayores al 120% el módulo de corte se incrementa debido a un proceso de cristalización por deformación del caucho.

Una de sus ventajas principales es su elevado amortiguamiento por eso no se necesita el uso de otros sistemas de amortiguamiento adicionales, y entre las desventajas se encuentra el deterioro debido al paso del tiempo y algunos a la sensibilidad de daño por el medio ambiente.

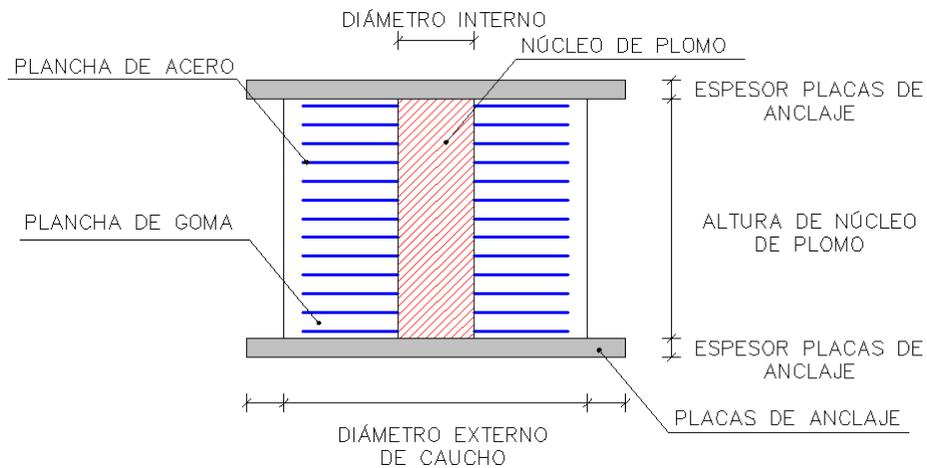
## C) Aisladores elastoméricos con núcleo de plomo

Los aisladores con núcleo de plomo son elaborados a partir de los aisladores elastoméricos con la adición de un núcleo o corazón de plomo que va situado habitualmente en el centro del aislador generando, bajo efectos de deformación lateral, la fluencia del plomo llegando a deformaciones plásticas y disipando energía en forma de calor, consecutivamente después de la fluencia al terminar la acción sísmica, el núcleo de plomo se recrystaliza y la goma del aislador regresa a su posición original. La fuerza necesaria para generar la fluencia del plomo es proporcional a su sección y a su esfuerzo de corte de plomo.

La adición del núcleo de plomo genera básicamente el incremento de amortiguamiento al sistema de aislamiento, y proporciona mayor rigidez torsional al edificio aislado, al generar mayor amortiguamiento se disminuye el desplazamiento de diseño, se aumenta la rigidez del sistema y posteriormente se disminuye el periodo objetivo.

La deformación lateral y el espesor de la lámina de caucho tienen una relación de hasta el 200%, se debe considerar una idealización para el diseño y análisis para la respuesta de estos aisladores con una curva histerética bilineal, esta resulta de la acción conjunta del elastómero que se asume una respuesta elástica, y del núcleo de plomo que tiene una respuesta elasto-plástica, se puede apreciar en la figura 2.7, aunque este modelo no considera los efectos de velocidad de aplicación de la carga lateral ni los cambios en carga axial en la respuesta. En la figura 2.5 y 2.6 se pueden apreciar detalles del aislador elastomérico con núcleo de plomo.

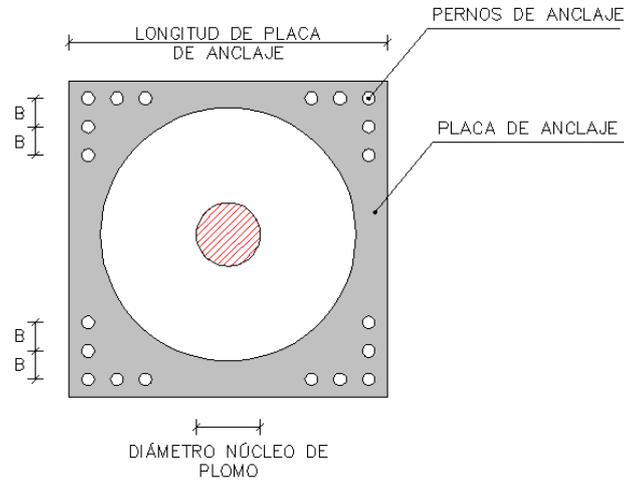
**Figura N° 2.5.-** Detalles de Aislador Elastomérico con Núcleo de plomo en elevación



**Fuente:** Adaptado de Brochure de Dynamic Isolation System, 2014

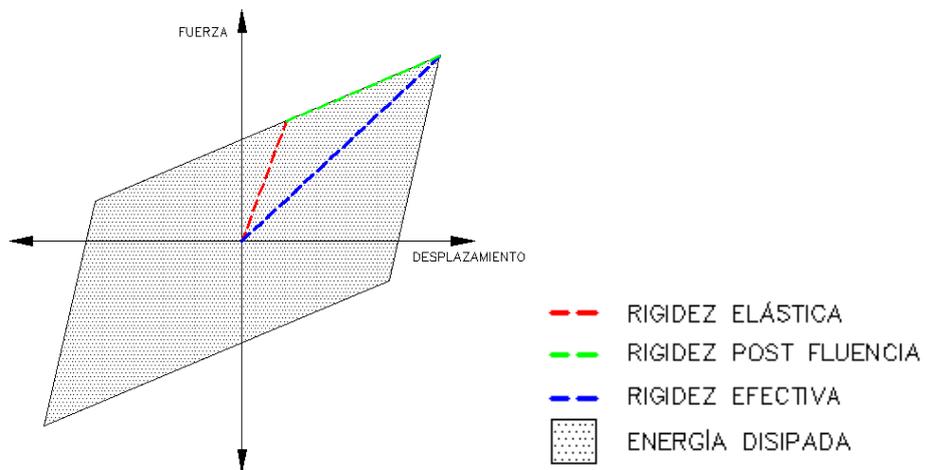
Conocidos como aisladores del tipo LRB por sus siglas en inglés, Lead-Plug Rubber Bearing.

**Figura N° 2.6.-** Detalles de Aislador Elastomérico con Núcleo de plomo en planta



**Fuente:** Adaptado de Brochure de Dynamic Isolation System, 2014

**Figura N° 2.7.-** Diagrama de Histéresis para un aislador con núcleo de plomo



**Fuente:** Adaptado del libro Microzonificación Sísmica de Quito, 2014

## 2.2.2. Diseño del sistema de aislación

### 2.2.2.1. Condiciones generales en el diseño

Los aisladores son dispositivos que se encuentran entre la estructura y la cimentación en una interfaz de aislamiento los cuales en ocurrencia de un sismo generan grandes desplazamientos horizontales, los que deberían ser considerados en el diseño de las tuberías y en distintas instalaciones, indicando también las juntas de separación sísmica.

Si bien nuestra norma se encarga de controlar los desplazamientos, las estructuras sísmicamente aisladas ofrecen grandes desplazamientos, y debido a su aislamiento reducen la transferencia de fuerzas a la estructura generando la disminución de elementos estructurales y disminuyendo la elevada rigidez de un diseño convencional, por lo cual con este enfoque de aislación lo que debemos controlar son los desplazamientos, considerando que este a su vez se encuentra relacionado con el amortiguamiento y el periodo de la estructura.

Debemos considerar la capacidad de carga de axial de cada aislador, la que es dada por el fabricante en las especificaciones técnicas, por lo cual debemos realizar un modelamiento implicando un diafragma rígido en el sistema de aislamiento y unas vigas de conexión para distribuir uniformemente las cargas hacia cada aislador y uniformizar también los desplazamientos, sin dejar de examinar los efectos de torsión que podrían generarse por el alejamiento entre el centro de masas y el centro de rigidez del sistema de aislamiento.

Se deberá considerar efectos de segundo orden  $P-\Delta$  ya que los desplazamientos del sistema generan una excentricidad con la carga axial lo cual conlleva a momentos adicionales, que a su vez pueden influir en la cimentación. No debemos dejar de lado el tipo de suelo sobre el cual estará la estructura.

Se considera también la resistencia a tracción de los aisladores, la cual se encuentra entre 10% a 15% de la de compresión, la cual se debe considerar en las combinaciones de diseño, y posteriormente examinar puesto que se podrían dañar los aisladores debido a la modificación de sus propiedades.

### 2.2.2.2. Diseño Del Aislador

Los datos previos necesarios son los siguientes el número de aisladores, el peso sísmico de la estructura, la carga máxima y mínima, luego asumimos un periodo objetivo.

El siguiente paso consiste en el cálculo de los parámetros sísmicos según norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures pero utilizando los mapas de ordenadas espectrales del país que se encuentran en el Anexo N°1, obteniendo  $S_a$ ,  $S_s$ , para los coeficientes  $F_a$ ,  $F_v$  se obtienen de la tabla N° 2.4 y 2.5, finalmente obtendremos los datos para el sismo de diseño y el sismo máximo considerado.

- Procedimiento de diseño del aislador:

Previamente al diseño también necesitamos obtener algunas propiedades como son: el módulo de rigidez a cortante, el amortiguamiento, la máxima deformación lateral a cortante y el módulo de elasticidad volumétrico.

#### A) Diseño del aislador elastomérico de alto amortiguamiento (HDRB)

Paso 1° Cálculo de la rigidez horizontal del sistema de aislación y de cada aislador:

- Rigidez Horizontal del aislador:

$$k_{H \text{ aislador}} = m \times \frac{2 \pi}{T_D}$$

**Ecuación 2.1.-** Rigidez Horizontal

$m$ : Masa de la estructura (Tn)

$T_D$ : Periodo objetivo deseado (seg.)

$K_{H \text{ aislador}}$ : Rigidez horizontal del aislador (Tn/m)

Paso 2° Cálculo del desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislamiento, asumiendo un amortiguamiento efectivo como dato inicial, según tabla 2.8 obtendremos un valor del coeficiente de amortiguamiento.

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi \beta_D}$$

**Ecuación 2.2.-** Desplazamiento de diseño

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$S_{D1}$ : Aceleración de diseño para periodo de 1.0 seg.

$T_D$ : Periodo objetivo deseado (seg.)

$\beta_D$ : Coeficiente de amortiguamiento efectivo

Paso 3° Cantidad y espesor de capas de caucho

$$t_r = \frac{D_D}{Y_S}$$

**Ecuación 2.3.-** Espesor de capas de caucho

$t_r$ : Espesor de la capas de caucho (m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$Y_S$ : Deformación a cortante de diseño (%)

- Deformación de corte máxima admisible  $Y_{m\acute{a}x} = 250\%$

$$t_r = \frac{D_D}{Y_{m\acute{a}x}}$$

**Ecuación 2.4.-** Espesor de capas de caucho para máxima deformación

$t_r$ : Espesor de la capas de caucho (m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$Y_S$ : Deformación a cortante de diseño máximo (%)

- Número de capas de caucho

$$n = \frac{t_r}{0.01}$$

**Ecuación 2.5.-** Número de capas de caucho

$t_r$ : Espesor de la capas de caucho (m)

$n$ : Número de capas de caucho

Paso 4° Área del aislador

$$A = \frac{k_H \times t_r}{G_A}$$

**Ecuación 2.6.-** Área del aislador

$A$ : Área del aislador (m<sup>2</sup>)

$k_H$ : Rigidez horizontal del aislador (Tn/m)

$t_r$ : Espesor de las capas de caucho (m)

$G_A$ : Módulo de rigidez a cortante (Tn/m<sup>2</sup>)

Paso 5° Diámetro del aislador

$$De = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi} + Di^2}$$

**Ecuación 2.7.-** Diámetro del aislador

De: Diámetro externo del aislador (m)

A: Área del aislador (m<sup>2</sup>)

Di: Diámetro Interno del aislador (m)

- Verificación de esfuerzos:

$$\rho = \frac{\text{Carga}_{\text{máx}}}{A}$$

**Ecuación 2.8.-** Verificación de esfuerzos

$\rho$ : Esfuerzo admisible de aislador

Carga<sub>máx</sub>: Carga muerta adicionando el 50% de la carga viva.

A: Área del aislador (m<sup>2</sup>)

Paso 6° Cálculo de la nueva rigidez del aislador

$$k_{H \text{ aislador}} = \frac{G_A \times A}{t_r}$$

**Ecuación 2.9.-** Nueva rigidez del aislador

A: Área del aislador (m<sup>2</sup>)

G<sub>A</sub>: Módulo de rigidez a cortante (Tn/m<sup>2</sup>)

K<sub>Haislador</sub>: Rigidez horizontal del aislador (Tn/m)

- Calculo de la rigidez compuesta del sistema de aislamiento

$$k_{H \text{ total}} = k_{H \text{ aislador}} \times N$$

**Ecuación 2.10.-** Rigidez Compuesta

K<sub>H total</sub>: Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

N: Número total de aisladores

Paso 7° Cálculo del periodo real del sistema de aislación

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{K_{H \text{ total}}}}$$

**Ecuación 2.11.-** Periodo Real

T: Periodo real de la estructura (seg.)

m: Masa de la estructura (Tn)

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

Paso 8° Cálculo del amortiguamiento compuesto:

$$\beta = \frac{N \times \beta_{\text{IMPUESTO}} \times K_H}{K_{H \text{ total}}}$$

**Ecuación 2.12.-** Amortiguamiento Compuesto

$\beta$ : Amortiguamiento compuesto del sistema de aislamiento

$\beta_{\text{IMPUESTO}}$ : Amortiguamiento efectivo

$K_H$ : Rigidez horizontal del aislador

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento

Paso 9° Cálculo del nuevo desplazamiento de diseño:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi \beta_D}$$

**Ecuación 2.13.-** Nuevo Desplazamiento de diseño

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$S_{D1}$ : Aceleración de diseño para periodo de 1.0 seg.

$T_D$ : Periodo objetivo deseado (seg.)

$\beta_D$ : Coeficiente de amortiguamiento efectivo

Paso 10° Cálculo del desplazamiento considerando efectos de torsión:

$$D_{TD \text{ Norma}} = 1.10 \times D_D$$

**Ecuación 2.14.-** Desplazamiento con efectos de torsión

$D_{TD \text{ Norma}}$ : Desplazamiento normalizado (m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

Paso 11° Verificación del cortante máximo:

$$Y_S = \frac{D_{TD \text{ Norma}}}{t_r}$$

**Ecuación 2.15.-** Verificación del cortante máximo

$Y_S$ : Deformación a cortante de diseño (%)

$D_{TD \text{ Norma}}$ : Desplazamiento normalizado (m)

$t_r$ : Espesor de la capas de caucho (m)

Paso 12° Cálculo del cortante de diseño por encima del interfaz de aislamiento para los elementos resistentes:

$$V_S = \frac{K_H \times D_D}{R_i}$$

**Ecuación 2.16.-** Cortante de diseño sobre la interfaz de aislamiento

$V_S$ : Cortante de diseño (Tn)

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$R_i$ : Factor de reducción

- Cortante elástico:

$$C_S = \frac{V_S}{W}$$

**Ecuación 2.17.-** Cortante elástico

$C_S$ : Coeficiente de cortante elástico

$V_S$ : Cortante de diseño (Tn)

$W$ : Peso de la estructura (Tn)

Paso 13° Cálculo de detalle de los aisladores:

- Cálculo del factor de forma: Se debe cumplir con la condición que el factor de forma sea mayor a 10

$$S = \frac{D_e - D_i}{4 \times t}$$

**Ecuación 2.18.-** Factor de forma

S: Factor de forma

De: Diámetro externo del aislador (m)

Di: Diámetro interno del aislador (m)

- Cálculo del módulo de compresión de la composición de acero y caucho, se asume un valor de módulo de elasticidad del caucho de  $K = 200000 \text{ Tn/m}^2$ .

$$E_c = \left( \frac{1}{6 \times G \times S^2} + \frac{4}{3 \times K} \right)$$

**Ecuación 2.19.-** Módulo de compresión

$E_c$ : Módulo de compresión ( $\text{Tn/m}^2$ )

$G_A$ : Módulo de rigidez a cortante ( $\text{Tn/m}^2$ )

S: Factor de forma

K: Módulo de elasticidad del caucho ( $\text{Tn/m}^2$ )

- Cálculo de la rigidez vertical:

$$k_v = \frac{E_c \times A}{t_r}$$

**Ecuación 2.20.-** Rigidez Vertical

$K_v$ : Rigidez vertical del aislador ( $\text{Tn/m}$ )

$E_c$ : Módulo de compresión ( $\text{Tn/m}^2$ )

A: Área del aislador ( $\text{m}^2$ )

$t_r$ : Espesor de las capas de caucho (m)

- Frecuencia natural vertical:

El periodo vertical real es:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{K_{V \text{ total}}}}$$

**Ecuación 2.21.-** Periodo vertical real

T: Periodo vertical (seg.)

m: Masa de la estructura (kg)

$K_{V \text{ total}}$ : Rigidez vertical del sistema de aislación ( $\text{Tn/m}$ )

La frecuencia natural vertical.- Se debe cumplir con la condición que la frecuencia natural vertical sea mayor que 10 Hz. para asegurar la rigidez vertical

$$f_v = \frac{1}{T}$$

**Ecuación 2.22.-** Frecuencia natural vertical

$f_v$ : Frecuencia vertical del sistema de aislación (Hz)

T: Periodo vertical real (seg)

- Altura total del aislador.

La altura total del aislador se considera el espesor de las placas de acero, las planchas de anclaje y las capas de goma.

Los discos de acero tendrán un recubrimiento de 5 mm.

Paso 14° Cálculo del coeficiente de seguridad al pandeo:

- Cálculo de la inercia de la placa de acero, considerando la inercia de la placa de acero y no de la sección completa estaremos del lado de la seguridad al momento de calcular la carga crítica:

$$I = \frac{\pi}{4} \left[ \left( \frac{\emptyset}{2} \right)^4 - \left( \frac{D_i}{2} \right)^4 \right]$$

**Ecuación 2.23.-** Inercia de aislador

I: Inercia de la sección del aislador ( $m^4$ )

$\emptyset$ : Diámetro de las placas de acero (m)

$D_i$ : Diámetro interno del aislador (m)

- La carga de pandeo de Euler es:

$$P_E = \frac{\pi^2 \times E_C \times I}{3 \times t_f^2}$$

**Ecuación 2.24.-** Carga de pandeo de Euler

$P_E$ : Carga de pandeo de Euler (Tn)

$E_C$ : Módulo de compresión (Tn/ $m^2$ )

I: Inercia de la sección del aislador ( $m^4$ )

- Cálculo de la rigidez efectiva a corte:

Área efectiva de corte de cada aislador:

$$A_S = A \times \frac{t_r + \text{disco}}{t_r}$$

**Ecuación 2.25.-** Rigidez efectiva a corte

$A_S$ : Área efectiva de corte ( $m^2$ )

$A$ : Área del aislador ( $m^2$ )

disco: Espesor de las placas de acero. (m)

$t_r$ : Espesor de las capas de caucho (m)

- Rigidez a cortante por unidad de longitud:

$$P_S = G \times A_S$$

**Ecuación 2.26.-** Rigidez a corte por unidad de longitud

$P_S$ : Rigidez a cortante por unidad de longitud (Tn)

$A_S$ : Área efectiva de corte ( $m^2$ )

$G_A$ : Módulo de rigidez a cortante (Tn/ $m^2$ )

- Cálculo de la carga crítica.- Para utilizar la siguiente fórmula se debe cumplir que la carga de pandeo de Euler sea mayor que la rigidez a cortante por unidad de longitud.

$$P_{CRITICA} = \sqrt{P_E \times P_S}$$

**Ecuación 2.27.-** Carga crítica

$P_{CRITICA}$ : Carga crítica (Tn)

$P_E$ : Carga de pandeo de Euler (Tn)

$P_S$ : Rigidez a cortante por unidad de longitud (Tn)

- Cálculo del coeficiente de seguridad.- Se debe cumplir con la condición que el factor de seguridad sea mayor a 2.

$$SF = \frac{P_{CRITICA}}{P_{m\acute{a}x}}$$

**Ecuación 2.28.-** Coeficiente de seguridad

SF: Coeficiente de seguridad

$P_{CRITICA}$ : Carga crítica (Tn)

$P_{m\acute{a}x}$ : Carga máxima sobre el aislador (Tn)

Paso 15° Cálculo del desplazamiento máximo y desplazamiento total máximo para el caso del sismo máximo esperado

Se ha recalculado el periodo y el amortiguamiento para el sismo máximo considerado, y con esto obtendremos mayores desplazamientos que el sismo de diseño.

a) Modificación de módulo de deformación a cortante amortiguamiento efectivo

Habitualmente en los compuestos de los aisladores se puede apreciar una disminución del 1% en el amortiguamiento efectivo y un aumento del 20% en la deformación a cortante.

b) Cálculo de la rigidez horizontal del sistema de aislamiento:

$$k_{H \text{ aislador}} = \frac{G_A \times A}{t_r}$$

**Ecuación 2.29.-** Rigidez Horizontal del aislador

$K_{H \text{ aislador}}$ : Rigidez horizontal del aislador (Tn/m)

A: Área del aislador (m<sup>2</sup>)

$G_A$ : Módulo de rigidez a cortante (Tn/m<sup>2</sup>)

- Rigidez del sistema de aislamiento:

$$k_{H \text{ total}} = k_{H \text{ aislador}} \times N$$

**Ecuación 2.30.-** Rigidez Horizontal del sistema de aislamiento

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

N: Número total de aisladores

c) Cálculo del coeficiente de amortiguamiento:

$$\beta = \frac{N \times \beta_{\text{IMPUESTO}} \times k_h}{k_{H \text{ total}}}$$

**Ecuación 2.31.-** Coeficiente de amortiguamiento

$\beta$ : Amortiguamiento compuesto del sistema de aislamiento

$\beta_{\text{IMPUESTO}}$ : Amortiguamiento efectivo

$K_H$ : Rigidez horizontal del aislador

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento

d) Cálculo del periodo efectivo en el máximo desplazamiento:

$$T_M = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{K_{H \text{ total}}}}$$

**Ecuación 2.32.-** Periodo efectivo para el máximo desplazamiento

$T_M$ : Periodo efectivo para el máximo desplazamiento (seg.)

$m$ : Masa de la estructura ( $T_n$ )

$K_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento ( $T_n/m$ )

e) Cálculo del desplazamiento máximo del centro de rigidez del sistema de aislamiento:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4 \pi \beta_M}$$

**Ecuación 2.33.-** Desplazamiento máximo para sismo máximo considerado

$D_M$ : Desplazamiento máximo (m)

$S_{M1}$ : Aceleración para sismo máximo considerado para periodo de 1.0 seg.

$T_M$ : Periodo objetivo para desplazamiento máximo (seg.)

$\beta_M$ : Coeficiente de amortiguamiento efectivo

f) Cálculo del desplazamiento máximo del centro de rigidez del sistema de aislamiento considerando efectos de torsión:

$$D_{T \text{ Norma}} = D_M \times 1.10$$

**Ecuación 2.34.-** Desplazamiento máximo considerando efectos de torsión

$D_{T \text{ Norma}}$ : Desplazamiento normalizado máximo (m)

$D_M$ : Desplazamiento máximo (m)

g) Cálculo del desplazamiento de rodamiento y verificación del volcamiento:

$$D_{\text{máx}} = \frac{D_e}{1 + k_H \times \frac{h}{\text{Carga}_{D+0.3L}}}$$

**Ecuación 2.35.-** Desplazamiento de rodamiento

$D_{\text{máx}}$ : Desplazamiento de rodamiento (m)

$D_e$ : Diámetro externo (m)

h: Altura total del aislador (m)

Carga<sub>D+0.30L</sub>: Carga mínima sobre el aislador (Tn)

Se ha considerado la conexión entre el aislador y la estructura con pernos de anclaje, pero se debe verificar la inestabilidad debido al rodamiento calculando un desplazamiento máximo que no debe ser menor que los anteriores calculados.

## B) Diseño del aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)

Paso 1° Cálculo de la deformación nula Q

Para el cálculo necesitamos asumir el diámetro del núcleo del plomo y el número de aisladores con núcleo de plomo, y para la deformación nula consideraremos una fluencia del plomo de 90 Mpa.

$$A_{pb} = \# \text{ aisladores} \times \frac{D_{pb}^2 \times \pi}{4}$$

**Ecuación 2.36.-** Área del núcleo de plomo

$$Q = 917.73 \times A_{pb}$$

**Ecuación 2.37.-** Fuerza a deformación nula

A<sub>pb</sub>: Área total de plomo (m<sup>2</sup>)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

D<sub>pb</sub>: Diámetro del núcleo de plomo (m)

Paso 2° Cálculo de la rigidez elástica del aislador:

- Área del aislador con un orificio de diámetro D<sub>pb</sub>.

$$A_{ANULAR} = \frac{\pi}{4} \times (D_e^2 - D_{pb}^2)$$

**Ecuación 2.38.-** Área anular del aislador

A<sub>ANULAR</sub>: Área anular (m<sup>2</sup>)

D<sub>e</sub>: Diámetro externo (m)

D<sub>pb</sub>: Diámetro del núcleo de plomo (m)

- Cálculo de la rigidez elástica del aislador:

$$k_r = \frac{G_A \times A_{ANULAR}}{t_r}$$

**Ecuación 2.39.-** Rigidez elástica del aislador

$k_r$ : Rigidez elástica (Tn/m)

$A_{ANULAR}$ : Área anular (m<sup>2</sup>)

$G_A$ : Módulo de rigidez a cortante (Tn/m<sup>2</sup>)

$t_r$ : Espesor de las capas de caucho (m)

Paso 3° Cálculo de la rigidez efectiva del conjunto de aisladores

$$k_{eff} = k_2 + \frac{Q}{D_D}$$

**Ecuación 2.40.-** Rigidez efectiva

$$k_{eff} = \#_{aisladores} \times k_r + \frac{Q}{D_D}$$

**Ecuación 2.41.-** Rigidez efectiva del conjunto de aisladores

$k_{eff}$ : Rigidez efectiva del conjunto de aisladores (Tn/m)

$k_r$ : Rigidez elástica (Tn/m)

$Q$ : Fuerza a deformación nula (Tn)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

- La rigidez efectiva de cada aislador:

$$k_{hp} = \frac{k_{eff}}{\# \text{ unidades}}$$

**Ecuación 2.42.-** Rigidez efectiva de cada aislador

$k_{hp}$ : Rigidez efectiva de cada aislador (Tn/m)

$k_{eff}$ : Rigidez efectiva del conjunto de aisladores (Tn/m)

Paso 4° Cálculo de la energía disipada:

- La deformación de fluencia del conjunto de aisladores se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula, considerando  $k_r = 10.k_p$  como valor obtenido de ensayos de corte dinámico.

$$D_Y = \frac{Q}{k_r - k_p}$$

**Ecuación 2.43.-** Deformación de fluencia (1)

$$D_Y = \frac{Q}{9 \times k_p}$$

**Ecuación 2.44.-** Deformación de fluencia (2)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

$k_r$ : Rigidez elástica (Tn/m)

$k_p$ : Rigidez plástica (Tn/m)

- Cálculo de la energía disipada

$$W_D = 4 \times Q \times (D_D - D_Y)$$

**Ecuación 2.45.-** Energía disipada

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

Paso 5° Cálculo del amortiguamiento efectivo del conjunto de aisladores:

$$\beta_p = \frac{W_D}{2 \times \pi \times k_{eff} \times D_D^2}$$

**Ecuación 2.46.-** Amortiguamiento Efectivo del conjunto de aisladores

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$k_{eff}$ : Rigidez efectiva del conjunto de aisladores (Tn/m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$\beta_p$ : Amortiguamiento efectivo (%)

Paso 6° Cálculo de la rigidez compuesta del sistema de aislamiento

$$k_{sa} = A k_{hp} + B k_h$$

**Ecuación 2.47.-** Rigidez compuesta

$k_{sa}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

$k_{hp}$ : Rigidez efectiva de cada aislador (Tn/m)

A: Número de aisladores con núcleo de plomo

B: Número de aisladores de alto amortiguamiento

Paso 7° Cálculo del amortiguamiento compuesto del sistema de aislamiento

$$\beta_{sa} = \frac{A \times \beta_p \times k_{hp} + B \times \beta_{HDR} \times k_h}{k_{sa}}$$

**Ecuación 2.48.-** Amortiguamiento compuesto

$\beta_{sa}$ : Amortiguamiento compuesto (%)

A: Número de aisladores con núcleo de plomo

$\beta_p$ : Amortiguamiento efectivo de aisladores con núcleo de plomo (%)

$k_{hp}$ : Rigidez efectiva del aislador con núcleo de plomo (Tn/m)

B: Número de aisladores de alto amortiguamiento

$\beta_p$ : Amortiguamiento efectivo de aisladores de alto amortiguamiento (%)

$k_{hp}$ : Rigidez efectiva del aislador de alto amortiguamiento (Tn/m)

$k_{sa}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

Paso 8° Cálculo del coeficiente de amortiguamiento:

- El coeficiente de amortiguamiento se calculará según tabla 2.8.

Paso 9° Cálculo del desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislamiento

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi \beta_D}$$

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$S_{D1}$ : Aceleración de diseño para periodo de 1.0 seg.

$T_D$ : Periodo objetivo deseado (seg.)

$\beta_D$ : Coeficiente de amortiguamiento efectivo

Paso 10° Cálculo del desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislamiento con efectos de torsión.

$$D_{T\text{ Norma}} = D_D \times 1.10$$

$D_{TM}$  Norma: Desplazamiento normalizado máximo (m)

$D_M$ : Desplazamiento de diseño (m)

Paso 11° Verificación de la deformación a cortante máximo

$$V_S = \frac{D_{TDnorma}}{t_r}$$

$V_S$ : Deformación a cortante de diseño (%)

$D_{TD}$  Norma: Desplazamiento normalizado (m)

$t_r$ : Espesor de la capas de caucho (m)

Paso 12° Cálculo del periodo real del sistema de aislación:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k_{H \text{ total}}}}$$

T: Periodo real de la estructura (seg.)

m: Masa de la estructura (Tn)

$k_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

Paso 13° Cálculo del cortante de diseño por encima del interfaz de aislamiento para los elementos resistentes:

$$V_S = \frac{k_H \times D_D}{R_i}$$

$V_S$ : Cortante de diseño (Tn)

$k_{H \text{ total}}$ : Rigidez compuesta del sistema de aislamiento (Tn/m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$R_i$ : Factor de reducción

- Cortante elástico:

$$C_S = \frac{V_S}{W}$$

$C_S$ : Coeficiente de cortante elástico

$V_S$ : Cortante de diseño (Tn)

W: Peso de la estructura (Tn)

Paso 14° Cálculo del coeficiente de seguridad a pandeo y rigidez vertical del sistema de aislamiento.

Cálculo del factor de forma.- Se debe cumplir con la condición del factor de forma debe ser mayor a 10.

$$S = \frac{D_e - D_i}{4 \times t}$$

S: Factor de forma

De: Diámetro externo del aislador (m)

Di: Diámetro interno del aislador (m)

- Cálculo del módulo de compresión de la composición de acero y caucho, se asume un valor de módulo de elasticidad del caucho de  $K = 200000 \text{ Tn/m}^2$ .

$$E_c = \left( \frac{1}{6 \times G \times S^2} + \frac{4}{3 \times K} \right)$$

Ec: Módulo de compresión ( $\text{Tn/m}^2$ )

G<sub>A</sub>: Módulo de rigidez a cortante ( $\text{Tn/m}^2$ )

S: Factor de forma

K: Módulo de elasticidad del caucho ( $\text{Tn/m}^2$ )

- Cálculo de la inercia de la placa de acero de sección anular:

$$I = \frac{\pi}{4} \left[ \left( \frac{\phi}{2} \right)^4 - \left( \frac{D_i}{2} \right)^4 \right]$$

I: Inercia de la sección del aislador ( $\text{m}^4$ )

ϕ: Diámetro de las placas de acero (m)

- La carga de pandeo de Euler es:

$$P_E = \frac{\pi^2 \times E_C \times I}{3 \times t_r^2}$$

P<sub>E</sub>: Carga de pandeo de Euler (Tn)

Ec: Módulo de compresión ( $\text{Tn/m}^2$ )

I: Inercia de la sección del aislador (m<sup>4</sup>)

tr: Espesor de las capas de caucho (m)

- Cálculo de la rigidez efectiva a corte:

Área efectiva de corte:

$$A_S = A \times \frac{t_r + \text{disco}}{t_r}$$

A<sub>S</sub>: Área efectiva de corte (m<sup>2</sup>)

A: Área del aislador (m<sup>2</sup>)

disco: Espesor de las placas de acero. (m)

tr: Espesor de las capas de caucho (m)

Rigidez a cortante por unidad de longitud:

$$P_S = G \times A_S$$

P<sub>S</sub>: Rigidez a cortante por unidad de longitud (Tn)

A<sub>S</sub>: Área efectiva de corte (m<sup>2</sup>)

G<sub>A</sub>: Módulo de rigidez a cortante (Tn/m<sup>2</sup>)

- Cálculo de la carga crítica.- Para utilizar la siguiente fórmula se debe cumplir que la carga de pandeo de Euler sea mayor que la rigidez a cortante por unidad de longitud.

$$P_{\text{CRITICA}} = \sqrt{P_E \times P_S}$$

P<sub>CRITICA</sub>: Carga crítica (Tn)

P<sub>E</sub>: Carga de pandeo de Euler (Tn)

P<sub>S</sub>: Rigidez a cortante por unidad de longitud (Tn)

Cálculo del coeficiente de seguridad.- Se debe cumplir que el factor de seguridad debe ser mayor a 2.

$$SF = \frac{P_{\text{CRITICA}}}{P_{\text{máx}}}$$

SF: Coeficiente de seguridad

$P_{CRITICA}$ : Carga crítica (Tn)

$P_{m\acute{a}x}$ : Carga máxima sobre el aislador (Tn)

- Cálculo de la rigidez vertical compuesta del sistema de aislamiento:

Se asumirá un módulo de compresión del plomo de  $E_I = 1427580$  Tn/m<sup>2</sup>.

$$k_V = \frac{E_I \times A_{NÚCLEO}}{t_p}$$

**Ecuación 2.49.-** Rigidez vertical del núcleo de plomo

$k_V$ : Rigidez vertical del núcleo de plomo (Tn/m)

$E_I$ : Módulo de compresión (Tn/m<sup>2</sup>)

$A_{NÚCLEO}$ : Área del núcleo de plomo (m<sup>2</sup>)

$t_p$ : Altura del núcleo de plomo (m)

La rigidez vertical del aislador con núcleo de plomo será la suma de la rigidez vertical del núcleo de plomo más la rigidez del caucho mezclado con los discos de acero.

$$k_{Vp} = \frac{E_C \text{ ANULAR} \times A_{ANULAR}}{t_r} + \frac{E_I \times A_{NÚCLEO}}{t_p}$$

**Ecuación 2.50.-** Rigidez vertical del aislador con núcleo de plomo

$k_{Vp}$ : Rigidez vertical del aislador con núcleo de plomo (Tn/m)

$E_I$ : Módulo de compresión (Tn/m<sup>2</sup>)

$A_{NÚCLEO}$ : Área del núcleo de plomo (m<sup>2</sup>)

$t_p$ : Altura del núcleo de plomo (m)

$E_C$ : Módulo de compresión de la sección anular (Tn/m<sup>2</sup>)

$A_{ANULAR}$ : Área de la sección anular del aislador (m<sup>2</sup>)

$t_r$ : Espesor de las capas de caucho (m)

La rigidez vertical compuesta del sistema de aislación es:

$$k_{VC} = A \times k_{Vp} + B \times k_V$$

**Ecuación 2.51.-** Rigidez vertical compuesta

$k_V$ : Rigidez vertical compuesta (Tn/m)

$k_V$ : Rigidez vertical del aislador de alto amortiguamiento (Tn/m)

$k_{vp}$ : Rigidez vertical del aislador con núcleo de plomo (Tn/m)

A: Número de aisladores con núcleo de plomo

B: Número de aisladores de alto amortiguamiento

- Frecuencia natural vertical:

El periodo vertical real es:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k_{vc}}}$$

T: Periodo vertical (seg.)

m: Masa de la estructura (kg)

$K_{V \text{ total}}$ : Rigidez vertical del sistema de aislación (Tn/m)

La frecuencia natural vertical.- Se debe cumplir que la frecuencia vertical debe ser mayor a 10 Hz para asegurar la rigidez vertical.

$$f_v = \frac{1}{T}$$

$f_v$ : Frecuencia vertical del sistema de aislación (Hz)

T: Periodo vertical (seg.)

### 2.2.2.3. Modelamiento bilineal

#### A) Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDRB)

Los datos iniciales que se necesitan para el modelamiento son la rigidez efectiva lineal, el desplazamiento de diseño del sistema, el amortiguamiento, la altura del caucho y el periodo real del sistema. Luego procedemos con los siguientes pasos y obtenemos finalmente el diagrama de histéresis y las propiedades para el ingreso en el software a utilizar.

Paso 1° Cálculo del desplazamiento de fluencia del aislador:

$$D_Y = 0.1 \times H_r$$

**Ecuación 2.52.-** Desplazamiento de fluencia

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

$H_r$ : Altura del caucho

Paso 2° Cálculo de la energía disipada:

$$W_D = 2 \times \pi \times k_{\text{eff}} \times D_D^2 \times \beta$$

**Ecuación 2.53.-** Energía disipada

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$k_{\text{eff}}$ : Rigidez efectiva (Tn/m)

$\beta$ : Amortiguamiento (%)

Paso 3° Cálculo de la fuerza nula de deformación:

$$Q = \frac{W_D}{4 \times (D_D - D_Y)}$$

**Ecuación 2.54.-** Fuerza a deformación nula

$Q$ : Fuerza a deformación nula (Tn)

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

Paso 4° Cálculo de la rigidez post fluencia del aislador:

$$k_2 = k_{\text{eff}} - \frac{Q}{D_D}$$

**Ecuación 2.55.-** Rigidez post fluencia

$k_2$ : Rigidez post fluencia (Tn/m)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

Paso 5° Cálculo de la rigidez inicial del aislador:

$$k_1 = \frac{Q}{D_Y} + k_2$$

**Ecuación 2.56.-** Rigidez Inicial del aislador

$k_1$ : rigidez inicial del aislador (Tn/m)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

$k_2$ : Rigidez post fluencia (Tn/m)

Paso 6° Cálculo de la fuerza de fluencia:

$$F_Y = Q + k_2 \times D_Y$$

**Ecuación 2.57.-** Fuerza de fluencia

$F_Y$ : Fuerza de fluencia (Tn)

Q: Fuerza a deformación nula (Tn)

$k_2$ : Rigidez post fluencia (Tn/m)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

Paso 7° Cálculo de la frecuencia angular:

$$\omega = \frac{2 \times \pi}{T_{\text{real}}}$$

**Ecuación 2.58.-** Frecuencia angular

$\omega$ : frecuencia angular (rad/seg.)

$T_{\text{real}}$ : periodo real (seg.)

Paso 8° Cálculo del amortiguamiento efectivo:

$$C = \frac{W_D}{\pi \times D_D^2 \times \omega}$$

**Ecuación 2.59.-** Amortiguamiento efectivo

C: Amortiguamiento efectivo (Tn-seg/m)

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$\omega$ : frecuencia angular (rad/seg.)

### B) Diseño del aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)

Los datos iniciales que se necesitan para el modelamiento son la rigidez efectiva lineal, el desplazamiento de diseño del sistema, el amortiguamiento, la altura del caucho, el periodo real del sistema, la deformación de fluencia, el número de aisladores, la energía disipada del conjunto, la fuerza a deformación nula del conjunto, la rigidez proporcionada por el caucho y la rigidez proporcionada por el núcleo de plomo. Luego procedemos con los siguientes pasos y obtenemos finalmente el diagrama de histéresis.

Paso 1° Cálculo del desplazamiento de fluencia del aislador fue calculado en el paso 4° del diseño con núcleo de plomo.

Paso 2° Cálculo de la energía disipada.- es la relación entre la energía disipada del conjunto y el número de aisladores con núcleo de plomo.

$$W_{DA} = \frac{W_D}{A}$$

**Ecuación 2.60.-** Energía disipada del aislador

$W_{DA}$ : Energía disipada del aislador (Tn-m)

$W_D$ : Energía disipada del conjunto de aisladores (Tn-m)

A: Número de aisladores con núcleo de plomo

Paso 3° Cálculo de la fuerza nula de deformación:

$$Q_A = \frac{Q}{A}$$

**Ecuación 2.61.-** Deformación nula

$Q_A$ : Fuerza a deformación nula del aislador (Tn)

$Q$ : Fuerza a deformación nula del conjunto de aisladores (Tn)

$A$ : Número de aisladores con núcleo de plomo

Paso 4° Cálculo de la rigidez post fluencia del aislador.- se ha tomado el valor de las tablas del fabricante, se puede apreciar en los anexos.

Paso 5° Cálculo de la rigidez inicial del aislador.- se ha tomado el valor de las tablas del fabricante, se puede apreciar en los anexos.

Paso 6° Cálculo de la fuerza de fluencia:

$$F_Y = Q + k_2 \times D_Y$$

$F_Y$ : Fuerza de fluencia (Tn)

$Q$ : Fuerza a deformación nula (Tn)

$k_2$ : Rigidez post fluencia (Tn/m)

$D_Y$ : Desplazamiento de fluencia (m)

Paso 7° Cálculo de la frecuencia angular:

$$\omega = \frac{2 \times \pi}{T_{\text{real}}}$$

$\omega$ : frecuencia angular (rad/seg.)

$T_{\text{real}}$ : periodo real (seg.)

Paso 8° Cálculo del amortiguamiento efectivo:

$$C = \frac{W_D}{\pi \times D_D^2 \times \omega}$$

$C$ : Amortiguamiento efectivo (Tn-seg/m)

$W_D$ : Energía disipada (Tn-m)

$D_D$ : Desplazamiento de diseño (m)

$\omega$ : frecuencia angular (rad/seg.)

## 2.2.3. Normas de diseño sísmico y aislamiento basal

### 2.2.3.1. Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica E.030

La norma peruana considera un análisis estático, un análisis dinámico por combinación espectral y un análisis tiempo-historia.

Dentro del diseño sísmico la filosofía de la norma consiste en evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad.

La norma también nos exige cumplir con controles para la estructura, ya sea los asentamientos del suelo, o los desplazamientos laterales de la estructura.

Se consideran parámetros para la elaboración del espectro de diseño:

- Factores de zona: Según la ubicación de la estructura, se obtendrá un valor de zona de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla N° 2.1.- Factores de Zona**

ZONA	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. NTP-E.030, 2006

Para el caso de la estructura en estudio se encuentra ubicada en Cajamarca considera como zona 3, por lo cual usaremos un factor  $Z = 0.4$ .

- Parámetros de suelo: Se obtiene de la tabla 2.2, dependiendo del tipo de suelo sobre el cual se encuentra la estructura.

**Tabla N° 2.2.- Parámetros de suelo**

Tipo	Descripción	Tp (s)	S
S1	Rocas o suelos muy rígidos	0.4	1
S2	Suelos intermedios	0.6	1.2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
S4	Condiciones excepcionales	*	*

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. NTP-E 0.30, 2006

Para el caso se ha planteado el suelo tipo S3, suelos flexibles o con estratos de gran espesor, en los que el periodo fundamental para vibraciones de baja amplitud es mayor que 0.6 seg. Y el factor de suelo es  $S = 1.4$ .

- Categoría de la edificación:

En nuestro caso, es un edificio para educación universitaria entonces se considera como una edificación esencial cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, por lo cual según la norma E-030 tenemos una edificación de categoría A, obteniendo un factor de uso  $U = 1.5$ .

- Factor de reducción sísmica:

En las dos direcciones se contempla un sistema de muros estructurales por lo cual obtenemos un coeficiente  $R = 6$  para este sistema estructural.

Para estructuras irregulares se considera  $3/4$  de  $R$  calculado.

- Factor de amplificación sísmica:

Según la Norma E-030 se define según la siguiente expresión:

$$C = \frac{T_p}{T} \times 2.5 ; C \leq 2.5$$

**Ecuación 2.62.-** Factor de amplificación sísmica

$T_p$  : Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.

$T$  : Periodo fundamental de la estructura.

- **Desplazamientos laterales permisibles de entrepiso:** Según norma se pueden apreciar los siguientes límites:

**Tabla N° 2.3.-** Límites para desplazamiento lateral de entrepiso

Material Predominante	( $D_i / H_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. NTP-E.030, 2006

- **Peso de la edificación:**

Se calculará considerando la carga permanente y adicionando un porcentaje de la carga viva, siendo para el caso, en edificaciones de las categorías A y B, la adición del 50% de la carga viva.

### A. Análisis estático:

- **Periodo Fundamental:** Se calculara para cada dirección según la siguiente expresión:

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

**Ecuación 2.63.-** Periodo fundamental

T : Periodo Fundamental

$h_n$  : Altura total de la edificación en metros.

$C_T$  : Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio.

- **Fuerza Cortante en la Base:** Se usara la siguiente expresión según norma E.030 para el cálculo del cortante en la base:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

**Ecuación 2.64.-** Fuerza Cortante en la base

Considerando el siguiente valor mínimo para la relación C/R

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

**Ecuación 2.65.-** Relación C/R

### B. Análisis dinámico:

- **Análisis Modal Espectral:** Se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones según la siguiente expresión:

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

**Ecuación 2.66.-** Aceleración espectral

Para un análisis en la dirección vertical se considera 2/3 del peso de la estructura para las zonas 2 y 3.

La fuerza mínima en la base no será menor que el 90% del análisis estático para estructuras irregulares.

Se considera una excentricidad accidental del 5%, en cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

- **Análisis Tiempo- Historia:** Se asume un comportamiento lineal y elástico, y se considera no menos de cinco registros de aceleraciones horizontales correspondientes a sismos reales o artificiales.

Se ha usado los acelerogramas de Chimbote de 1970, Lima 1974 y 1966, Ica y Pisco 2007, Moyobamba 2005 y Ocoña del año 2001.

#### 2.2.3.2. American Society of Civil Engineers 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

- **Categoría de riesgo del edificio y otras estructuras para sismo**

Se realizara una clasificación para la estructura según el riesgo, se aprecia en la tabla 1.5-1 de la norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures la cual se encuentra anexada en el CD.

- **Factor de Importancia:**

El factor de importancia se puede calcular según la tabla 1.5-2 de la norma propuesta por el ASCE 7-10 que se encuentra anexada en el CD. Para estructuras aisladas se considera un valor de 1.25.

- **Coefficiente de modificación de respuesta:**

El coeficiente será calculado con la tabla 12.2-1, se considera para estructuras aisladas un valor máximo de 2 y un valor mínimo de 1.

- **Parámetros para la aceleración de respuesta espectral:**

- Coeficientes para calcular el sismo máximo considerado

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

**Ecuación 2.67.-** Aceleración sismo máximo considerado para periodo corto  
Parámetro para periodo corto, siendo  $S_s$  el parámetro obtenido del Mapa de ordenadas espectrales para periodos estructurales menores pequeños con 5% de amortiguamiento.

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

**Ecuación 2.68.-** Aceleración sismo máximo considerado para periodo de 1.00 seg.  
Parámetro para periodo igual a 1 segundo, siendo  $S_1$  el parámetro obtenido del mapa de ordenadas espectrales correspondientes a un periodo estructural de 1.00 seg con amortiguamiento de 5%.

Los factores  $F_a$  y  $F_v$  se obtienen de las tablas 2.4 y 2.5, se pueden apreciar a continuación:

**Tabla N° 2.4.-** Coeficiente de sitio  $F_a$

Clase	Parámetros para periodo corto				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Ver Sección 11.4.7				

**Fuente:** American Society of Civil Engineers, 2010

**Tabla N° 2.5.-** Coeficiente de sitio  $F_v$

Clase	Parámetros para periodo 1.00 seg.				
	$S_s \leq 0.1$	$S_s = 0.2$	$S_s = 0.3$	$S_s = 0.4$	$S_s \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Ver Sección 11.4.7				

**Fuente:** American Society of Civil Engineers, 2010

Para el caso que el valor de  $S_s$  para los diferentes periodos no se encuentre en las tablas se usara una interpolación lineal.

- Parámetros de diseño de la aceleración espectral:

Para el diseño del espectro de diseño se usara  $S_{DS}$  y  $S_{D1}$ , según las siguientes formulas.

$$S_{DS} = 2 / 3 \times S_{MS}$$

**Ecuación 2.69.-** Aceleración sismo de diseño para periodo corto

$$S_{D1} = 2 / 3 \times S_{M1}$$

**Ecuación 2.70.-** Aceleración sismo de diseño para periodo de 1.00 seg

- Parámetros de Sitio:

Basado en las propiedades del suelo, según el capítulo 20 de la norma, o también se puede apreciar en la tabla 2.6:

**Tabla N° 2.6.-** Clasificación según sitio

Site Class	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
A. Hard rock	>5,000 ft/s	NA	NA
B. Rock	2,500 to 5,000 ft/s	NA	NA
C. Very dense soil and soft rock	1,200 to 2,500 ft/s	>50	>2,000 psf
D. Stiff soil	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
E. Soft clay soil	<600 ft/s	<15	<1,000 psf
	Any profile with more than 10 ft of soil having the following characteristics: —Plasticity index $PI > 20$ , —Moisture content $w \geq 40\%$ , —Undrained shear strength $\bar{s}_u < 500$ psf		
F. Soils requiring site response analysis in accordance with Section 21.1	See Section 20.3.1		

For SI: 1 ft/s = 0.3048 m/s; 1 lb/ft<sup>2</sup> = 0.0479 kN/m<sup>2</sup>.

**Fuente:** American Society of Civil Engineers, 2010

**A) Análisis Estático:** Procedimiento de la fuerza lateral equivalente

Para la aplicación del análisis por fuerza lateral equivalente se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

- La estructura debe estar ubicada en un sitio con  $S_1$  menor que 0.60 g.
- La estructura debe estar ubicada en un sitio de clase A, B, C o D.
- La estructura sobre la interfaz de aislamiento es menor o igual que 4 pisos o 19.80 m en altura estructural medido desde la base.
- El periodo efectivo de la estructura aislada del desplazamiento de diseño,  $T_D$ , es mayor que tres veces el elástico, el periodo de la estructura con base fija sobre el sistema de aislación es calculado con la ecuación:

$$T_a = C_t \times h_n^X$$

**Ecuación 2.71.-** Periodo fundamental

$T_a$ : Periodo fundamental en seg.

$C_t$  y  $X$ : Coeficientes obtenidos de la tabla 2.7

$h_n$ : Altura estructural

**Tabla N° 2.7.-** Valores aproximados para los parámetros  $C_t$  y  $x$

Structure Type	$C_t$	$x$
Moment-resisting frame systems in which the frames resist 100% of the required seismic force and are not enclosed or adjoined by components that are more rigid and will prevent the frames from deflecting where subjected to seismic forces:		
Steel moment-resisting frames	0.028 (0.0724) <sup>a</sup>	0.8
Concrete moment-resisting frames	0.016 (0.0466) <sup>a</sup>	0.9
Steel eccentrically braced frames in accordance with Table 12.2-1 lines B1 or D1	0.03 (0.0731) <sup>a</sup>	0.75
Steel buckling-restrained braced frames	0.03 (0.0731) <sup>a</sup>	0.75
All other structural systems	0.02 (0.0488) <sup>a</sup>	0.75

<sup>a</sup>Metric equivalents are shown in parentheses.

**Fuente:** American Society of Civil Engineers, 2010

- La estructura sobre el sistema de aislación tiene configuración regular.
- La rigidez efectiva del sistema de aislación para el desplazamiento de diseño es mayor que un tercio de la rigidez efectiva al 20% del desplazamiento de diseño.
- El sistema de aislamiento es capaz de producir la fuerza de restauración igual a  $0.025 W$  mayor que el 50% del desplazamiento de diseño.
- El sistema de aislamiento no considera como límite máximo el desplazamiento por sismo menor que el desplazamiento total máximo.
- Procedimiento de Fuerza lateral equivalente:
  - Desplazamiento de Diseño:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi^2 B_D}$$

$g$ : Aceleración de la gravedad.

$S_{D1}$ : Parámetro de aceleración espectral para un periodo de 1 segundo en un amortiguamiento de diseño del 5%.

$T_D$ : Periodo efectivo de la estructura aislada para el desplazamiento de diseño.

$B_D$ : Coeficiente numérico relativo al amortiguamiento efectivo del sistema de aislación para el desplazamiento de diseño. Se puede apreciar los valores en la siguiente tabla:

**Tabla N° 2.8.-** Coeficiente de amortiguamiento

Amortiguamiento Efectivo $B_D$ o $B_M$	Factor $B_D$ o $B_M$
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
50	2.0

**Fuente:** American Society of Civil Engineers, 2010

- Periodo Efectivo para el desplazamiento de diseño:

$$T_D = 2 \pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

W: Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislación.

$K_{Dmin}$ : Rigidez efectiva mínima del sistema de aislamiento en la dirección considerada para el desplazamiento de diseño.

g: Aceleración de la gravedad.

- Desplazamiento Máximo:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4 \pi^2 B_M}$$

g: Aceleración de la gravedad.

$S_{M1}$ : Parámetro de aceleración espectral de un sismo máximo para un periodo de 1 segundo en un amortiguamiento de diseño del 5%.

$T_M$ : Periodo efectivo de la estructura aislada para el desplazamiento máximo.

$B_M$ : Coeficiente numérico relativo al amortiguamiento efectivo del sistema de aislación para el desplazamiento de diseño. Se puede apreciar los valores en la tabla 2.8.

- Periodo Efectivo para el desplazamiento máximo:

$$T_M = 2 \pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

W: Peso sísmico de la estructura sobre la interfaz de aislación.

$K_{Mmin}$ : Rigidez efectiva mínima del sistema de aislamiento en la dirección considerada para el máximo desplazamiento.

g: Aceleración de la gravedad.

- Desplazamiento Total:

Al desplazamiento de diseño y al desplazamiento máximo se incluye un desplazamiento adicional debido a la torsión accidental, se aprecia en la siguiente fórmula:

$$D_{TD} = D_D \left[ 1 + y \frac{12 e}{b^2 + d^2} \right]$$

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12 e}{b^2 + d^2} \right]$$

**Ecuación 2.72.-** Desplazamiento total

$D_D$ : Desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislación en la dirección considerada.

$D_M$ : Desplazamiento máximo considerado del centro de rigidez del sistema de aislación en la dirección considerada.

y: Distancia perpendicular entre el centro de rigidez del sistema de aislación y el elemento de interés.

e: Excentricidad actual medida entre el centro de masa sobre la interfaz de aislación y el centro de rigidez del sistema de aislación más la excentricidad accidental considerada como el 5%.

b: Dirección más corta de la estructura medida perpendicular a d.

d: Dirección más larga de la estructura.

La norma también incluye que podemos aumentar el 10% al desplazamiento máximo para considerar los efectos de torsión.

- Fuerza Lateral mínima:
- El sistema de aislación, la cimentación y los elementos que continúan del sistema de aislación son diseñados y deben soportar una fuerza lateral mínima, siendo la siguiente:

$$V_b = K_{Dmax} D_D$$

$K_{Dmax}$ : Máxima rigidez efectiva del sistema de aislación para el desplazamiento de diseño en la dirección considerada.

$D_D$ : Desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección considerada.

$V_b$  no se tomará como menor de la fuerza máxima en el sistema de aislamiento en cualquier desplazamiento incluyendo el desplazamiento de diseño.

- Elementos estructurales sobre el sistema de aislación:
- Los elementos estructurales sobre el sistema de aislación se diseñaran y soportaran una fuerza cortante mínima  $V_S$  usando todos los requerimientos apropiados para estructuras no aisladas, se usara la siguiente fórmula:

$$V_S = \frac{K_{Dmax} D_D}{R_i}$$

$K_{Dmax}$ : Máxima rigidez efectiva del sistema de aislación para el desplazamiento de diseño en la dirección considerada.

$D_D$ : Desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislamiento en la dirección considerada.

$R_i$ : Coeficiente numérico relativo al tipo de sistema de resistencia de fuerzas sísmicas usado sobre el sistema de aislación. Se considera 3/8 del valor obtenido de la tabla 12.2-1 de la Norma ASCE 7 – 10, considerando un valor no mayor que 2 y no menor que 1.

- Distorsiones límites:
- La máxima distorsión de entrepiso sobre el sistema de aislación no debe exceder  $0.015h_{sx}$ , y será calculado con la siguiente fórmula:

$$\bar{\delta}_x = \frac{C_d \bar{\delta}_{xe}}{I_e}$$

**Ecuación 2.73.-** Distorsiones límites

$C_d$  : Factor de amplificación de deflexión

$\bar{\delta}_{xe}$  : Deflexión de la locación requerida.

$I_e$  : Factor de importancia determinado anteriormente.

**B) Análisis Dinámico:**

- Procedimiento para el análisis dinámico:

- Sistema de aislación:

El sistema de aislamiento se debe modelar con suficiente detalle para la distribución de las unidades de aislación, el cálculo de la traslación en las direcciones horizontales y la torsión de la estructura sobre la interfaz de aislación considerando la más desfavorable locación excéntrica de la masa.

Evaluar las fuerzas debidas a vuelco de las unidades de aislamiento.

Verificar los efectos generados debido a las cargas verticales, cargas bilaterales, pues algunas propiedades de deflexión del sistema de aislamiento dependen de estas cargas.

- Estructura aislada:

El desplazamiento máximo de cada piso, las fuerzas de diseño y desplazamientos en elementos resistentes a la fuerza de sismo se podrá calcular usando un modelo elástico lineal de la estructura aislada, siempre que se cumplan con las siguientes condiciones, las propiedades de rigidez asumidas para los componentes no lineales se basan en la rigidez efectiva máxima del sistema de aislamiento y todos los elementos resistentes a la fuerza de sismo por encima del sistema de aislamiento siguen permanecen elásticos frente al sismo de diseño.

La fuerza cortante no será menor que el 100% de  $V_s$  para estructuras irregulares y no menor que el 80% de  $V_s$  para estructuras regulares.

- **Espectro de Respuesta:** Deberá cumplir las siguientes condiciones:

La estructura estará ubicada en sitios de clase A, B, C o D.

El sistema de aislación debe cumplir con los criterios del análisis por fuerza lateral equivalente.

- o Procedimiento para Espectro de respuesta:

Se realizara con amortiguamiento para el modo fundamental no mayor que el amortiguamiento eficaz del sistema de aislamiento o 30 % del amortiguamiento crítico, el que sea menor.

Se usará para el análisis, para determinar el desplazamiento total de diseño y el desplazamiento total máximo la acción simultanea del 100% del movimiento del suelo en la dirección crítica y el 30% de movimiento del suelo en la dirección perpendicular. El desplazamiento máximo del sistema de aislación será calculado como la suma vectorial de los 2 desplazamientos ortogonales.

- **Análisis Tiempo- Historia:** Se usará este método cuando se cumple con los criterios de diseño de Espectro de Respuesta.

- o Procedimiento para el análisis Tiempo-Historia:

Para el análisis se usaran no menos de tres pares de señales sísmicas, las cuales serán seleccionadas y escaladas, estas señales sísmicas se aplicaran simultáneamente considerando la locación más perjudicial de la masa excéntrica. El desplazamiento máximo del sistema de aislación será calculado con el vector suma de los dos desplazamientos ortogonales para cada tiempo. Si hay menos de 7 pares de señales sísmicas para la evaluación, entonces se usará el valor máximo del parámetro de respuesta en interés.

- Desplazamientos y fuerzas laterales mínimas:

La fuerza lateral de diseño no será menor que el 90% de  $V_b$ .

El desplazamiento total de diseño del sistema de aislación no será menor que el 90% de  $D_{TD}$ . El desplazamiento total máximo del sistema de aislación no será menor que el 80% de  $D_{TM}$ .

- Elementos estructurales sobre el sistema de aislación:

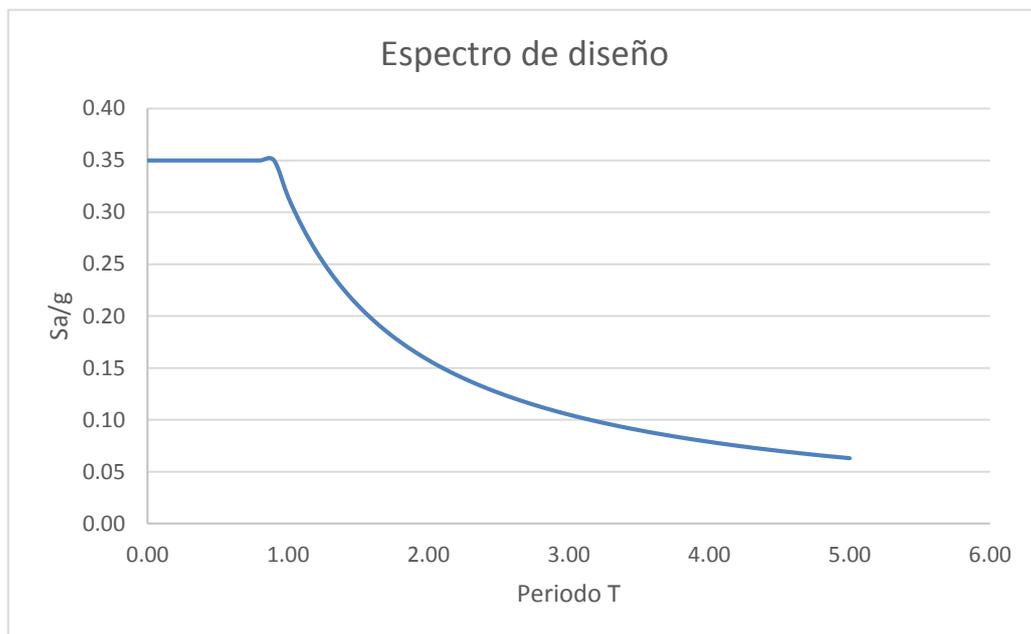
Serán diseñados usando los requerimientos para estructuras no aisladas y las fuerzas obtenidas del análisis dinámico reducidas por el factor  $R_i$ . La fuerza lateral cortante de diseño sobre el sistema de aislación no será menor que 80% de  $V_s$  para estructuras regulares, y para estructuras irregulares se puede considerar menos que el 100% de  $V_s$  pero no menor que el 80% de  $V_s$ .

### 2.2.3.3. Espectro de diseño

- Espectro de diseño según Reglamento Nacional de las Edificaciones:

$Z = 0.4$  (Tipo 3),  $U = 1.5$  (Centro Educativo),  $S = 1.4$  (Tipo  $S_3$ ),  $T_p (s) = 0.9$ ,  $R_x = R_y = 6$  (Muros Estructurales).

**Figura N° 2.8.-** Espectro de diseño según Norma Peruana de Diseño Sismorresistente



**Fuente:** Adaptado de Norma E.030, 2006

- Para el análisis tiempo-historia se han usado los siguientes acelerogramas obtenidos del Instituto Geofísico del Perú, con los siguientes datos:

Chimbote 1970:

Número de puntos: 2259

Intervalo: 0.02 seg.

Unidades:  $10^{-5}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 1.048 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 3.74

Lima 1966:

Número de puntos: 9882

Intervalo: 0.02 seg.

Unidades:  $10^{-2}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 1.806 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 2.173

Lima 1974:

Número de puntos: 4899

Intervalo: 0.02 seg.

Unidades:  $10^{-5}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 1.925 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 2.04

Ica 2007:

Número de puntos: 21806

Intervalo: 0.01 seg.

Unidades:  $10^{-2}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 2.722 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 1.442

Pisco 2007:

Número de puntos: 33000

Intervalo: 0.005 seg.

Unidades:  $10^{-2}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 0.547 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 7.174

Moyobamba 2005:

Número de puntos: 5440

Intervalo: 0.005 seg.

Unidades:  $10^{-2}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 1.314 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 2.986

Ocoña 2001:

Número de puntos: 19982

Intervalo: 0.01 seg.

Unidades:  $10^{-2}$  m/seg<sup>2</sup>

Aceleración Pico: 2.952 m/seg<sup>2</sup>

Factor de Escala: 1.329

Se pueden apreciar los respectivos espectros de aceleración, velocidad y desplazamientos en el anexo N° 3, junto a los espectros de respuesta para distintos amortiguamientos (5%, 10% y 27%).

## 2.2.4. Caracterización estructural y modelamiento del edificio

### 2.2.4.1. Caracterización del edificio

- **Arquitectura.-** se puede apreciar la distribución en las siguientes tablas.
  - Área total del proyecto: 312.80 m<sup>2</sup>

**Tabla N° 2.9.-** Ambientes y áreas del 1° nivel

AMBIENTE	CANTIDAD	AREA (m <sup>2</sup> )
BIBLIOTECA	01	264.78
DEPOSITO	01	26.21

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Tabla N° 2.10.-** Ambientes y áreas del 2° y 3° nivel

AMBIENTE	CANTIDAD	AREA (m <sup>2</sup> )
Aula de 25 alumnos 01	01	35.23
Aula de 25 alumnos 02 y 03	01	35.23
Aula de 25 alumnos 04	01	33.57
Servicios higiénicos	01	17.97
Corredor	01	98.78
Tableros	01	7.64

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Tabla N° 2.11.-** Ambientes y áreas del 4° nivel

AMBIENTE	CANTIDAD	AREA (m <sup>2</sup> )
Taller 01	01	109.10
Taller 02 y 03	01	35.61
Corredor	01	61.35
Servicios Higiénicos Hombres	01	8.40
Servicios Higiénicos Mujeres	01	8.31
Tableros	01	7.23

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

El edificio está destinado para aulas educacionales tiene 4 niveles, el ingreso a la biblioteca del primer nivel es directo al igual que para el segundo nivel y se usará para los siguientes niveles un corredor, el edificio cuenta con grandes ventanas hacia los dos frentes, la escalera se encuentra unida a la estructura.

La altura de los niveles es diferente por piso siendo así del primer nivel 3.00 m de altura, del segundo y tercer nivel 3.10 m y para el piso final se cuenta con un techo inclinado de 30°. Se cuenta con 7 pórticos. La distribución y cortes típicos se muestran en los planos en los anexos.

- **Características de los materiales:**

• **Concreto:**

Resistencia a la compresión:  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Peso por unidad de volumen:  $\gamma$  = 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Módulo de elasticidad:  $E_c$ =217370.65 kg/cm<sup>2</sup>.

Módulo de poisson:  $\nu$ =0.15

• **Acero De Refuerzo:**

Esfuerzo de fluencia:  $f_y$ =4200.00 kg/cm<sup>2</sup>.

Módulo de elasticidad:  $E_s$ =2.0x10<sup>7</sup> Tn/m<sup>2</sup>.

#### 2.2.4.2. Análisis y diseño del edificio tradicional

##### 2.2.4.2.1 Predimensionamiento y estructuración:

- LOSAS.- Se considerara como diafragma rígido y el predimensionamiento viene dado por la siguiente fórmula:

$$h = L/25$$

- VIGAS.- Se considera para el predimensionamiento la siguiente fórmula, considerando un ancho mínimo de 25 cm.

$$h = L/12$$

$$b = h/2$$

Viga secundaria.- para el predimensionamiento usaremos la siguiente fórmula, considerando un ancho mínimo de 25 cm.

$$h = L/14$$

$$b = h/2$$

Los cálculos y diseño de los elementos estructurales se encuentran anexados.

#### 2.2.4.2.2 Metrado de cargas:

La estructura está sometida tanto a cargas muertas como a cargas vivas y para sus cargas se tuvo en cuenta la Norma Técnica E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- **Cargas vivas:**

Bibliotecas:

Sala de lectura: 300 kg/m<sup>2</sup>

Salas de almacenaje con estantes fijos no apilables: 750 kg/m<sup>2</sup>

Centros Educativos (aulas): 250 kg/m<sup>2</sup>.

Centros Educativos (talleres): 350 kg/m<sup>2</sup>

C. Educativos (corredores y escaleras): 400 kg/m<sup>2</sup>.

Baños:

Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 300 kg/m<sup>2</sup>

Techos:

Para techos con inclinación mayor de 3° con respecto a la horizontal 100 kgf/m<sup>2</sup> reducida en 5 kgf/m<sup>2</sup> por cada grado de pendiente, hasta un mínimo de 50 kgf/m<sup>2</sup>.

- **Pesos unitarios y repartidos:**

Muros (unidades huecas): 1350 kg/m<sup>3</sup>.

Losa aligerada (e=0.30m): 420 kg/m<sup>2</sup>.

- **Acabados:**

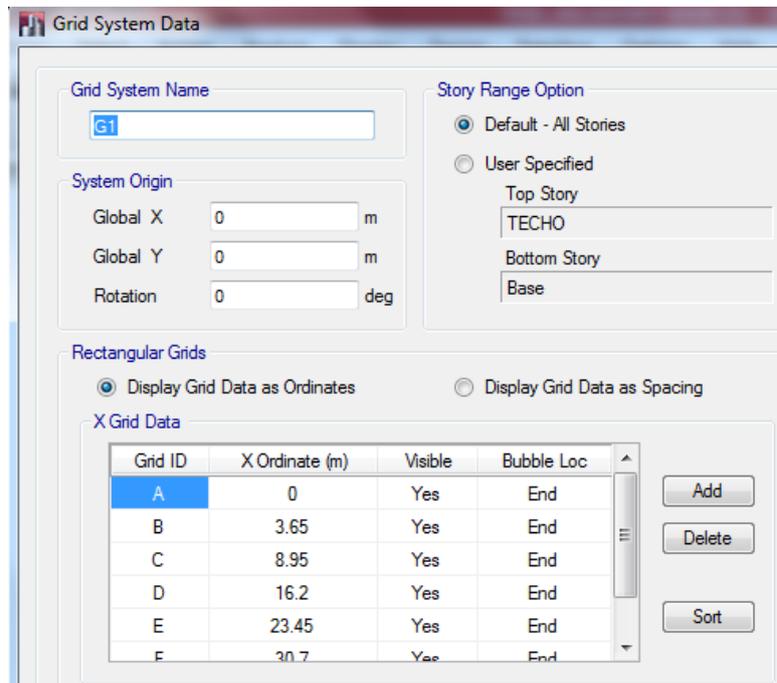
Piso terminado (e=0.05m): 100 kg/m<sup>2</sup>.

Tabiquería móvil: 100 kg/m<sup>2</sup>

### 2.2.4.2.3 Modelamiento en ETABS 2013

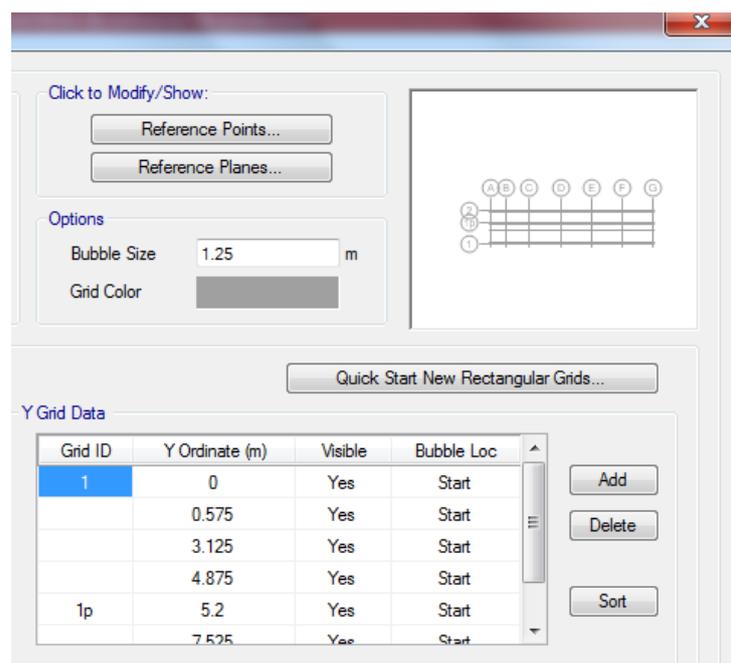
- Modelamiento de la malla para el eje X y eje Y:

**Figura 2.9.-** Ingreso de valores al eje X



Fuente: ETABS 2013, 2014

**Figura 2.10.-** Ingreso de valores al eje Y



Fuente: ETABS 2013, 2014

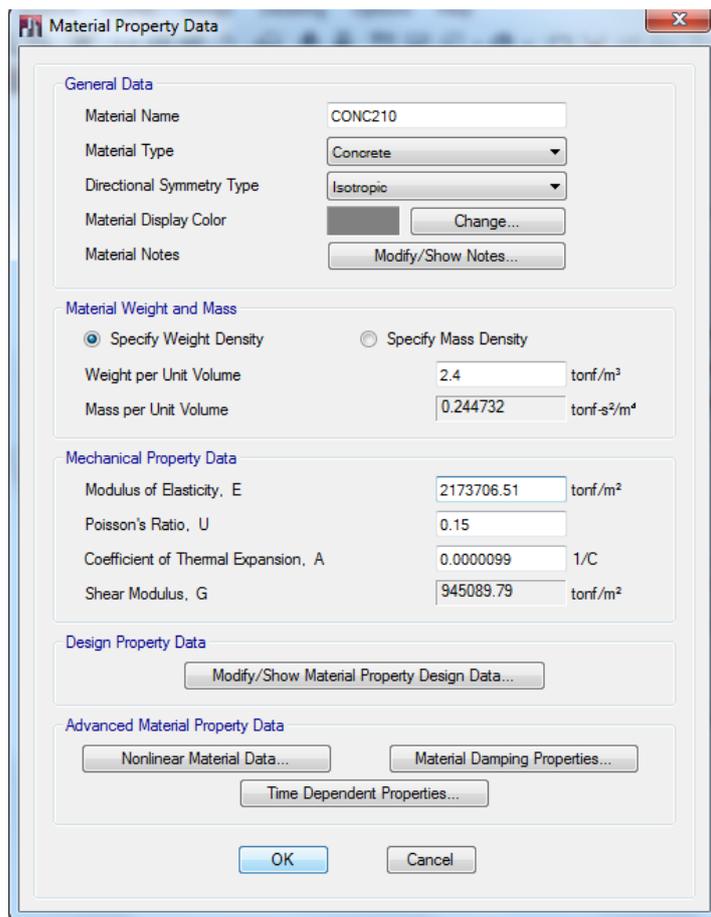
**Figura 2.11.- Ingreso de valores al eje Z**

	Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m
▶	TECHO	0.172	15.1	No	None	No	0
	4-4	0.765	14.928	No	PISO 1	No	0
	4-3	0.525	14.163	No	PISO 1	No	0
	4-2	0.795	13.638	No	PISO 1	No	0
	4-1	0.143	12.843	No	PISO 1	No	0
	PISO 4	3.4	12.7	No	PISO 1	No	0
	PISO 3	3.15	9.3	No	PISO 1	No	0
	PISO 2	3.15	6.15	No	PISO 1	No	0
	PISO 1	3	3	Yes	None	No	0

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Definición de materiales:

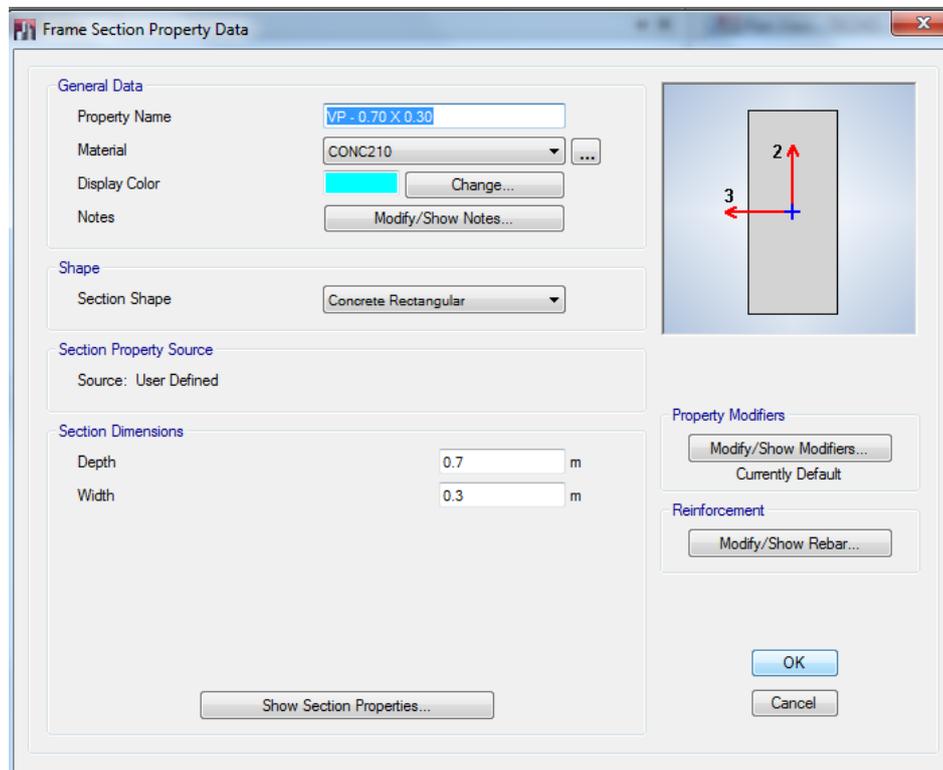
**Figura 2.12-** Definición de material Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

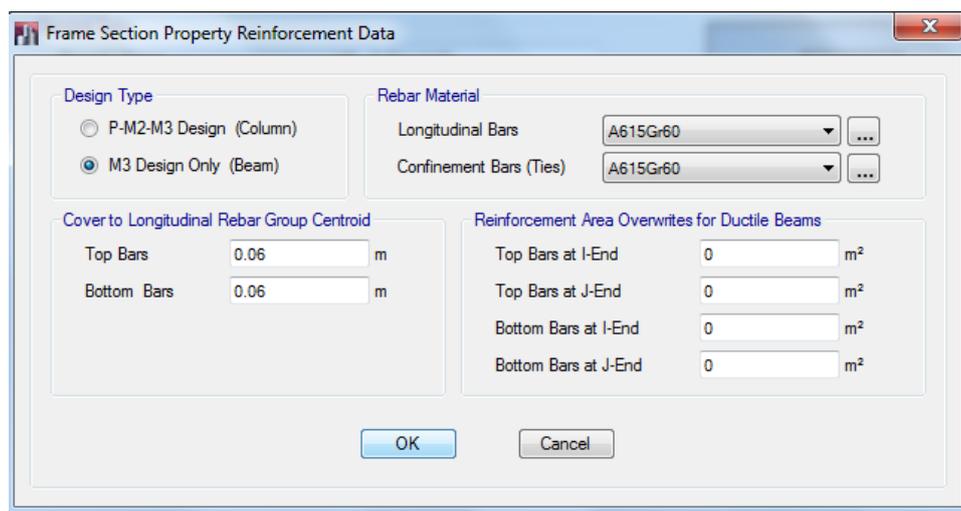
- Definición de secciones de vigas:

**Figura 2.13.-** Sección Viga Principal VP-0.70x 0.30m



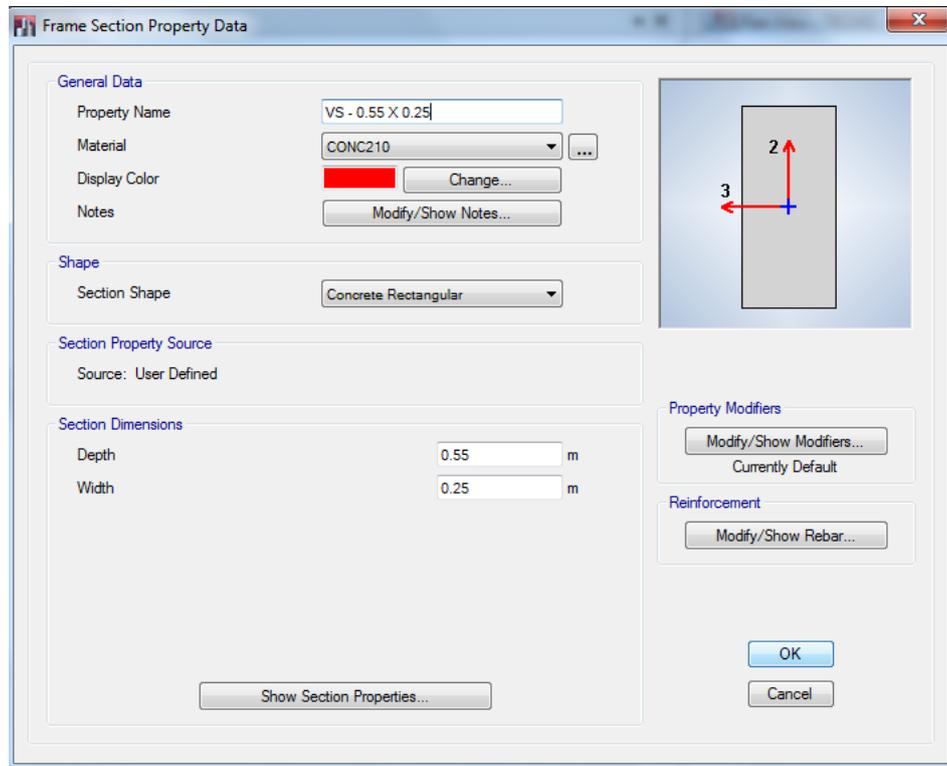
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.14.-** Propiedades de reforzamiento de viga principal



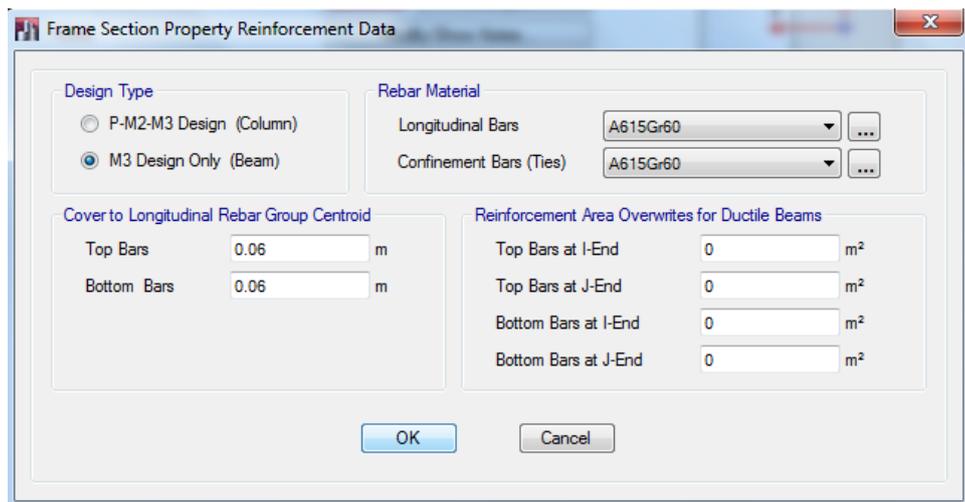
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.15.-** Sección Viga Secundaria VS-0.55x 0.25m



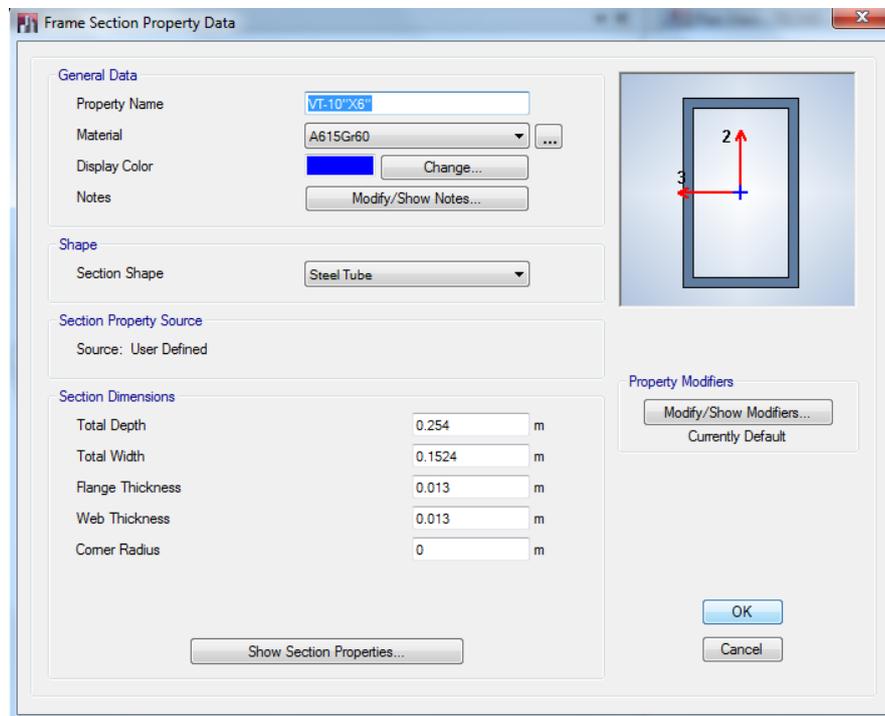
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.16.-** Propiedades de reforzamiento de viga secundaria



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

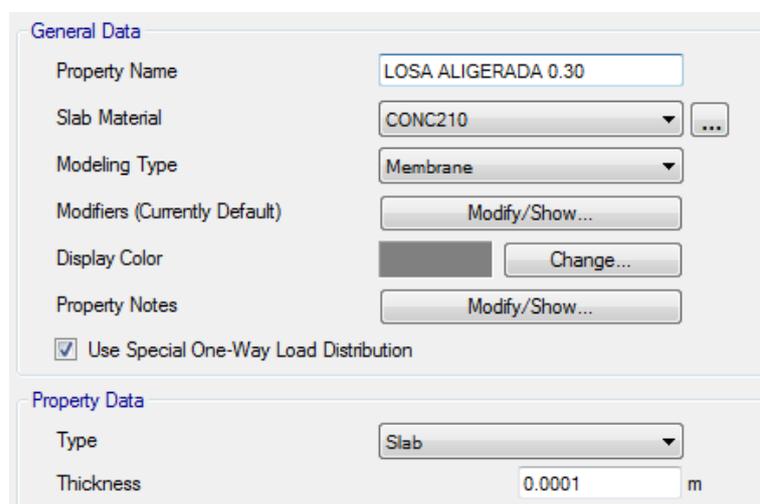
**Figura 2.17.-** Sección Viga Tubular Cuadrada 10”x 6”



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Definición de secciones de losa, para este caso el espesor de la losa se usara 0.0001 m, únicamente para facilitar el modelamiento, transmitir las cargas y asignación de diafragmas.

**Figura 2.18.-** Definición de elemento losa

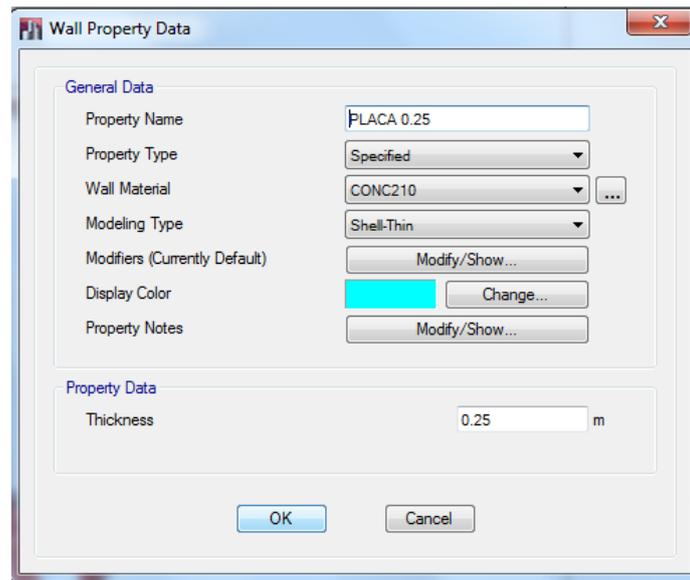


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Definición de secciones de placas:

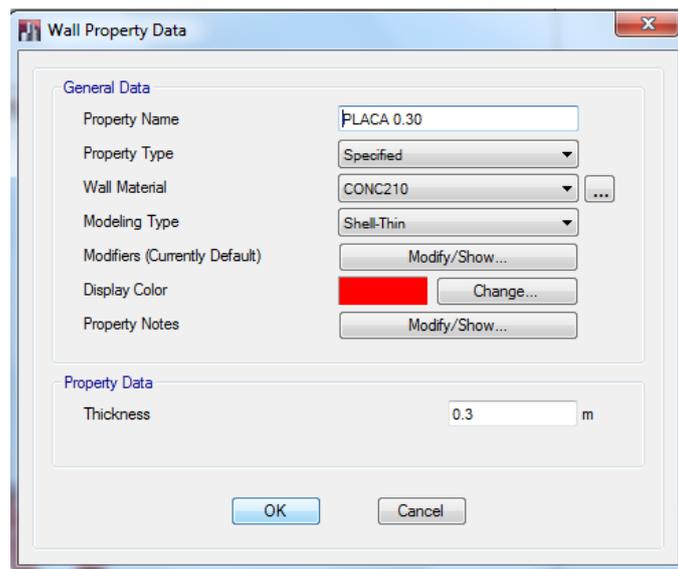
Se usaran 2 tipos de placas, una de espesor igual a 25 cm y la segunda con espesor de 30 cm.

**Figura 2.19.-** Definición de placa de  $e = 0.25$  m



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.20.-** Definición de placa de  $e = 0.30$  m

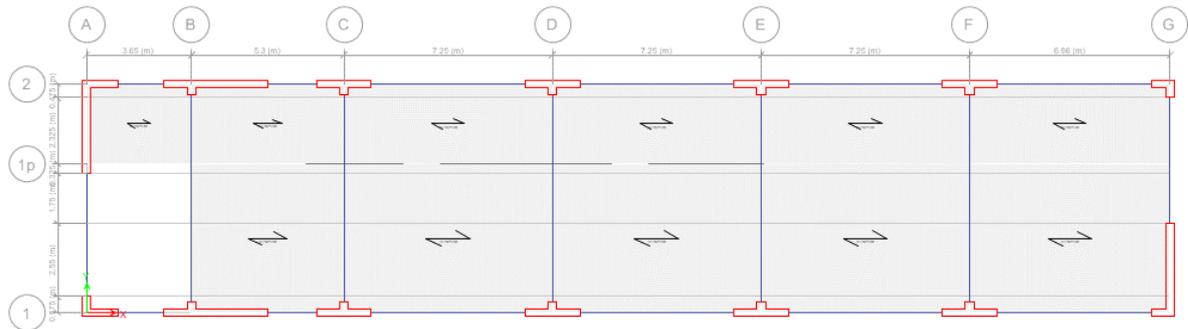


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Asignación de elementos estructurales:

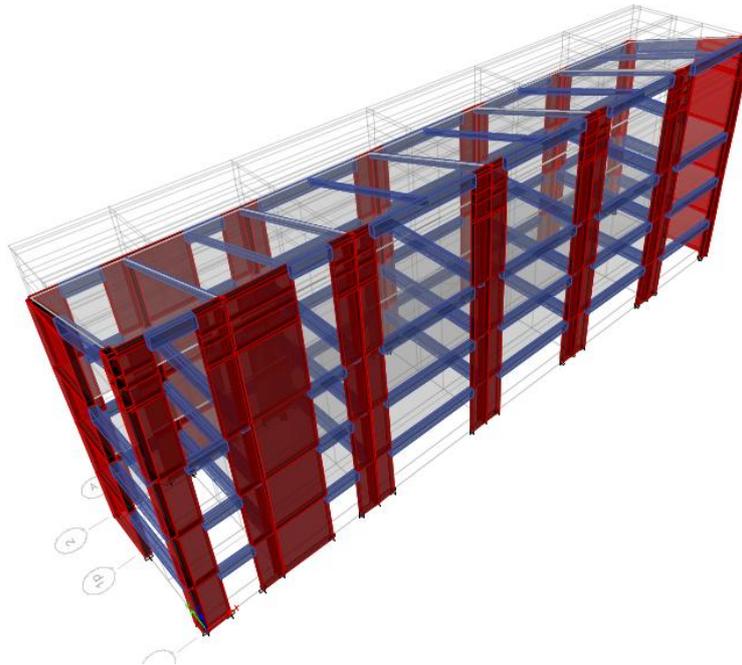
Primero dibujamos los muros, luego las vigas y luego las losas, obteniendo:

**Figura 2.21.-** Asignación de placas, vigas y losas.



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.22.-** Vista en isométrico de la estructura final.



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

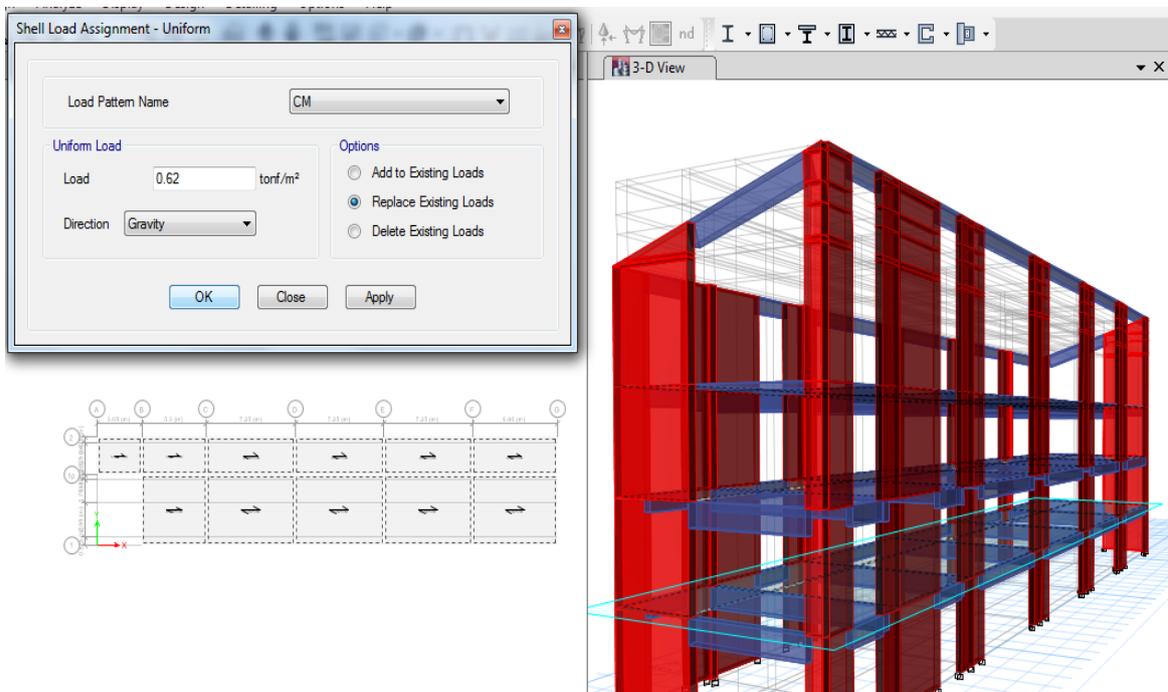
- Asignación de cargas:

a) Cargas Muertas:

Peso Propio de Losa:	420.00	kg/m <sup>2</sup>
Piso Terminado:	100.00	kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería móvil:	100.00	kg/m <sup>2</sup>
Wd =	620.00	kg/m <sup>2</sup>

Carga muerta techo: Peso Específico Madera: 1100 Kg/m<sup>3</sup>

**Figura 2.23.- Ingreso de cargas muertas**

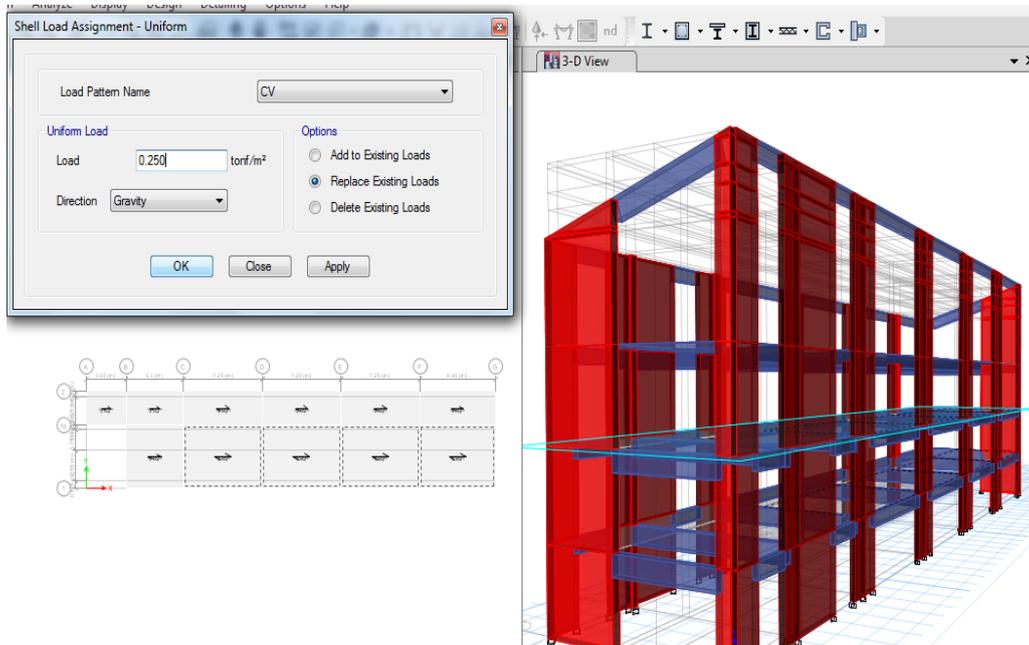


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

b) Cargas Vivas:

Losas 1° y 2° piso: 250 kg/m<sup>2</sup> (Aulas)

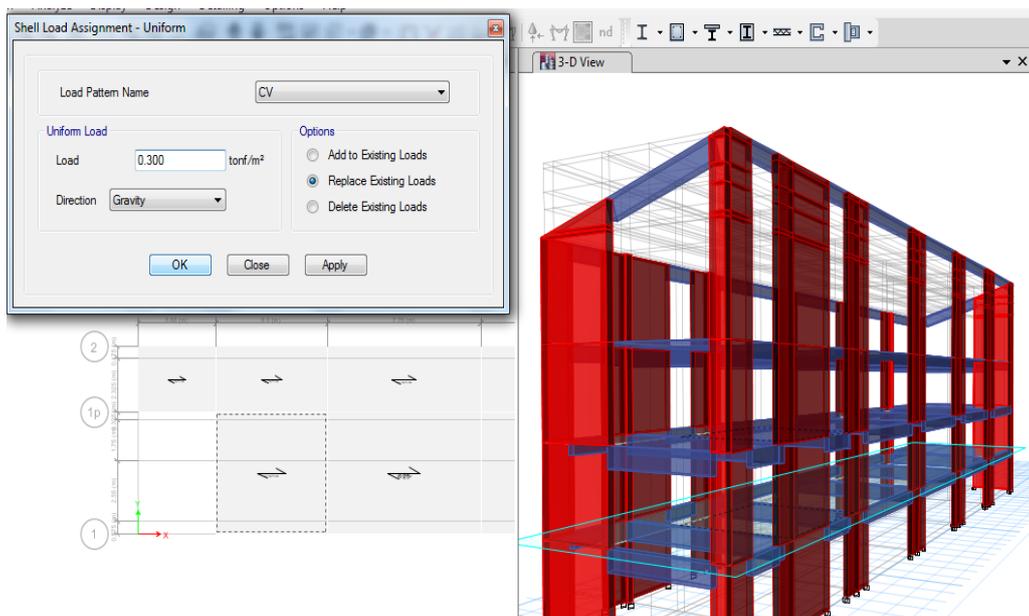
**Figura 2.24.-** Ingreso de carga viva de aulas



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

Servicios higiénicos: 300 kg/m<sup>2</sup>

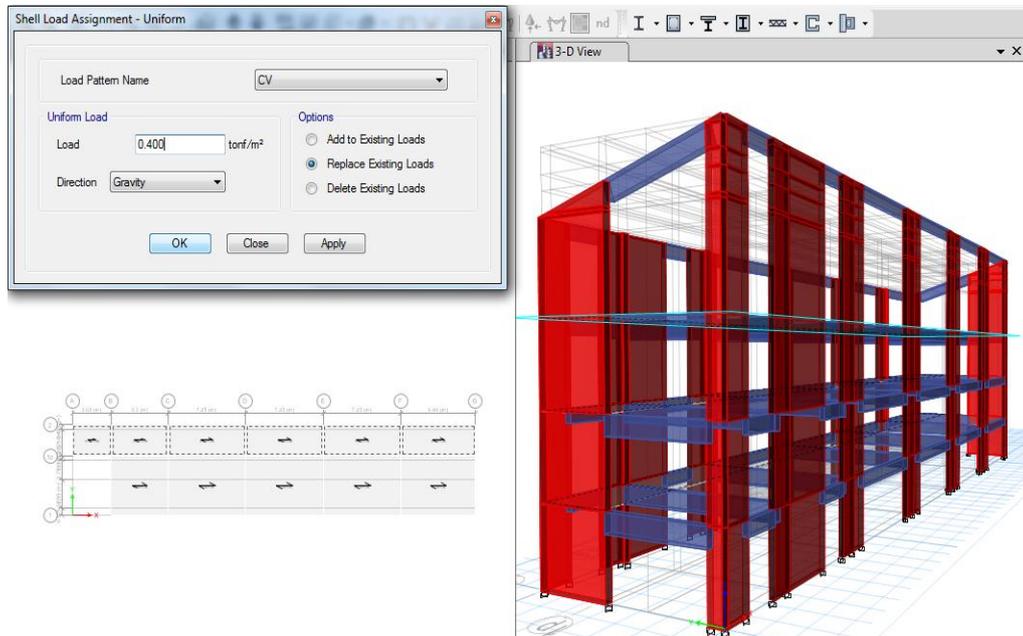
**Figura 2.25.-** Ingreso de carga viva de servicios higiénicos



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

Cargas de corredor y escaleras. 400 kg/m<sup>2</sup>

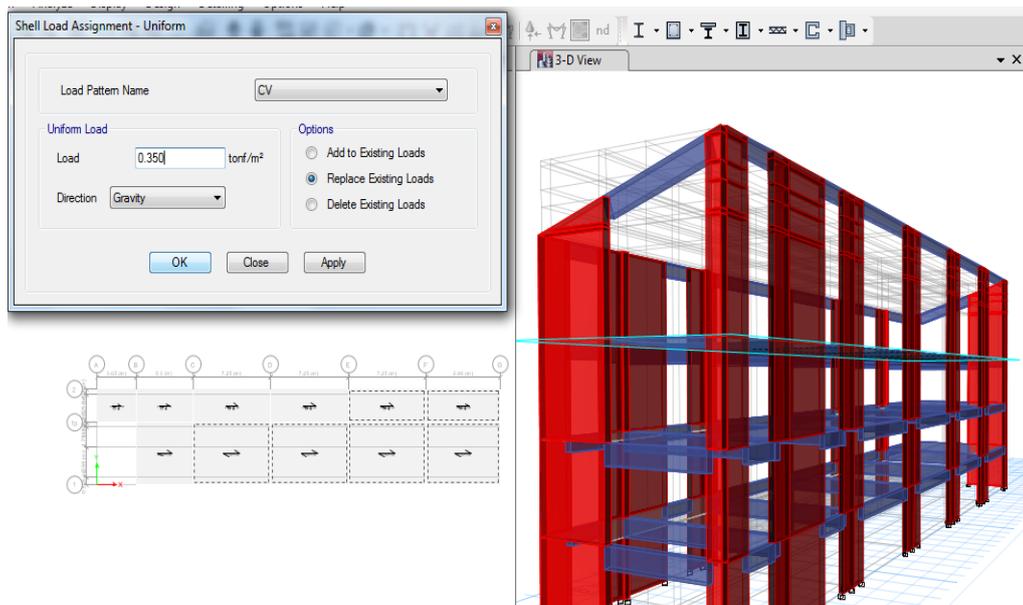
**Figura 2.26.-** Ingreso de carga viva de corredores y escaleras



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

Carga de talleres

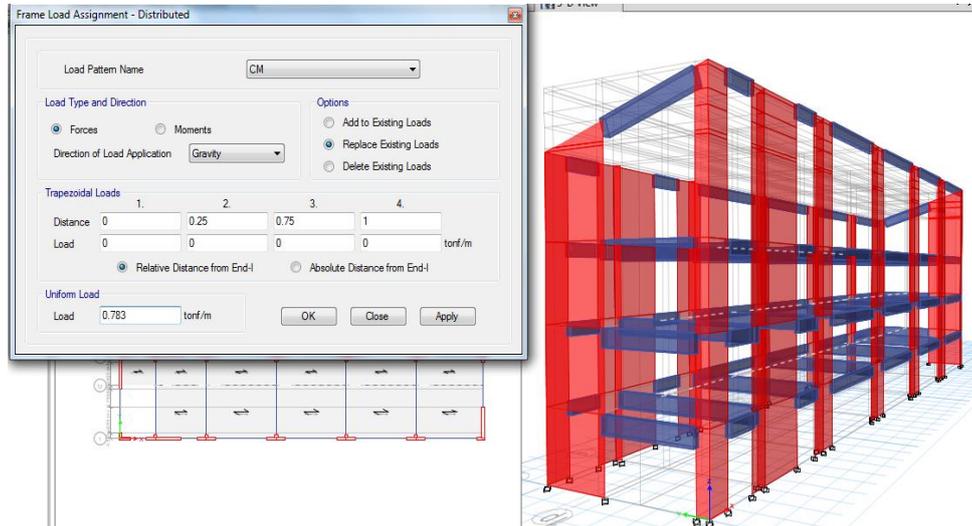
**Figura 2.27.-** Ingreso de carga viva de talleres



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

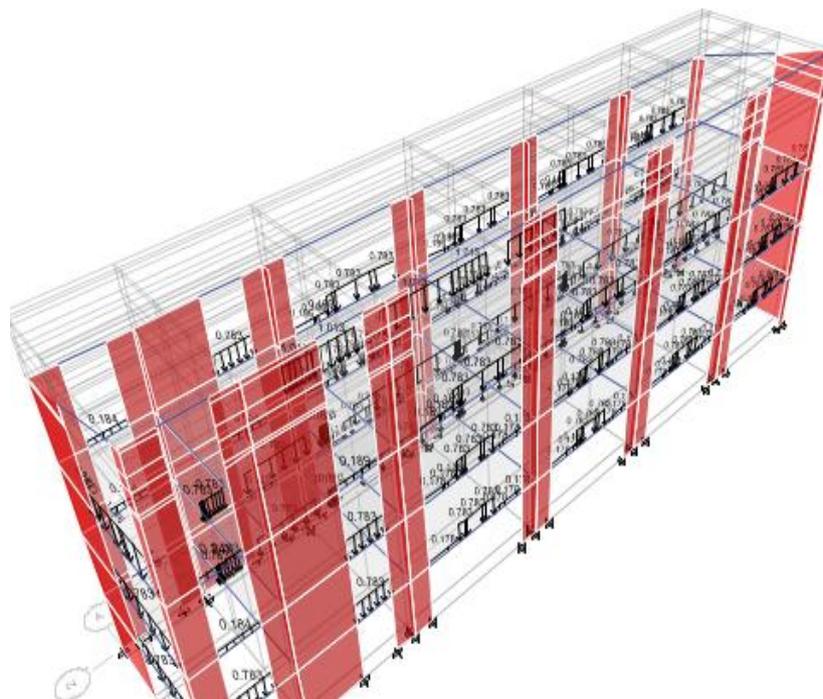
Asignación de cargas de parapetos de albañilería:  $1800 \times 2.90 \times 0.15 = 783 \text{ kg/m}$  en losas de 1 piso, 2 piso y 3 piso.

**Figura 2.28.-** Asignación de cargas de parapetos



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

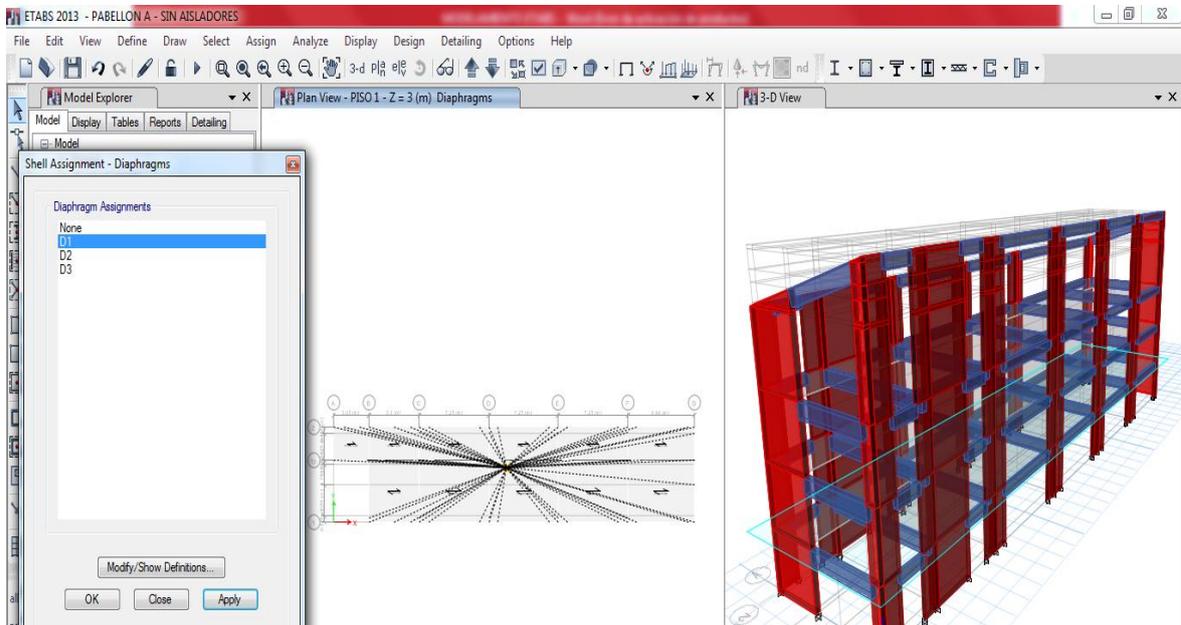
**Figura 2.29.-** Vista isométrica de cargas de parapetos



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

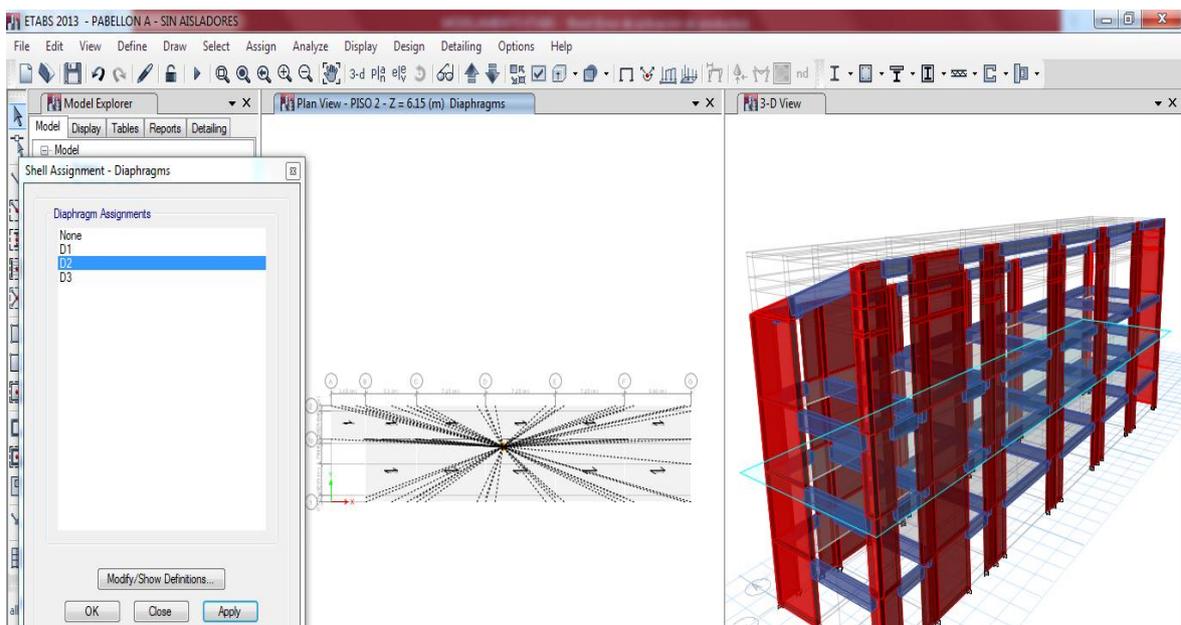
- Diafragmas Rígidos:

**Figura 2.30.-** Diafragma N°1 del primer nivel



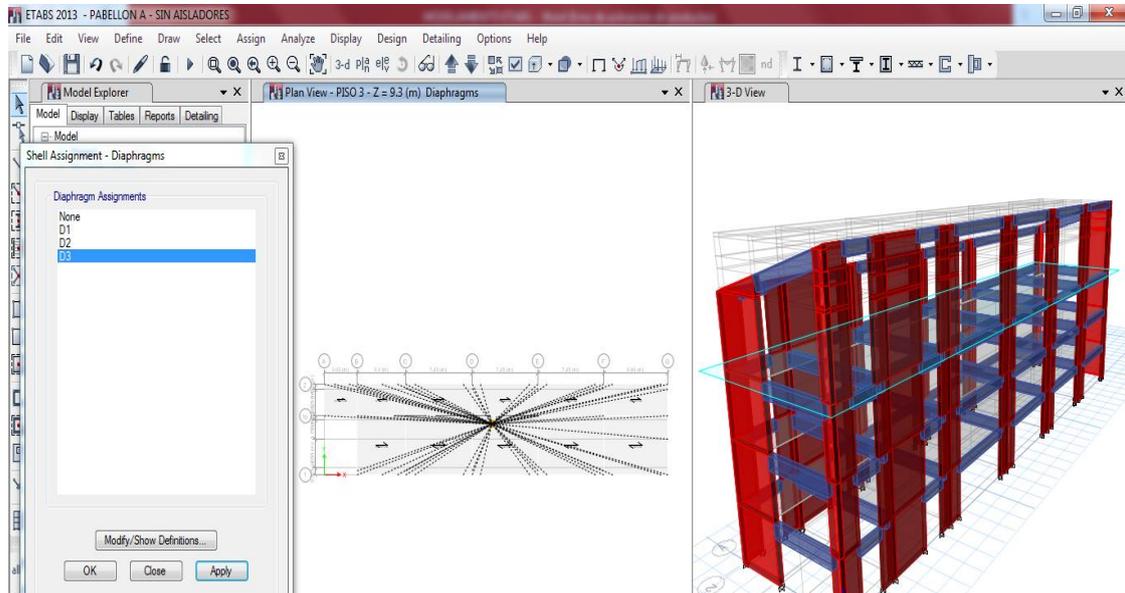
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.31.-** Diafragma N°2 del segundo nivel



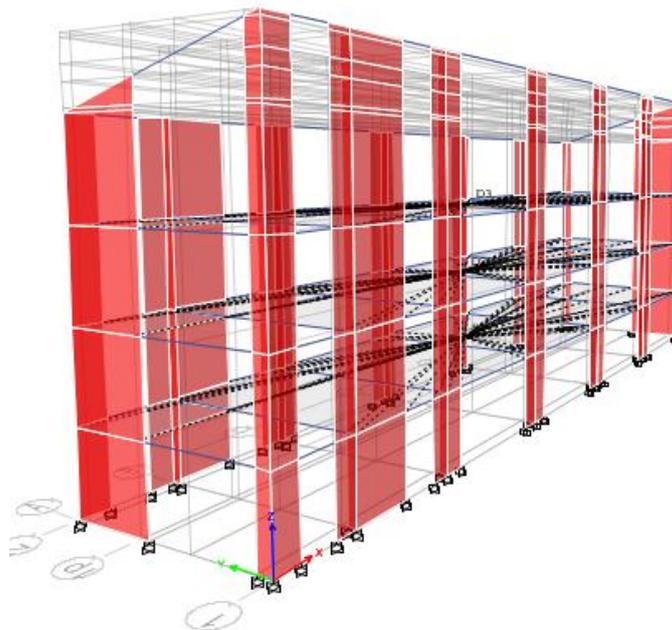
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.32.-** Diafragma N°3 del tercer nivel



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

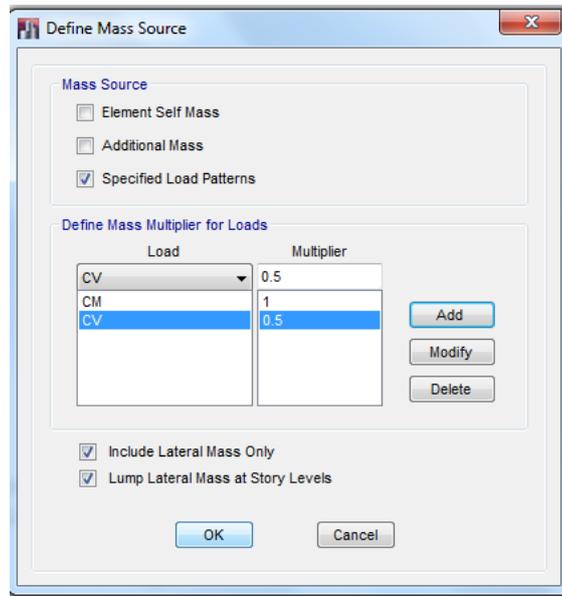
**Figura 2.33.-** Vista isométrica de diafragmas rígidos



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Definición de masas considerando 50% de carga viva para edificaciones esenciales.

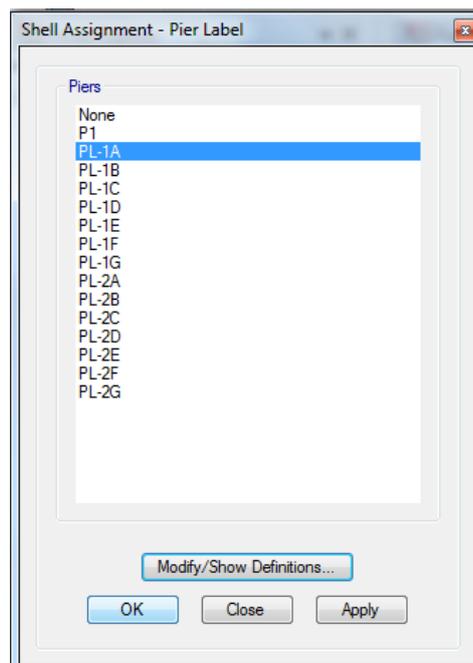
**Figura 2.34.-** Definición de masas



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Definición de PIER LABELS

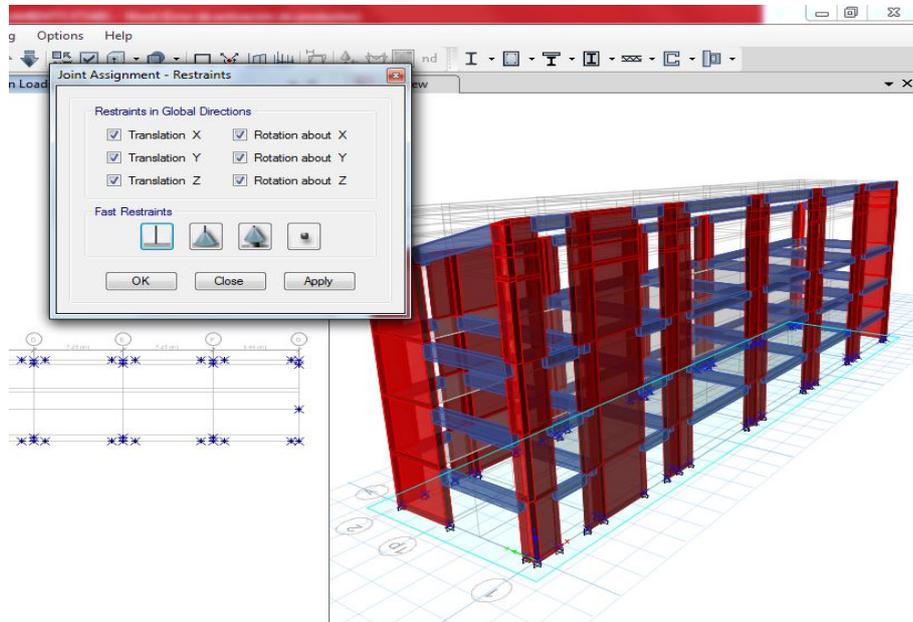
**Figura 2.35.-** Asignación de pier labels



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Asignación de empotramiento en la base

**Figura 2.36.-** Definición de empotramiento

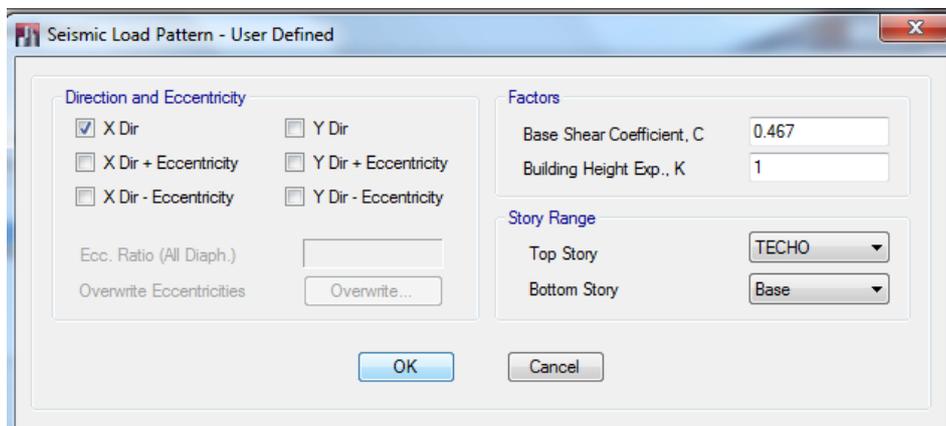


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

#### 2.2.4.2.4 Análisis estático

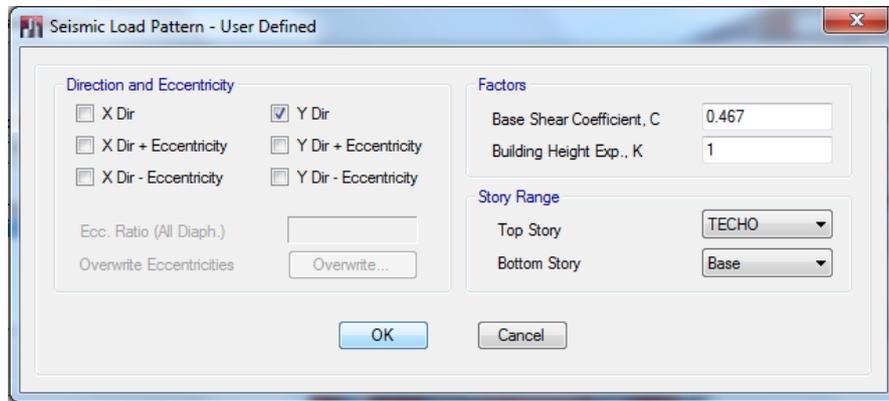
- Análisis estático en dirección X con factor de escala 0.467

**Figura 2.37.-** Definición de análisis estático en X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.38.-** Definición de análisis estático en Y



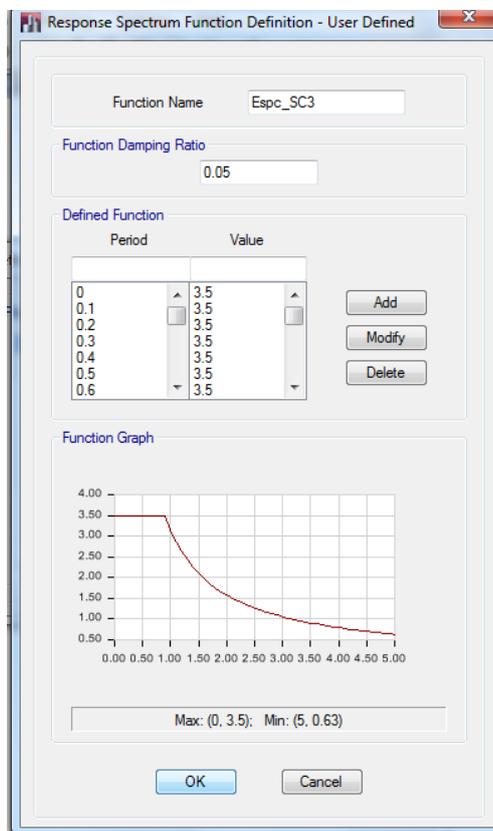
**Figura 2.38.-** Definición de análisis estático en Y

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

#### 2.2.4.2.5 Análisis dinámico:

- Análisis Espectral:
  - Ingreso de espectro de diseño según E-030:

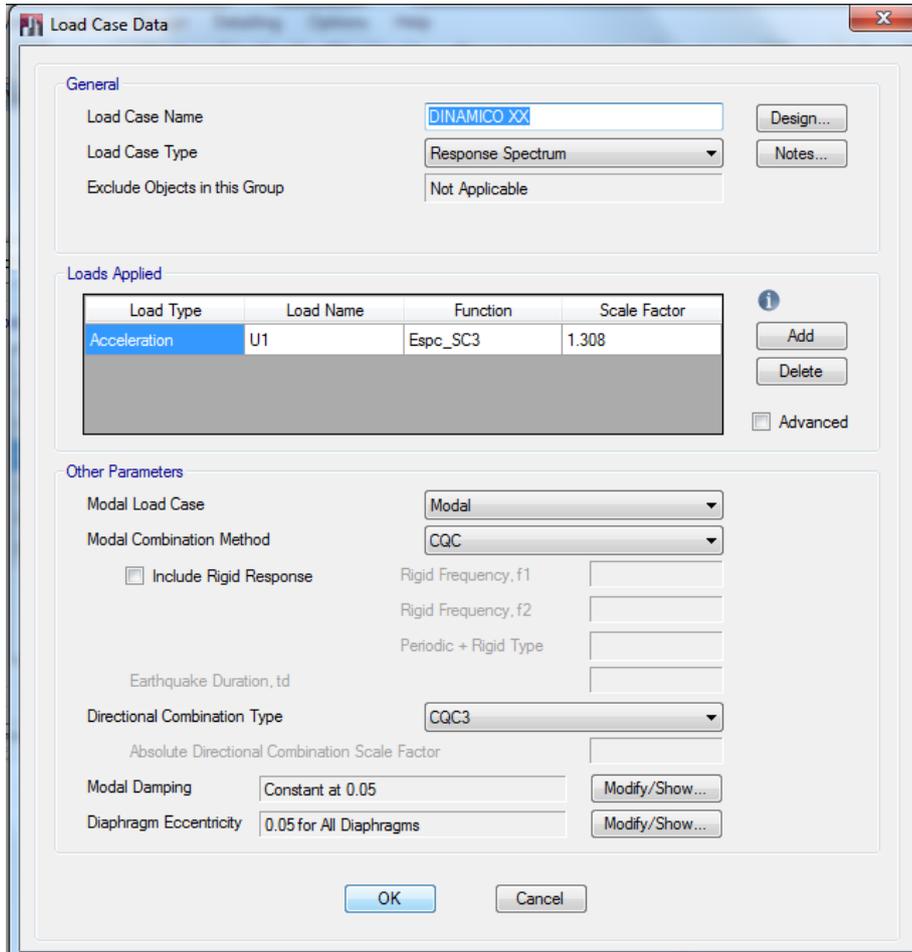
**Figura 2.39.-** Espectro sísmico E-030



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Espectro en dirección X con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a 1.308

**Figura 2.40.- Espectro sísmico en dirección X**



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name:  Design...

Load Case Type:  Notes...

Exclude Objects in this Group:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espc_SC3	1.308

Add  
Delete  
 Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:  Modify/Show...

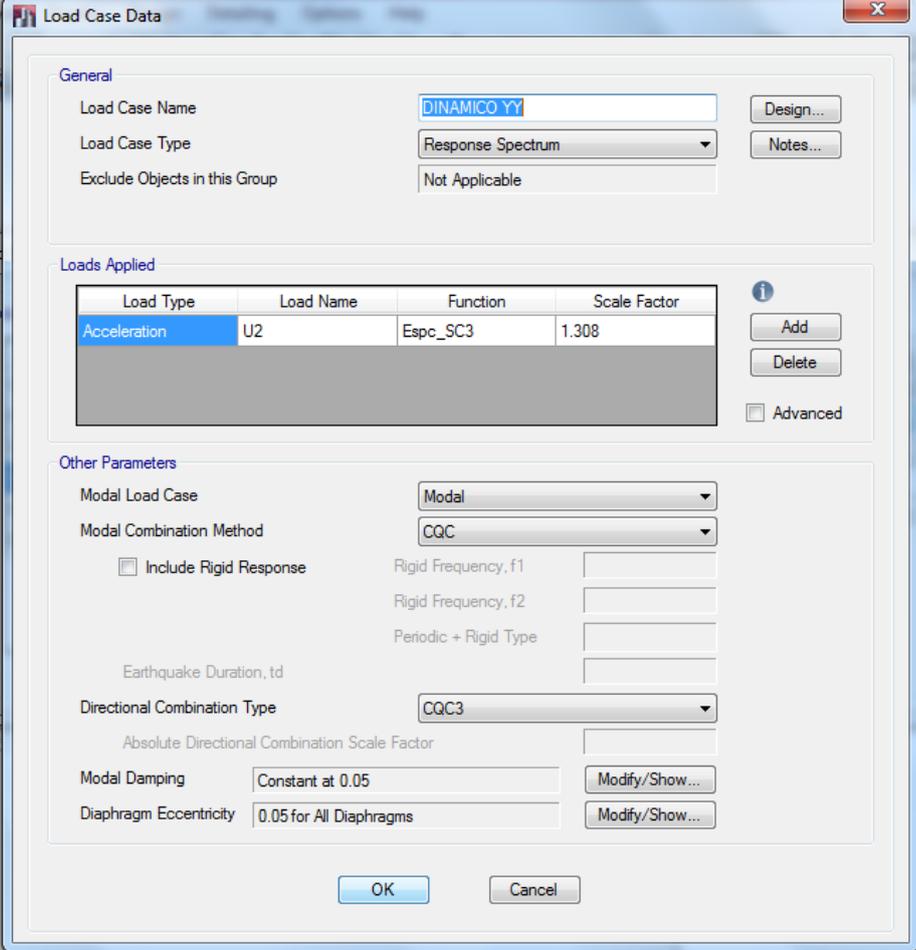
Diaphragm Eccentricity:  Modify/Show...

OK Cancel

**Fuente: ETABS 2013, 2014**

- Espectro en dirección Y con 5% de excentricidad accidental y factor de escala igual a 1.308.

**Figura 2.41.- Espectro sísmico en dirección Y**



**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: DINAMICO YY [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espc_SC3	1.308

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: CQC3

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

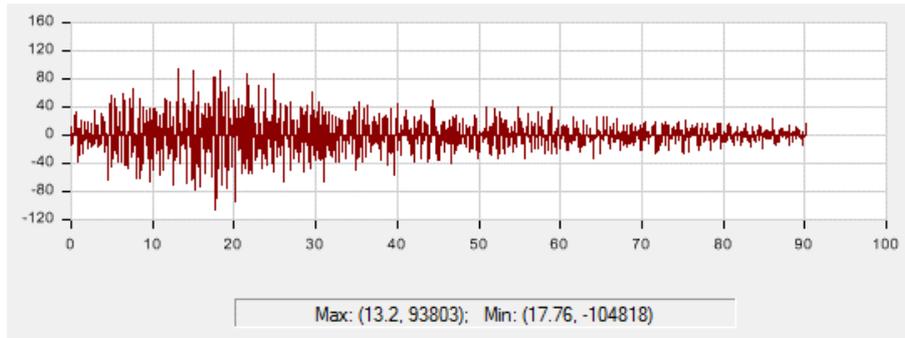
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Ingreso de acelerogramas para análisis tiempo-historia:
  - Chimbote 1970

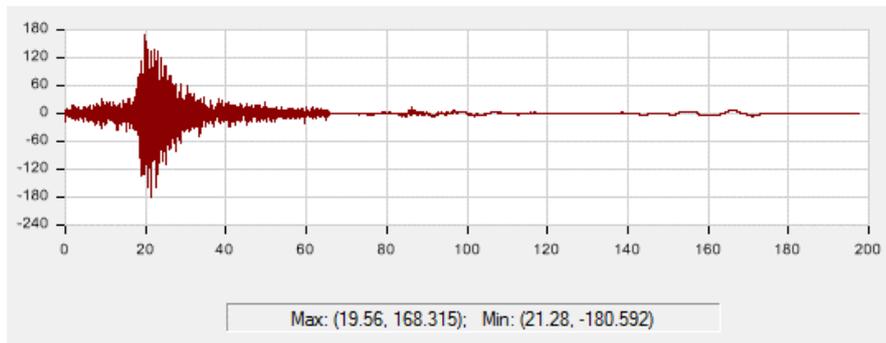
**Figura 2.42.-** Señal sísmica de Chimbote del año 1970



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Lima 1966:

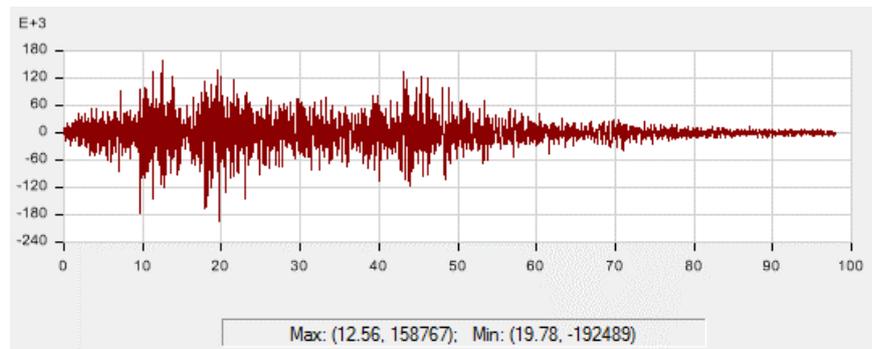
**Figura 2.43.-** Señal sísmica de Lima del año 1966



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Lima 1974:

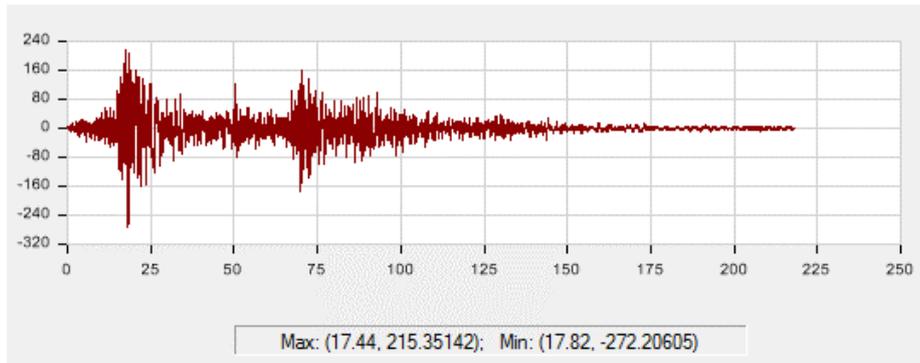
**Figura 2.44.-** Señal sísmica de Lima del año 1974



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Ica 2007:

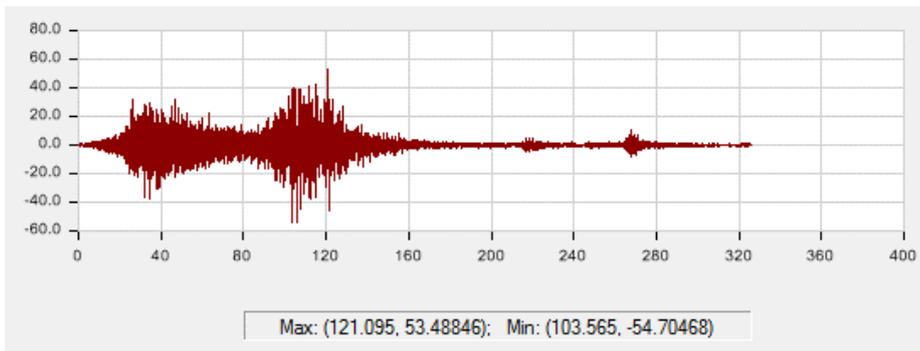
**Figura 2.45.-** Señal sísmica de Ica del año 2007



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Pisco 2007

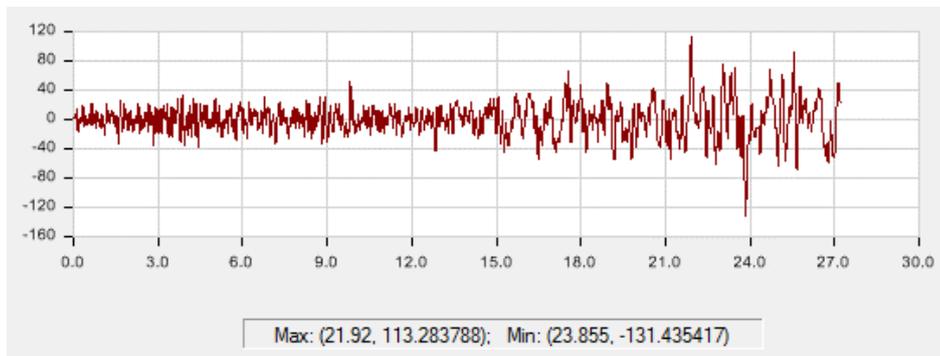
**Figura 2.46.-** Señal sísmica de Pisco del año 2007



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Moyobamba 2005

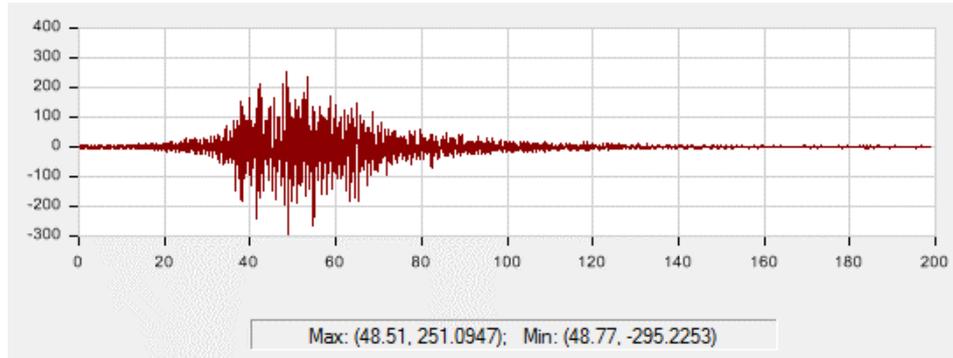
**Figura 2.47.-** Señal sísmica de Moyobamba del año 2005



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

- Ocoña 2001

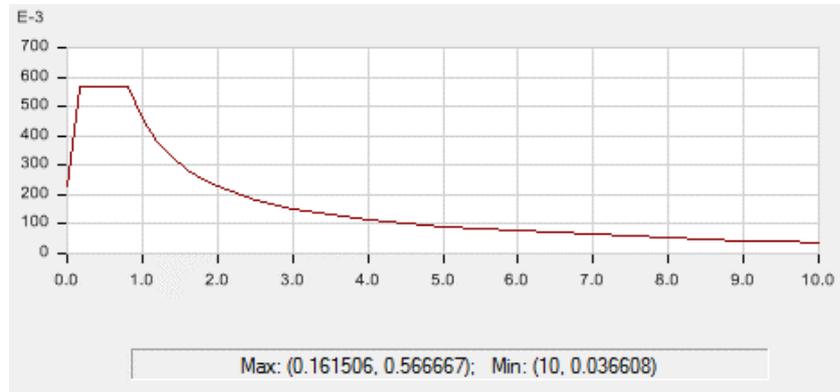
**Figura 2.48.-** Señal sísmica de Ocoña del año 2001



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

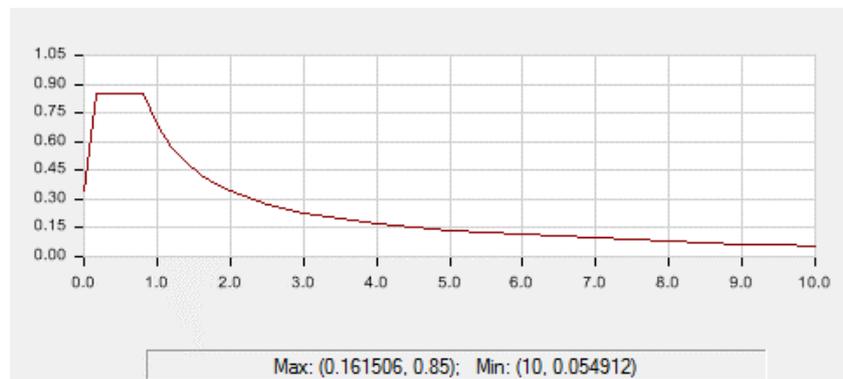
- Ingreso de Sismo de Diseño y Sismo Máximo Considerado:

**Figura 2.49.-** Sismo de Diseño



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.50.-** Sismo Máximo Considerado

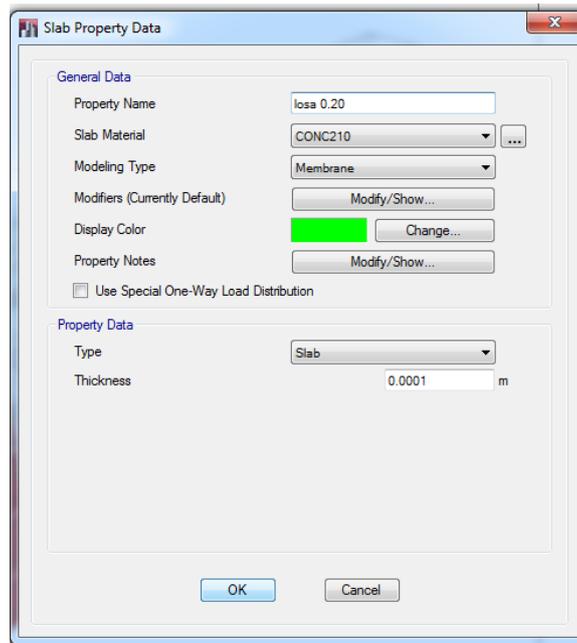


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

### 2.2.4.3. Análisis y diseño edificio aislado

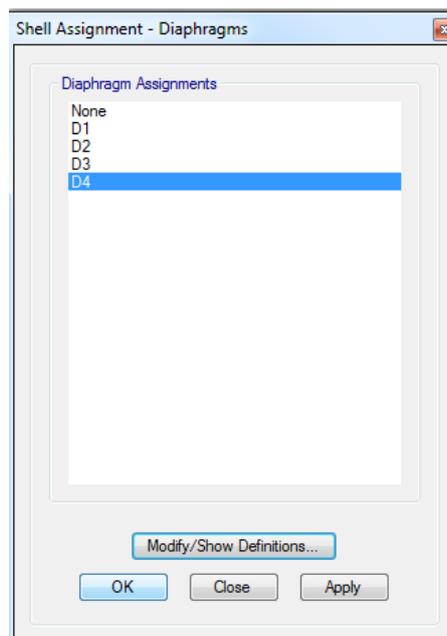
- Creación y asignación de diafragma rígido para el sistema de aislación:

**Figura 2.51.-** Definición de losa para el sistema de aislamiento



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

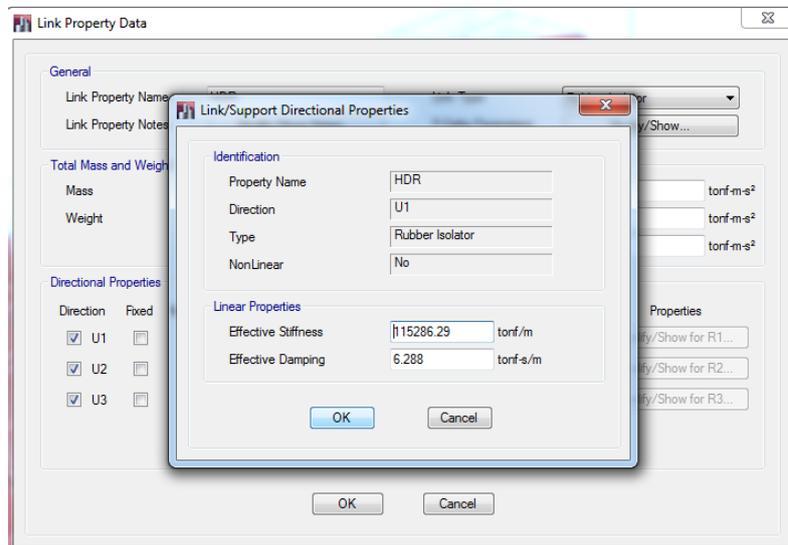
**Figura 2.52.-** Asignación de diafragma



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

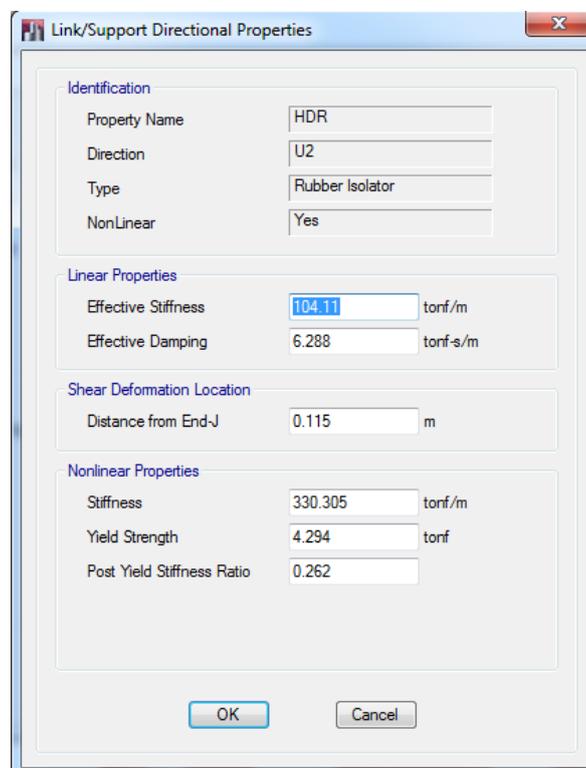
- Ingreso de datos para modelamiento de aisladores considerando elementos link.

**Figura 2.53.-** Ingreso de datos para aislador HDR-1



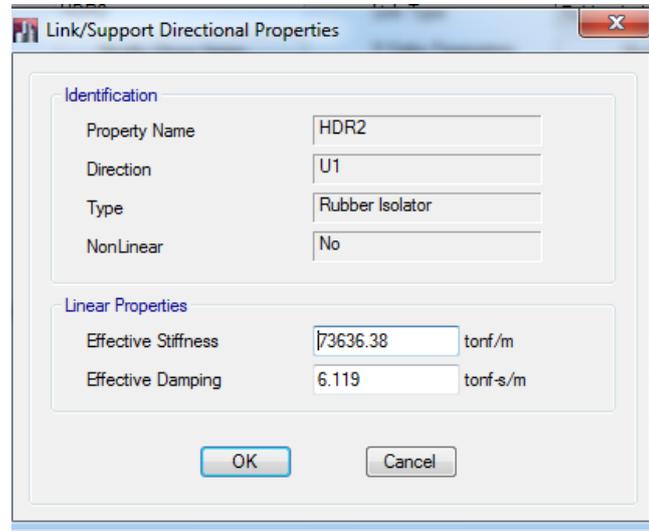
**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.54.-** Ingreso de datos para aislador HDR-1



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.55.-** Ingreso de datos para aislador HDR-2

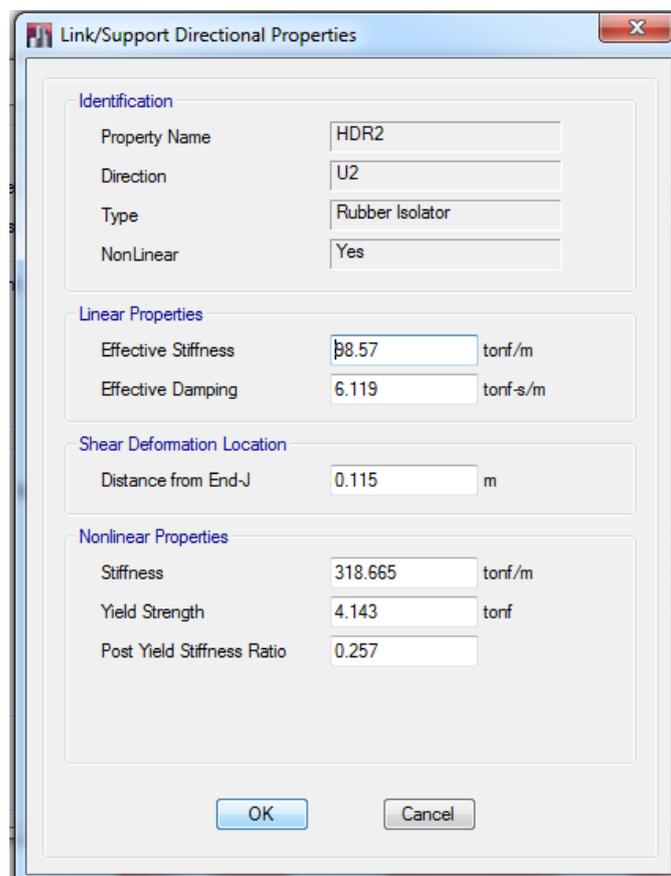


The dialog box 'Link/Support Directional Properties' is shown with the following data:

Identification	
Property Name	HDR2
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Linear Properties	
Effective Stiffness	73636.38 tonf/m
Effective Damping	6.119 tonf-s/m

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.56.-** Ingreso de datos para aislador HDR-2



The dialog box 'Link/Support Directional Properties' is shown with the following data:

Identification	
Property Name	HDR2
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	88.57 tonf/m
Effective Damping	6.119 tonf-s/m
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.115 m
Nonlinear Properties	
Stiffness	318.665 tonf/m
Yield Strength	4.143 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.257

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.57.-** Ingreso de datos para aislador LRB-1

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 225608.8 tonf/m

Effective Damping: 34.37 tonf-s/m

OK Cancel

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**Figura 2.58.-** Ingreso de datos para aislador LRB-1

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 186.33 tonf/m

Effective Damping: 34.37 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.115 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 1243.63 tonf/m

Yield Strength: 18.269 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.09

OK Cancel

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

### 2.3. Definición de términos básicos

**Aislación sísmica:** Estrategia de diseño que se fundamenta en el desacoplamiento de la estructura del movimiento del suelo, para proteger a esta del efecto de los sismos. (Villareal y Oviedo, 2009).

**Aislador elastoméricos:** Elementos que se instalan entre la estructura y su cimentación. (Kuroiwa, 2005)

**Amortiguamiento Efectivo:** Valor equivalente al amortiguamiento viscoso correspondiente a la energía disipada durante la respuesta cíclica del sistema de aislamiento. (ASCE 7-10, 2010)

**Coefficiente Sísmico:** Factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración del suelo. (CAPECO, 2006)

**Deriva de entrepiso:** Cociente entre la diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles consecutivos y la altura libre o separación de los mismos. (Adaptado de CAPECO, 2006)

**Desplazamiento de diseño:** Desplazamiento lateral frente al sismo de diseño sin considerar el desplazamiento por torsión. Usado para el diseño del sistema de aislamiento. (ASCE 7-10, 2010)

**Desplazamiento total de diseño:** Desplazamiento lateral frente al sismo de diseño considerando el desplazamiento debido a torsión accidental y real. Usado para el diseño del sistema de aislamiento o algún elemento de este. (ASCE 7-10, 2010)

**Desplazamiento total máximo:** desplazamiento lateral frente al sismo máximo considerado incluido el desplazamiento debido a torsión accidental y real. Usado para la verificación de estabilidad del sistema de aislamiento o elementos del sistema, diseño de las separaciones de la estructura y las pruebas de carga vertical en prototipos de aislador. (ASCE 7-10, 2010).

**Edificaciones Esenciales:** Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicación, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo

colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos. (CAPECO, 2006)

**Energía Sísmica:** Energía que se libera cuando ocurre un sismo, esta energía es liberada en forma de calor una parte y el resto es irradiado en forma de ondas sísmicas. (Kuroiwa, 2005)

**Sistema de amortiguamiento de histéresis:** Convierten la energía sísmica en energía térmica a través de la histéresis plástica de un metal. (Gaticia, 2012)

**Interfaz de aislamiento:** El límite entre la parte superior de la estructura, que se aísla, y la porción inferior de la estructura, que se mueve rígidamente con el suelo. (ASCE 7-10, 2010).

**Periodo de vibración:** es el intervalo mínimo de tiempo para el cual la vibración se repite a sí misma. (FADU, 2014)

**Rigidez efectiva:** Valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento, o un elemento del mismo, dividido por el desplazamiento lateral correspondiente. (ASCE 7-10, 2010).

**Sistema de aislación:** Elementos estructurales incluyendo las unidades aislantes individuales, todos los elementos estructurales que transfieren la fuerza entre los elementos del sistema de aislamiento, y todas las conexiones a otros elementos estructurales. (ASCE 7-10, 2010).

**Unidad de Aislación:** Elemento estructural horizontal flexible y verticalmente rígida del sistema de aislamiento que permite grandes deformaciones laterales bajo diseño de carga sísmica. (ASCE 7-10, 2010)

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

La respuesta estructural del pabellón A de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos es mejor que el edificio sin aisladores sísmicos.

### 3.2. Operacionalización de variables

De acuerdo al método de investigación de la presente investigación, las variables independientes son del tipo cualitativas-dicotómicas-nominales, por lo que se tiene solo dos variables independientes.

**Tabla 3.1.-** Variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Respuesta Estructural	Respuesta de la estructura frente a un evento sísmico	Desplazamientos	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad los metros (cm).
		Derivas de entrepiso	Valores que se compara con lo establecido en la norma E.030. Sus dimensiones están en función a la relación de altura y desplazamiento de entrepiso (m/m)
		Fuerza en la base	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad las toneladas (Tn)

**Tabla 3.2.-** Variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Edificio Sin Aisladores Sísmicos	Edificio diseñado tradicionalmente basado en la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente	Desplazamientos	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad los metros (cm)
		Derivas de entrepiso	Valores que se compara con lo establecido en la norma E.030. Sus dimensiones están en función a la relación de altura y desplazamiento de entrepiso (m/m)
		Fuerza en la base	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad las toneladas (Tn)

**Tabla 3.3.-** Variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Pabellón A de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos	Diseño estructural que consiste en separar o aislar la estructura del suelo de fundación	Desplazamientos	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad los metros (cm)
		Derivas de entrepiso	Valores que se compara con lo establecido en la norma E.030. Sus dimensiones están en función a la relación de altura y desplazamiento de entrepiso (m/m)
		Fuerza en la base	Valores que se van a comparar entre las estructuras diseñadas. Se va a utilizar como unidad las toneladas (Tn)

## **CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

En primer momento se analizará el edificio sin aislamiento, ingresando las cargas y propiedades del material, para luego obtener como resultado el peso de la estructura, el periodo fundamental y las reacciones en la base, sin dejar de analizar las derivas y desplazamientos de entrepiso.

Luego se usará estos datos para definir algunos parámetros del diseño de aisladores. Por ejemplo, con el periodo fundamental se podrá considerar tentativamente un periodo objetivo para el sistema de aislamiento. Posteriormente con las reacciones en la base y el peso de la estructura en combinación con los datos obtenidos de los mapas de ordenadas espectrales para periodos cortos y periodo de 1.00 segundo, el amortiguamiento deseado, e incluyendo algunos datos del fabricante, se realizará el diseño de las unidades de aislamiento.

También se verificará algunas condiciones para el diseño óptimo del aislador desde el factor de forma, la frecuencia vertical y el factor de seguridad frente al pandeo. Al cumplirse con estas condiciones se realizará el cálculo para el modelamiento bilineal del aislador, obteniendo finalmente el diagrama de histéresis.

Para la metodología y el diseño de aisladores sísmicos elastoméricos se cuenta con una hoja de cálculo elaborada en programa Excel, la cual se estará proporcionando como producto de aplicación profesional a la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, incluyendo también las 7 señales sísmicas utilizadas con los datos respectivos para su uso posterior y aplicación en investigaciones posteriores.

.

## **CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Tipo de diseño de investigación**

El tipo de estudio que se realizó es transversal descriptivo, porque se describió el comportamiento del edificio con aisladores sísmicos con respecto al edificio convencional. Además fue analítico, puesto que se analiza la respuesta sísmica de la estructura.

### **5.2. Material de estudio**

#### **5.2.1. Unidad de estudio**

La unidad de estudio es el pabellón A de la Universidad Privada del Norte.

#### **5.2.2. Población**

La población para el módulo del presente estudio estuvo constituida por los pabellones que pertenecen a la Universidad Privada del Norte, teniendo énfasis en el pabellón A.

#### **5.2.3. Muestra**

La técnica de muestreo utilizada es no probabilística por conveniencia y se ha considerado como muestra el pabellón A de la universidad Privada del Norte.

### **5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos**

#### **5.3.1. Para recolectar datos**

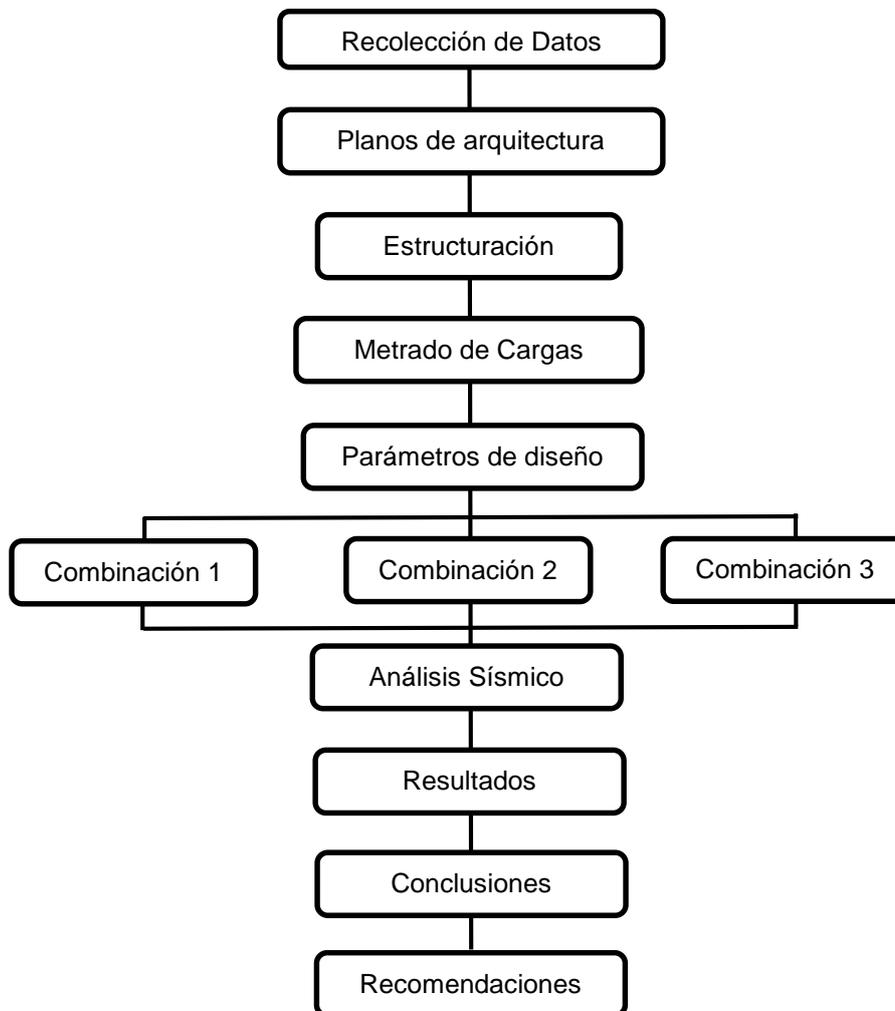
Para la obtención de datos se realizará un levantamiento arquitectónico del pabellón en estudio. Se utilizaron fichas para recolección de datos y dimensiones estructurales.

### 5.3.2. Para analizar información

Los datos obtenidos serán procesados para así poder calcular los desplazamientos, derivas y aceleraciones con un modelo de análisis sísmico para los respectivos casos, con empotramiento y con aisladores de base; se utilizará algunos software como ETABS educacional versión 2013 y Microsoft Excel creado por Microsoft.

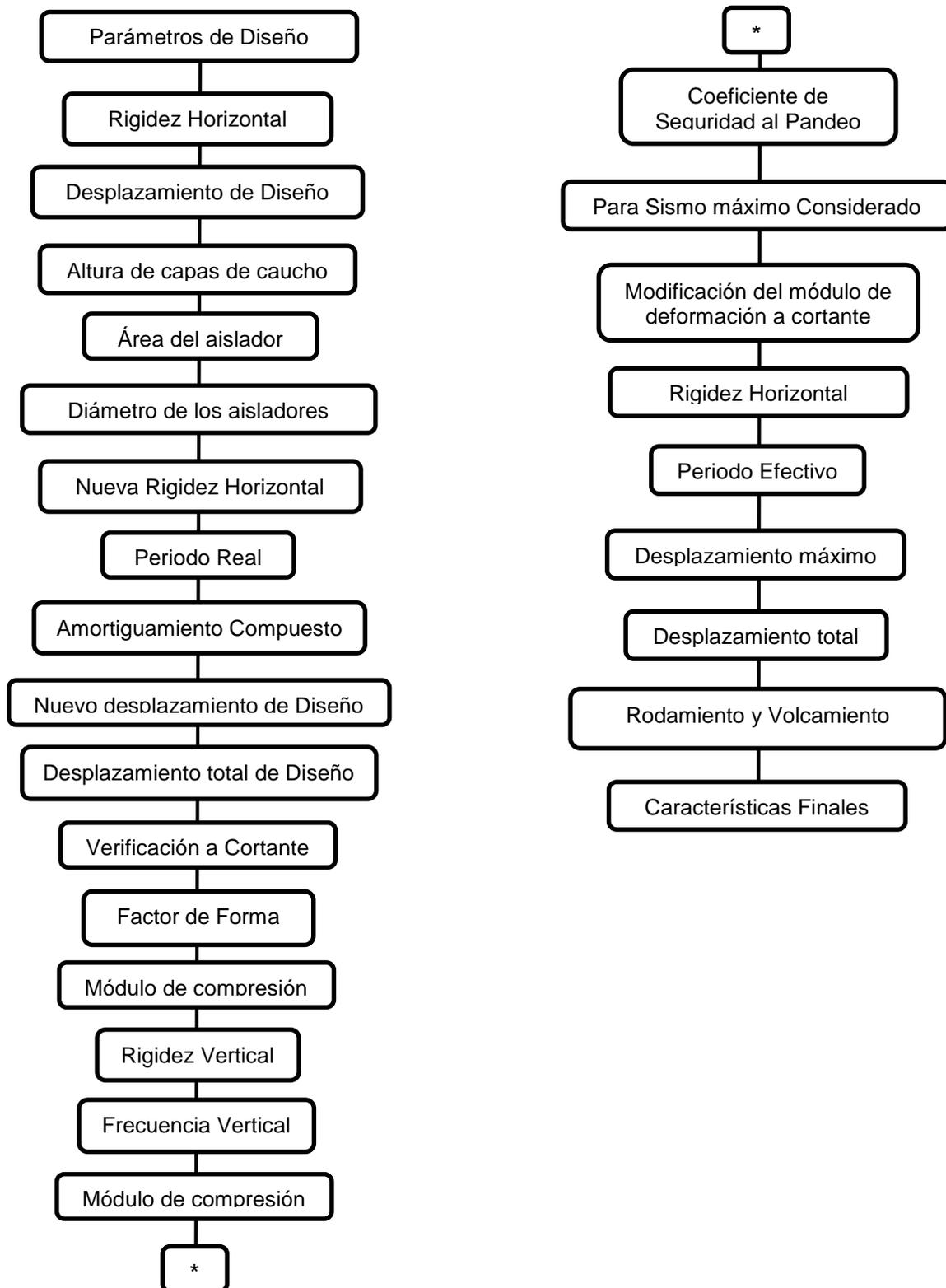
### 5.3.3. Procedimientos:

Figura 5.1.- Procedimiento para el desarrollo de la investigación



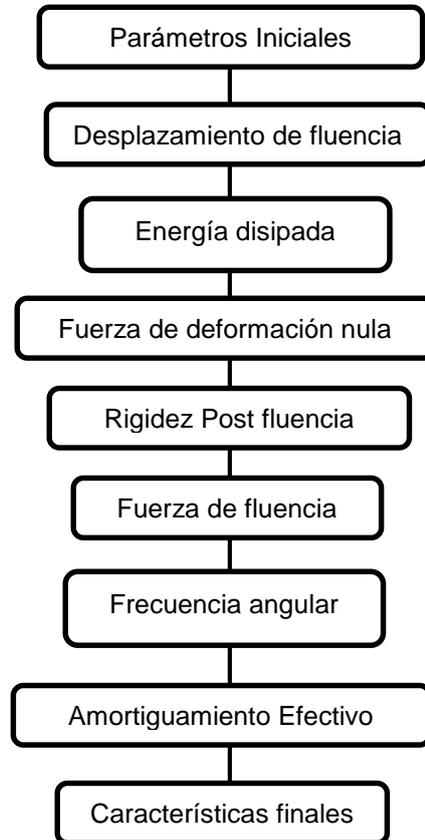
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 5.2.-** Procedimiento para diseño del aislador



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 5.3.-** Procedimiento para el modelamiento bilineal



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

### 6.1. Estructura Sin aislamiento

6.1.1. **Periodo Natural:** El periodo natural de la estructura es de 0.293 seg.

**Tabla 6.1.-** Periodos de la estructura sin aislamiento

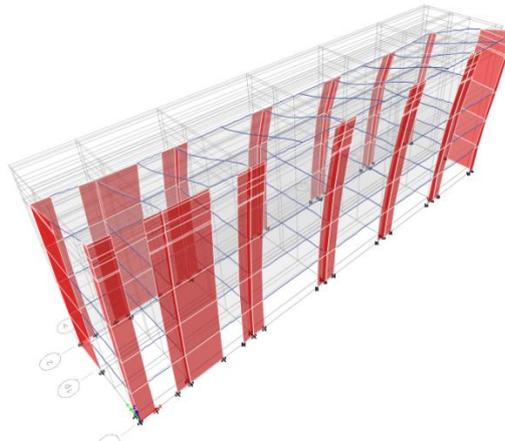
Caso	Modo	Periodo (seg)
Modal	1	0.293
Modal	2	0.208
Modal	3	0.189
Modal	4	0.162
Modal	5	0.15
Modal	6	0.145
Modal	7	0.132
Modal	8	0.102
Modal	9	0.085
Modal	10	0.083
Modal	11	0.071
Modal	12	0.061

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.1.2. Modos de Vibración:

- Primero modo de vibración:  $T_1 = 0.293$  seg., nos muestra una traslación en el eje Y.

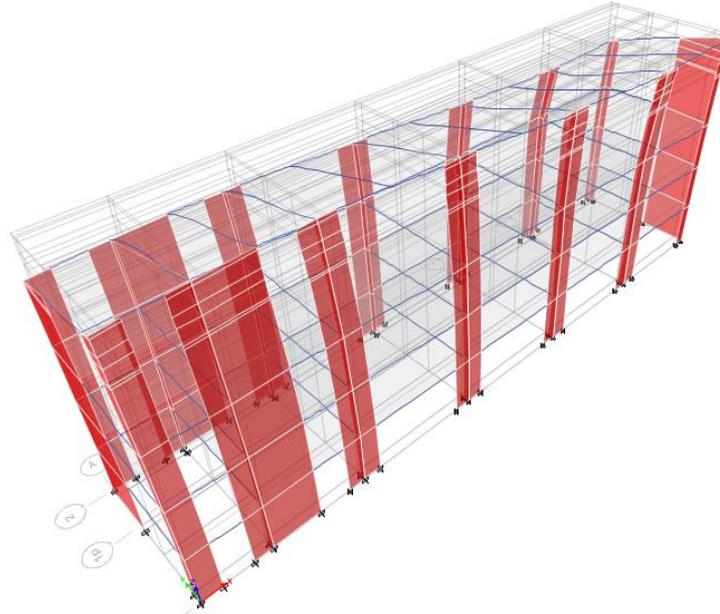
**Figura 6.1.-** Primer modo de vibración sin aislamiento



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Segundo modo de vibración:  $T_2 = 0.208$  seg, nos muestra rotación, lo cual nos lleva a considerar la estructura como irregular.

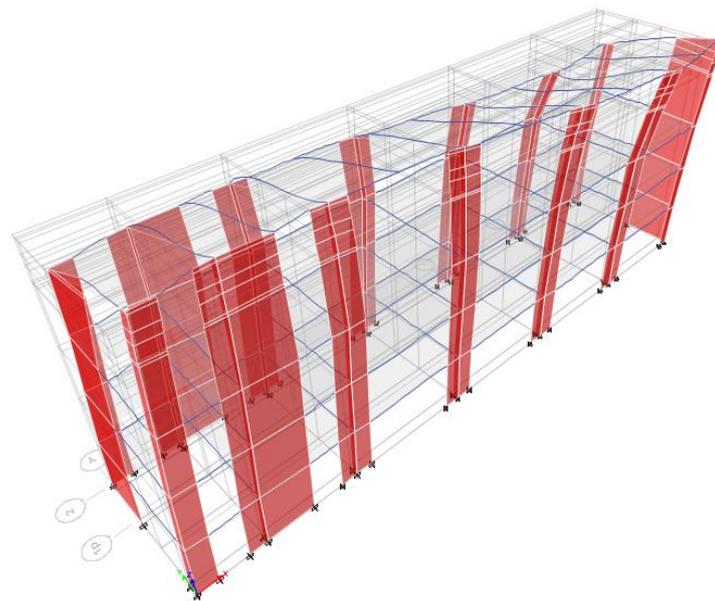
**Figura 6.2.-** Segundo modo de vibración sin aislamiento



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Tercer modo de vibración:  $T_3 = 0.189$  seg., nos muestra traslación en el eje X.

**Figura 6.3.-** Tercer modo de vibración sin aislamiento



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.1.3. Desplazamientos:

- Desplazamiento en X: El desplazamiento máximo en dirección X será de 1.30 cm.

**Tabla 6.2.-** Desplazamientos en dirección X

Piso	Diafragma	UX
		(cm)
PISO 3	D3	1.2966
PISO 2	D2	0.7431
PISO 1	D1	0.2402

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Desplazamiento en Y: El desplazamiento máximo en dirección Y será de 3.01 cm.

**Tabla 6.3.-** Desplazamientos en dirección Y

Piso	Diafragma	UY
		(cm)
PISO 3	D3	3.012
PISO 2	D2	1.671
PISO 1	D1	0.5342

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.1.4. Derivas de entrepiso:

- Deriva máxima en X:  $0.004 \leq 0.007$ , cumple condición de norma.

**Tabla 6.4.-** Derivas en sentido X

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-XX Max	13	Max Drift X	0.0035
4 -4	Desp-XX Max	57	Max Drift X	0.0031
4 -3	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0032
4 -2	Desp-XX Max	23	Max Drift X	0.0033
4 -1	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0037
PISO 4	Desp-XX Max	25	Max Drift X	0.0040
PISO 3	Desp-XX Max	14	Max Drift X	0.0018
PISO 2	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0017
PISO 1	Desp-XX Max	5	Max Drift X	0.0008

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Deriva máxima en Y:  $0.013 \geq 0.007$ , no cumple condición de norma.

**Tabla 6.5.-** Derivas en sentido Y

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0075
4 -4	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0084
4 -3	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0091
4 -2	Desp-YY Max	25	Max Drift Y	0.0095
4 -1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0097
PISO 4	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0130
PISO 3	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0051
PISO 2	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0043
PISO 1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0021

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

6.1.5. **Peso de la estructura:** El peso total de la estructura es de 1304.08 Ton.

**Tabla 6.6.-** Peso total de la estructura

PISO	PESO
	tonf-s <sup>2</sup> /m
TECHO	3.0037
4 -4	0.60895
4 -3	0.8704
4 -2	0.93542
4 -1	0.74957
PISO 4	7.11164
PISO 3	39.4764
PISO 2	38.3654
PISO 1	38.2125
Base	3.59939
<b>Total</b>	<b>132.933</b>
<b>Peso:</b>	<b>1304.08</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

6.1.6. **Factor de Corrección:**

**Tabla 6.7.-** Factor de corrección

Dirección	Vdin	Vest	Relación $\geq 1$	Factor Corrección
XX	369.221	592.311	1.44	1
YY	387.694	592.311	1.38	1

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.1.7. Fuerzas por piso:

#### Análisis Dinámico:

- Dirección XX:

**Tabla 6.8.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO XX Max	Top	<b>28.4323</b>	3.1252
TECHO	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>27.0839</b>	2.1056
4 -4	DINAMICO XX Max	Top	<b>33.4857</b>	1.3277
4 -4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>33.8244</b>	3.4533
4 -3	DINAMICO XX Max	Top	<b>39.1185</b>	3.3589
4 -3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>38.8808</b>	3.2654
4 -2	DINAMICO XX Max	Top	<b>45.3792</b>	2.6508
4 -2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>45.3792</b>	2.6508
4 -1	DINAMICO XX Max	Top	<b>50.3208</b>	2.7405
4 -1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>50.3208</b>	2.7405
PISO 4	DINAMICO XX Max	Top	<b>92.2473</b>	14.3041
PISO 4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>92.2473</b>	14.3041
PISO 3	DINAMICO XX Max	Top	<b>247.3283</b>	24.6236
PISO 3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>247.3283</b>	24.6236
PISO 2	DINAMICO XX Max	Top	<b>338.5111</b>	30.8168
PISO 2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>338.5111</b>	30.8168
PISO 1	DINAMICO XX Max	Top	<b>369.2213</b>	33.7273
PISO 1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>369.2213</b>	33.7273

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Dirección YY:

**Tabla 6.9.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO YY Max	Top	3.1211	<b>28.5988</b>
TECHO	DINAMICO YY Max	Bottom	3.2608	<b>3.5182</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Top	3.304	<b>7.526</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Bottom	3.3645	<b>5.7136</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Top	3.9854	<b>12.1632</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Bottom	4.0469	<b>9.8587</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Top	4.5301	<b>17.8873</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Bottom	4.5301	<b>17.8873</b>

4 -1	DINAMICO YY Max	Top	4.7073	<b>25.8765</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Bottom	4.7073	<b>25.8765</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Top	8.0497	<b>108.4003</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Bottom	8.0497	<b>108.4003</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Top	22.2206	<b>265.9363</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Bottom	22.2206	<b>265.9363</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Top	30.7993	<b>354.3839</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Bottom	30.7993	<b>354.3839</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Top	33.7273	<b>387.6943</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Bottom	33.7273	<b>387.6943</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

## 6.2. Estructura Aislada

6.2.1. **Caso 1:** Combinación de aisladores de alto amortiguamiento del tipo HDRB-1.

6.2.1.1. **Periodo Natural:**  $T_n = 2.065$  seg.

**Tabla 6.10.-** Periodos de la estructura con aisladores HDRB-1

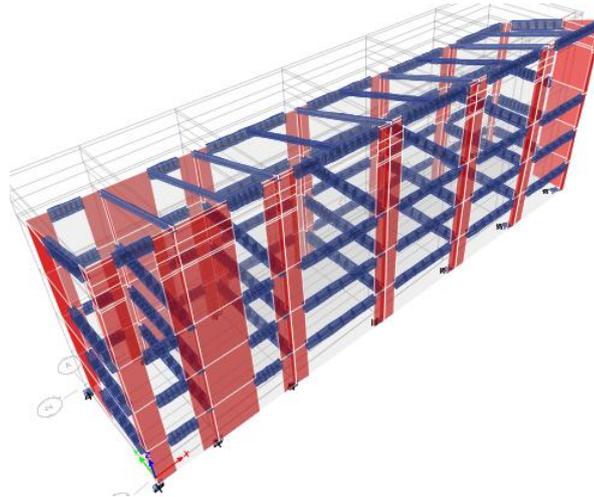
Modo	Periodo
	(seg)
1	2.065
2	1.982
3	1.734
4	0.231
5	0.18
6	0.16
7	0.152
8	0.146
9	0.137
10	0.124
11	0.099
12	0.085

Fuente: Elaboración propia, 2014

### 6.2.1.2. Modos de vibración:

- Primero modo de vibración:  $T_1 = 2.065$  seg, nos muestra una traslación en el eje Y.

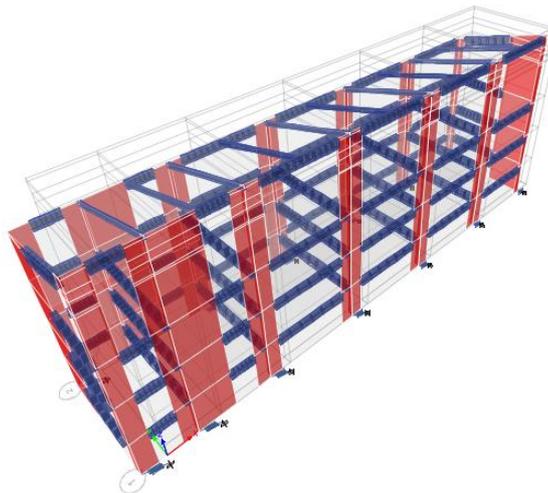
**Figura 6.4.-** Primer modo de vibración con aislador HDRB-1



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Segundo modo de vibración:  $T_2 = 1.982$  seg, nos muestra una traslación en el eje X.

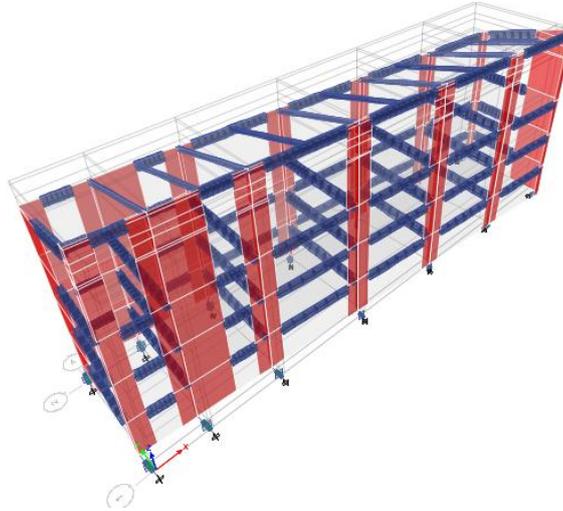
**Figura 6.5.-** Segundo modo de vibración con aislador HDRB-1



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Tercer modo de vibración:  $T_3 = 1.734$  seg, nos muestra rotación.

**Figura 6.6.-** Tercer modo de vibración con aislador HDRB-1



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**6.2.1.3. Desplazamientos:**

- Desplazamiento en X: El desplazamiento máximo en dirección X será de 0.519 m.

**Tabla 6.11.-** Desplazamientos en dirección X

PISO	Diafragma	UX
		(m)
PISO 3	D3	0.51935
PISO 2	D2	0.51456
PISO 1	D1	0.50863
Base	D4	0.50127

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Desplazamiento en Y: El desplazamiento máximo en dirección Y será de 0.547 m.

**Tabla 6.12.-** Desplazamientos en dirección Y

PISO	Diafragma	UY
		(m)
PISO 3	D3	0.54698
PISO 2	D2	0.5367
PISO 1	D1	0.52403
Base	D4	0.4861

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

#### 6.2.1.4. Derivas de entrepiso:

- Deriva máxima en X:  $0.0023 \leq 0.007$ , cumple condición de norma.

**Tabla 6.13.-** Derivas en dirección X

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-XX Max	13	Max Drift X	0.0019
4 -4	Desp-XX Max	57	Max Drift X	0.0015
4 -3	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0015
4 -2	Desp-XX Max	23	Max Drift X	0.0015
4 -1	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0015
PISO 4	Desp-XX Max	25	Max Drift X	0.0016
PISO 3	Desp-XX Max	14	Max Drift X	0.0014
PISO 2	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0018
PISO 1	Desp-XX Max	5	Max Drift X	0.0023

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Deriva máxima en Y:  $0.0074 > 0.007$ , no cumple condición de norma.

**Tabla 6.14.-** Derivas en dirección Y

Story	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0033
4 -4	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0034
4 -3	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0038
4 -2	Desp-YY Max	25	Max Drift Y	0.0036
4 -1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0074
PISO 4	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0056
PISO 3	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0041
PISO 2	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0046
PISO 1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0055

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.1.5. Fuerzas por piso:

#### Análisis Dinámico:

- Dirección XX:

**Tabla 6.15.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO XX Max	Top	<b>4.8572</b>	0.0287
TECHO	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>4.5064</b>	0.1054
4 -4	DINAMICO XX Max	Top	<b>5.4552</b>	0.1089
4 -4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>5.5063</b>	0.1847
4 -3	DINAMICO XX Max	Top	<b>6.4884</b>	0.1833
4 -3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>6.4306</b>	0.3689
4 -2	DINAMICO XX Max	Top	<b>7.8162</b>	0.2661
4 -2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>7.8162</b>	0.2661
4 -1	DINAMICO XX Max	Top	<b>9.0549</b>	0.1133
4 -1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>9.0549</b>	0.1133
PISO 4	DINAMICO XX Max	Top	<b>21.3361</b>	0.0792
PISO 4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>21.3361</b>	0.0792
PISO 3	DINAMICO XX Max	Top	<b>83.9835</b>	0.1388
PISO 3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>83.9835</b>	0.1388
PISO 2	DINAMICO XX Max	Top	<b>144.3173</b>	0.204
PISO 2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>144.3173</b>	0.204
PISO 1	DINAMICO XX Max	Top	<b>203.7521</b>	0.2073
PISO 1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>203.7521</b>	0.2073

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Dirección YY:

**Tabla 6.16.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO YY Max	Top	0.3802	<b>4.8374</b>
TECHO	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5176	<b>1.27</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Top	0.5594	<b>0.4087</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5391	<b>0.957</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Top	0.5623	<b>2.3216</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5522	<b>7.121</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Top	0.6629	<b>6.5246</b>

4 -2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.6629	<b>6.5246</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Top	0.7215	<b>3.7404</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Bottom	0.7215	<b>3.7404</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Top	0.3597	<b>21.16</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Bottom	0.3597	<b>21.16</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Top	0.363	<b>82.1305</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.363	<b>82.1305</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Top	0.2818	<b>140.1618</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.2818	<b>140.1618</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Top	0.2086	<b>196.5919</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Bottom	0.2086	<b>196.5919</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**6.2.2. Caso 2:** Combinación de aisladores de alto amortiguamiento con sección anular, del tipo HDRB-2.

6.2.2.1. **Periodo Natural:**  $T_n = 2.061$  seg.

**Tabla 6.17.-** Periodos de la estructura con aisladores HDRB-2

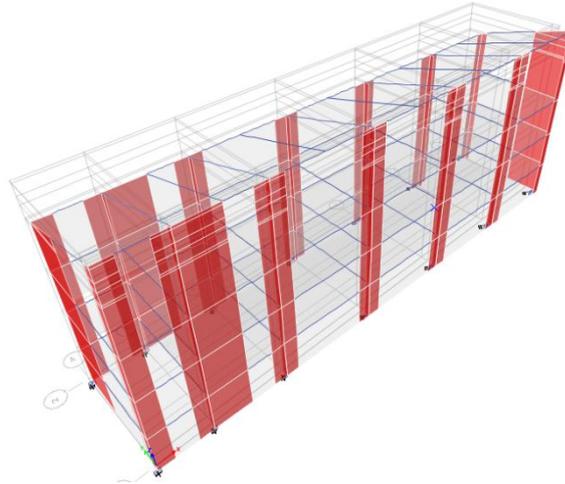
CASO	Modo	Periodo
		(seg)
Modal	1	2.061
Modal	2	1.98
Modal	3	1.731
Modal	4	0.231
Modal	5	0.18
Modal	6	0.16
Modal	7	0.152
Modal	8	0.146
Modal	9	0.137
Modal	10	0.124
Modal	11	0.099
Modal	12	0.085

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.2.2. Modos de vibración:

- Primero modo de vibración:  $T_1 = 2.061$  seg, nos muestra una traslación en el eje Y.

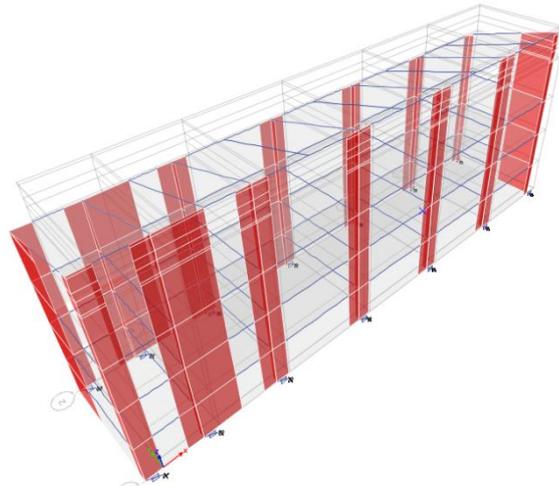
**Figura 6.7.-** Primer modo de vibración con aislador HDRB-2



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Segundo modo de vibración:  $T_2 = 1.98$  seg, nos muestra una traslación en el eje X.

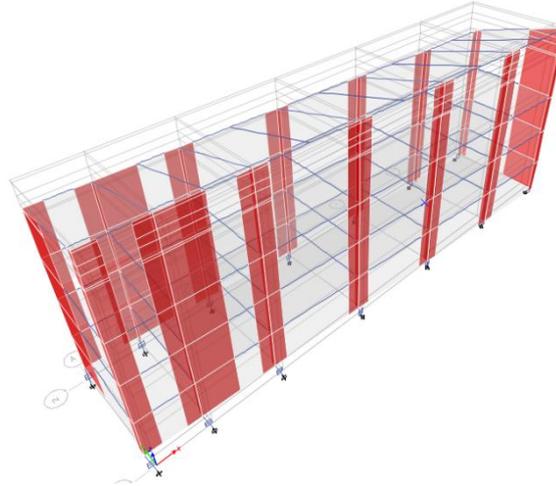
**Figura 6.8.-** Segundo modo de vibración con aislador HDRB-2



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Tercer modo de vibración:  $T_3 = 1.731$  seg, nos muestra rotación.

**Figura 6.9.-** Tercer modo de vibración con aislador HDRB-2



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.2.3. Desplazamientos:

- Desplazamiento en X: El desplazamiento máximo en dirección X será de 0.519 m.

**Tabla 6.18.-** Desplazamientos en dirección X

PISO	Diafragma	UX
		(m)
PISO 3	D3	0.518531
PISO 2	D2	0.513802
PISO 1	D1	0.507947
Base	D4	0.500739

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Desplazamiento en Y: El desplazamiento máximo en dirección Y será de 0.545 m.

**Tabla 6.19.-** Desplazamientos en dirección Y

PISO	Diafragma	UY
		(m)
PISO 3	D3	0.544914
PISO 2	D2	0.534767
PISO 1	D1	0.522265
Base	D4	0.484799

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

#### 6.2.2.4. Derivas de entrepiso:

- Deriva máxima en X:  $0.0024 \leq 0.007$ , cumple condición de norma.

**Tabla 6.20.-** Derivas en dirección X

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-XX Max	13	Max Drift X	0.0019
4 -4	Desp-XX Max	57	Max Drift X	0.0016
4 -3	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0016
4 -2	Desp-XX Max	23	Max Drift X	0.0016
4 -1	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0016
PISO 4	Desp-XX Max	25	Max Drift X	0.0017
PISO 3	Desp-XX Max	14	Max Drift X	0.0016
PISO 2	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0019
PISO 1	Desp-XX Max	5	Max Drift X	0.0024

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Deriva máxima en Y:  $0.0074 > 0.007$ , no cumple condición de norma.

**Tabla 6.21.-** Derivas en dirección Y

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0034
4 -4	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0035
4 -3	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0039
4 -2	Desp-YY Max	25	Max Drift Y	0.0037
4 -1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0074
PISO 4	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0056
PISO 3	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0042
PISO 2	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0047
PISO 1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0056

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.2.5. Fuerzas por piso:

#### Análisis Dinámico:

- Dirección XX:

**Tabla 6.22.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO XX Max	Top	<b>4.7353</b>	0.0264
TECHO	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>4.3499</b>	0.0975
4 -4	DINAMICO XX Max	Top	<b>5.2747</b>	0.1015
4 -4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>5.3244</b>	0.1778
4 -3	DINAMICO XX Max	Top	<b>6.2751</b>	0.1763
4 -3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>6.2178</b>	0.3547
4 -2	DINAMICO XX Max	Top	<b>7.5686</b>	0.2527
4 -2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>7.5686</b>	0.2527
4 -1	DINAMICO XX Max	Top	<b>8.7769</b>	0.106
4 -1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>8.7769</b>	0.106
PISO 4	DINAMICO XX Max	Top	<b>20.7965</b>	0.0762
PISO 4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>20.7965</b>	0.0762
PISO 3	DINAMICO XX Max	Top	<b>81.8214</b>	0.1256
PISO 3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>81.8214</b>	0.1256
PISO 2	DINAMICO XX Max	Top	<b>140.5677</b>	0.188
PISO 2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>140.5677</b>	0.188
PISO 1	DINAMICO XX Max	Top	<b>198.4222</b>	0.2009
PISO 1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>198.4222</b>	0.2009

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Dirección YY:

**Tabla 6.23.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO YY Max	Top	0.3704	<b>4.7019</b>
TECHO	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5149	<b>1.2812</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Top	0.5437	<b>0.44</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5205	<b>0.8737</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Top	0.5421	<b>2.1997</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5325	<b>6.8993</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Top	0.6442	<b>6.3045</b>

4 -2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.6442	<b>6.3045</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Top	0.7011	<b>3.594</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Bottom	0.7011	<b>3.594</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Top	0.3465	<b>20.5656</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Bottom	0.3465	<b>20.5656</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Top	0.34	<b>79.8224</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.34	<b>79.8224</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Top	0.2623	<b>136.2284</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.2623	<b>136.2284</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Top	0.2021	<b>191.0977</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Bottom	0.2021	<b>191.0977</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**6.2.3. Caso 3:** Combinación de aisladores de alto amortiguamiento y con núcleo de plomo, del tipo HDRB-2 y LRB-1.

**6.2.3.1. Periodo Natural:  $T_n = 1.826$  seg.**

**Tabla 6.24.-** Periodos de la estructura con combinación de aisladores

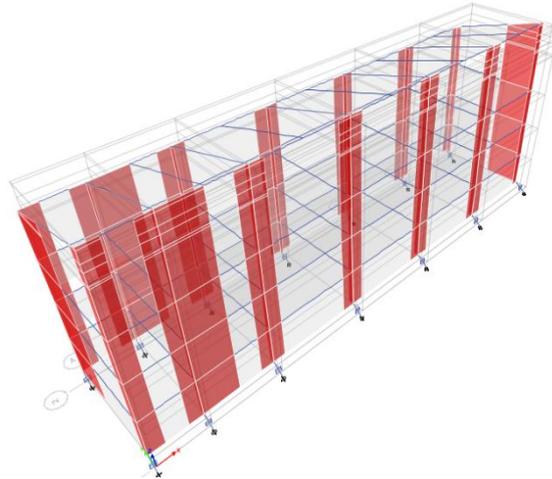
CASO	Modo	Periodo
		(seg)
Modal	1	1.826
Modal	2	1.774
Modal	3	1.441
Modal	4	0.226
Modal	5	0.179
Modal	6	0.159
Modal	7	0.148
Modal	8	0.145
Modal	9	0.135
Modal	10	0.123
Modal	11	0.099
Modal	12	0.085

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.3.2. Modos de vibración:

- Primero modo de vibración:  $T_1 = 1.826$  seg, nos muestra una traslación en el eje Y.

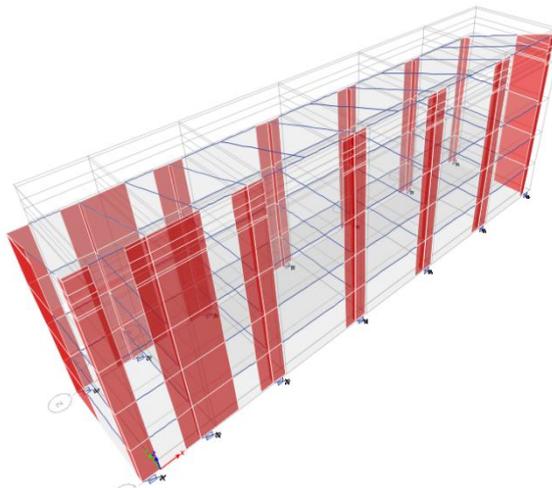
**Figura 6.10.-** Primer modo de vibración para la combinación de aisladores



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Segundo modo de vibración:  $T_2 = 1.774$  seg, nos muestra una traslación en el eje X.

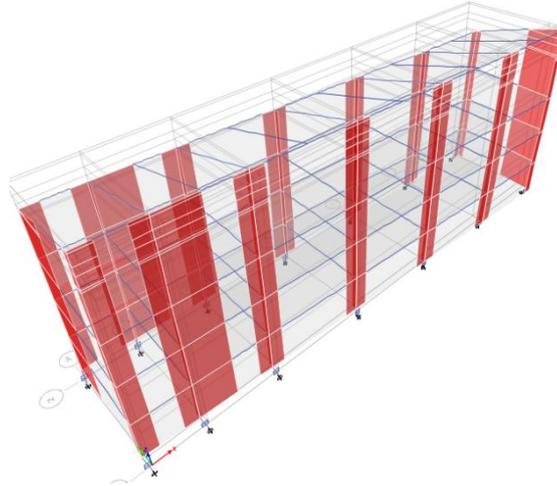
**Figura 6.11.-** Segundo modo de vibración para la combinación de aisladores



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Tercer modo de vibración:  $T_3 = 1.441$  seg, nos muestra rotación.

**Figura 6.12.-** Tercer modo de vibración para la combinación de aisladores



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.3.3. Desplazamientos:

- Desplazamiento en X: El desplazamiento máximo en dirección X será de 0.3858 m.

**Tabla 6.25.-** Desplazamientos en dirección X

PISO	Diafragma	UX
		(m)
PISO 3	D3	0.385837
PISO 2	D2	0.381832
PISO 1	D1	0.376796
Base	D4	0.370538

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Desplazamiento en Y: El desplazamiento máximo en dirección Y será de 0.4097 m.

**Tabla 6.26.-** Desplazamientos en dirección Y

PISO	Diafragma	UY
		(m)
PISO 3	D3	0.409726
PISO 2	D2	0.400531
PISO 1	D1	0.389489
Base	D4	0.367215

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

#### 6.2.3.4. Derivas de entrepiso:

- Deriva máxima en X:  $0.0021 \leq 0.007$ , cumple condición de norma.

**Tabla 6.27.-** Derivas en dirección X

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-XX Max	13	Max Drift X	0.0017
4 -4	Desp-XX Max	57	Max Drift X	0.0014
4 -3	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0014
4 -2	Desp-XX Max	23	Max Drift X	0.0014
4 -1	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0014
PISO 4	Desp-XX Max	25	Max Drift X	0.0014
PISO 3	Desp-XX Max	14	Max Drift X	0.0013
PISO 2	Desp-XX Max	31	Max Drift X	0.0016
PISO 1	Desp-XX Max	5	Max Drift X	0.0021

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

- Deriva máxima en Y:  $0.0066 \leq 0.007$ , cumple condición de norma.

**Tabla 6.28.-** Derivas en dirección Y

Piso	Load Case/Combo	Label	Item	Drift
TECHO	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0028
4 -4	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0029
4 -3	Desp-YY Max	23	Max Drift Y	0.0032
4 -2	Desp-YY Max	25	Max Drift Y	0.0031
4 -1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0066
PISO 4	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0049
PISO 3	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0035
PISO 2	Desp-YY Max	66	Max Drift Y	0.0040
PISO 1	Desp-YY Max	29	Max Drift Y	0.0048

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### 6.2.3.5. Fuerzas por piso:

- Dirección XX:

**Tabla 6.29.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección XX

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO XX Max	Top	<b>14.8771</b>	0.0711
TECHO	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>13.8578</b>	0.3476
4 -4	DINAMICO XX Max	Top	<b>16.682</b>	0.3541
4 -4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>16.8387</b>	0.6272
4 -3	DINAMICO XX Max	Top	<b>19.8475</b>	0.6247
4 -3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>19.6698</b>	1.2694
4 -2	DINAMICO XX Max	Top	<b>23.905</b>	0.7717
4 -2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>23.905</b>	0.7717
4 -1	DINAMICO XX Max	Top	<b>27.6922</b>	0.363
4 -1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>27.6922</b>	0.363
PISO 4	DINAMICO XX Max	Top	<b>65.2395</b>	0.1954
PISO 4	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>65.2395</b>	0.1954
PISO 3	DINAMICO XX Max	Top	<b>256.265</b>	0.2986
PISO 3	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>256.265</b>	0.2986
PISO 2	DINAMICO XX Max	Top	<b>439.9172</b>	0.3963
PISO 2	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>439.9172</b>	0.3963
PISO 1	DINAMICO XX Max	Top	<b>620.4705</b>	0.2105
PISO 1	DINAMICO XX Max	Bottom	<b>620.4705</b>	0.2105

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Dirección YY:

**Tabla 6.30.-** Resultados de fuerzas análisis dinámico en dirección YY

Piso	Load Case/Combo	Locación	VX	VY
			tonf	tonf
TECHO	DINAMICO YY Max	Top	0.4675	<b>15.1239</b>
TECHO	DINAMICO YY Max	Bottom	0.923	<b>3.7052</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Top	0.9783	<b>1.1017</b>
4 -4	DINAMICO YY Max	Bottom	1.032	<b>3.2868</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Top	1.0001	<b>7.534</b>
4 -3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.9839	<b>21.7867</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Top	0.9942	<b>19.9391</b>
4 -2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.9942	<b>19.9391</b>
4 -1	DINAMICO YY Max	Top	1.0826	<b>11.9364</b>

4 -1	DINAMICO YY Max	Bottom	1.0826	<b>11.9364</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Top	0.5321	<b>66.1651</b>
PISO 4	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5321	<b>66.1651</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Top	0.7208	<b>255.5508</b>
PISO 3	DINAMICO YY Max	Bottom	0.7208	<b>255.5508</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Top	0.5791	<b>435.2214</b>
PISO 2	DINAMICO YY Max	Bottom	0.5791	<b>435.2214</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Top	0.2152	<b>609.3536</b>
PISO 1	DINAMICO YY Max	Bottom	0.2152	<b>609.3536</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

### 6.3. Resultados para Sismo de Diseño y Sismo Máximo Considerado.

#### 6.3.1. Sismo de Diseño:

##### A) Desplazamientos:

- Desplazamiento Eje X:

**Tabla 6.31.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	HDR-1	HDR2	HDR- 2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	SD_XX Max	0.162605	0.166955	0.124678	0.004661
PISO 2	D2	SD_XX Max	0.161185	0.165432	0.123384	0.002668
PISO 1	D1	SD_XX Max	0.159395	0.163547	0.121756	0.000862
Base	D4	SD_XX Max	0.157157	0.161226	0.119734	

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Desplazamiento Eje Y:

**Tabla 6.32.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	HDR-1	HDR2	HDR- 2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	SD_YY Max	0.171151	0.176449	0.132257	0.010827
PISO 2	D2	SD_YY Max	0.167936	0.173163	0.129288	0.006004
PISO 1	D1	SD_YY Max	0.163962	0.169115	0.125724	0.001917
Base	D4	SD_XX Max	0.152177	0.156984	0.11854	

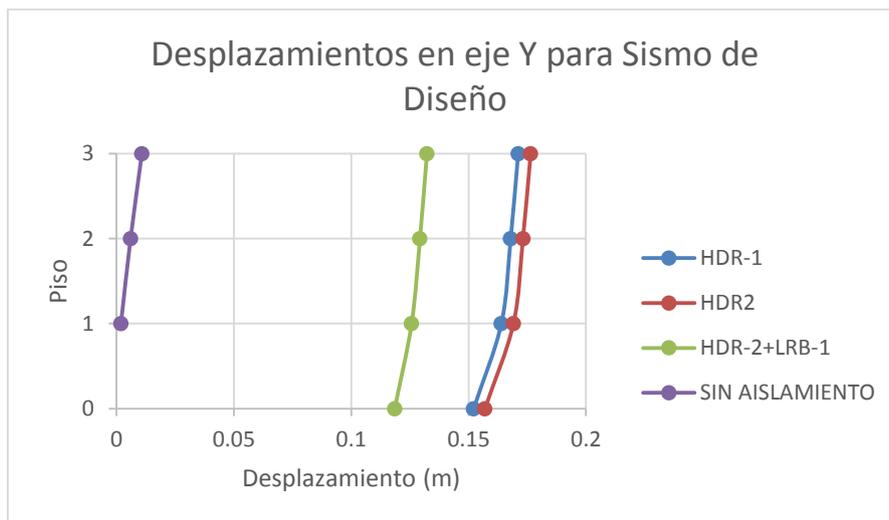
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.13.-** Desplazamientos en eje X para sismo de diseño



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.14.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**B) Derivas de entrepiso:**

- Derivas Eje X:

**Tabla 6.33.-** Derivas de entrepiso en eje X para sismo de diseño

Piso	Load Case/Combo	Item	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			Deriva	Deriva	Deriva	Deriva
TECHO	SD_XX Max	Max Drift X	0.0006	0.0006	0.0005	0.0012
4 -4	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0004	0.0011
4 -3	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0004	0.0011
4 -2	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0004	0.0012
4 -1	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0005	0.0012
PISO 4	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0005	0.0013
PISO 3	SD_XX Max	Max Drift X	0.0005	0.0005	0.0004	0.0007
PISO 2	SD_XX Max	Max Drift X	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006
PISO 1	SD_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0007	0.0003
<b>Máximo:</b>			<b>0.0007</b>	<b>0.0008</b>	<b>0.0007</b>	<b>0.0013</b>
<b>% de Máx:</b>			<b>54.82</b>	<b>56.83</b>	<b>50.26</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

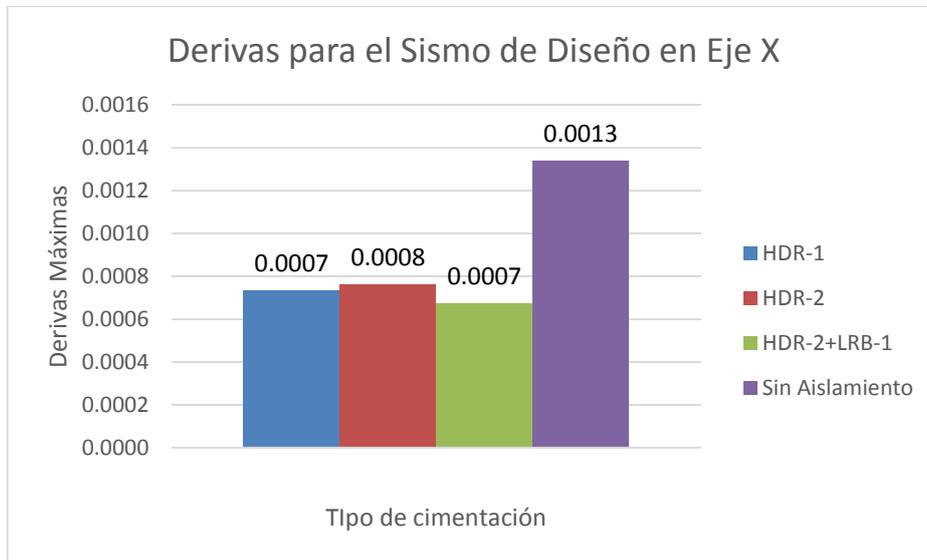
- Derivas Eje Y:

**Tabla 6.34.-** Derivas de entrepiso en eje Y para sismo de diseño

Piso	Load Case/Combo	Item	HDR-1	HDR2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			Deriva	Deriva	Deriva	Deriva
TECHO	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0011	0.0011	0.0009	0.0027
4 -4	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0011	0.0011	0.0009	0.0030
4 -3	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0012	0.0013	0.0010	0.0033
4 -2	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0012	0.0012	0.0010	0.0034
4 -1	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0024	0.0024	0.0021	0.0035
PISO 4	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0018	0.0018	0.0016	0.0047
PISO 3	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0013	0.0013	0.0011	0.0018
PISO 2	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0015	0.0015	0.0013	0.0016
PISO 1	SD_YY Max	Max Drift Y	0.0018	0.0018	0.0016	0.0008
<b>Máximo:</b>			<b>0.0024</b>	<b>0.0024</b>	<b>0.0021</b>	<b>0.0047</b>
<b>% de Máx:</b>			<b>51.19</b>	<b>51.40</b>	<b>45.55</b>	<b>100.00</b>

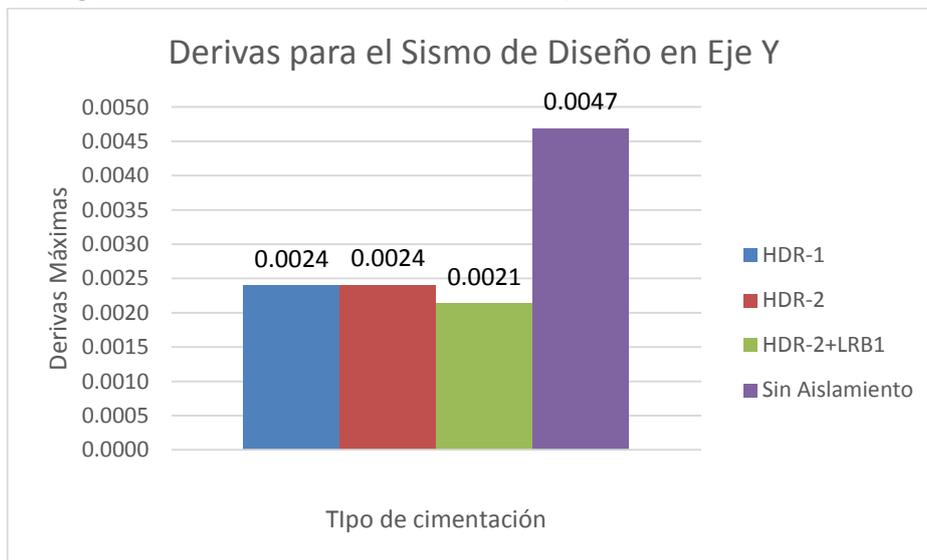
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.15.-** Derivas de entrepiso en eje X para sismo de diseño



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.16.-** Derivas de entrepiso en eje Y para sismo de diseño



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

### C) Fuerzas por piso:

- Fuerzas en eje X:

**Tabla 6.35.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo de diseño

Piso	Load Case/Combo	Location	VX	VX	VX	VX
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	SD_XX Max	Top	5.2933	5.1484	4.8096	31.8571
TECHO	SD_XX Max	Bottom	4.9111	4.7294	4.4801	30.0732
4 -4	SD_XX Max	Top	5.9453	5.7352	5.3935	37.738
4 -4	SD_XX Max	Bottom	6.0009	5.7892	5.4441	38.1372
4 -3	SD_XX Max	Top	7.0711	6.8229	6.4168	44.2094
4 -3	SD_XX Max	Bottom	7.0082	6.7606	6.3593	43.9097
4 -2	SD_XX Max	Top	8.518	8.2289	7.7283	51.545
4 -2	SD_XX Max	Bottom	8.518	8.2289	7.7283	51.545
4 -1	SD_XX Max	Top	9.8676	9.5422	8.9523	57.5654
4 -1	SD_XX Max	Bottom	9.8676	9.5422	8.9523	57.5654
PISO 4	SD_XX Max	Top	23.2477	22.6048	21.0861	109.5679
PISO 4	SD_XX Max	Bottom	23.2477	22.6048	21.0861	109.5679
PISO 3	SD_XX Max	Top	91.4964	88.918	82.8126	300.1375
PISO 3	SD_XX Max	Bottom	91.4964	88.918	82.8126	300.1375
PISO 2	SD_XX Max	Top	157.223	152.7527	142.1546	409.1654
PISO 2	SD_XX Max	Bottom	157.223	152.7527	142.1546	409.1654
PISO 1	SD_XX Max	Top	221.971	215.6194	200.4964	445.0546
PISO 1	SD_XX Max	Bottom	<b>221.97</b>	<b>215.62</b>	<b>200.50</b>	<b>445.05</b>
		%	<b>49.88</b>	<b>48.45</b>	<b>45.05</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Fuerzas en eje Y:

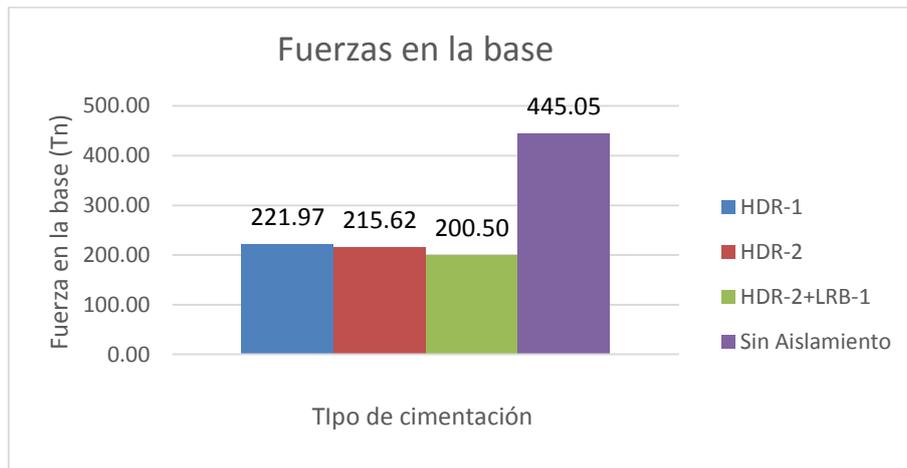
**Tabla 6.36.-** Fuerzas por piso en eje Y para sismo de diseño

Piso	Load Case/Combo	Location	VY	VY	VY	VY
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	SD_YY Max	Top	5.2741	5.1538	4.8999	34.4988
TECHO	SD_YY Max	Bottom	1.3832	1.4009	1.1972	3.4762
4 -4	SD_YY Max	Top	0.4589	0.4929	0.3741	8.5
4 -4	SD_YY Max	Bottom	1.0454	0.9601	1.066	6.6833
4 -3	SD_YY Max	Top	2.53	2.4108	2.4393	14.3729
4 -3	SD_YY Max	Bottom	7.7325	7.5411	7.0332	10.5976
4 -2	SD_YY Max	Top	7.0871	6.8939	6.4404	19.9672
4 -2	SD_YY Max	Bottom	7.0871	6.8939	6.4404	19.9672
4 -1	SD_YY Max	Top	4.0797	3.9417	3.8688	30.4243

4 -1	SD_YY Max	Bottom	4.0797	3.9417	3.8688	30.4243
PISO 4	SD_YY Max	Top	23.0525	22.5206	21.4115	130.6402
PISO 4	SD_YY Max	Bottom	23.0525	22.5206	21.4115	130.6402
PISO 3	SD_YY Max	Top	89.3114	87.265	82.5249	321.5777
PISO 3	SD_YY Max	Bottom	89.3114	87.265	82.5249	321.5777
PISO 2	SD_YY Max	Top	152.369	148.8888	140.499	429.2292
PISO 2	SD_YY Max	Bottom	152.369	148.8888	140.499	429.2292
PISO 1	SD_YY Max	Top	213.698	208.843	196.6987	466.2441
PISO 1	SD_YY Max	Bottom	<b>213.70</b>	<b>208.84</b>	<b>196.70</b>	<b>466.24</b>
		%	<b>45.83</b>	<b>44.79</b>	<b>42.19</b>	<b>100.00</b>

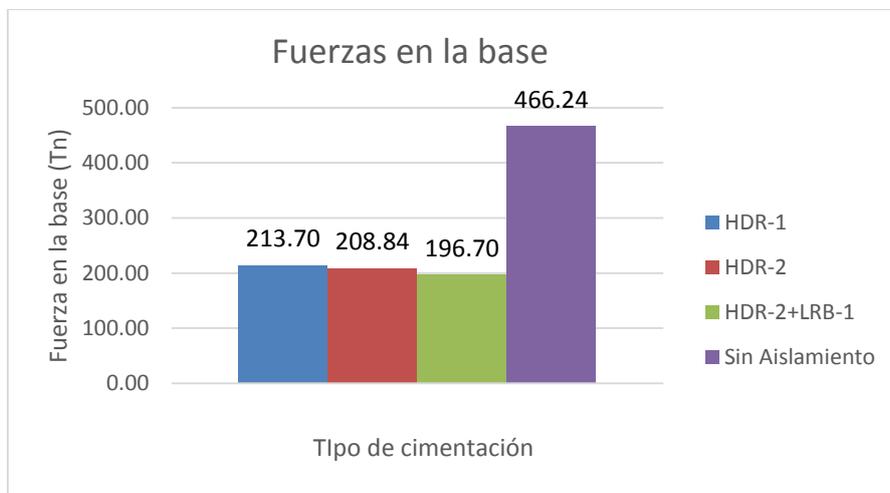
Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 6.17.- Fuerzas en la base en eje X para sismo de diseño



Fuente: Elaboración propia, 2014

Figura 6.18.- Fuerzas en la base en eje X para sismo de diseño



Fuente: Elaboración propia, 2014

### 6.3.2. Sismo Máximo Considerado:

#### A) Desplazamientos:

- Desplazamiento Eje X:

**Tabla 6.37.-** Desplazamientos en eje X para sismo máximo considerado

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	HDR-1	HDR2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	SMC_XX Max	0.243924	0.250449	0.187029	0.006992
PISO 2	D2	SMC_XX Max	0.241793	0.248164	0.185088	0.004003
PISO 1	D1	SMC_XX Max	0.239109	0.245336	0.182647	0.001292
Base	D4	SMC_XX Max	0.235752	0.241855	0.179613	

Fuente: Elaboración propia, 2014

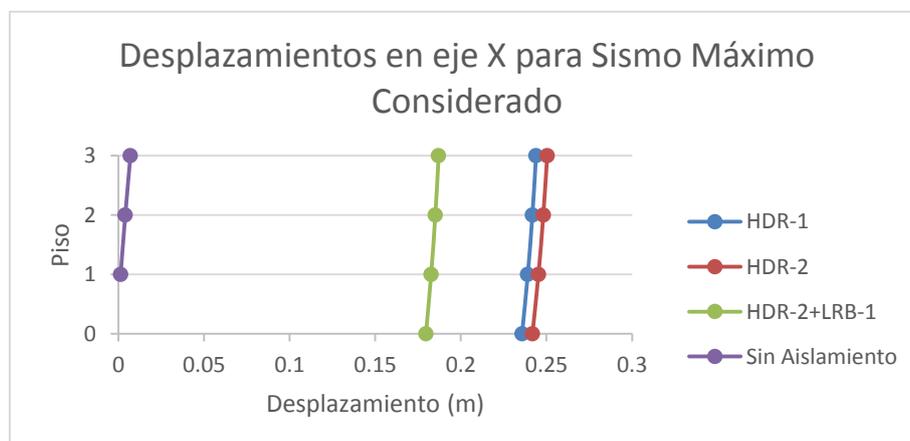
- Desplazamiento Eje Y:

**Tabla 6.38.-** Desplazamientos en eje Y para sismo máximo considerado

Piso	Diafragma	Load Case/Combo	HDR-1	HDR2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	SMC_YY Max	0.256743	0.264691	0.198413	0.016241
PISO 2	D2	SMC_YY Max	0.251921	0.259762	0.19396	0.009006
PISO 1	D1	SMC_YY Max	0.245959	0.253689	0.188613	0.002875
Base	D4	SMC_YY Max	0.22828	0.235491	0.177834	

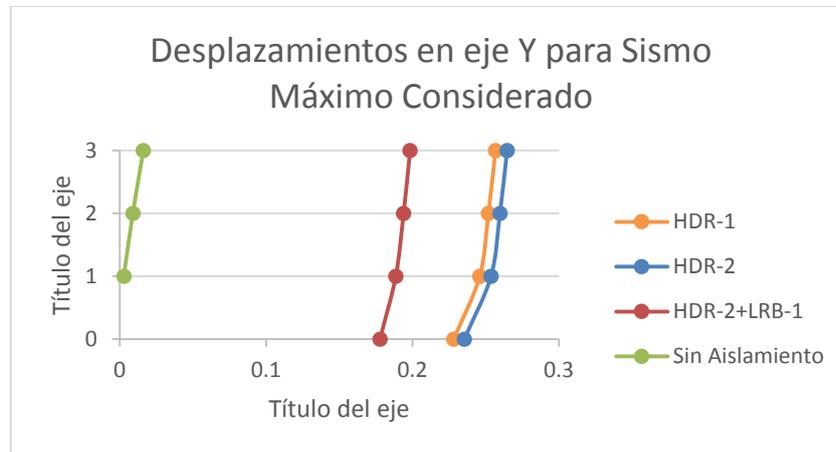
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.19.-** Desplazamientos en eje X para sismo de diseño



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.20.-** Desplazamientos en eje Y para sismo de diseño



Fuente: Elaboración propia, 2014

**B) Derivas de entrepiso:**

- Derivas Eje X:

**Tabla 6.39.-** Derivas en eje X para sismo máximo considerado

Piso	Load Case/Combo	Item	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			Deriva	Deriva	Deriva	Deriva
TECHO	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0009	0.0009	0.0008	0.0018
4 -4	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0007	0.0016
4 -3	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0007	0.0016
4 -2	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0007	0.0017
4 -1	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0007	0.0019
PISO 4	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0008	0.0008	0.0007	0.0020
PISO 3	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0007	0.0008	0.0006	0.0010
PISO 2	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009
PISO 1	SMC_XX Max	Max Drift X	0.0011	0.0011	0.0010	0.0005
<b>Máximo:</b>			<b>0.0011</b>	<b>0.0011</b>	<b>0.0010</b>	<b>0.0020</b>
<b>% de Máx:</b>			<b>54.80</b>	<b>56.84</b>	<b>50.22</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

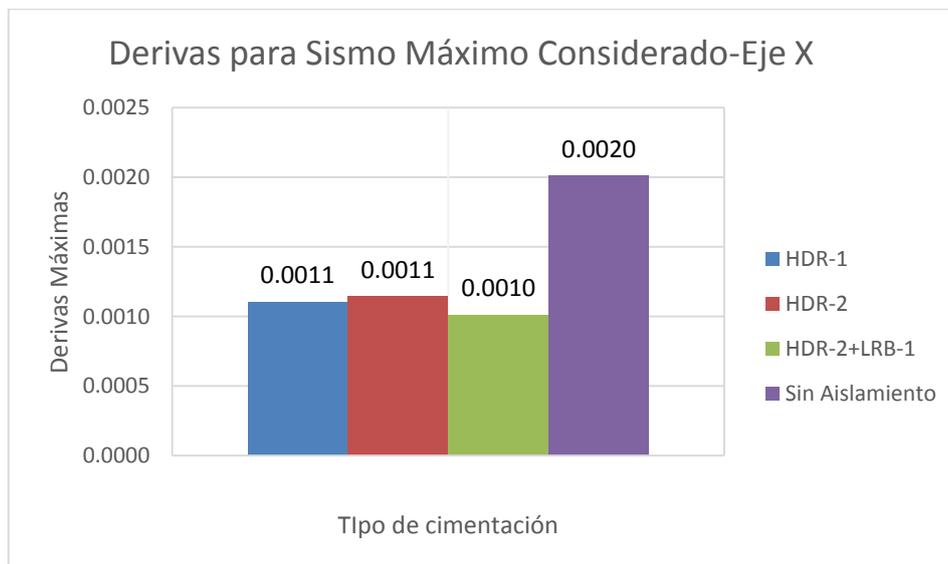
- Derivas Eje Y:

**Tabla 6.40.-** Derivas en eje Y para sismo máximo considerado

Piso	Load Case/Combo	Item	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	SIN AISLAMIENTO
			Deriva	Deriva	Deriva	Deriva
TECHO	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.001581	0.001658	0.001339	0.004029
4 -4	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.001626	0.001701	0.001381	0.004512
4 -3	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.001827	0.001896	0.001566	0.004894
4 -2	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.00174	0.001811	0.001486	0.005095
4 -1	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.003595	0.003609	0.003199	0.005208
PISO 4	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.002699	0.00274	0.002363	0.007022
PISO 3	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.001956	0.002021	0.001686	0.002755
PISO 2	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.002237	0.002297	0.001938	0.002329
PISO 1	SMC_YY Max	Max Drift Y	0.002673	0.002726	0.002329	0.00114
<b>Máximo:</b>			<b>0.0036</b>	<b>0.0036</b>	<b>0.0032</b>	<b>0.0070</b>
<b>% de Máx:</b>			<b>51.20</b>	<b>51.40</b>	<b>45.56</b>	<b>100.00</b>

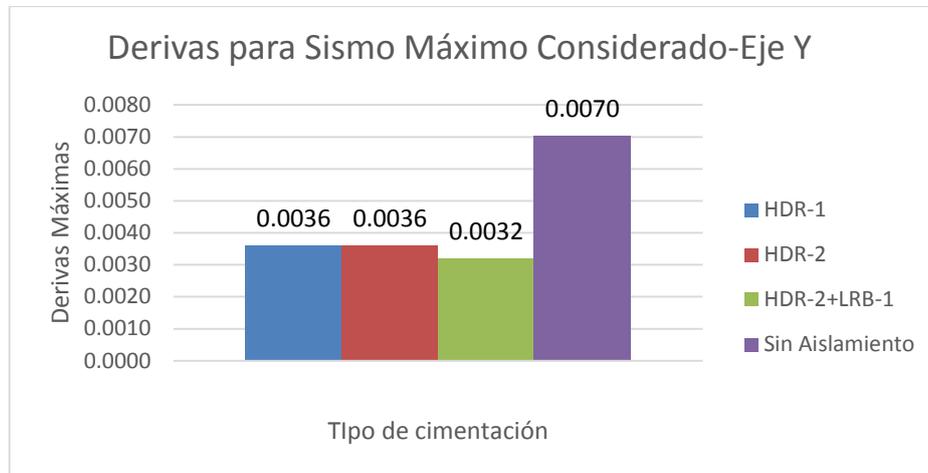
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.21.-** Derivas en eje X para sismo máximo considerado



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.22.-** Derivas en eje Y para sismo máximo considerado



Fuente: Elaboración propia, 2014

**C) Fuerzas por piso:**

- Fuerzas en eje X:

**Tabla 6.41.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo máximo considerado

Piso	Load Case/Combo	Location	VX	VX	VX	VX
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	SMC_XX Max	Top	7.9406	7.7231	7.2149	47.7887
TECHO	SMC_XX Max	Bottom	7.3671	7.0945	6.7206	45.1128
4 -4	SMC_XX Max	Top	8.9186	8.6034	8.0908	56.6107
4 -4	SMC_XX Max	Bottom	9.0019	8.6844	8.1667	57.2096
4 -3	SMC_XX Max	Top	10.6073	10.235	9.6258	66.3185
4 -3	SMC_XX Max	Bottom	10.513	10.1415	9.5396	65.8689
4 -2	SMC_XX Max	Top	12.7779	12.3442	11.5932	77.3226
4 -2	SMC_XX Max	Bottom	12.7779	12.3442	11.5932	77.3226
4 -1	SMC_XX Max	Top	14.8024	14.3142	13.4293	86.3538
4 -1	SMC_XX Max	Bottom	14.8024	14.3142	13.4293	86.3538
PISO 4	SMC_XX Max	Top	34.8738	33.9095	31.6313	164.3627
PISO 4	SMC_XX Max	Bottom	34.8738	33.9095	31.6313	164.3627
PISO 3	SMC_XX Max	Top	137.2536	133.3858	124.2271	450.236
PISO 3	SMC_XX Max	Bottom	137.2536	133.3858	124.2271	450.236
PISO 2	SMC_XX Max	Top	235.8503	229.1442	213.246	613.7888
PISO 2	SMC_XX Max	Bottom	235.8503	229.1442	213.246	613.7888
PISO 1	SMC_XX Max	Top	332.9791	323.4506	300.7645	667.6262
PISO 1	SMC_XX Max	Bottom	<b>332.98</b>	<b>323.45</b>	<b>300.76</b>	<b>667.63</b>
		%	<b>49.88</b>	<b>48.45</b>	<b>45.05</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

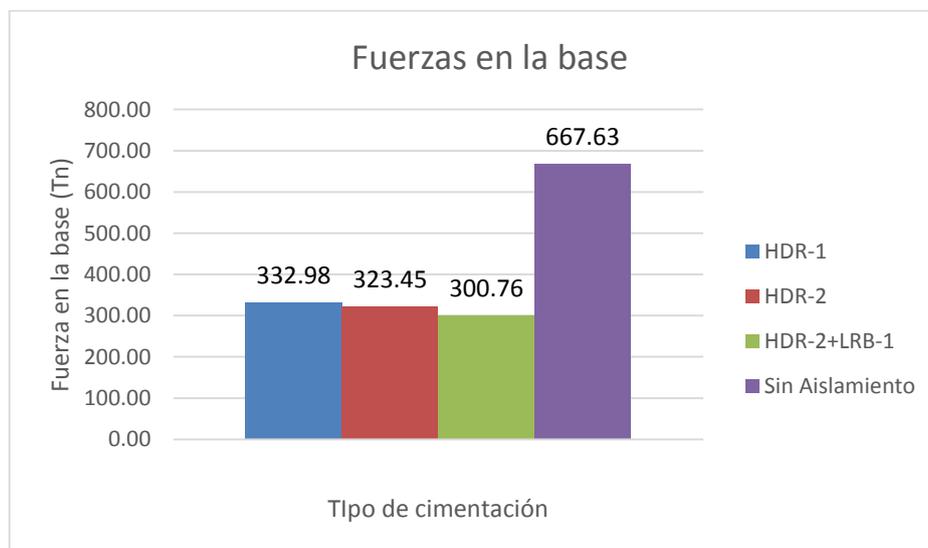
- Fuerzas en eje Y:

**Tabla 6.42.-** Fuerzas por piso en eje X para sismo máximo considerado

Piso	Load Case/Combo	Location	VY	VY	VY	VY	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	SMC_YY Max	Top	7.9117	7.7312	7.3508	51.7516	
TECHO	SMC_YY Max	Bottom	2.0749	2.1014	1.7961	5.2147	
4 -4	SMC_YY Max	Top	0.6883	0.7393	0.5612	12.7509	
4 -4	SMC_YY Max	Bottom	1.5682	1.4402	1.5992	10.0256	
4 -3	SMC_YY Max	Top	3.7953	3.6164	3.6594	21.5607	
4 -3	SMC_YY Max	Bottom	11.5995	11.3123	10.5514	15.8974	
4 -2	SMC_YY Max	Top	10.6314	10.3415	9.6621	29.9528	
4 -2	SMC_YY Max	Bottom	10.6314	10.3415	9.6621	29.9528	
4 -1	SMC_YY Max	Top	6.12	5.913	5.804	45.6394	
4 -1	SMC_YY Max	Bottom	6.12	5.913	5.804	45.6394	
PISO 4	SMC_YY Max	Top	34.581	33.7832	32.1215	195.9734	
PISO 4	SMC_YY Max	Bottom	34.581	33.7832	32.1215	195.9734	
PISO 3	SMC_YY Max	Top	133.9761	130.9061	123.8044	482.3985	
PISO 3	SMC_YY Max	Bottom	133.9761	130.9061	123.8044	482.3985	
PISO 2	SMC_YY Max	Top	228.57	223.348	210.7778	643.8865	
PISO 2	SMC_YY Max	Bottom	228.57	223.348	210.7778	643.8865	
PISO 1	SMC_YY Max	Top	320.5687	313.2853	295.0891	699.4126	
PISO 1	SMC_YY Max	Bottom	320.57	313.29	295.09	699.41	
			<b>%</b>	<b>45.83</b>	<b>44.79</b>	<b>42.19</b>	<b>100.00</b>

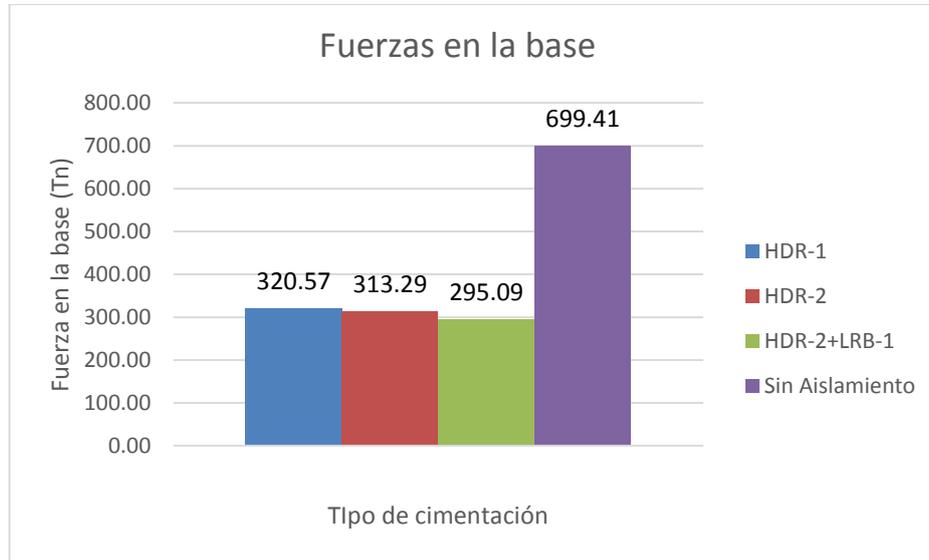
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.23.-** Fuerzas en la base en eje X para sismo máximo considerado



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.24.-** Fuerzas en la base en eje Y para sismo máximo considerado



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

## 6.4. Resultados para Análisis Tiempo-Historia

### 6.4.1. Chimbote 1970:

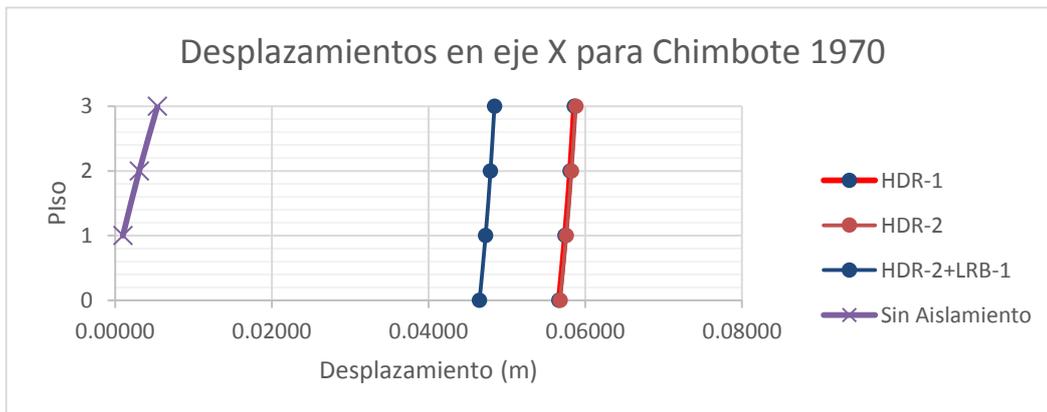
- Desplazamientos:

**Tabla 6.43.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Chimbote 1970.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	Chimbote XX Max	0.00541	0.05859	0.05879	0.04840
PISO 2	D2	Chimbote XX Max	0.00308	0.05807	0.05825	0.04790
PISO 1	D1	Chimbote XX Max	0.00099	0.05742	0.05758	0.04727
	D4	Chimbote XX Max	-	0.05663	0.05678	0.04651

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.25.-** Desplazamientos en eje X para Chimbote 1970



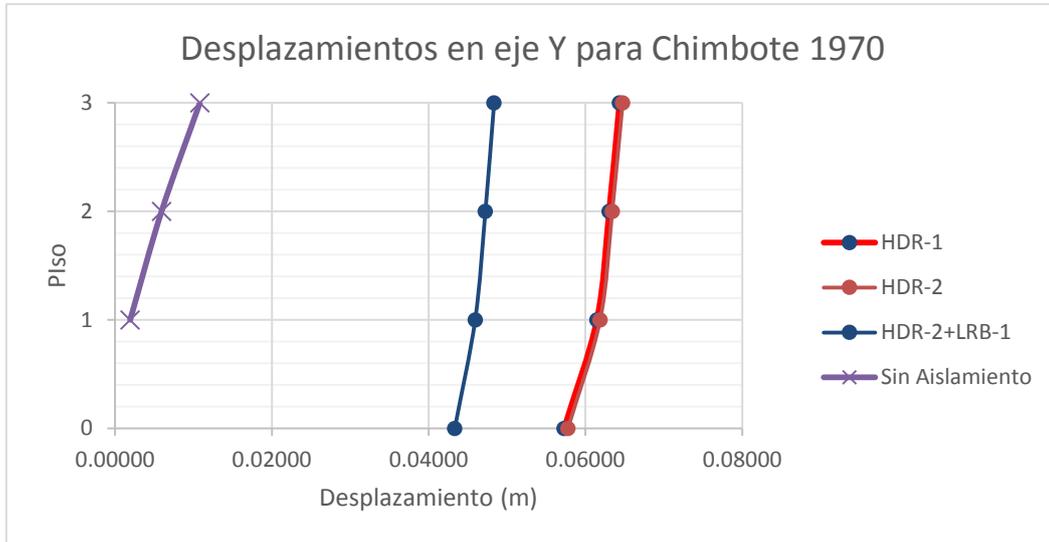
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.44.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Chimbote 1970.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	Chimbote YY Max	0.01082	0.06435	0.06475	0.04835
PISO 2	D2	Chimbote YY Max	0.00593	0.06303	0.06342	0.04724
PISO 1	D1	Chimbote YY Max	0.00193	0.06147	0.06188	0.04594
	D4	Chimbote YY Max	-	0.05729	0.05777	0.04334

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.26.-** Desplazamientos en eje Y para Chimbote 1970



Fuente: Elaboración propia, 2014

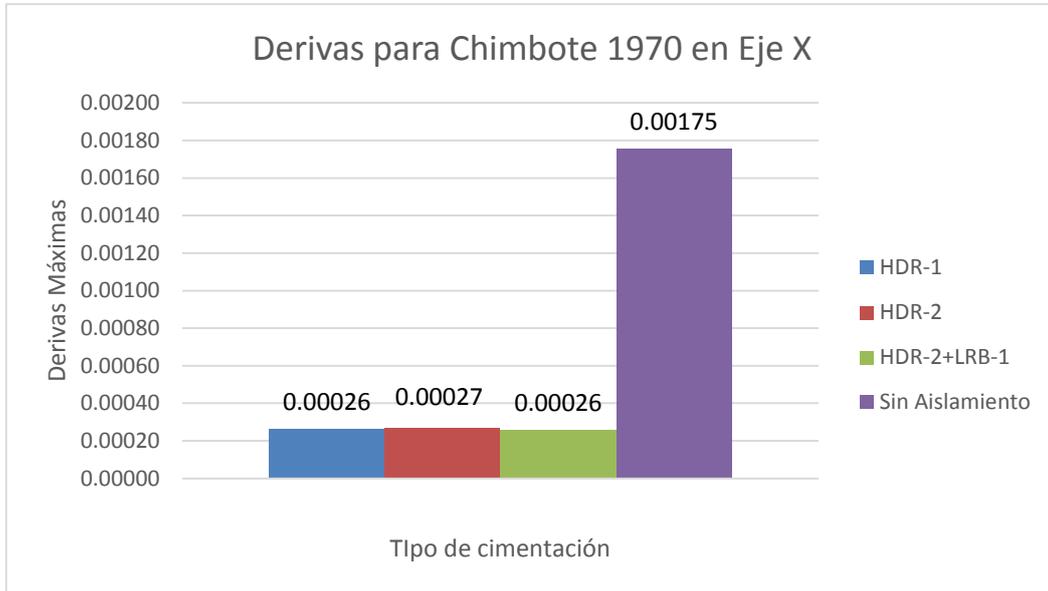
- Derivas

**Tabla 6.45.-** Derivas por piso en eje X para Chimbote 1970.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00157	0.00022	0.00022	0.00021
4 - 4	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00139	0.00018	0.00018	0.00018
4 - 3	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00145	0.00018	0.00018	0.00018
4 - 2	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00153	0.00018	0.00019	0.00018
4 - 1	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00166	0.00018	0.00019	0.00018
PISO 4	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00175	0.00019	0.00019	0.00019
PISO 3	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00077	0.00017	0.00018	0.00017
PISO 2	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00068	0.00021	0.00021	0.00020
PISO 1	Max Drift X	Chimbote XX Max	0.00035	0.00026	0.00027	0.00026
<b>Máximo:</b>			<b>0.00175</b>	<b>0.00026</b>	<b>0.00027</b>	<b>0.00026</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>15.05</b>	<b>15.22</b>	<b>14.82</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.27.-** Derivas en eje X para Chimbote 1970



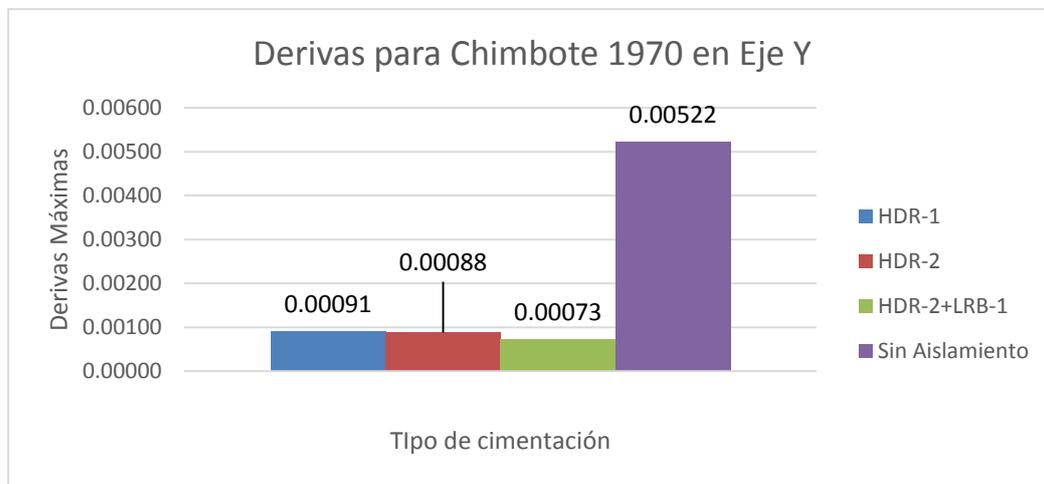
**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.46.-** Derivas por piso en eje Y para Chimbote 1970.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00299	0.00040	0.00041	0.00031
4 - 4	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00333	0.00041	0.00042	0.00031
4 - 3	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00360	0.00046	0.00047	0.00036
4 - 2	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00377	0.00044	0.00045	0.00034
4 - 1	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00385	0.00091	0.00088	0.00073
PISO 4	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00522	0.00069	0.00068	0.00054
PISO 3	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00185	0.00049	0.00050	0.00038
PISO 2	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00147	0.00055	0.00055	0.00044
PISO 1	Max Drift Y	Chimbote YY Max	0.00073	0.00065	0.00065	0.00053
<b>Máximo:</b>			<b>0.00522</b>	<b>0.00091</b>	<b>0.00088</b>	<b>0.00073</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>17.35</b>	<b>16.94</b>	<b>13.94</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.28.-** Derivas en eje Y para Chimbote 1970



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

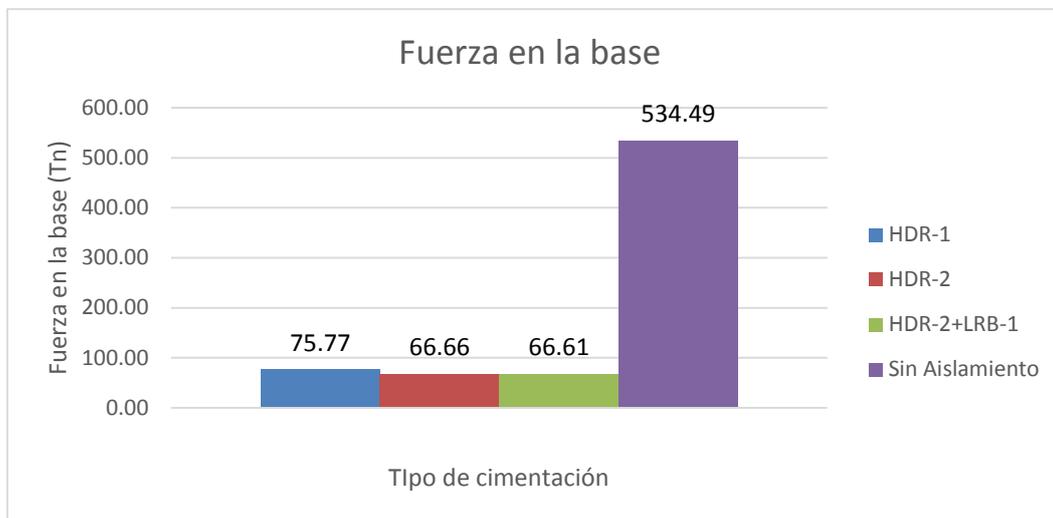
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.47.-** Fuerzas por piso en eje X para Chimbote 1970.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			VX tonf	VX tonf	VX tonf	VX tonf
TECHO	Top	Chimbote XX Max	48.29	2.29	2.03	1.92
TECHO	Bottom	Chimbote XX Max	44.95	2.12	1.87	1.79
4 - 4	Top	Chimbote XX Max	57.45	2.61	2.30	2.18
4 - 4	Bottom	Chimbote XX Max	58.05	2.63	2.32	2.20
4 - 3	Top	Chimbote XX Max	66.72	3.09	2.72	2.59
4 - 3	Bottom	Chimbote XX Max	66.14	3.06	2.70	2.56
4 - 2	Top	Chimbote XX Max	77.24	3.68	3.25	3.09
4 - 2	Bottom	Chimbote XX Max	77.24	3.68	3.25	3.09
4 - 1	Top	Chimbote XX Max	85.37	4.22	3.72	3.56
4 - 1	Bottom	Chimbote XX Max	85.37	4.22	3.72	3.56
PISO 4	Top	Chimbote XX Max	144.65	9.37	8.30	8.00
PISO 4	Bottom	Chimbote XX Max	144.65	9.37	8.30	8.00
PISO 3	Top	Chimbote XX Max	360.25	33.11	29.45	29.03
PISO 3	Bottom	Chimbote XX Max	360.25	33.11	29.45	29.03
PISO 2	Top	Chimbote XX Max	491.70	54.36	48.18	48.06
PISO 2	Bottom	Chimbote XX Max	491.70	54.36	48.18	48.06
PISO 1	Top	Chimbote XX Max	534.49	75.77	66.66	66.61
PISO 1	Bottom	Chimbote XX Max	<b>534.49</b>	<b>75.77</b>	<b>66.66</b>	<b>66.61</b>
		%	<b>100.00</b>	<b>14.18</b>	<b>12.47</b>	<b>12.46</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.29.-** Fuerzas en la base para Chimbote 1970 en eje X



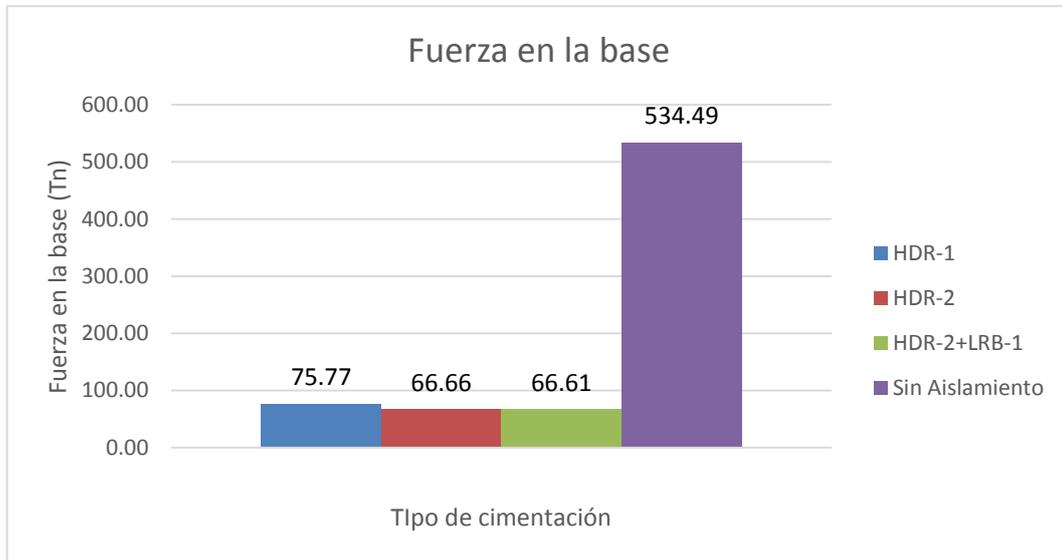
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.48.-** Fuerzas por piso en eje Y para Chimbote 1970.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			VY tonf	VY tonf	VY tonf	VY tonf
TECHO	Top	Chimbote YY Max	41.32	2.27	2.09	1.78
TECHO	Bottom	Chimbote YY Max	5.61	0.59	0.57	0.48
4 - 4	Top	Chimbote YY Max	11.19	0.35	0.35	0.29
4 - 4	Bottom	Chimbote YY Max	9.52	0.43	0.37	0.34
4 - 3	Top	Chimbote YY Max	18.16	0.99	0.89	0.81
4 - 3	Bottom	Chimbote YY Max	14.74	2.61	2.48	2.36
4 - 2	Top	Chimbote YY Max	24.77	2.64	2.50	2.25
4 - 2	Bottom	Chimbote YY Max	24.77	2.64	2.50	2.25
4 - 1	Top	Chimbote YY Max	34.40	1.81	1.61	1.49
4 - 1	Bottom	Chimbote YY Max	34.40	1.81	1.61	1.49
PISO 4	Top	Chimbote YY Max	147.53	9.28	8.51	7.72
PISO 4	Bottom	Chimbote YY Max	147.53	9.28	8.51	7.72
PISO 3	Top	Chimbote YY Max	305.37	32.05	30.29	28.76
PISO 3	Bottom	Chimbote YY Max	305.37	32.05	30.29	28.76
PISO 2	Top	Chimbote YY Max	385.87	52.13	48.84	46.85
PISO 2	Bottom	Chimbote YY Max	385.87	52.13	48.84	46.85
PISO 1	Top	Chimbote YY Max	428.21	71.16	64.63	62.79
PISO 1	Bottom	Chimbote YY Max	<b>428.21</b>	<b>71.16</b>	<b>64.63</b>	<b>62.79</b>
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>16.62</b>	<b>15.09</b>
					<b>14.66</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.30.-** Fuerzas en la base para Chimbote 1970 en eje Y



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

#### 6.4.2. Lima 1966:

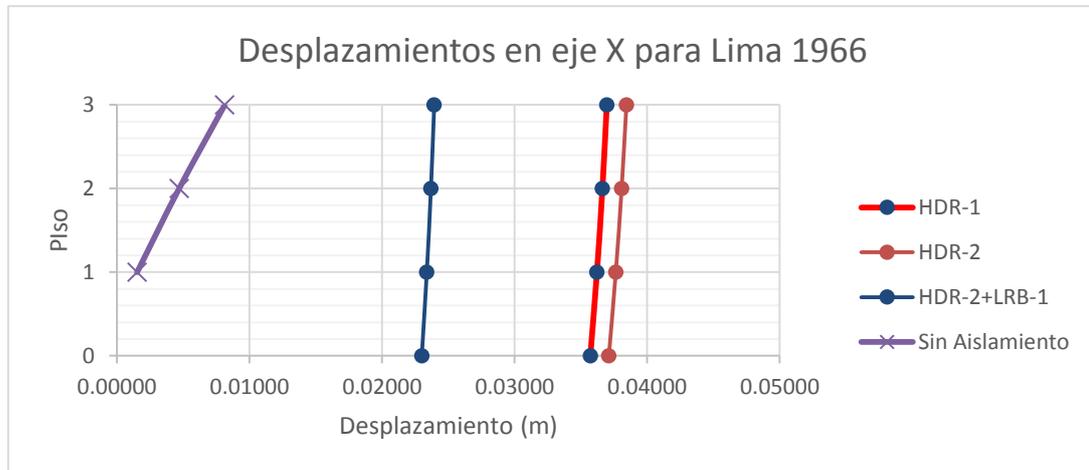
- Desplazamientos:

**Tabla 6.49.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Lima 1966.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	LIMA 1966 XX Max	0.00813	0.03695	0.03843	0.02393
PISO 2	D2	LIMA 1966 XX Max	0.00469	0.03662	0.03807	0.02369
PISO 1	D1	LIMA 1966 XX Max	0.00152	0.03621	0.03763	0.02338
	D4	LIMA 1966 XX Max	-	0.03571	0.03711	0.02300

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.31.-** Desplazamientos en eje X para Lima 1966



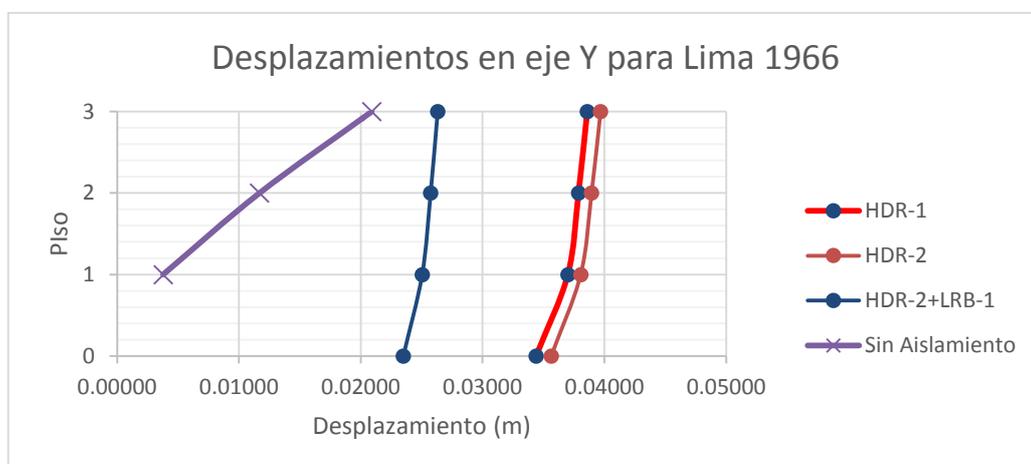
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.50.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Lima 1966

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	LIMA 1966 YY Max	0.020897	0.03860	0.03969	0.02632
PISO 2	D2	LIMA 1966 YY Max	0.011688	0.03788	0.03895	0.02574
PISO 1	D1	LIMA 1966 YY Max	0.003782	0.03701	0.03806	0.02505
	D4	LIMA 1966 YY Max	-	0.03440	0.03565	0.02350

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.32.-** Desplazamientos en eje Y para Lima 1966



Fuente: Elaboración propia, 2014

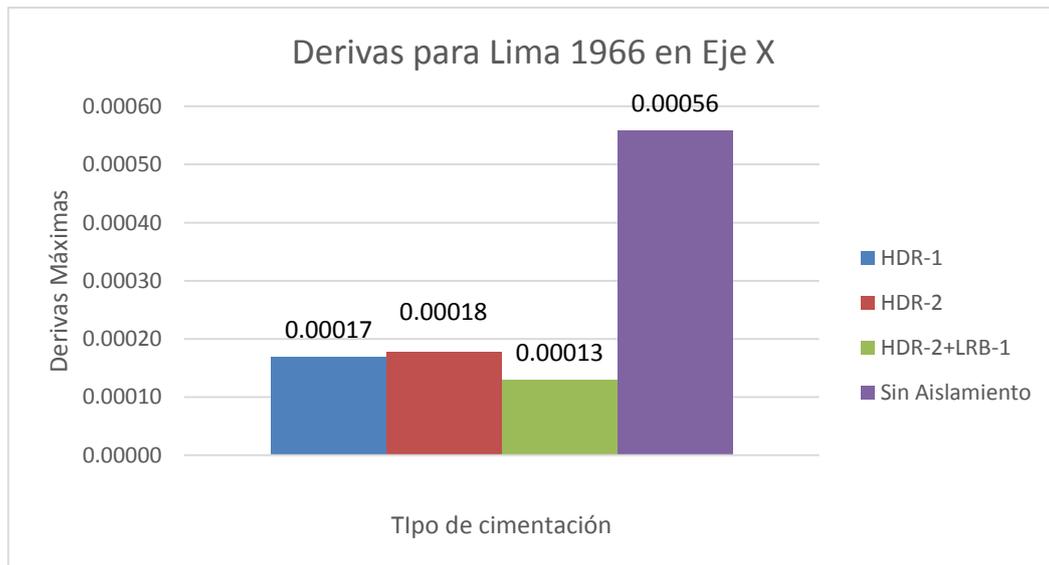
- Derivas

**Tabla 6.51.-** Derivas por piso en eje X para Lima 1966.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00216	0.00014	0.00015	0.00011
4 - 4	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00191	0.00012	0.00013	0.00009
4 - 3	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00205	0.00012	0.00013	0.00009
4 - 2	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00218	0.00012	0.00013	0.00010
4 - 1	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00240	0.00012	0.00013	0.00010
PISO 4	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00261	0.00013	0.00014	0.00010
PISO 3	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00118	0.00011	0.00012	0.00009
PISO 2	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00108	0.00013	0.00014	0.00010
PISO 1	Max Drift X	LIMA 1966 XX Max	0.00056	0.00017	0.00018	0.00013
<b>Máximo:</b>			<b>0.00056</b>	<b>0.00017</b>	<b>0.00018</b>	<b>0.00013</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>30.23</b>	<b>31.66</b>	<b>23.26</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.33.-** Derivas en eje X para Lima 1966



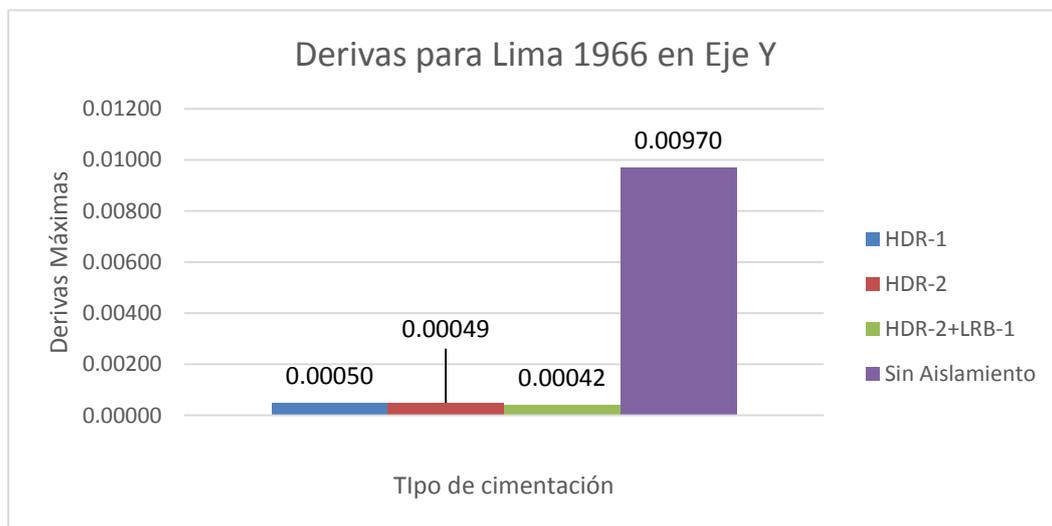
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.52.-** Derivas por piso en eje Y para Lima 1966.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00558	0.00022	0.00023	0.00018
4 - 4	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00624	0.00023	0.00024	0.00019
4 - 3	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00678	0.00026	0.00026	0.00021
4 - 2	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00703	0.00026	0.00027	0.00022
4 - 1	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00718	0.00050	0.00049	0.00042
PISO 4	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00970	0.00039	0.00039	0.00033
PISO 3	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00340	0.00028	0.00028	0.00022
PISO 2	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00290	0.00031	0.00031	0.00025
PISO 1	Max Drift Y	LIMA 1966 YY Max	0.00144	0.00037	0.00037	0.00030
<b>Máximo:</b>			<b>0.00970</b>	<b>0.00050</b>	<b>0.00049</b>	<b>0.00042</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>5.19</b>	<b>5.08</b>	<b>4.37</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.34.-** Derivas en eje Y para Lima 1966



Fuente: Elaboración propia, 2014

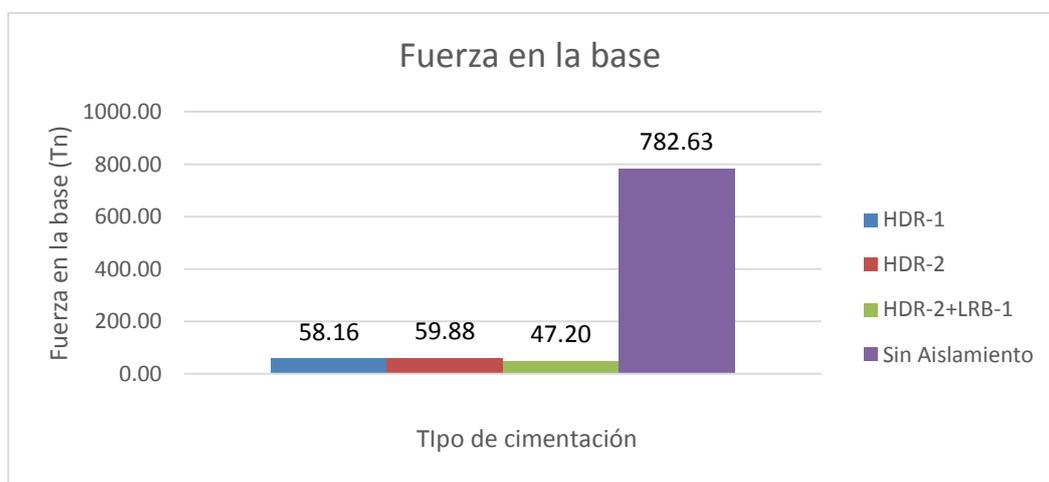
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.53.-** Fuerzas por piso en eje X para Lima 1966.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1	
			VX	VX	VX	VX	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	LIMA 1966 XX Max	56.72	1.57	1.51	1.57	
TECHO	Bottom	LIMA 1966 XX Max	52.97	1.46	1.39	1.46	
4 - 4	Top	LIMA 1966 XX Max	68.11	1.81	1.72	1.81	
4 - 4	Bottom	LIMA 1966 XX Max	69.28	1.83	1.73	1.82	
4 - 3	Top	LIMA 1966 XX Max	79.60	2.13	2.03	2.13	
4 - 3	Bottom	LIMA 1966 XX Max	78.67	2.12	2.01	2.11	
4 - 2	Top	LIMA 1966 XX Max	93.12	2.53	2.43	2.52	
4 - 2	Bottom	LIMA 1966 XX Max	93.12	2.53	2.43	2.52	
4 - 1	Top	LIMA 1966 XX Max	104.79	2.87	2.78	2.87	
4 - 1	Bottom	LIMA 1966 XX Max	104.79	2.87	2.78	2.87	
PISO 4	Top	LIMA 1966 XX Max	195.52	6.20	6.49	6.05	
PISO 4	Bottom	LIMA 1966 XX Max	195.52	6.20	6.49	6.05	
PISO 3	Top	LIMA 1966 XX Max	498.28	23.96	24.94	21.35	
PISO 3	Bottom	LIMA 1966 XX Max	498.28	23.96	24.94	21.35	
PISO 2	Top	LIMA 1966 XX Max	706.37	41.11	42.47	34.94	
PISO 2	Bottom	LIMA 1966 XX Max	706.37	41.11	42.47	34.94	
PISO 1	Top	LIMA 1966 XX Max	782.63	58.16	59.88	47.20	
PISO 1	Bottom	LIMA 1966 XX Max	782.63	58.16	59.88	47.20	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>7.43</b>	<b>7.65</b>	<b>6.03</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.35.-** Fuerzas en la base para Lima 1966 en eje X



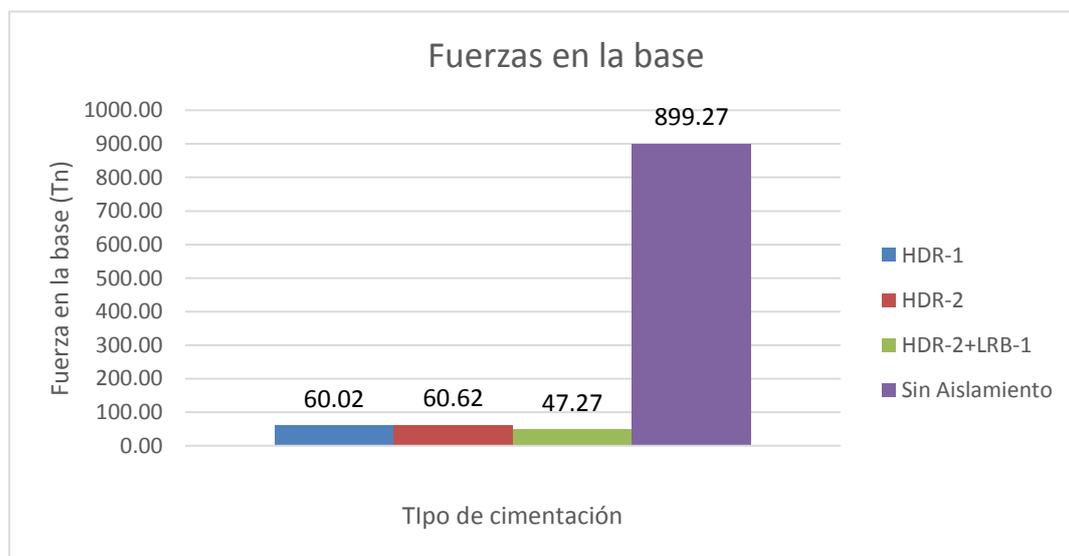
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.54.-** Fuerzas por piso en eje Y para Lima 1966.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1	
			VY	VY	VY	VY	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	LIMA 1966 YY Max	65.67	1.88	1.88	1.78	
TECHO	Bottom	LIMA 1966 YY Max	5.84	0.37	0.38	0.29	
4 - 4	Top	LIMA 1966 YY Max	15.73	0.49	0.49	0.46	
4 - 4	Bottom	LIMA 1966 YY Max	11.68	0.38	0.36	0.38	
4 - 3	Top	LIMA 1966 YY Max	26.94	0.83	0.81	0.81	
4 - 3	Bottom	LIMA 1966 YY Max	18.19	1.71	1.64	1.38	
4 - 2	Top	LIMA 1966 YY Max	35.93	1.72	1.69	1.40	
4 - 2	Bottom	LIMA 1966 YY Max	35.93	1.72	1.69	1.40	
4 - 1	Top	LIMA 1966 YY Max	56.86	1.56	1.53	1.52	
4 - 1	Bottom	LIMA 1966 YY Max	56.86	1.56	1.53	1.52	
PISO 4	Top	LIMA 1966 YY Max	248.17	7.94	7.96	7.56	
PISO 4	Bottom	LIMA 1966 YY Max	248.17	7.94	7.96	7.56	
PISO 3	Top	LIMA 1966 YY Max	625.40	27.86	28.17	24.54	
PISO 3	Bottom	LIMA 1966 YY Max	625.40	27.86	28.17	24.54	
PISO 2	Top	LIMA 1966 YY Max	833.47	44.83	45.42	37.51	
PISO 2	Bottom	LIMA 1966 YY Max	833.47	44.83	45.42	37.51	
PISO 1	Top	LIMA 1966 YY Max	899.27	60.02	60.62	47.27	
PISO 1	Bottom	LIMA 1966 YY Max	899.27	60.02	60.62	47.27	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>6.67</b>	<b>6.74</b>	<b>5.26</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.36.-** Fuerzas en la base para Lima 1966 en eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

### 6.4.3. Lima 1974:

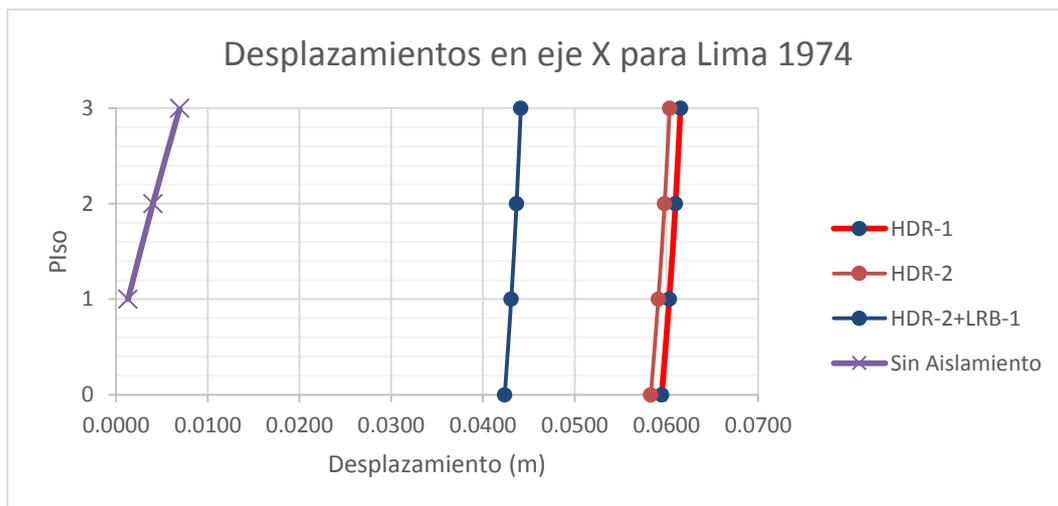
- Desplazamientos:

**Tabla 6.55.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Lima 1974.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	LIMA 1974 XX Max	0.0069	0.0615	0.0604	0.0441
PISO 2	D2	LIMA 1974 XX Max	0.0040	0.0610	0.0598	0.0437
PISO 1	D1	LIMA 1974 XX Max	0.0013	0.0603	0.0591	0.0431
	D4	LIMA 1974 XX Max	-	0.0595	0.0583	0.0424

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.37.-** Desplazamientos en eje X para Lima 1974



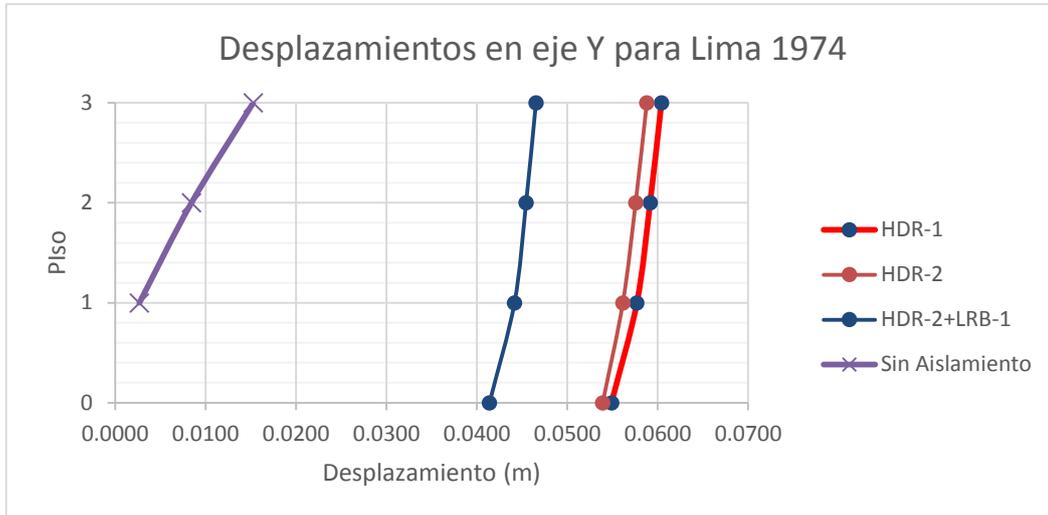
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.56.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Lima 1974.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	LIMA 1974 YY Max	0.0153	0.0604	0.0588	0.0465
PISO 2	D2	LIMA 1974 YY Max	0.0084	0.0592	0.0576	0.0454
PISO 1	D1	LIMA 1974 YY Max	0.0027	0.0577	0.0561	0.0442
	D4	LIMA 1974 YY Max	-	0.0549	0.0539	0.0414

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.38.-** Desplazamientos en eje Y para Lima 1974



Fuente: Elaboración propia, 2014

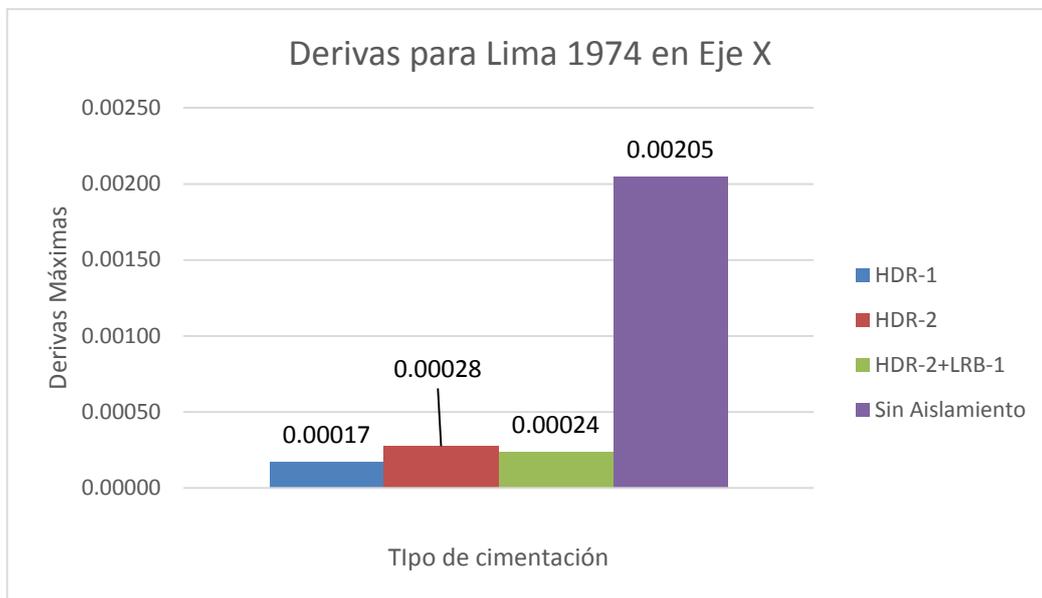
- Derivas

Tabla 6.57.- Derivas por piso en eje X para Lima 1974.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00177	0.00023	0.00023	0.00019
4 - 4	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00158	0.00019	0.00019	0.00016
4 - 3	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00169	0.00018	0.00019	0.00016
4 - 2	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00176	0.00019	0.00020	0.00016
4 - 1	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00191	0.00019	0.00020	0.00016
PISO 4	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00205	0.00020	0.00020	0.00017
PISO 3	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00102	0.00018	0.00018	0.00015
PISO 2	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00092	0.00022	0.00022	0.00019
PISO 1	Max Drift X	LIMA 1974 XX Max	0.00047	0.00028	0.00028	0.00024
<b>Máximo:</b>			<b>0.00205</b>	<b>0.00028</b>	<b>0.00028</b>	<b>0.00024</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>13.53</b>	<b>13.43</b>	<b>11.62</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.39.-** Derivas en eje X para Lima 1974



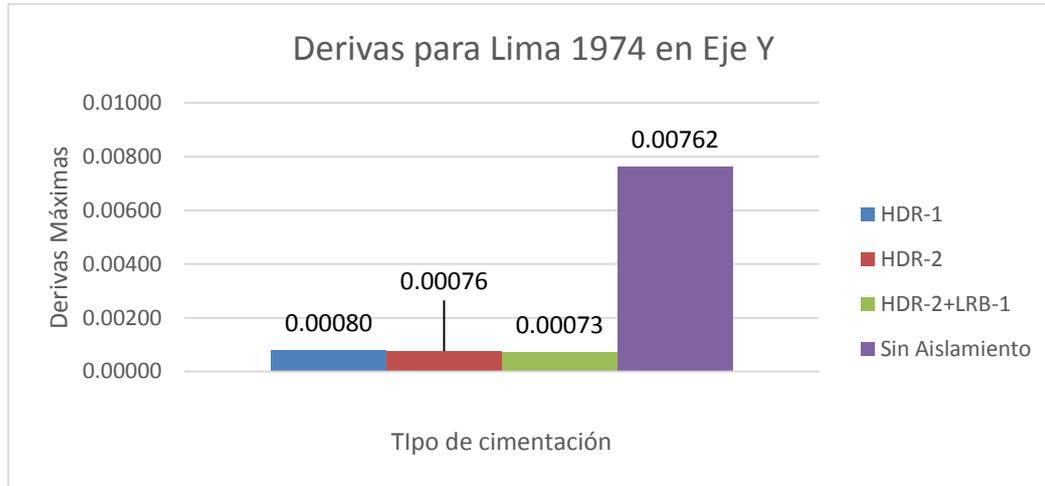
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.58.-** Derivas por piso en eje Y para Lima 1974.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00446	0.00035	0.00035	0.00031
4 - 4	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00497	0.00036	0.00036	0.00032
4 - 3	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00540	0.00041	0.00040	0.00036
4 - 2	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00559	0.00039	0.00038	0.00034
4 - 1	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00569	0.00080	0.00076	0.00073
PISO 4	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00762	0.00060	0.00058	0.00054
PISO 3	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00255	0.00044	0.00043	0.00039
PISO 2	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00214	0.00049	0.00048	0.00044
PISO 1	Max Drift Y	LIMA 1974 YY Max	0.00104	0.00058	0.00056	0.00053
<b>Máximo:</b>			<b>0.00762</b>	<b>0.00080</b>	<b>0.00076</b>	<b>0.00073</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>10.46</b>	<b>9.95</b>	<b>9.61</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.40.-** Derivas en eje Y para Lima 1974



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

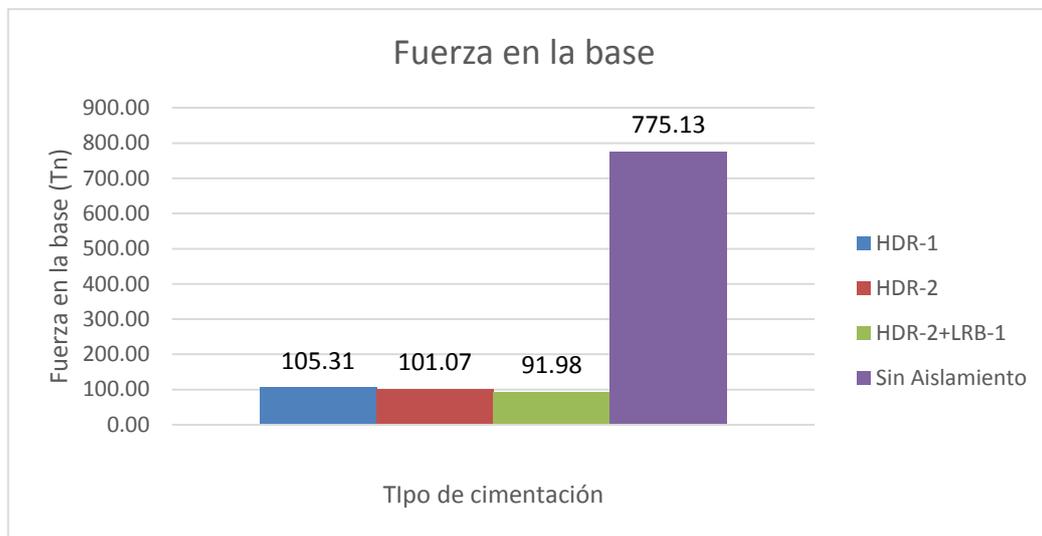
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.59.-** Fuerzas por piso en eje X para Lima 1974.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	
			VX tonf	VX tonf	VX tonf	VX tonf	
TECHO	Top	LIMA 1974 XX Max	50.79	2.89	2.79	2.73	
TECHO	Bottom	LIMA 1974 XX Max	48.34	2.68	2.56	2.54	
4 - 4	Top	LIMA 1974 XX Max	59.79	3.29	3.15	3.11	
4 - 4	Bottom	LIMA 1974 XX Max	60.37	3.32	3.18	3.14	
4 - 3	Top	LIMA 1974 XX Max	70.49	3.89	3.73	3.68	
4 - 3	Bottom	LIMA 1974 XX Max	70.15	3.86	3.70	3.65	
4 - 2	Top	LIMA 1974 XX Max	82.50	4.66	4.46	4.39	
4 - 2	Bottom	LIMA 1974 XX Max	82.50	4.66	4.46	4.39	
4 - 1	Top	LIMA 1974 XX Max	92.48	5.35	5.12	5.04	
4 - 1	Bottom	LIMA 1974 XX Max	92.48	5.35	5.12	5.04	
PISO 4	Top	LIMA 1974 XX Max	183.03	12.03	11.53	11.20	
PISO 4	Bottom	LIMA 1974 XX Max	183.03	12.03	11.53	11.20	
PISO 3	Top	LIMA 1974 XX Max	522.46	44.23	42.27	39.78	
PISO 3	Bottom	LIMA 1974 XX Max	522.46	44.23	42.27	39.78	
PISO 2	Top	LIMA 1974 XX Max	713.33	75.26	71.82	65.67	
PISO 2	Bottom	LIMA 1974 XX Max	713.33	75.26	71.82	65.67	
PISO 1	Top	LIMA 1974 XX Max	775.13	105.31	101.07	91.98	
PISO 1	Bottom	LIMA 1974 XX Max	775.13	105.31	101.07	91.98	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>13.59</b>	<b>13.04</b>	<b>11.87</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.41.-** Fuerza en la base para Lima 1974 en el eje X



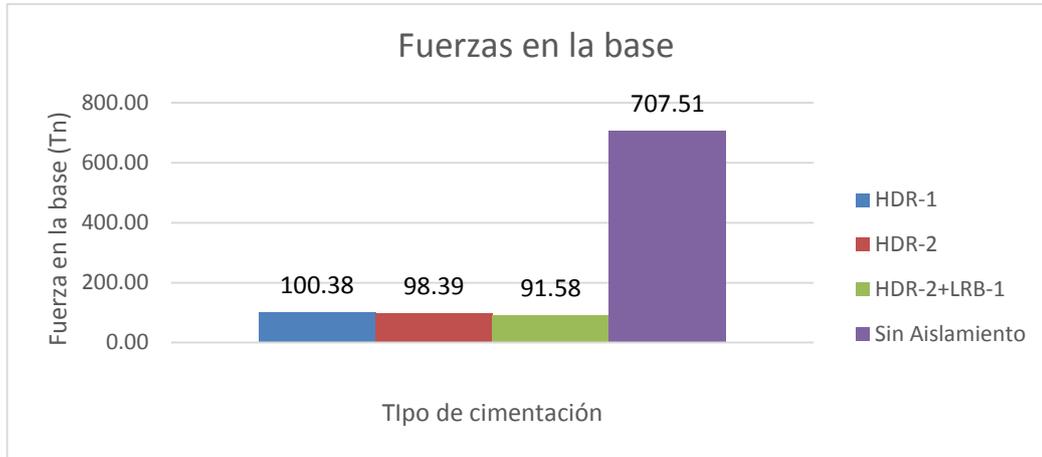
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.60.-** Fuerzas por piso en eje Y para Lima 1974.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	
			VY	VY	VY	VY	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	LIMA 1974 YY Max	53.94	3.66	3.46	3.43	
TECHO	Bottom	LIMA 1974 YY Max	5.35	0.57	0.56	0.49	
4 - 4	Top	LIMA 1974 YY Max	12.57	0.44	0.44	0.42	
4 - 4	Bottom	LIMA 1974 YY Max	9.63	0.67	0.61	0.67	
4 - 3	Top	LIMA 1974 YY Max	22.33	1.59	1.47	1.52	
4 - 3	Bottom	LIMA 1974 YY Max	13.62	2.48	2.22	2.18	
4 - 2	Top	LIMA 1974 YY Max	29.32	2.40	2.22	2.24	
4 - 2	Bottom	LIMA 1974 YY Max	29.32	2.40	2.22	2.24	
4 - 1	Top	LIMA 1974 YY Max	47.69	2.83	2.65	2.71	
4 - 1	Bottom	LIMA 1974 YY Max	47.69	2.83	2.65	2.71	
PISO 4	Top	LIMA 1974 YY Max	204.97	14.86	14.05	13.93	
PISO 4	Bottom	LIMA 1974 YY Max	204.97	14.86	14.05	13.93	
PISO 3	Top	LIMA 1974 YY Max	496.64	46.51	44.07	43.89	
PISO 3	Bottom	LIMA 1974 YY Max	496.64	46.51	44.07	43.89	
PISO 2	Top	LIMA 1974 YY Max	656.96	73.43	71.62	68.32	
PISO 2	Bottom	LIMA 1974 YY Max	656.96	73.43	71.62	68.32	
PISO 1	Top	LIMA 1974 YY Max	707.51	100.38	98.39	91.58	
PISO 1	Bottom	LIMA 1974 YY Max	707.51	100.38	98.39	91.58	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>14.19</b>	<b>13.91</b>	<b>12.94</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.42.- Fuerza en la base para Lima 1974 en el eje Y**



Fuente: Elaboración propia, 2014

**6.4.4. Ica 2007:**

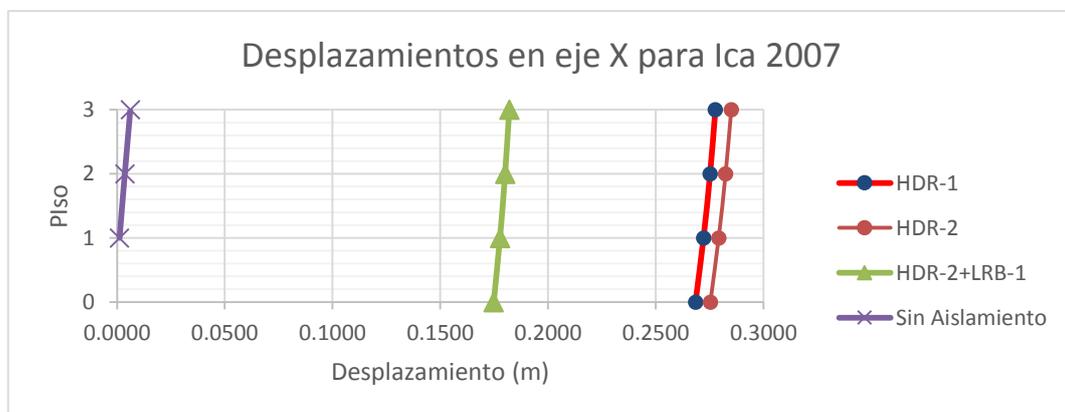
- Desplazamientos:

**Tabla 6.61.- Desplazamiento de diafragmas en eje X para Ica 2007.**

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UX m	UX m	UX m	UX m
PISO 3	D3	ICA 2007 XX Max	0.0062	0.2777	0.2850	0.1820
PISO 2	D2	ICA 2007 XX Max	0.0036	0.2752	0.2824	0.1801
PISO 1	D1	ICA 2007 XX Max	0.0012	0.2722	0.2792	0.1777
	D4	ICA 2007 XX Max	-	0.2684	0.2753	0.1748

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.43.- Desplazamiento en eje X para Ica 2007**



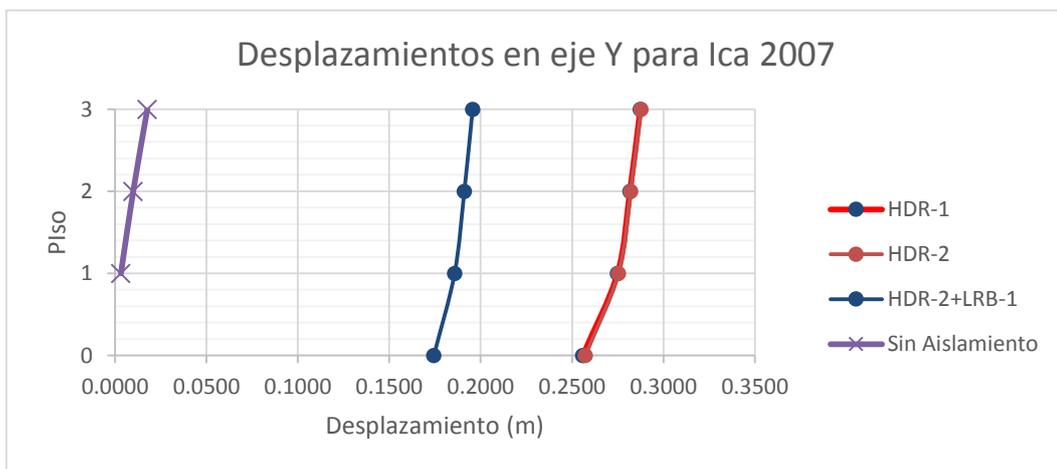
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.62.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Ica 2007.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	ICA 2007 YY Max	0.0177	0.2873	0.2878	0.1956
PISO 2	D2	ICA 2007 YY Max	0.0099	0.2817	0.2821	0.1911
PISO 1	D1	ICA 2007 YY Max	0.0032	0.2749	0.2755	0.1858
	D4	ICA 2007 YY Max	-	0.2559	0.2573	0.1744

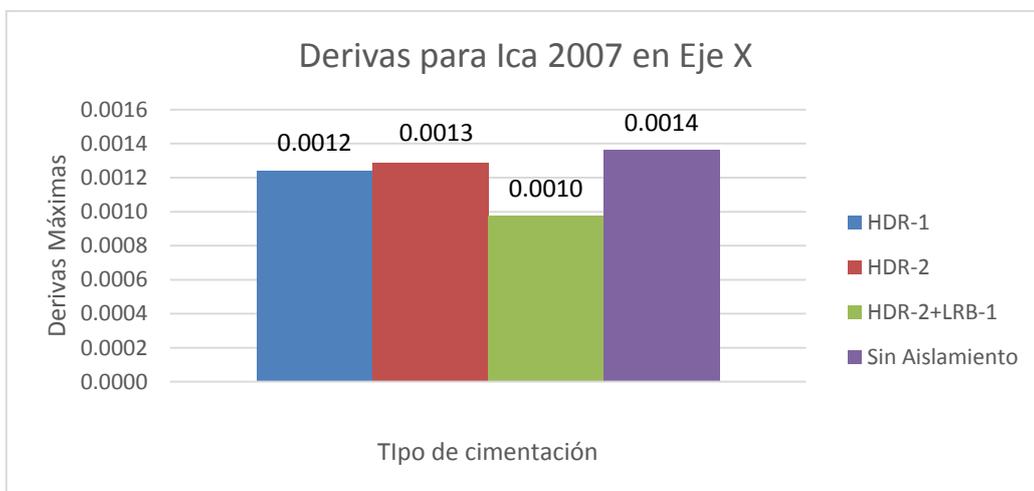
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.44.-** Desplazamiento en eje Y para Ica 2007



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.45.-** Derivas en eje X para Ica 2007



Fuente: Elaboración propia, 2014

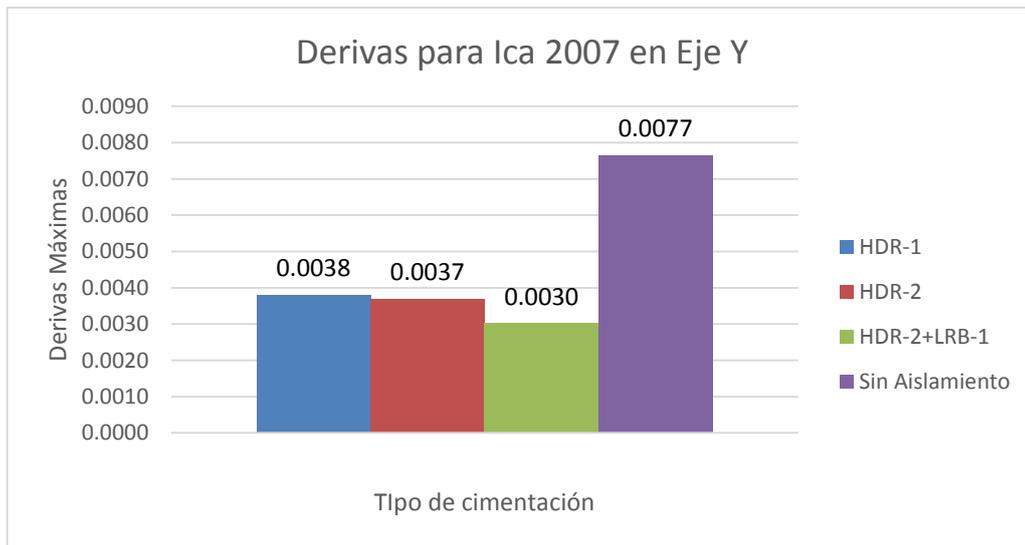
- Derivas

**Tabla 6.63.-** Derivas por piso en eje X para Ica 2007.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0014	0.0010	0.0011	0.0008
4 - 4	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0012	0.0008	0.0009	0.0006
4 - 3	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0012	0.0008	0.0009	0.0006
4 - 2	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0012	0.0008	0.0009	0.0007
4 - 1	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0013	0.0008	0.0009	0.0007
PISO 4	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0014	0.0009	0.0009	0.0007
PISO 3	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0009	0.0008	0.0008	0.0006
PISO 2	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0008	0.0010	0.0010	0.0008
PISO 1	Max Drift X	ICA 2007 XX Max	0.0004	0.0012	0.0013	0.0010
<b>Máximo:</b>			<b>0.0014</b>	<b>0.0012</b>	<b>0.0013</b>	<b>0.0010</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>91.14</b>	<b>94.51</b>	<b>71.50</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.46.-** Derivas en eje Y para Ica 2007



Fuente: Elaboración propia, 2014

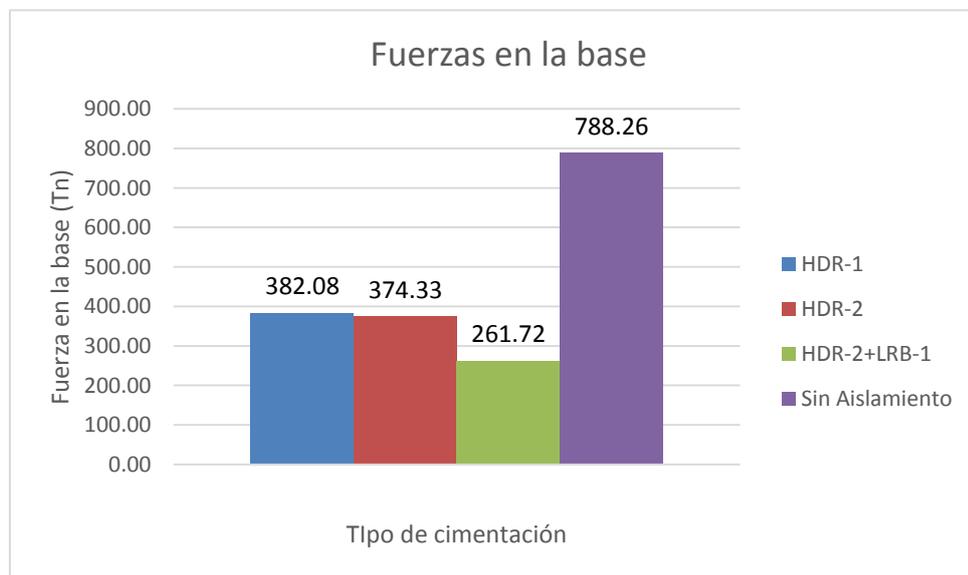
**Tabla 6.64.-** Derivas por piso en eje Y para Ica 2007.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0044	0.0017	0.0017	0.0013
4 - 4	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0049	0.0017	0.0017	0.0013
4 - 3	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0053	0.0019	0.0019	0.0015
4 - 2	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0055	0.0018	0.0019	0.0014
4 - 1	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0056	0.0038	0.0037	0.0030
PISO 4	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0077	0.0029	0.0028	0.0022
PISO 3	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0028	0.0021	0.0021	0.0016
PISO 2	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0024	0.0024	0.0023	0.0018
PISO 1	Max Drift Y	ICA 2007 YY Max	0.0012	0.0028	0.0028	0.0022
<b>Máximo:</b>			<b>0.0077</b>	<b>0.0038</b>	<b>0.0037</b>	<b>0.0030</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>49.76</b>	<b>48.12</b>	<b>39.40</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

- Fuerzas por Piso:

**Figura 6.47.-** Fuerzas para Ica 2007 en el eje X



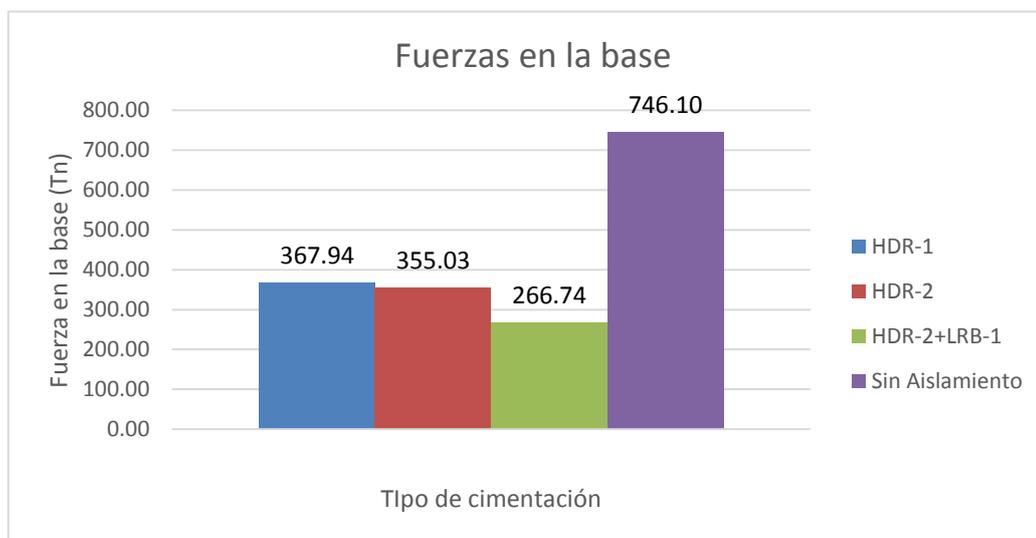
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.65.-** Fuerzas por piso en eje X para Ica 2007.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1	
			VX	VX	VX	VX	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	ICA 2007 XX Max	42.53	9.15	8.86	6.29	
TECHO	Bottom	ICA 2007 XX Max	40.18	8.48	8.13	5.85	
4 - 4	Top	ICA 2007 XX Max	50.56	10.28	9.87	7.05	
4 - 4	Bottom	ICA 2007 XX Max	51.06	10.38	9.96	7.12	
4 - 3	Top	ICA 2007 XX Max	59.73	12.23	11.74	8.39	
4 - 3	Bottom	ICA 2007 XX Max	59.34	12.12	11.64	8.32	
4 - 2	Top	ICA 2007 XX Max	70.43	14.73	14.17	10.11	
4 - 2	Bottom	ICA 2007 XX Max	70.43	14.73	14.17	10.11	
4 - 1	Top	ICA 2007 XX Max	79.80	17.06	16.43	11.71	
4 - 1	Bottom	ICA 2007 XX Max	79.80	17.06	16.43	11.71	
PISO 4	Top	ICA 2007 XX Max	167.14	40.16	38.93	27.56	
PISO 4	Bottom	ICA 2007 XX Max	167.14	40.16	38.93	27.56	
PISO 3	Top	ICA 2007 XX Max	512.89	157.74	153.52	108.06	
PISO 3	Bottom	ICA 2007 XX Max	512.89	157.74	153.52	108.06	
PISO 2	Top	ICA 2007 XX Max	718.90	270.81	264.44	185.44	
PISO 2	Bottom	ICA 2007 XX Max	718.90	270.81	264.44	185.44	
PISO 1	Top	ICA 2007 XX Max	788.26	382.08	374.33	261.72	
PISO 1	Bottom	ICA 2007 XX Max	788.26	382.08	374.33	261.72	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>48.47</b>	<b>47.49</b>	<b>33.20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.48.-** Fuerzas para Ica 2007 en el eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.66.-** Fuerzas por piso en eje Y para Ica 2007.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1	
			VY	VY	VY	VY	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	ICA 2007 YY Max	52.54	9.27	8.81	6.59	
TECHO	Bottom	ICA 2007 YY Max	5.02	2.29	2.27	1.75	
4 - 4	Top	ICA 2007 YY Max	12.10	0.79	0.82	0.53	
4 - 4	Bottom	ICA 2007 YY Max	9.64	1.45	1.26	1.16	
4 - 3	Top	ICA 2007 YY Max	20.42	4.07	3.74	3.01	
4 - 3	Bottom	ICA 2007 YY Max	14.85	11.50	10.85	9.20	
4 - 2	Top	ICA 2007 YY Max	26.00	10.77	10.12	8.58	
4 - 2	Bottom	ICA 2007 YY Max	26.00	10.77	10.12	8.58	
4 - 1	Top	ICA 2007 YY Max	41.05	7.13	6.67	5.19	
4 - 1	Bottom	ICA 2007 YY Max	41.05	7.13	6.67	5.19	
PISO 4	Top	ICA 2007 YY Max	191.25	40.05	38.20	28.60	
PISO 4	Bottom	ICA 2007 YY Max	191.25	40.05	38.20	28.60	
PISO 3	Top	ICA 2007 YY Max	472.10	154.34	147.44	110.83	
PISO 3	Bottom	ICA 2007 YY Max	472.10	154.34	147.44	110.83	
PISO 2	Top	ICA 2007 YY Max	668.89	262.75	252.09	189.63	
PISO 2	Bottom	ICA 2007 YY Max	668.89	262.75	252.09	189.63	
PISO 1	Top	ICA 2007 YY Max	746.10	367.94	355.03	266.74	
PISO 1	Bottom	ICA 2007 YY Max	746.10	367.94	355.03	266.74	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>49.31</b>	<b>47.59</b>	<b>35.75</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

#### 6.4.5. Pisco 2007:

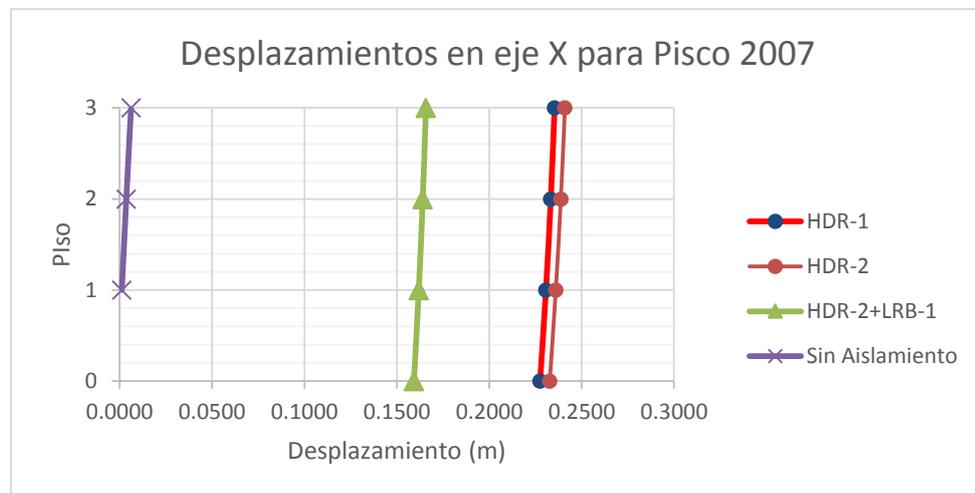
- Desplazamientos:

**Tabla 6.67.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Pisco 2007.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	PISCO 2007 XX Max	0.0086	0.2354	0.2410	0.1657
PISO 2	D2	PISCO 2007 XX Max	0.0050	0.2333	0.2387	0.1640
PISO 1	D1	PISCO 2007 XX Max	0.0016	0.2307	0.2360	0.1619
	D4	PISCO 2007 XX Max	-	0.2275	0.2327	0.1592

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.49.-** Desplazamiento en eje X para Pisco 2007



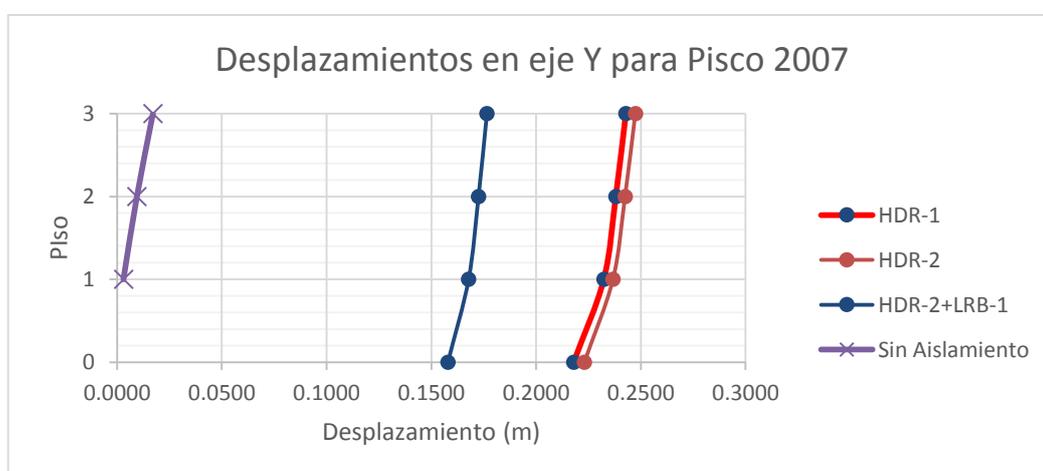
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.68.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Pisco 2007.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	PISCO 2007 YY Max	0.0171	0.2428	0.2474	0.1765
PISO 2	D2	PISCO 2007 YY Max	0.0095	0.2380	0.2425	0.1725
PISO 1	D1	PISCO 2007 YY Max	0.0030	0.2323	0.2367	0.1678
	D4	PISCO 2007 YY Max	-	0.2179	0.2230	0.1579

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.50.-** Desplazamiento en eje Y para Pisco 2007



Fuente: Elaboración propia, 2014

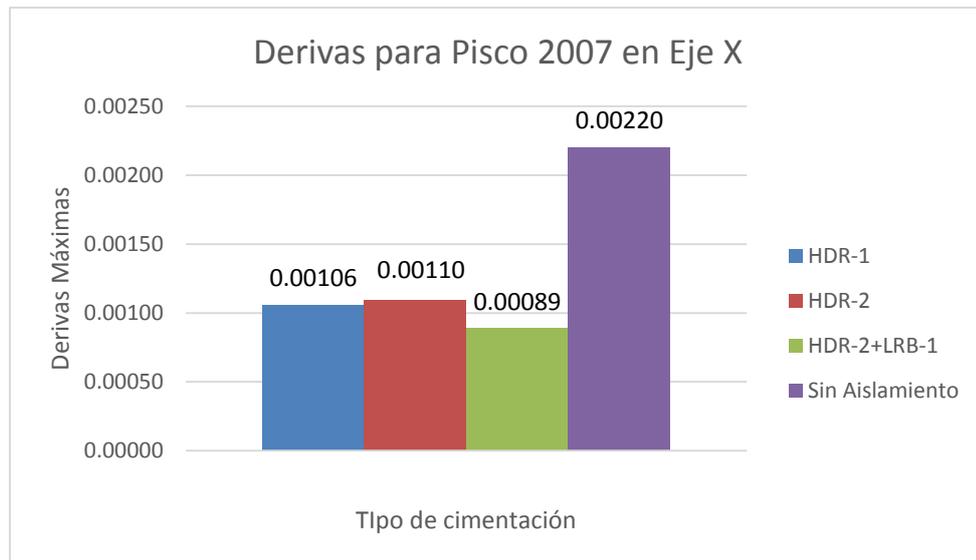
- Derivas

**Tabla 6.69.-** Derivas por piso en eje X para Pisco 2007.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00180	0.00087	0.00090	0.00071
4 - 4	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00158	0.00070	0.00075	0.00058
4 - 3	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00167	0.00070	0.00074	0.00058
4 - 2	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00178	0.00071	0.00076	0.00059
4 - 1	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00197	0.00072	0.00076	0.00060
PISO 4	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00220	0.00074	0.00078	0.00061
PISO 3	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00120	0.00067	0.00072	0.00056
PISO 2	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00113	0.00083	0.00087	0.00069
PISO 1	Max Drift X	PISCO 2007 XX Max	0.00059	0.00106	0.00110	0.00089
<b>Máximo:</b>			<b>0.00220</b>	<b>0.00106</b>	<b>0.00110</b>	<b>0.00089</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>48.05</b>	<b>49.73</b>	<b>40.28</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.51.-** Derivas para Pisco 2007 en Eje X



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.70.-** Derivas por piso en eje Y para Pisco 2007.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00456	0.00141	0.00145	0.00112
4 - 4	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00506	0.00145	0.00149	0.00115
4 - 3	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00550	0.00163	0.00166	0.00130
4 - 2	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00570	0.00155	0.00158	0.00124
4 - 1	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00582	0.00319	0.00314	0.00266
PISO 4	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00781	0.00240	0.00239	0.00197
PISO 3	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00271	0.00174	0.00176	0.00140
PISO 2	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00227	0.00198	0.00199	0.00161
PISO 1	Max Drift Y	PISCO 2007 YY Max	0.00111	0.00236	0.00236	0.00194
<b>Máximo:</b>			<b>0.0078</b>	<b>0.0032</b>	<b>0.0031</b>	<b>0.0027</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>40.84</b>	<b>40.27</b>	<b>34.02</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.52.-** Derivas para Pisco 2007 en Eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

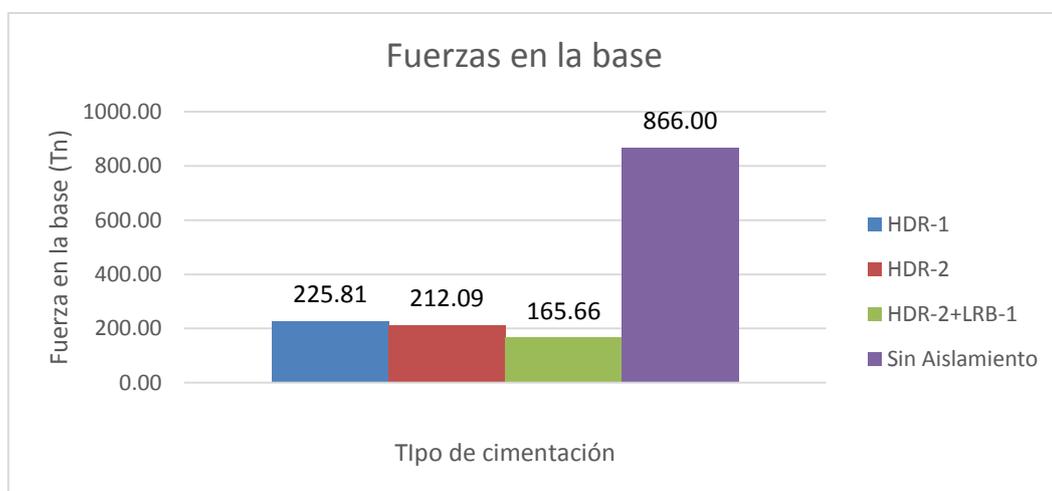
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.71.-** Fuerzas por piso en eje X para Pisco 2007.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			VX	VX	VX	VX
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	Top	PISCO 2007 XX Max	50.31	5.61	5.26	4.10
TECHO	Bottom	PISCO 2007 XX Max	47.19	5.20	4.83	3.82
4 - 4	Top	PISCO 2007 XX Max	60.62	6.32	5.87	4.62
4 - 4	Bottom	PISCO 2007 XX Max	61.13	6.38	5.93	4.66
4 - 3	Top	PISCO 2007 XX Max	71.05	7.51	6.98	5.49
4 - 3	Bottom	PISCO 2007 XX Max	70.34	7.44	6.91	5.44
4 - 2	Top	PISCO 2007 XX Max	83.97	9.03	8.40	6.60
4 - 2	Bottom	PISCO 2007 XX Max	83.97	9.03	8.40	6.60
4 - 1	Top	PISCO 2007 XX Max	95.33	10.45	9.73	7.62
4 - 1	Bottom	PISCO 2007 XX Max	95.33	10.45	9.73	7.62
PISO 4	Top	PISCO 2007 XX Max	195.21	24.38	22.82	17.77
PISO 4	Bottom	PISCO 2007 XX Max	195.21	24.38	22.82	17.77
PISO 3	Top	PISCO 2007 XX Max	573.21	94.43	88.43	68.71
PISO 3	Bottom	PISCO 2007 XX Max	573.21	94.43	88.43	68.71
PISO 2	Top	PISCO 2007 XX Max	792.96	160.97	150.93	117.27
PISO 2	Bottom	PISCO 2007 XX Max	792.96	160.97	150.93	117.27
PISO 1	Top	PISCO 2007 XX Max	866.00	225.81	212.09	165.66
PISO 1	Bottom	PISCO 2007 XX Max	866.00	225.81	212.09	165.66
<b>%</b>			<b>100.00</b>	<b>26.07</b>	<b>24.49</b>	<b>19.13</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.53.-** Fuerzas en la base para Pisco 2007 en eje X



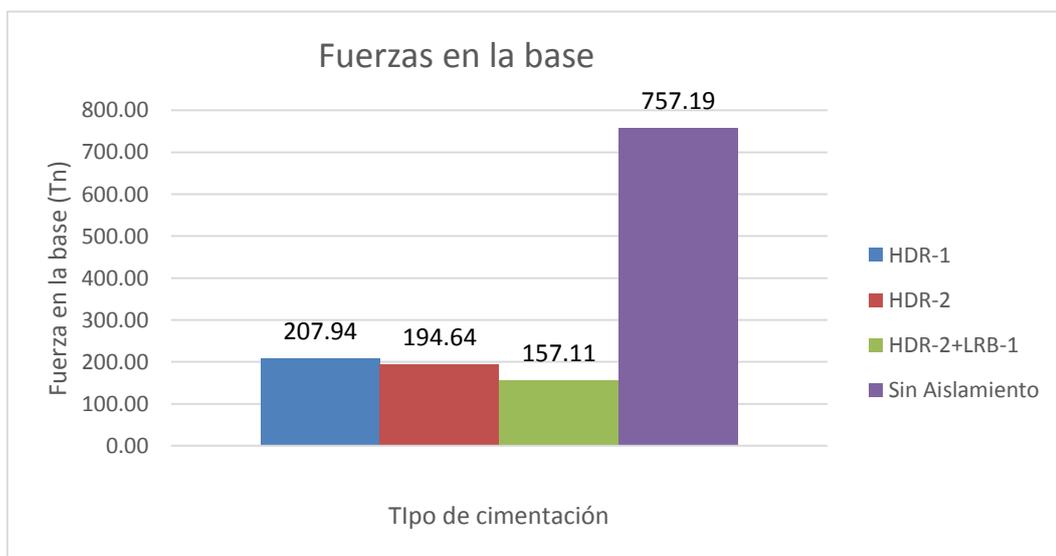
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.72.-** Fuerzas por piso en eje Y para Pisco 2007.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			VY	VY	VY	VY
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	Top	PISCO 2007 YY Max	47.66	5.90	5.58	4.17
TECHO	Bottom	PISCO 2007 YY Max	5.83	2.07	2.09	1.64
4 - 4	Top	PISCO 2007 YY Max	11.88	0.72	0.78	0.52
4 - 4	Bottom	PISCO 2007 YY Max	9.64	0.96	0.85	0.76
4 - 3	Top	PISCO 2007 YY Max	19.82	2.58	2.37	1.90
4 - 3	Bottom	PISCO 2007 YY Max	13.25	9.46	8.93	8.47
4 - 2	Top	PISCO 2007 YY Max	26.27	8.87	8.32	8.10
4 - 2	Bottom	PISCO 2007 YY Max	26.27	8.87	8.32	8.10
4 - 1	Top	PISCO 2007 YY Max	39.75	4.59	4.28	3.34
4 - 1	Bottom	PISCO 2007 YY Max	39.75	4.59	4.28	3.34
PISO 4	Top	PISCO 2007 YY Max	172.76	25.09	23.79	18.10
PISO 4	Bottom	PISCO 2007 YY Max	172.76	25.09	23.79	18.10
PISO 3	Top	PISCO 2007 YY Max	483.69	91.29	85.89	65.91
PISO 3	Bottom	PISCO 2007 YY Max	483.69	91.29	85.89	65.91
PISO 2	Top	PISCO 2007 YY Max	682.85	151.63	142.19	110.57
PISO 2	Bottom	PISCO 2007 YY Max	682.85	151.63	142.19	110.57
PISO 1	Top	PISCO 2007 YY Max	757.19	207.94	194.64	157.11
PISO 1	Bottom	PISCO 2007 YY Max	757.19	207.94	194.64	157.11
<b>%</b>			<b>100.00</b>	<b>27.46</b>	<b>25.71</b>	<b>20.75</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.54.-** Fuerzas en la base para Pisco 2007 en eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

#### 6.4.6. Moyobamba 2005:

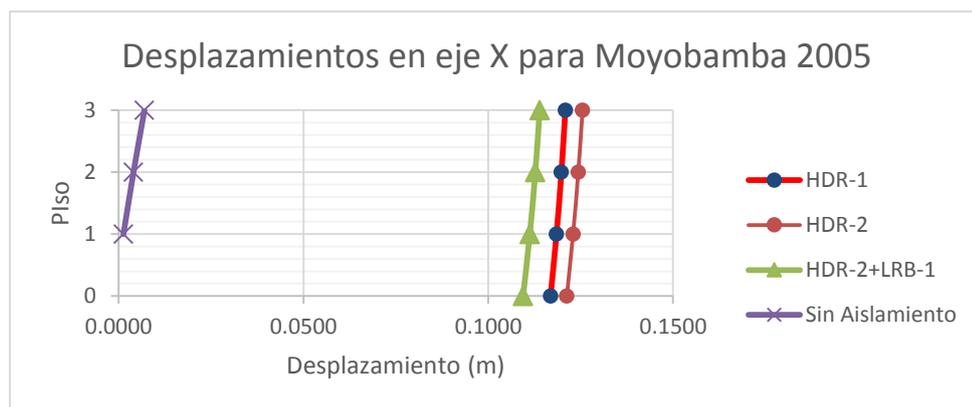
- Desplazamientos:

**Tabla 6.73.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Moyobamba 2005.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			UX	UX	UX	UX
			m	m	m	m
PISO 3	D3	MOYOB XX Max	0.0070	0.1209	0.1255	0.1139
PISO 2	D2	MOYOB XX Max	0.0040	0.1198	0.1244	0.1127
PISO 1	D1	MOYOB XX Max	0.0013	0.1185	0.1230	0.1112
	D4	MOYOB XX Max	-	0.1169	0.1213	0.1094

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.55.-** Desplazamientos en eje X para Moyobamba 2005



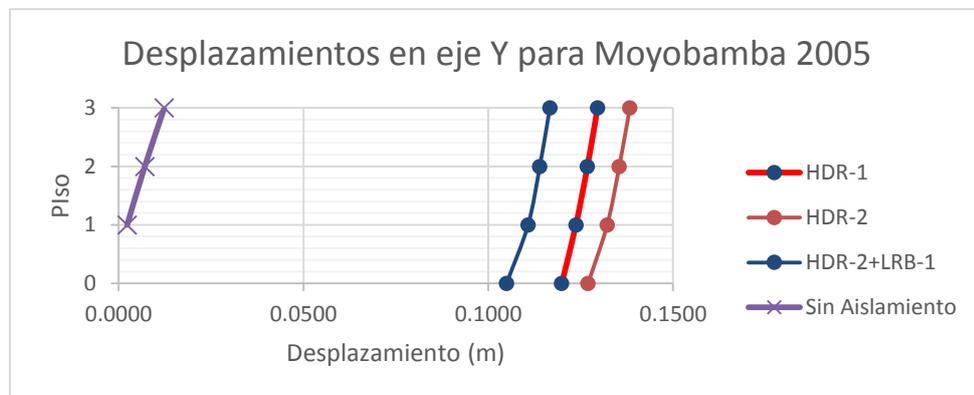
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.74.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Moyobamba 2005.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	MOYOB YY Max	0.0124	0.1296	0.1383	0.1167
PISO 2	D2	MOYOB YY Max	0.0071	0.1268	0.1355	0.1140
PISO 1	D1	MOYOB YY Max	0.0023	0.1237	0.1322	0.1108
	D4	MOYOB YY Max	-	0.1199	0.1270	0.1050

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.56.-** Desplazamientos en eje Y para Moyobamba 2005



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

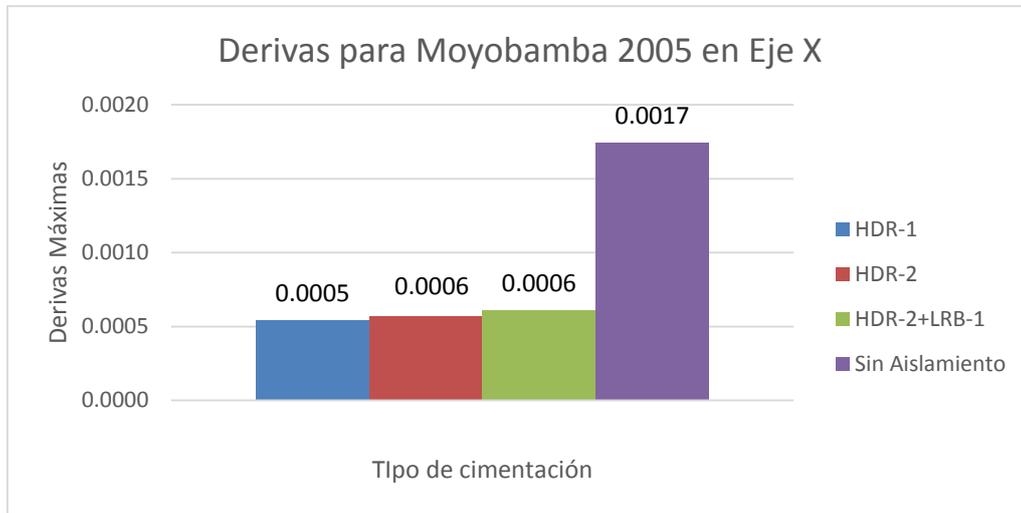
- Derivas

**Tabla 6.75.-** Derivas por piso en eje X para Moyobamba 2005.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00174	0.00044	0.00047	0.00049
4 - 4	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00154	0.00036	0.00039	0.00040
4 - 3	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00152	0.00035	0.00038	0.00040
4 - 2	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00156	0.00036	0.00039	0.00041
4 - 1	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00163	0.00037	0.00040	0.00041
PISO 4	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00169	0.00038	0.00041	0.00042
PISO 3	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00100	0.00034	0.00037	0.00039
PISO 2	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00091	0.00042	0.00045	0.00048
PISO 1	Max Drift X	MOYOB XX Max	0.00047	0.00054	0.00057	0.00061
<b>Máximo:</b>			<b>0.0017</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0006</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>31.10</b>	<b>32.64</b>	<b>35.05</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.57.-** Derivas en eje X para Moyobamba 2005



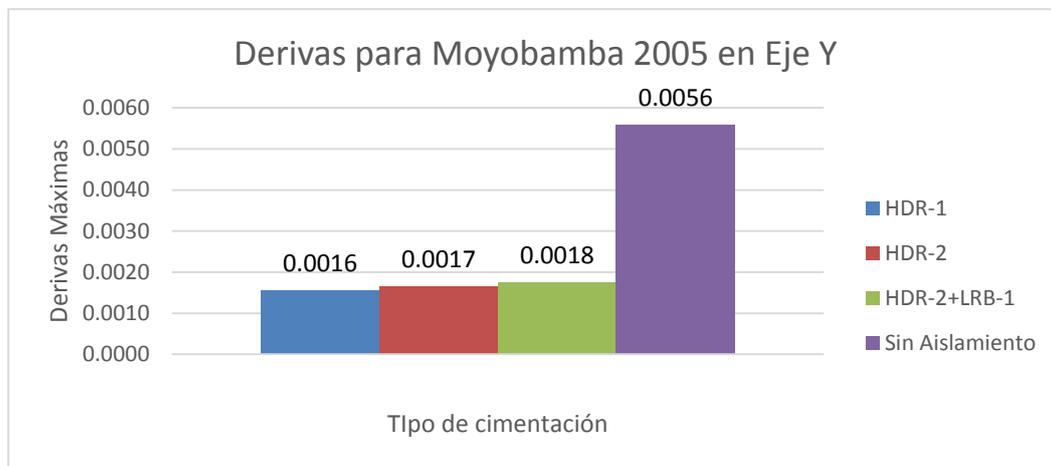
**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.76.-** Derivas por piso en eje Y para Moyobamba 2005.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00327	0.00069	0.00076	0.00074
4 - 4	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00364	0.00071	0.00078	0.00076
4 - 3	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00396	0.00080	0.00087	0.00086
4 - 2	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00410	0.00078	0.00084	0.00082
4 - 1	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00418	0.00156	0.00166	0.00176
PISO 4	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00559	0.00117	0.00126	0.00130
PISO 3	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00195	0.00089	0.00093	0.00093
PISO 2	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00173	0.00101	0.00106	0.00106
PISO 1	Max Drift Y	MOYOB YY Max	0.00086	0.00126	0.00128	0.00128
<b>Máximo:</b>			<b>0.0056</b>	<b>0.0016</b>	<b>0.0017</b>	<b>0.0018</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>27.85</b>	<b>29.64</b>	<b>31.44</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.58.-** Derivas en eje Y para Moyobamba 2005



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

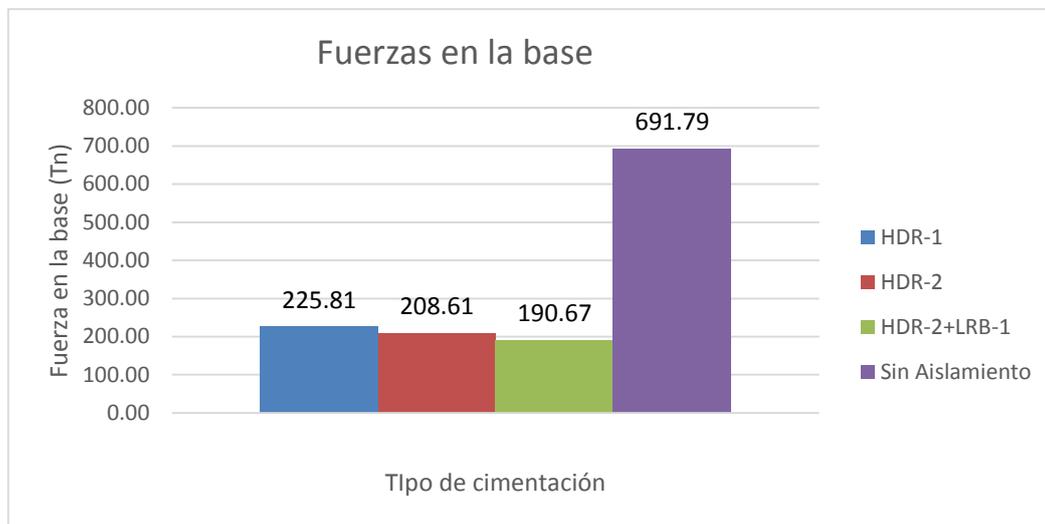
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.77.-** Fuerzas por piso en eje X para Moyobamba 2005.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			VX tonf	VX tonf	VX tonf	VX tonf
TECHO	Top	MOYOB XX Max	41.26	4.93	4.89	4.48
TECHO	Bottom	MOYOB XX Max	39.26	4.57	4.49	4.16
4 - 4	Top	MOYOB XX Max	49.05	5.53	5.44	5.01
4 - 4	Bottom	MOYOB XX Max	49.37	5.58	5.49	5.06
4 - 3	Top	MOYOB XX Max	57.59	6.58	6.48	5.96
4 - 3	Bottom	MOYOB XX Max	57.16	6.52	6.42	5.91
4 - 2	Top	MOYOB XX Max	67.80	7.93	7.82	7.19
4 - 2	Bottom	MOYOB XX Max	67.80	7.93	7.82	7.19
4 - 1	Top	MOYOB XX Max	76.51	9.20	9.08	8.34
4 - 1	Bottom	MOYOB XX Max	76.51	9.20	9.08	8.34
PISO 4	Top	MOYOB XX Max	154.22	21.77	21.61	19.76
PISO 4	Bottom	MOYOB XX Max	154.22	21.77	21.61	19.76
PISO 3	Top	MOYOB XX Max	457.25	86.26	85.57	78.27
PISO 3	Bottom	MOYOB XX Max	457.25	86.26	85.57	78.27
PISO 2	Top	MOYOB XX Max	633.34	148.66	147.44	134.82
PISO 2	Bottom	MOYOB XX Max	633.34	148.66	147.44	134.82
PISO 1	Top	MOYOB XX Max	691.79	210.37	208.61	190.67
PISO 1	Bottom	MOYOB XX Max	691.79	210.37	208.61	190.67
<b>%</b>			<b>100.00</b>	<b>30.41</b>	<b>30.16</b>	<b>27.56</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.59.-** Fuerzas en la base para Moyobamba 2005 en eje X



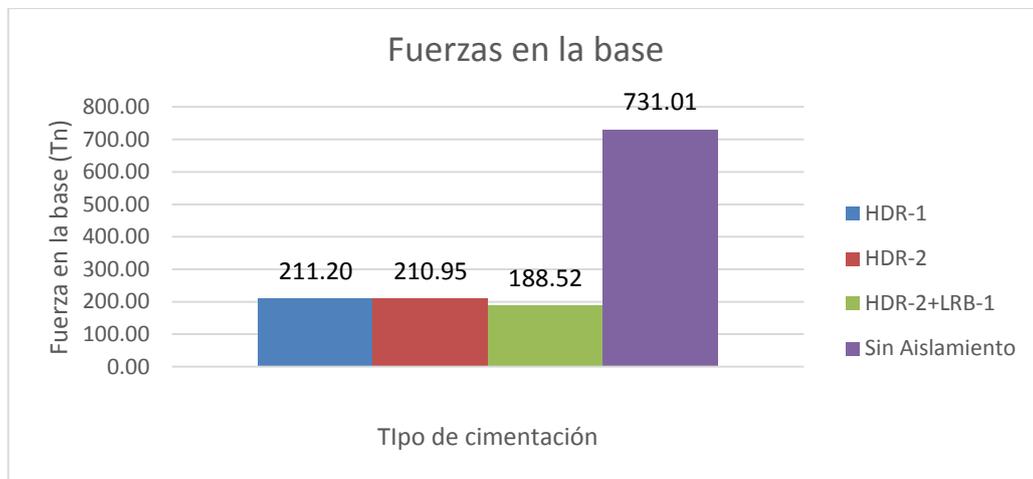
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.78.-** Fuerzas por piso en eje Y para Moyobamba 2005.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1	
			VY tonf	VY tonf	VY tonf	VY tonf	
TECHO	Top	MOYOB YY Max	34.55	5.09	5.08	4.51	
TECHO	Bottom	MOYOB YY Max	4.22	1.19	1.22	1.10	
4 - 4	Top	MOYOB YY Max	8.14	0.40	0.44	0.31	
4 - 4	Bottom	MOYOB YY Max	6.33	0.78	0.72	0.78	
4 - 3	Top	MOYOB YY Max	13.75	2.21	2.14	2.06	
4 - 3	Bottom	MOYOB YY Max	9.25	4.55	4.76	5.39	
4 - 2	Top	MOYOB YY Max	18.91	4.23	4.46	5.04	
4 - 2	Bottom	MOYOB YY Max	18.91	4.23	4.46	5.04	
4 - 1	Top	MOYOB YY Max	34.18	3.88	3.83	3.52	
4 - 1	Bottom	MOYOB YY Max	34.18	3.88	3.83	3.52	
PISO 4	Top	MOYOB YY Max	141.59	22.45	22.37	19.76	
PISO 4	Bottom	MOYOB YY Max	141.59	22.45	22.37	19.76	
PISO 3	Top	MOYOB YY Max	432.64	87.65	87.48	77.83	
PISO 3	Bottom	MOYOB YY Max	432.64	87.65	87.48	77.83	
PISO 2	Top	MOYOB YY Max	640.55	150.09	149.86	133.69	
PISO 2	Bottom	MOYOB YY Max	640.55	150.09	149.86	133.69	
PISO 1	Top	MOYOB YY Max	731.01	211.20	210.95	188.52	
PISO 1	Bottom	MOYOB YY Max	731.01	211.20	210.95	188.52	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>28.89</b>	<b>28.86</b>	<b>25.79</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.60.-** Fuerzas en la base para Moyobamba 2005 en eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

#### 6.4.7. Ocoña 2001:

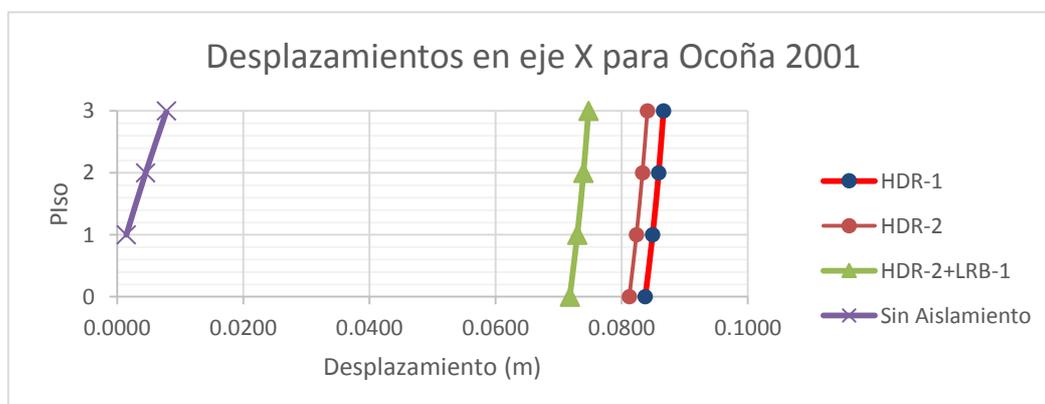
- Desplazamientos:

**Tabla 6.79.-** Desplazamiento de diafragmas en eje X para Ocoña 2001.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UX m	UX m	UX m	UX m
PISO 3	D3	OCOÑA XX Max	0.0078	0.0866	0.0841	0.0747
PISO 2	D2	OCOÑA XX Max	0.0045	0.0859	0.0833	0.0739
PISO 1	D1	OCOÑA XX Max	0.0015	0.0849	0.0823	0.0730
	D4	OCOÑA XX Max	-	0.0837	0.0812	0.0718

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.61.-** Desplazamientos para Ocoña 2001 en Eje X



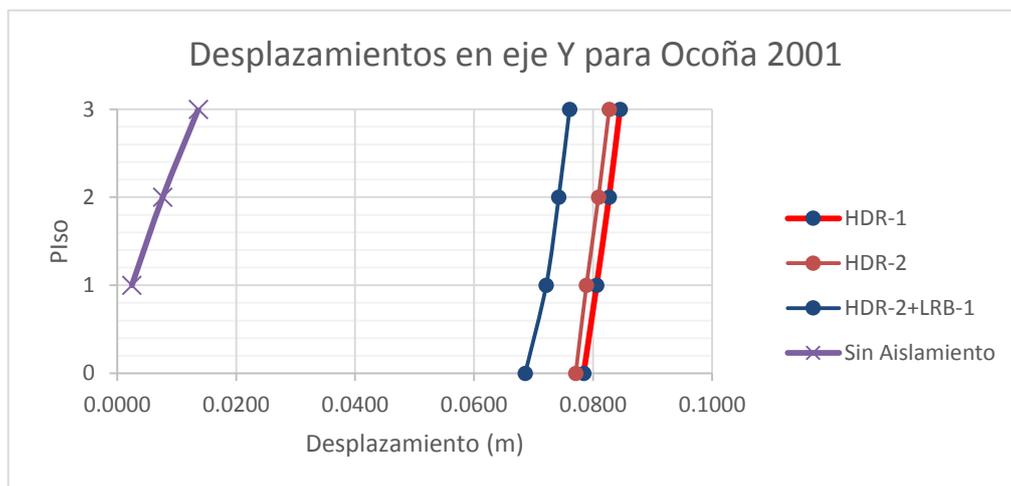
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.80.-** Desplazamiento de diafragmas en eje Y para Ocoña 2001.

PISO	Diafragma	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			UY	UY	UY	UY
			m	m	m	m
PISO 3	D3	OCOÑA YY Max	0.0136	0.0845	0.0827	0.0761
PISO 2	D2	OCOÑA YY Max	0.0076	0.0827	0.0809	0.0742
PISO 1	D1	OCOÑA YY Max	0.0025	0.0806	0.0789	0.0721
	D4	OCOÑA YY Max	-	0.0784	0.0771	0.0686

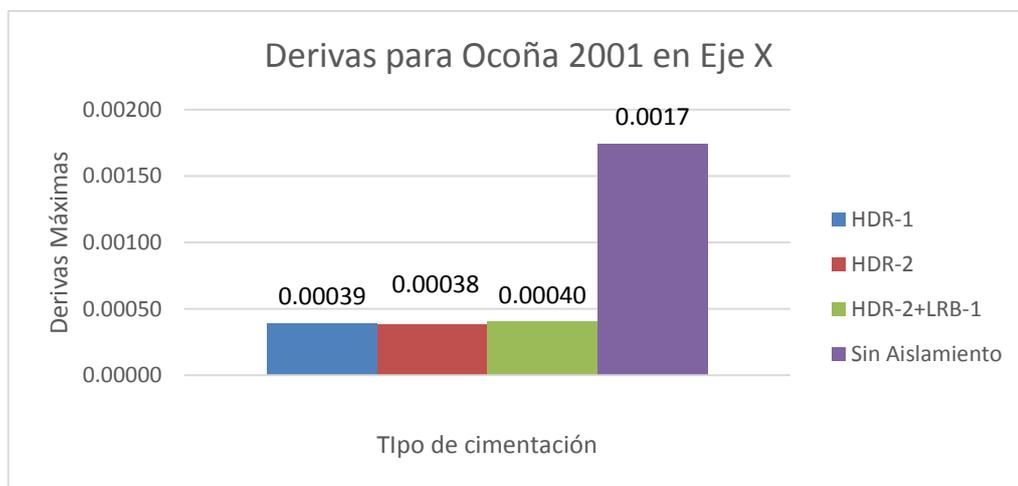
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.62.-** Desplazamientos para Ocoña 2001 en Eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.63.-** Derivas para Ocoña 2001 en Eje X



Fuente: Elaboración propia, 2014

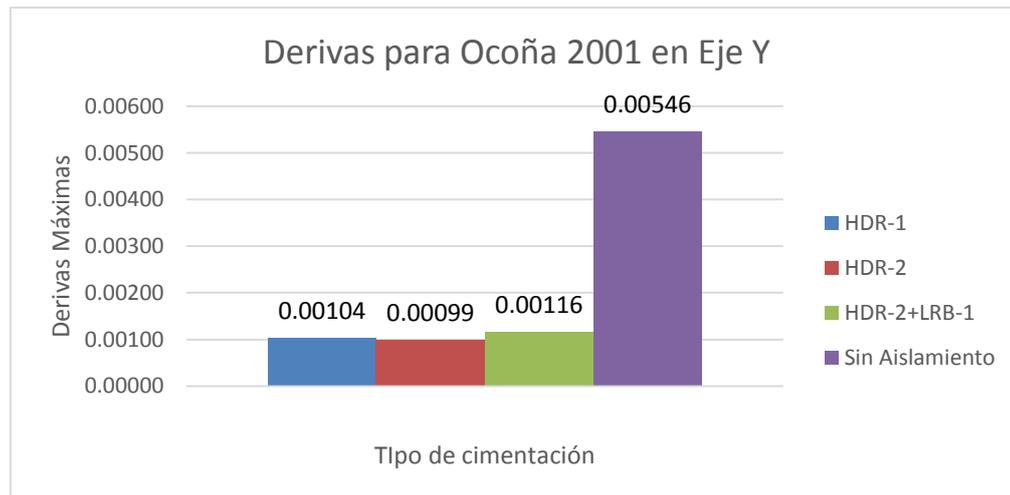
- Derivas

**Tabla 6.81.-** Derivas por piso en eje X para Ocoña 2001.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00182	0.00032	0.00031	0.00032
4 - 4	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00164	0.00026	0.00026	0.00027
4 - 3	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00164	0.00026	0.00026	0.00027
4 - 2	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00173	0.00026	0.00026	0.00027
4 - 1	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00186	0.00027	0.00027	0.00027
PISO 4	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00200	0.00027	0.00027	0.00028
PISO 3	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00108	0.00025	0.00025	0.00025
PISO 2	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00099	0.00031	0.00030	0.00031
PISO 1	Max Drift X	OCOÑA XX Max	0.00050	0.00039	0.00038	0.00040
<b>Máximo:</b>			<b>0.00200</b>	<b>0.00039</b>	<b>0.00038</b>	<b>0.00040</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>19.55</b>	<b>19.15</b>	<b>20.15</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.64.-** Derivas para Ocoña 2001 en Eje Y



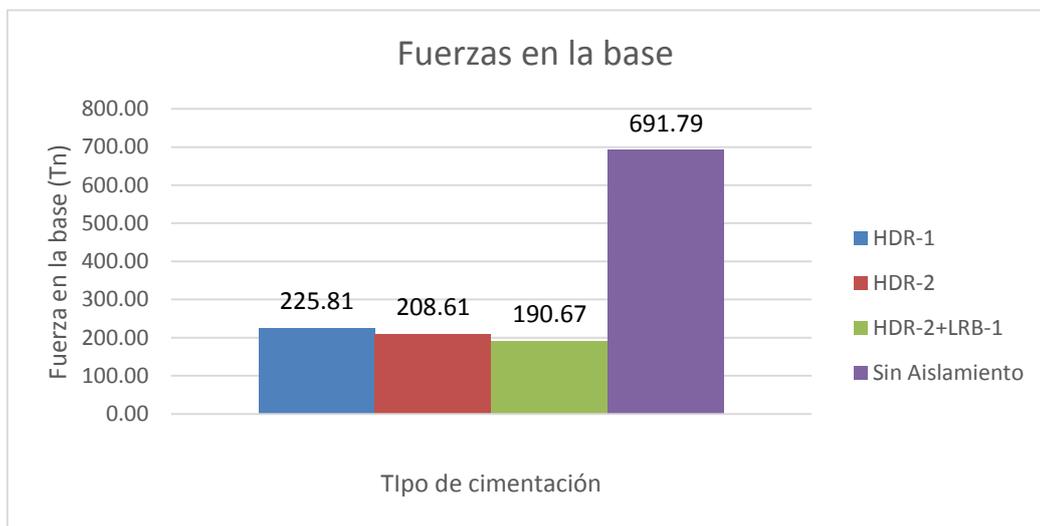
Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.82.-** Derivas por piso en eje Y para Ocoña 2001.

PISO	ITEM	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR-2+LRB-1
			Drift	Drift	Drift	Drift
TECHO	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00297	0.00046	0.00046	0.00049
4 - 4	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00333	0.00048	0.00047	0.00050
4 - 3	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00361	0.00053	0.00052	0.00057
4 - 2	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00381	0.00053	0.00052	0.00054
4 - 1	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00392	0.00104	0.00099	0.00116
PISO 4	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00546	0.00079	0.00075	0.00086
PISO 3	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00217	0.00061	0.00059	0.00061
PISO 2	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00186	0.00069	0.00066	0.00070
PISO 1	Max Drift Y	OCOÑA YY Max	0.00092	0.00085	0.00082	0.00083
<b>Máximo:</b>			<b>0.00546</b>	<b>0.00104</b>	<b>0.00099</b>	<b>0.00116</b>
<b>% :</b>			<b>100.00</b>	<b>19.11</b>	<b>18.07</b>	<b>21.20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.65.-** Fuerzas en la base para Ocoña 2001 en eje X



Fuente: Elaboración propia, 2014

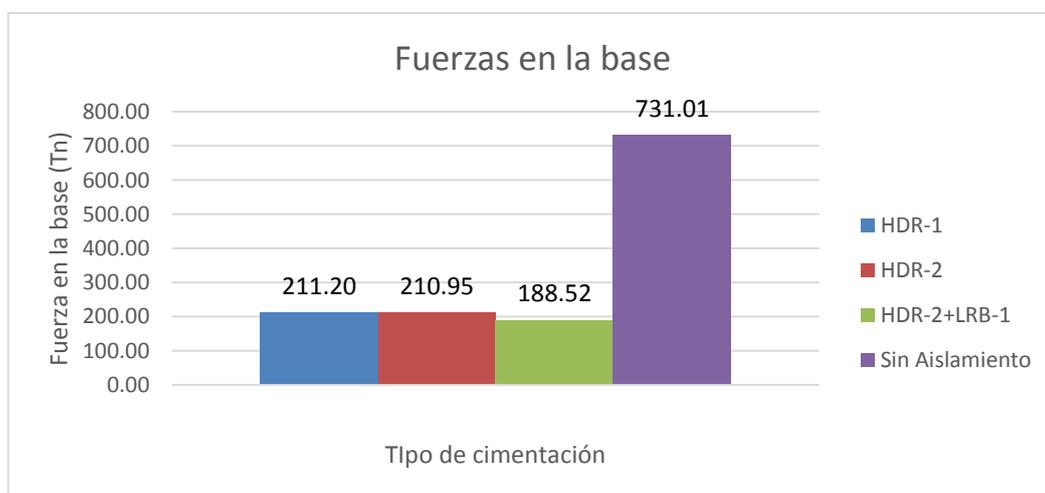
- Fuerzas por Piso:

**Tabla 6.83.-** Fuerzas por piso en eje X para Ocoña 2001.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1	
			VX	VX	VX	VX	
			tonf	tonf	tonf	tonf	
TECHO	Top	OCOÑA XX Max	49.50	2.54	2.46	2.43	
TECHO	Bottom	OCOÑA XX Max	45.60	2.35	2.27	2.26	
4 - 4	Top	OCOÑA XX Max	59.11	2.89	2.78	2.77	
4 - 4	Bottom	OCOÑA XX Max	59.93	2.91	2.81	2.79	
4 - 3	Top	OCOÑA XX Max	69.49	3.42	3.30	3.27	
4 - 3	Bottom	OCOÑA XX Max	68.96	3.39	3.27	3.25	
4 - 2	Top	OCOÑA XX Max	81.23	4.08	3.94	3.91	
4 - 2	Bottom	OCOÑA XX Max	81.23	4.08	3.94	3.91	
4 - 1	Top	OCOÑA XX Max	91.20	4.69	4.55	4.48	
4 - 1	Bottom	OCOÑA XX Max	91.20	4.69	4.55	4.48	
PISO 4	Top	OCOÑA XX Max	176.02	10.47	10.57	9.92	
PISO 4	Bottom	OCOÑA XX Max	176.02	10.47	10.57	9.92	
PISO 3	Top	OCOÑA XX Max	488.69	39.13	40.34	35.19	
PISO 3	Bottom	OCOÑA XX Max	488.69	39.13	40.34	35.19	
PISO 2	Top	OCOÑA XX Max	664.74	66.43	68.36	57.53	
PISO 2	Bottom	OCOÑA XX Max	664.74	66.43	68.36	57.53	
PISO 1	Top	OCOÑA XX Max	721.74	92.92	95.49	80.06	
PISO 1	Bottom	OCOÑA XX Max	721.74	92.92	95.49	80.06	
			<b>%</b>	<b>100.00</b>	<b>12.87</b>	<b>13.23</b>	<b>11.09</b>

Fuente: Elaboración propia, 2014

**Figura 6.66.-** Fuerzas en la base para Ocoña 2001 en eje Y



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 6.84.-** Fuerzas por piso en eje Y para Ocoña 2001.

PISO	LOCATION	Load Case/Combo	Sin Aislamiento	HDR-1	HDR-2	HDR- 2+LRB-1
			VY	VY	VY	VY
			tonf	tonf	tonf	tonf
TECHO	Top	OCOÑA YY Max	42.71	2.96	2.81	2.87
TECHO	Bottom	OCOÑA YY Max	4.88	0.79	0.76	0.74
4 - 4	Top	OCOÑA YY Max	8.81	0.31	0.31	0.26
4 - 4	Bottom	OCOÑA YY Max	7.14	0.52	0.47	0.55
4 - 3	Top	OCOÑA YY Max	16.63	1.27	1.18	1.27
4 - 3	Bottom	OCOÑA YY Max	10.33	2.97	2.96	3.43
4 - 2	Top	OCOÑA YY Max	20.45	2.82	2.79	3.17
4 - 2	Bottom	OCOÑA YY Max	20.45	2.82	2.79	3.17
4 - 1	Top	OCOÑA YY Max	37.84	2.25	2.17	2.22
4 - 1	Bottom	OCOÑA YY Max	37.84	2.25	2.17	2.22
PISO 4	Top	OCOÑA YY Max	167.73	12.12	11.74	11.74
PISO 4	Bottom	OCOÑA YY Max	167.73	12.12	11.74	11.74
PISO 3	Top	OCOÑA YY Max	452.22	43.29	43.26	37.72
PISO 3	Bottom	OCOÑA YY Max	452.22	43.29	43.26	37.72
PISO 2	Top	OCOÑA YY Max	624.16	71.47	71.33	59.97
PISO 2	Bottom	OCOÑA YY Max	624.16	71.47	71.33	59.97
PISO 1	Top	OCOÑA YY Max	685.63	97.23	96.89	79.75
PISO 1	Bottom	OCOÑA YY Max	685.63	97.23	96.89	79.75
<b>%</b>			<b>100.00</b>	<b>14.18</b>	<b>14.13</b>	<b>11.63</b>

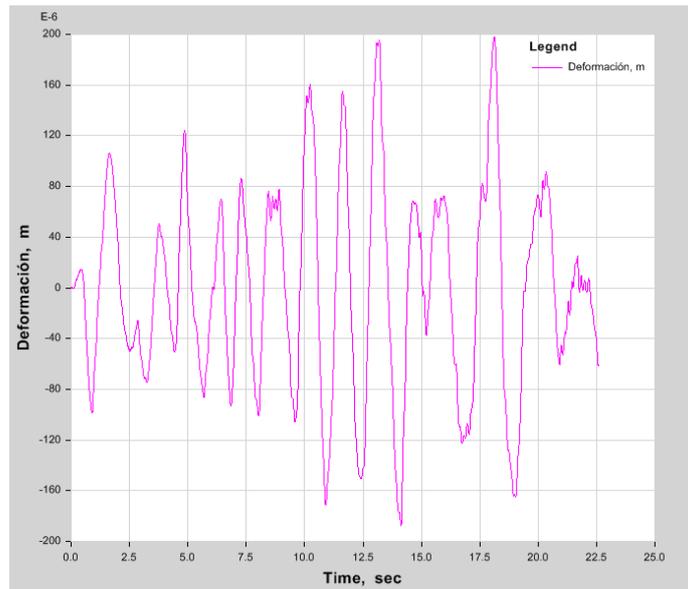
Fuente: Elaboración propia, 2014

## 6.5. Comportamiento de los aisladores frente al análisis tiempo historia

### 6.5.1. Caso 1: Aislador HDRB-1

CHIMBOTE XX:

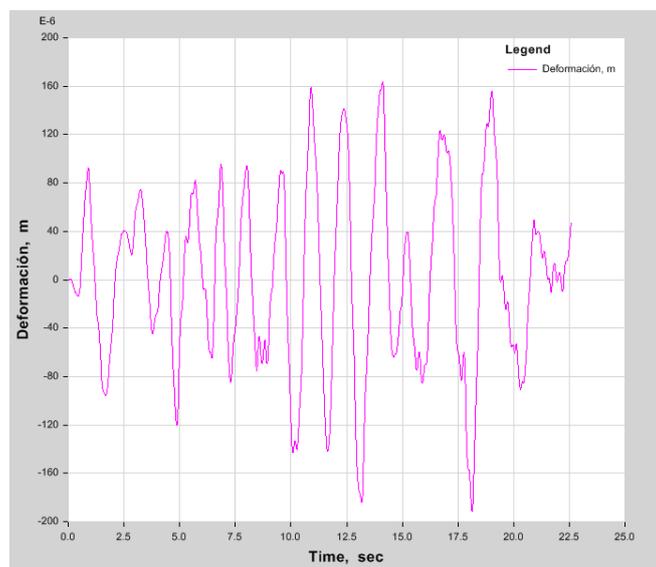
**Figura 6.67.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

CHIMBOTE YY:

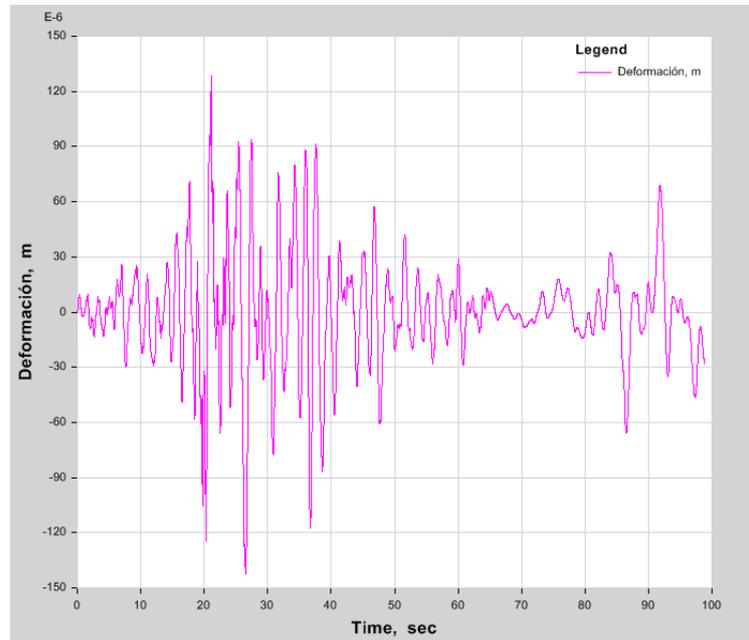
**Figura 6.68.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 XX:

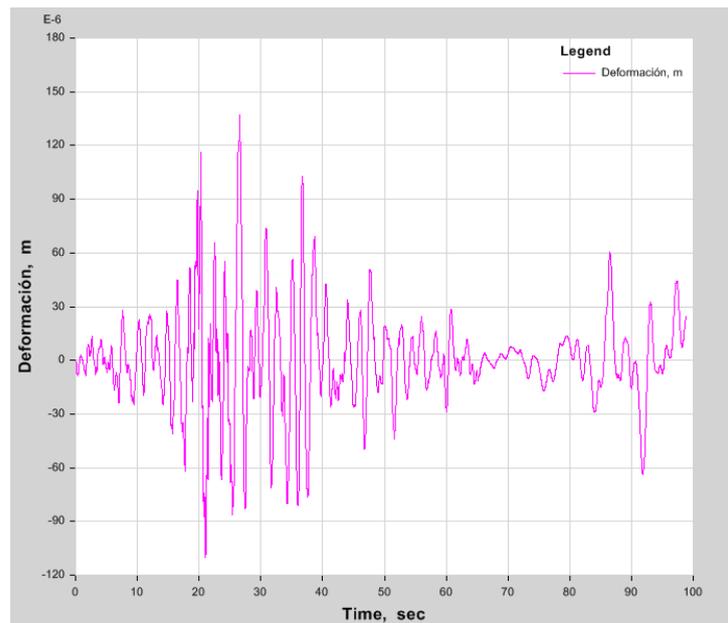
**Figura 6.69.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 YY:

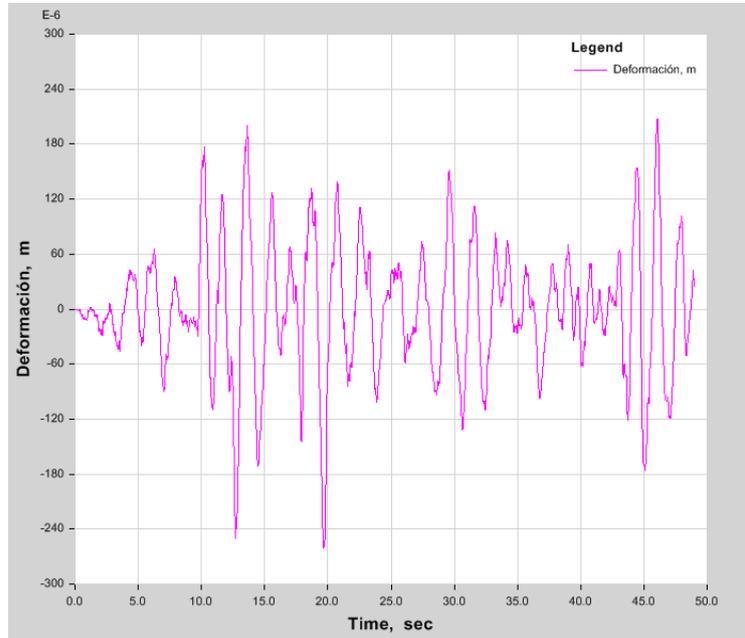
**Figura 6.70.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 XX:

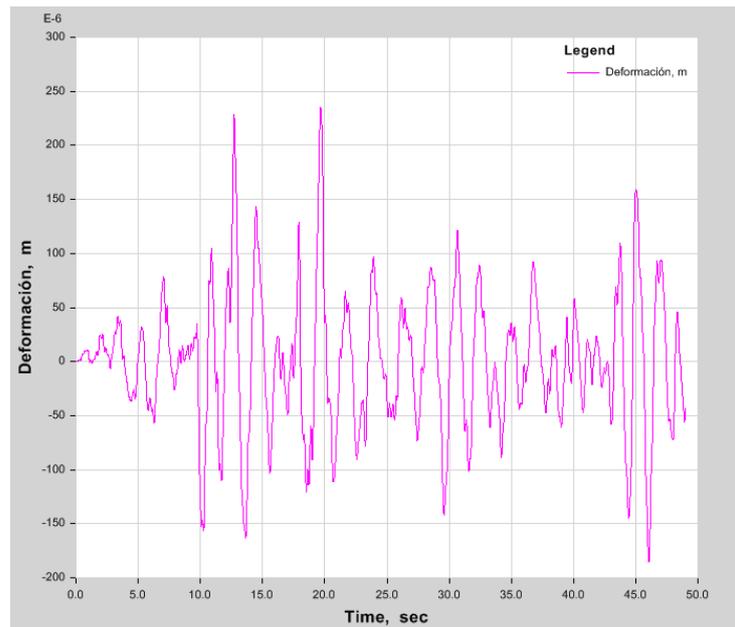
**Figura 6.71.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 YY:

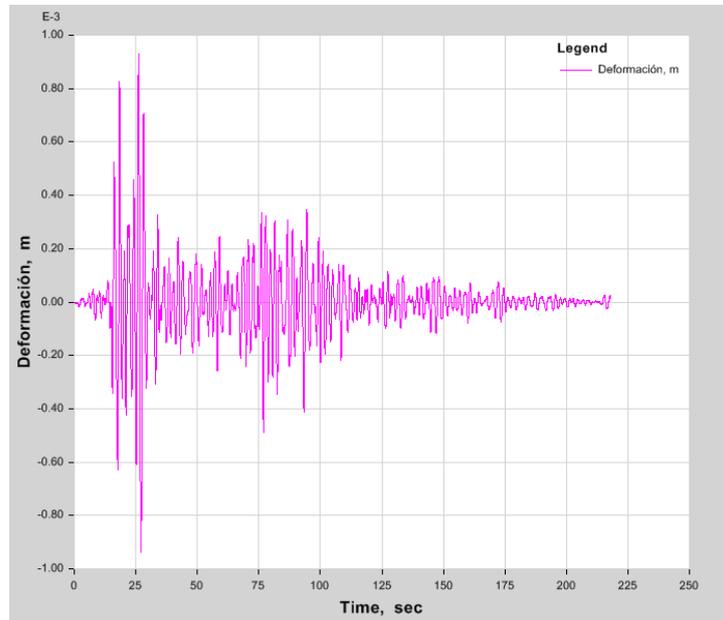
**Figura 6.72.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA XX:

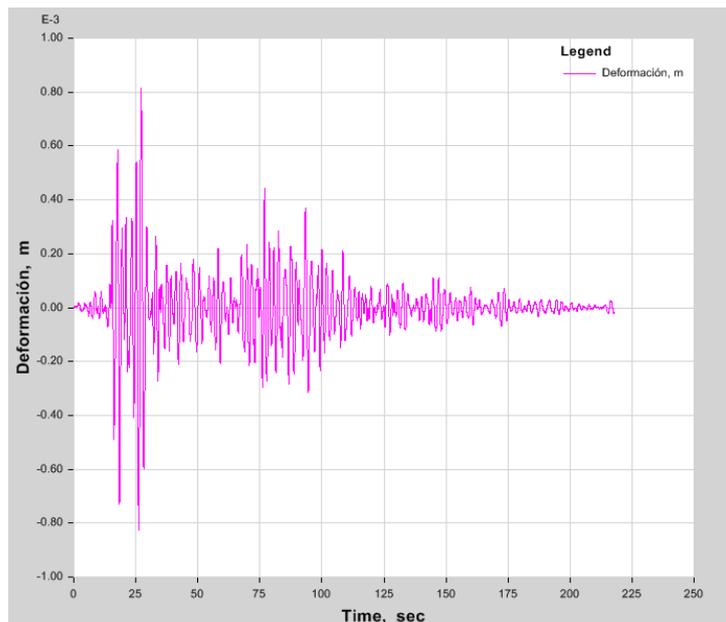
**Figura 6.73.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA YY:

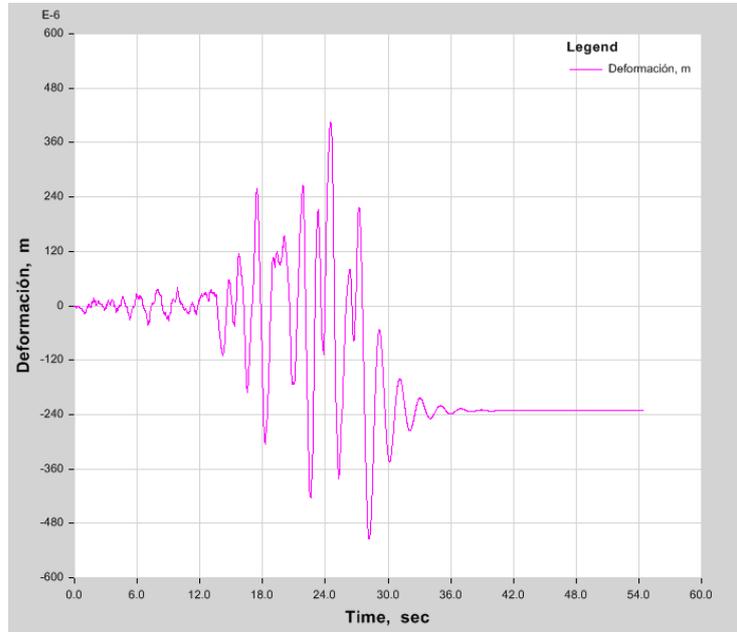
**Figura 6.74.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA XX:

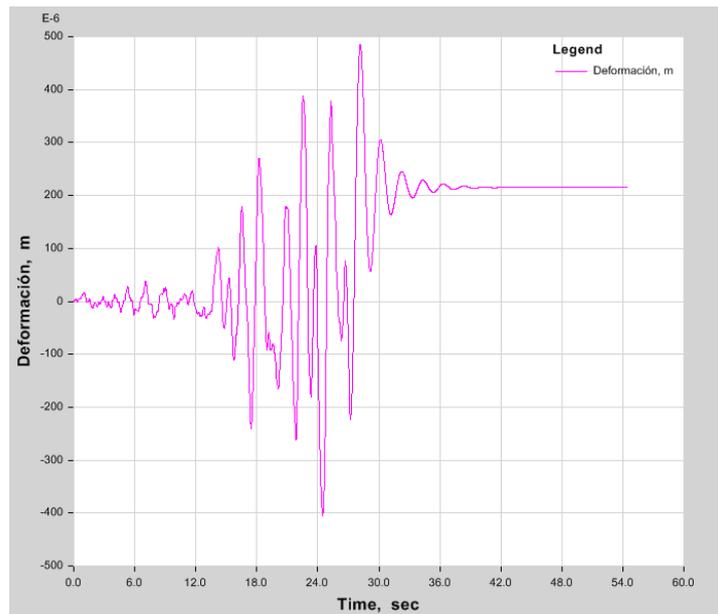
**Figura 6.75.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA YY:

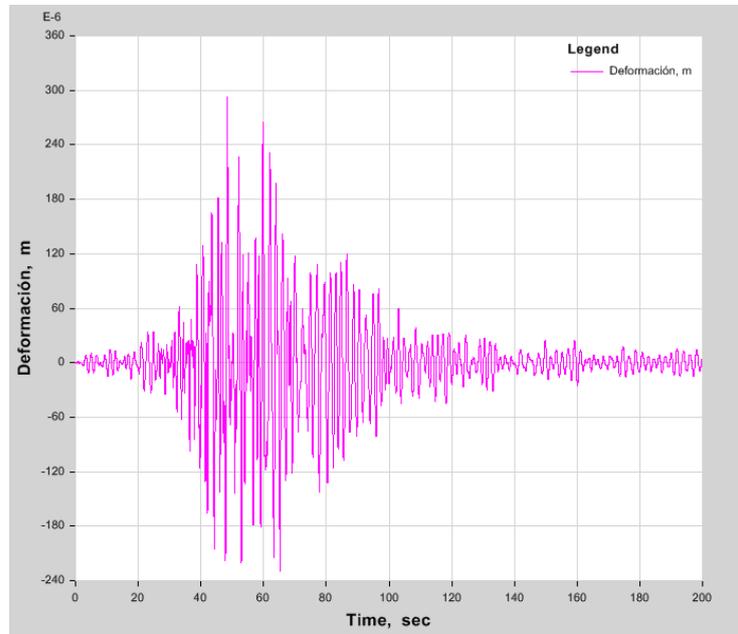
**Figura 6.76.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA XX:

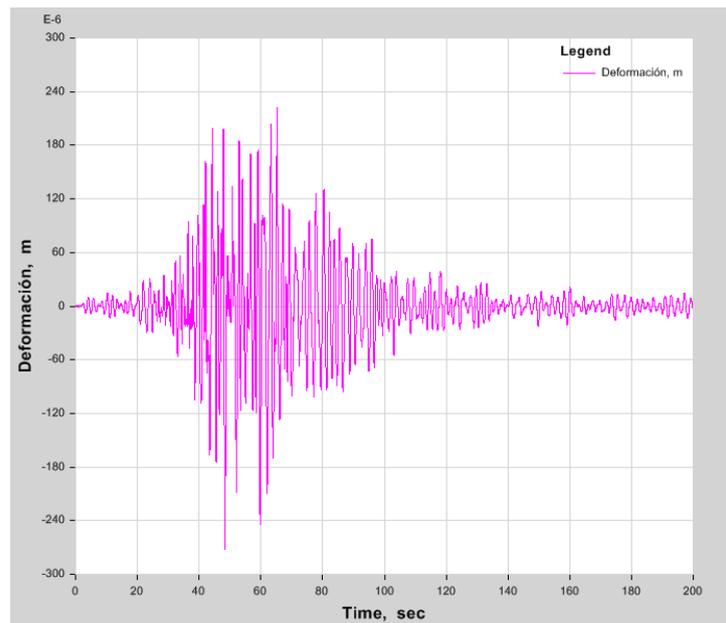
**Figura 6.77.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA YY:

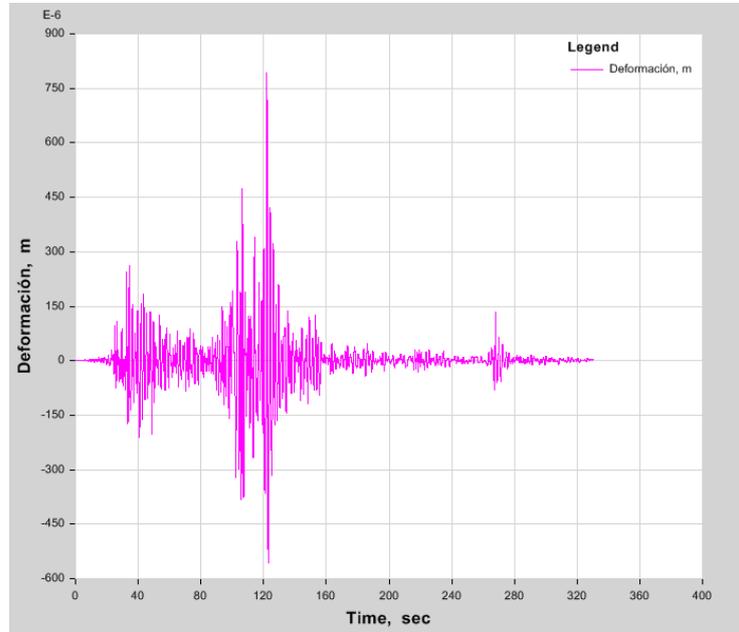
**Figura 6.78.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO XX

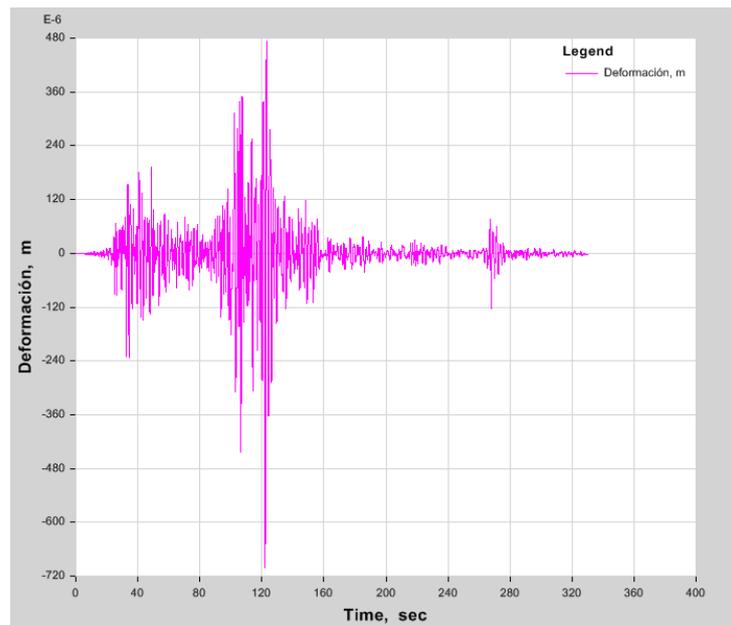
**Figura 6.79.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO YY:

**Figura 6.80.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y

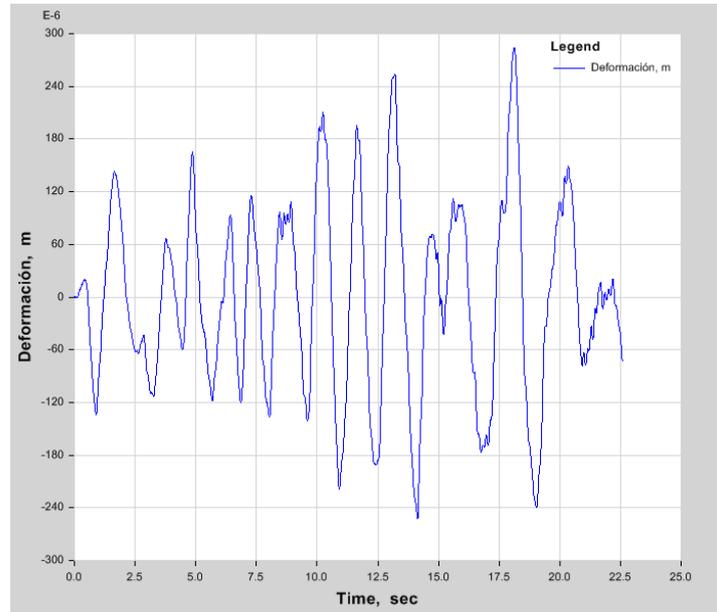


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

**6.5.2. Caso 2: Aislador HDRB-2**

CHIMBOTE XX:

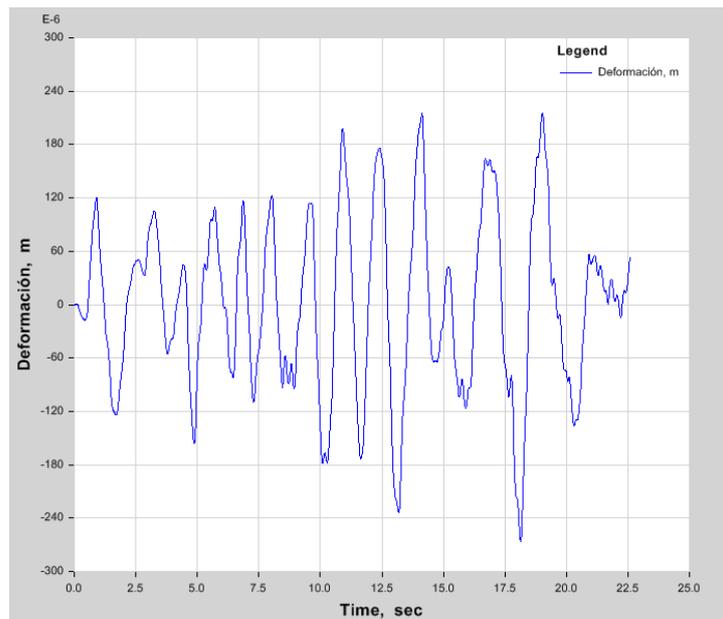
**Figura 6.81.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

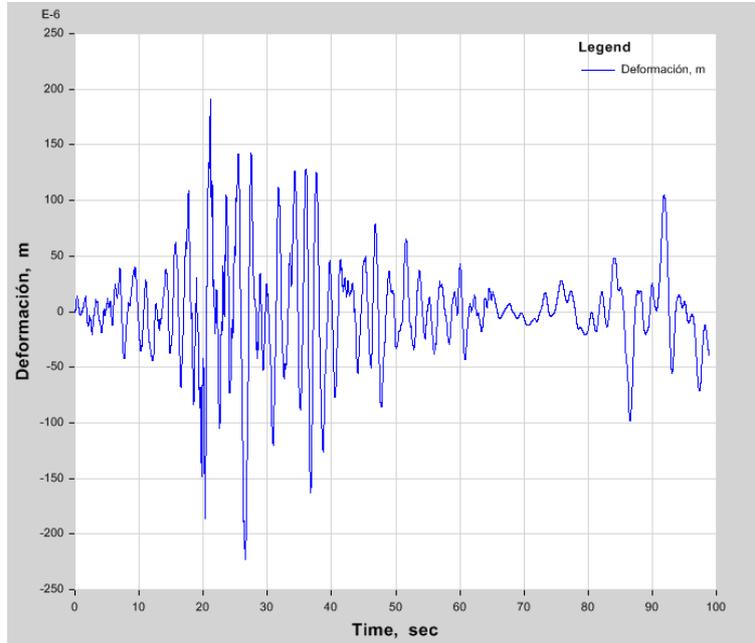
CHIMBOTE YY:

**Figura 6.82.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 XX:

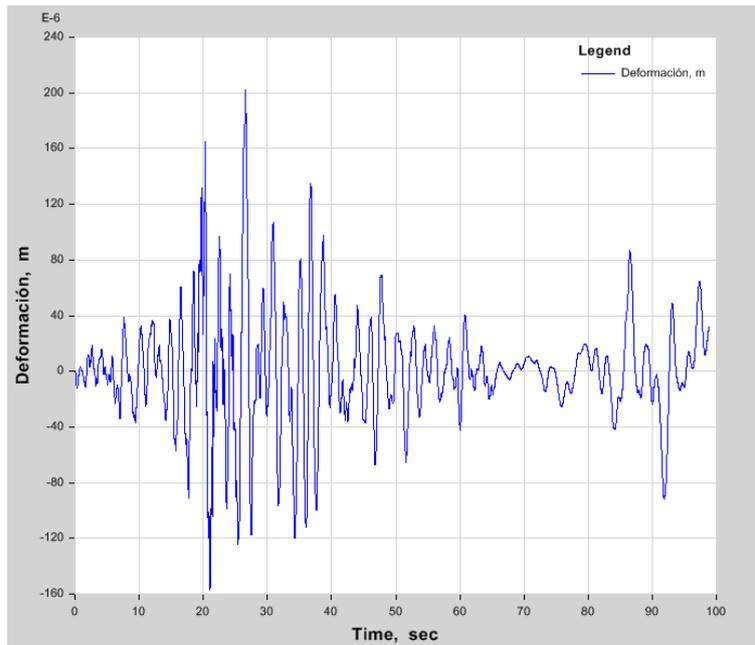


**Figura 6.83.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X

**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 YY:

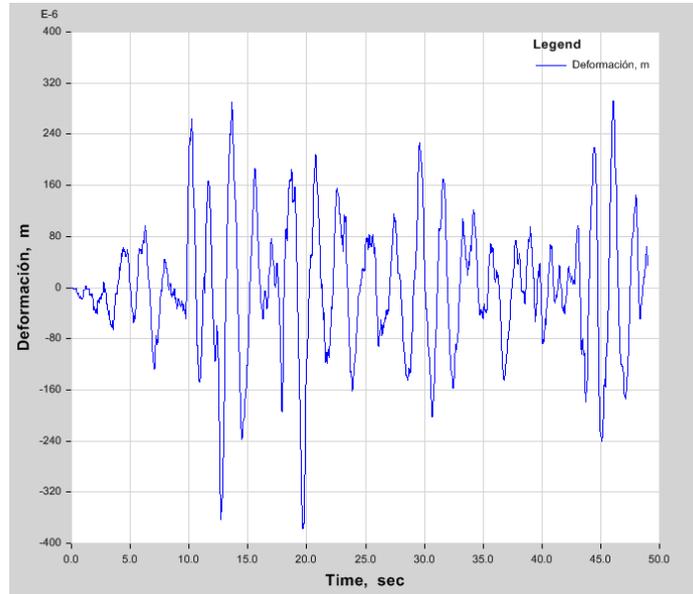
**Figura 6.84.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 XX:

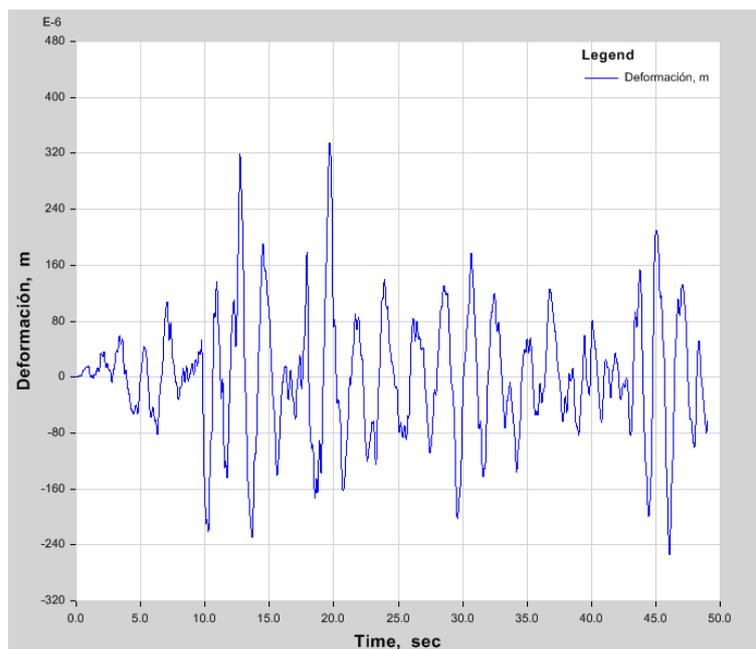
**Figura 6.85.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 YY:

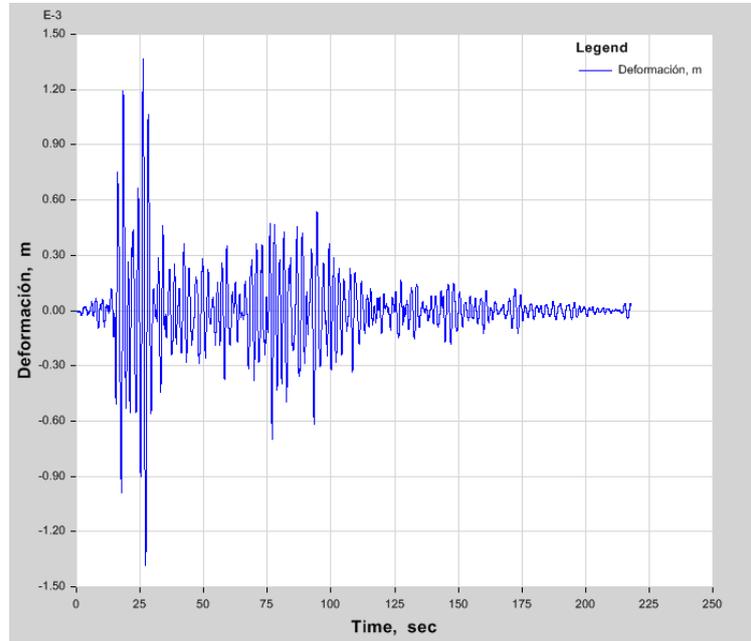
**Figura 6.86.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA XX:

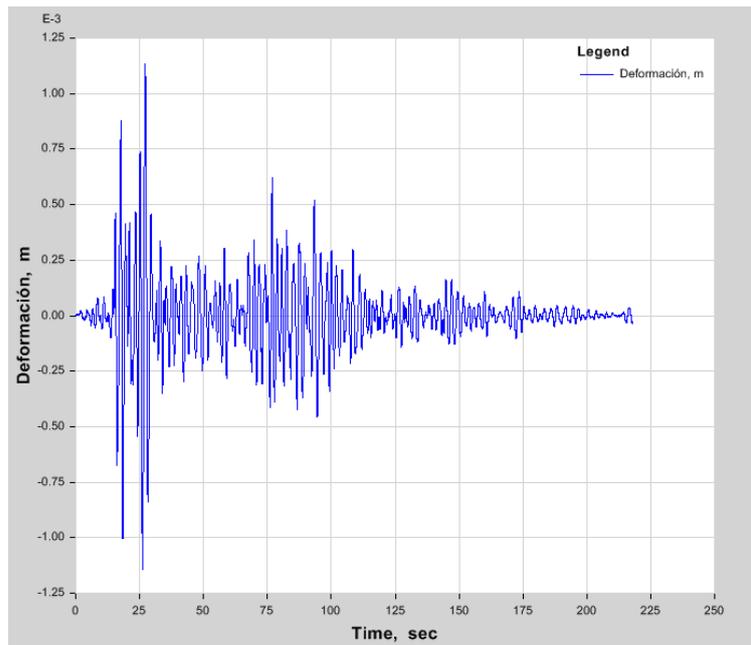
**Figura 6.87.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA YY:

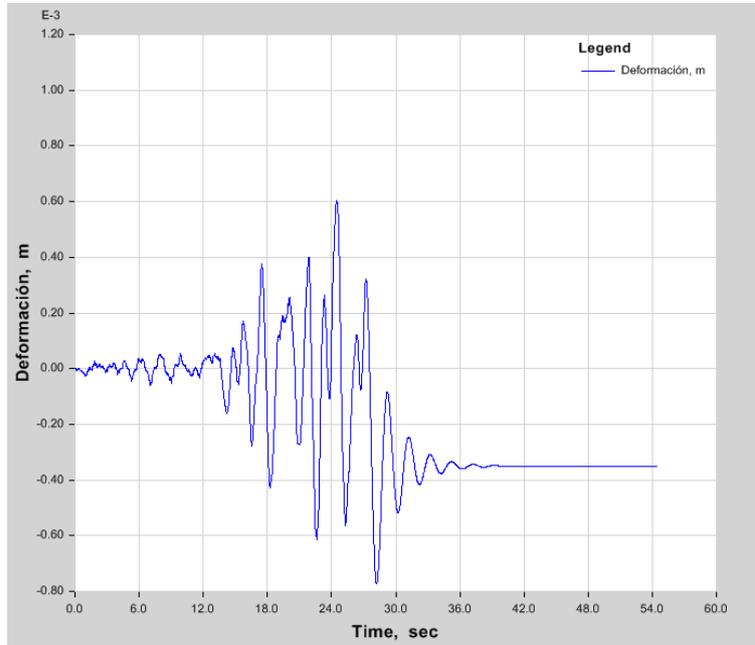
**Figura 6.88.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA XX:

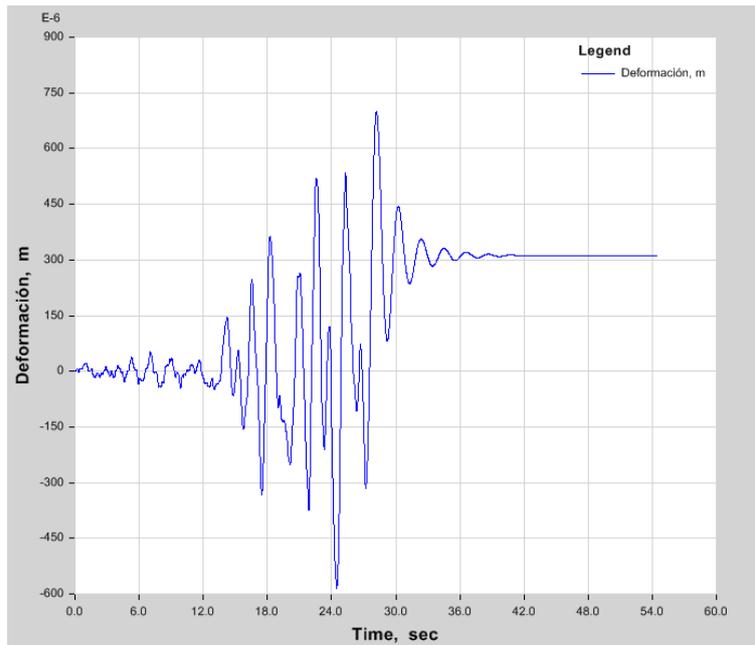
**Figura 6.89.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA YY:

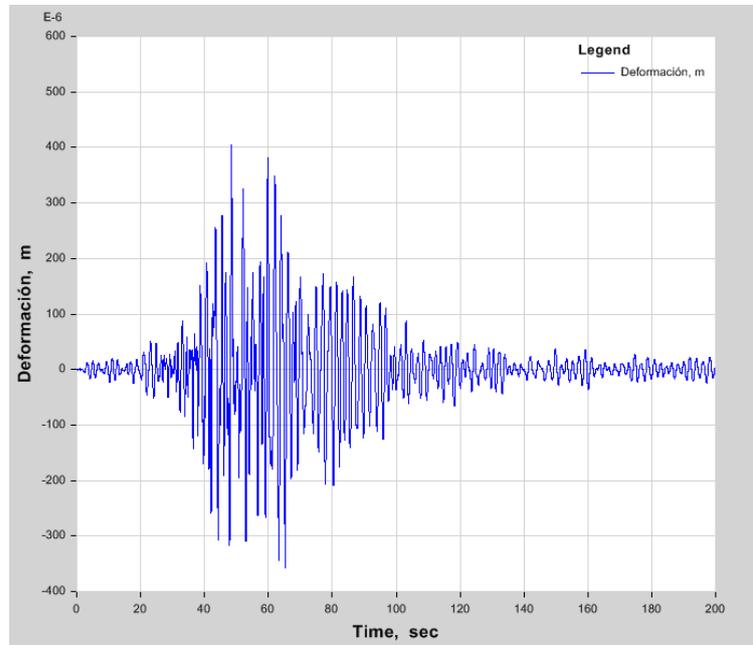
**Figura 6.90.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA XX:

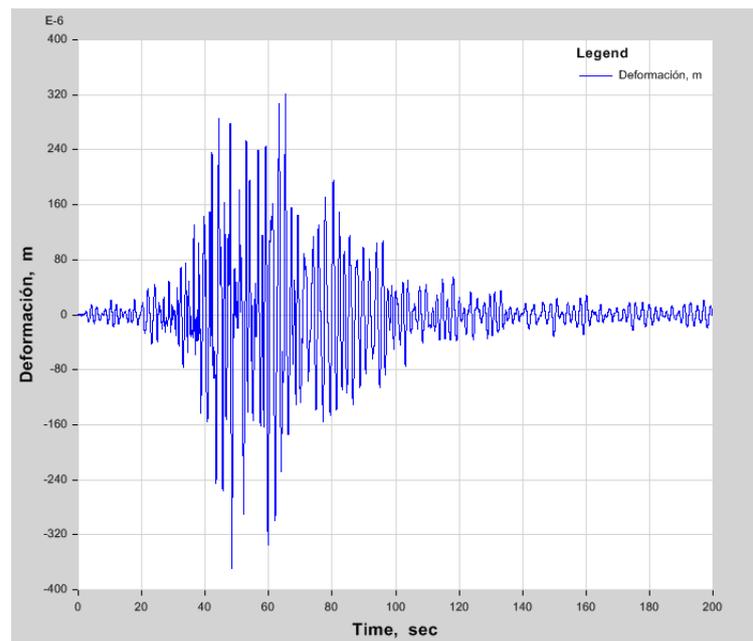
**Figura 6.91.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA YY:

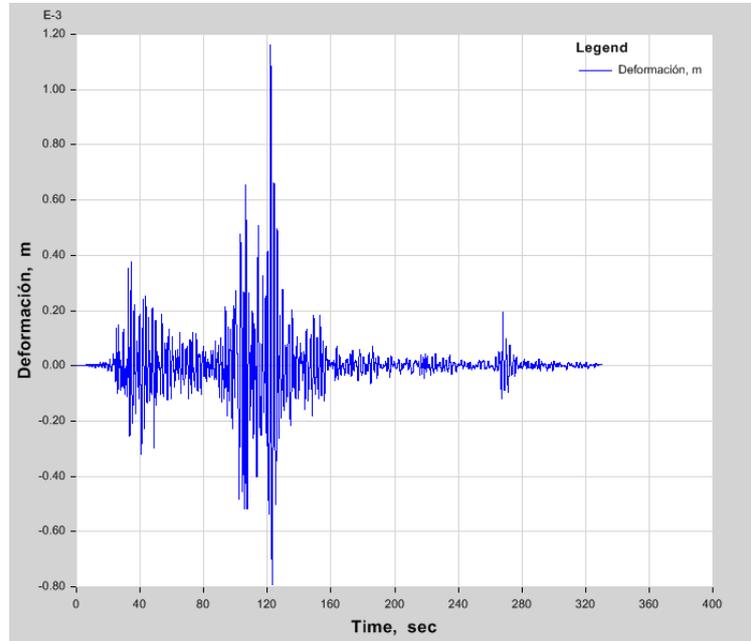
**Figura 6.92.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO XX:

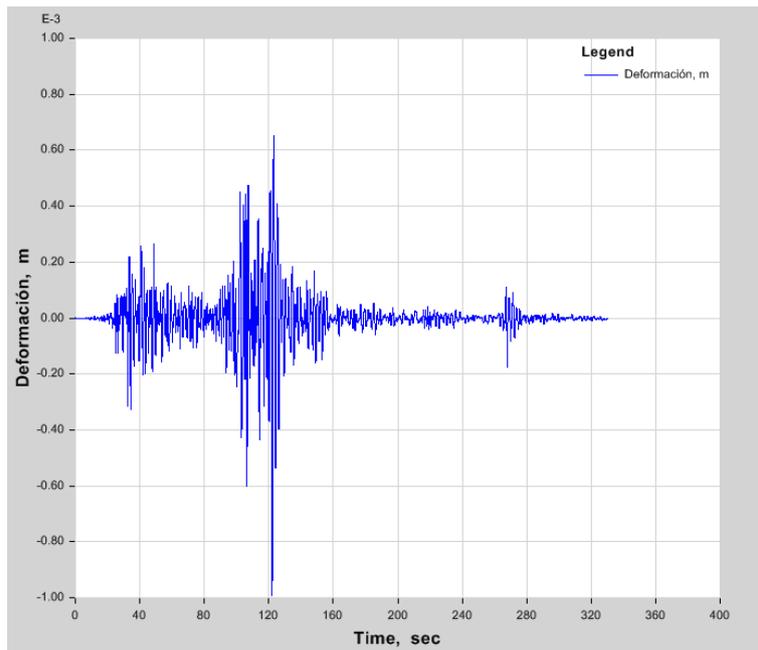
**Figura 6.93.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO YY:

**Figura 6.94.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y

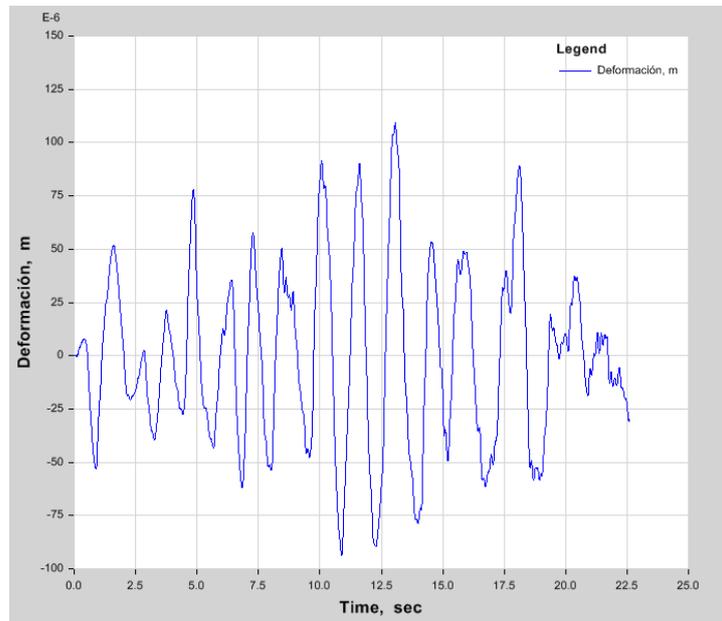


**Fuente:** ETABS 2013, 2014

### 6.5.3. Caso 3: Aislador HDRB-2+LRB-1

CHIMBOTE XX:

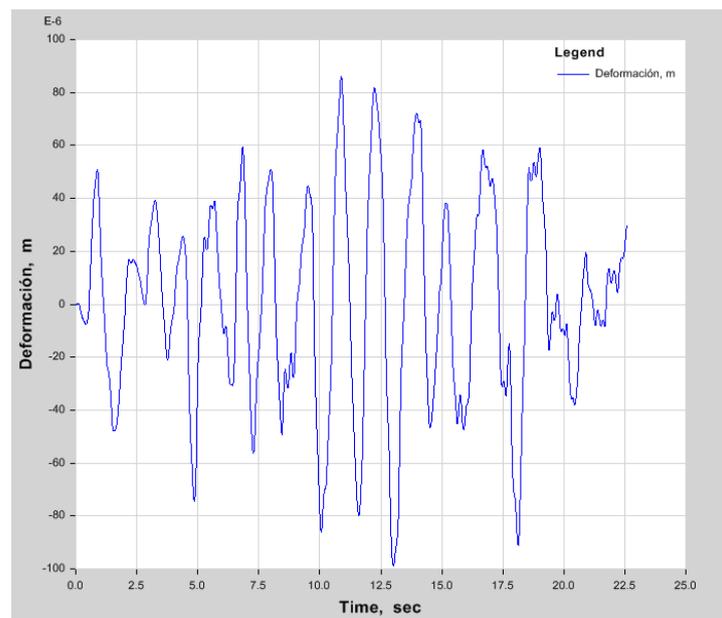
**Figura 6.95.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

CHIMBOTE YY:

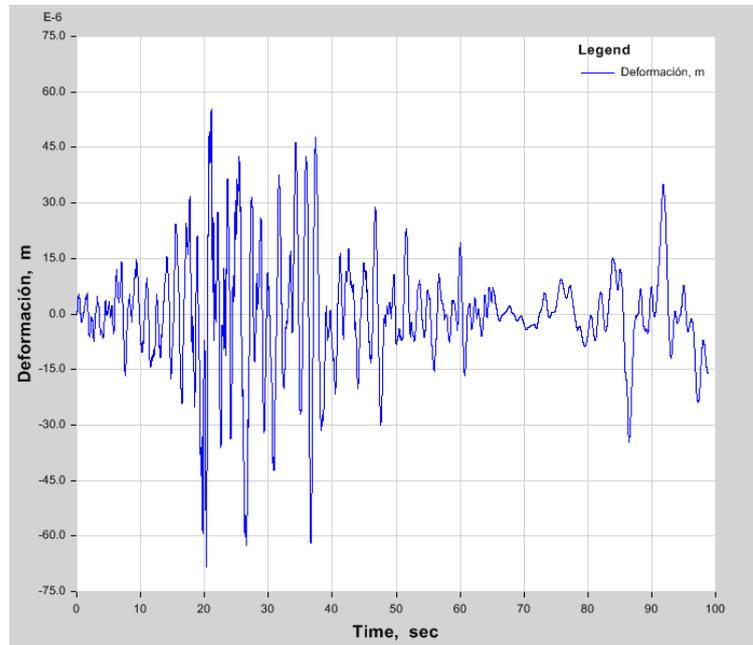
**Figura 6.96.-** Deformación en el tiempo para señal de Chimbote en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 XX:

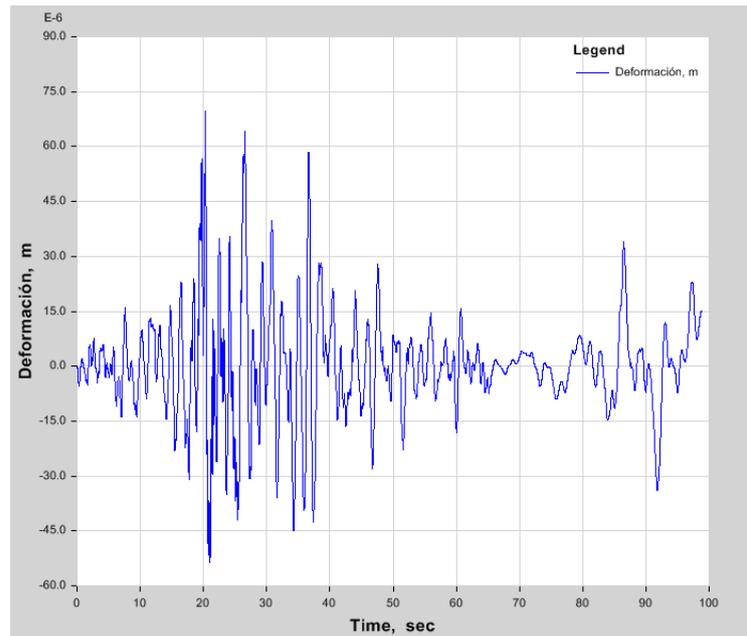
**Figura 6.97.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1966 YY:

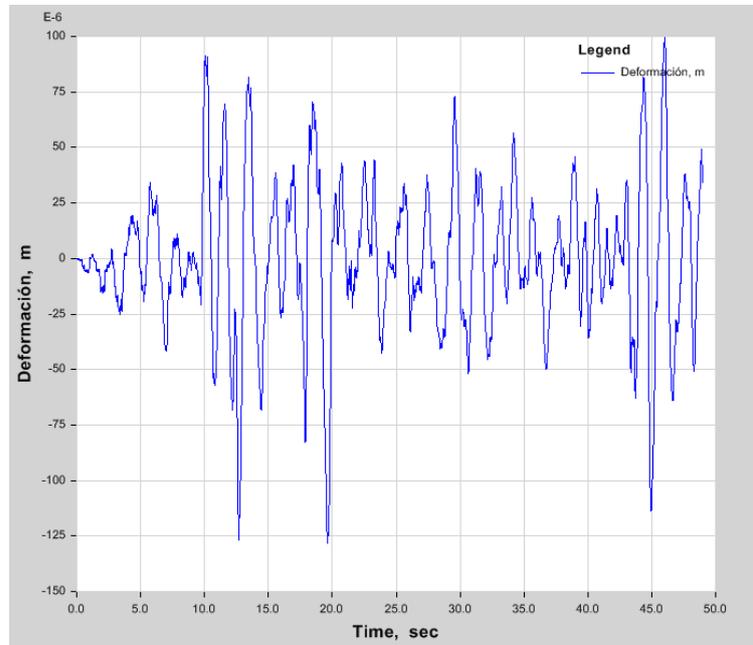
**Figura 6.98.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1966 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 XX:

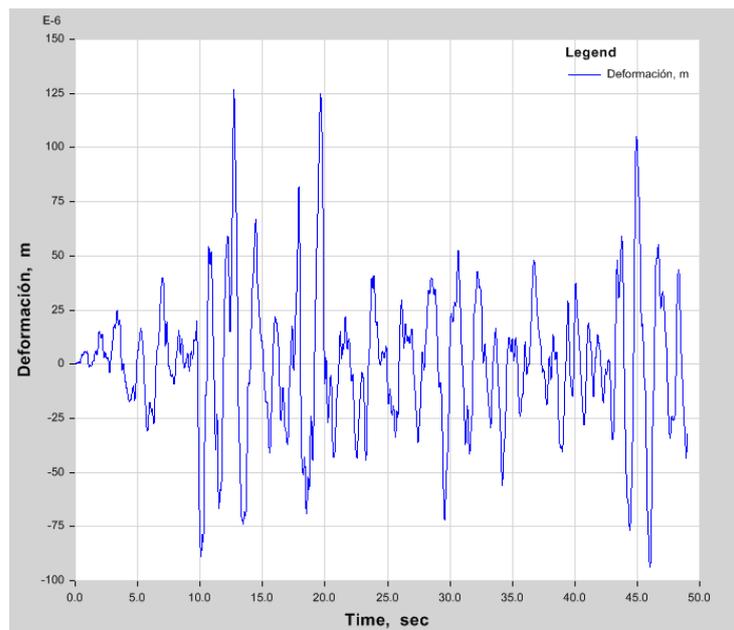
**Figura 6.99.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

LIMA 1974 YY:

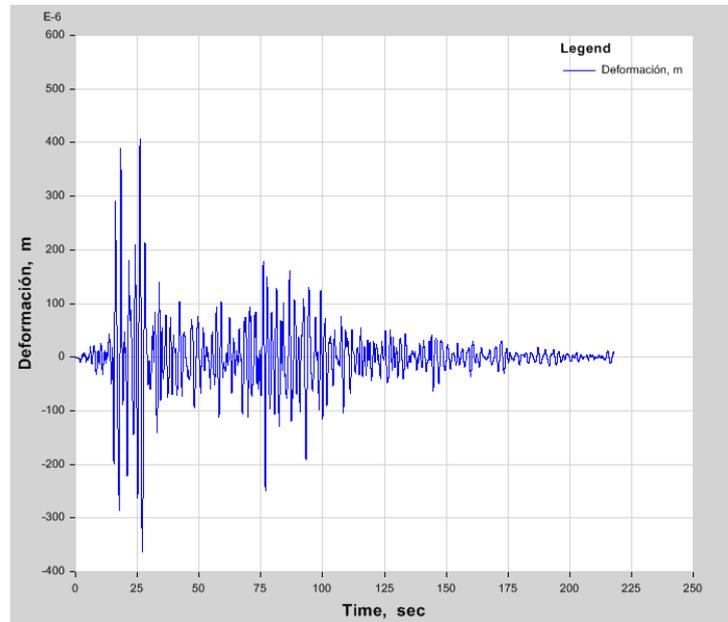
**Figura 6.100.-** Deformación en el tiempo para señal de Lima 1974 en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA XX:

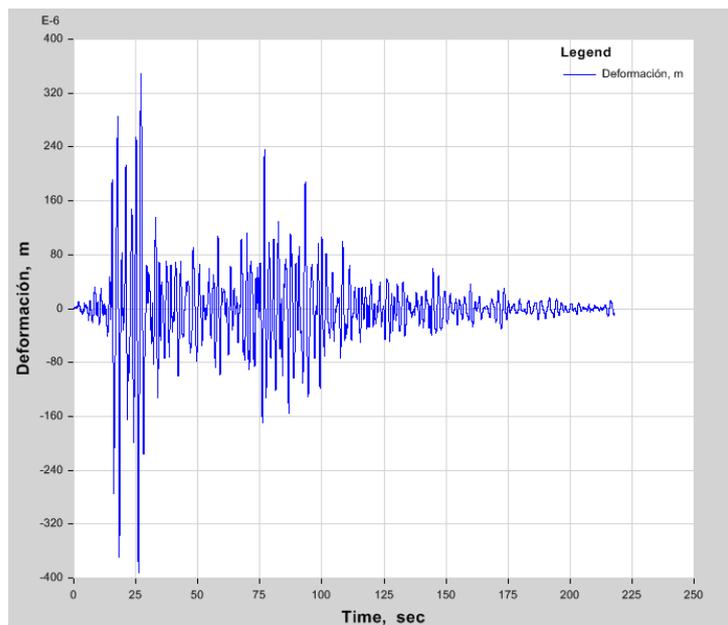
**Figura 6.101.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

ICA YY:

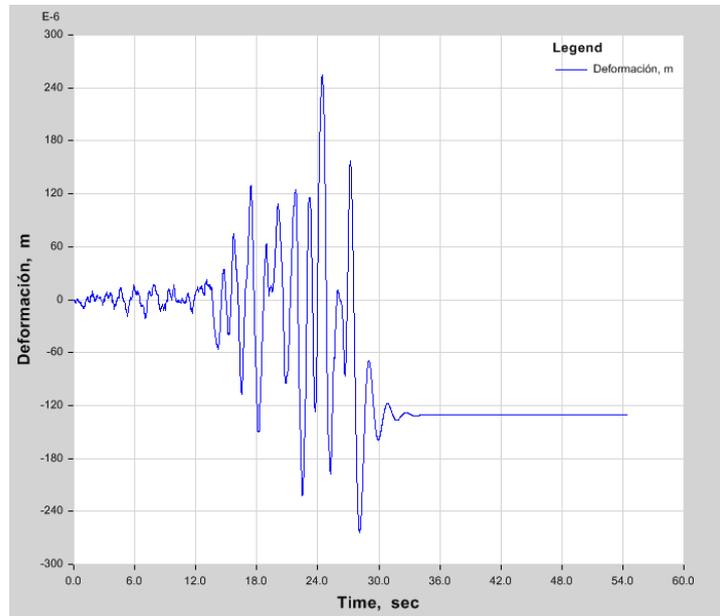
**Figura 6.102.-** Deformación en el tiempo para señal de Ica en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA XX:

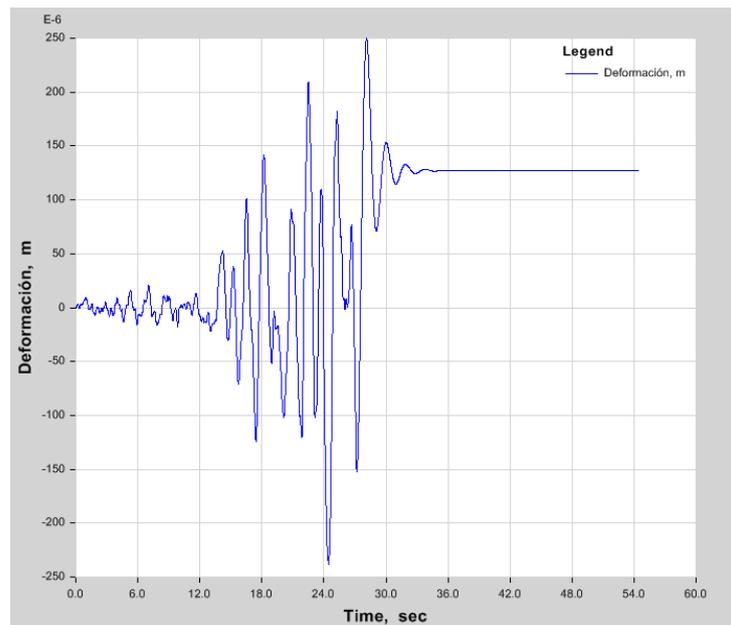
**Figura 6.103.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

MOYOBAMBA YY:

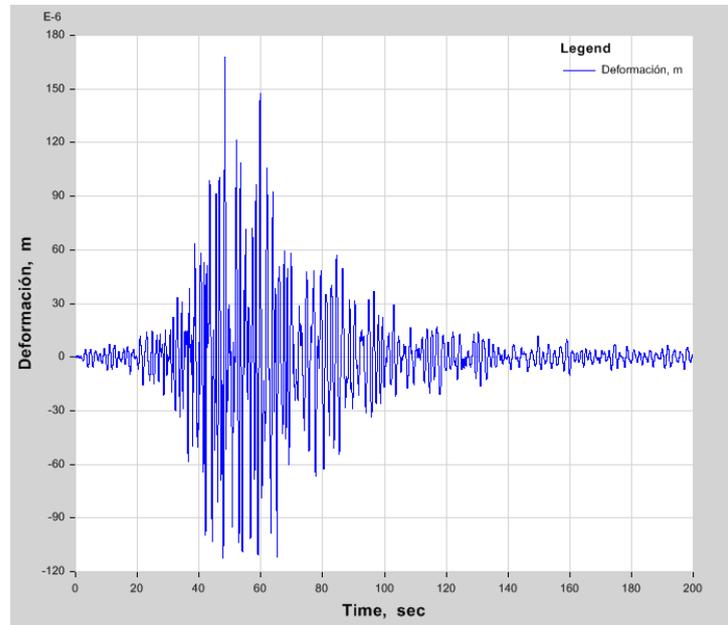
**Figura 6.104.-** Deformación en el tiempo para señal de Moyobamba en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA XX:

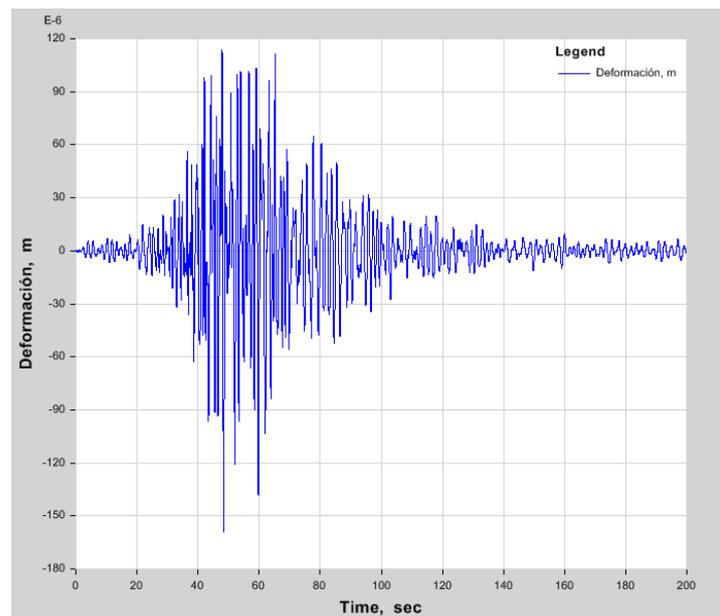
**Figura 6.105.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

OCOÑA YY:

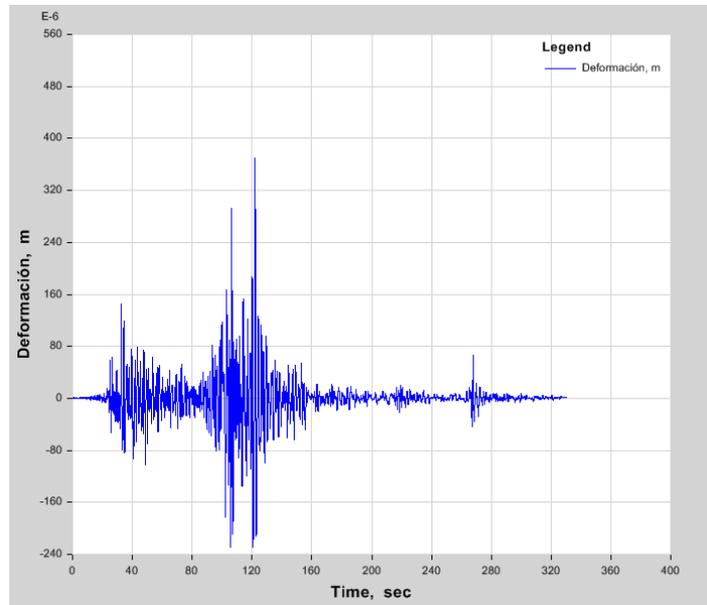
**Figura 6.106.-** Deformación en el tiempo para señal de Ocoña en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO XX:

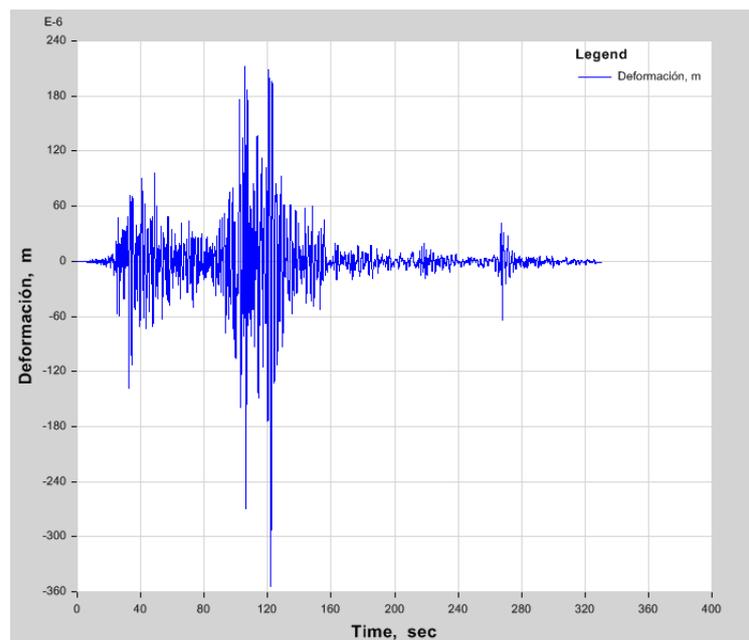
**Figura 6.107.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección X



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

PISCO YY:

**Figura 6.108.-** Deformación en el tiempo para señal de Pisco en dirección Y



**Fuente:** ETABS 2013, 2014

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Para la estructura sin aislamiento el periodo principal es 0.293 seg., luego para las combinaciones de aisladores se ha obteniendo los siguientes periodos, con la primera combinación se obtuvo un periodo de 2.01 seg., de la siguiente combinación se ha obteniendo un periodo de 2.06 seg., y para la tercera combinación se ha obteniendo un periodo de 1.83 seg.

Para la estructura aislada en el análisis según norma E.030 se ha obtenido una reducción en las derivas de entrepiso de aproximadamente un 45% en promedio, de una deriva máxima de 0.013 a valores de 0.0066 en el eje X, y de 0.004 a valores de 0.0021 en el eje Y. El cortante basal se ha reducido en promedio 49%, obteniendo en el eje X un cortante en la base de 369.22 Tn. para la estructura sin aislamiento, llegando a valores de 203.75 Tn., 198.42 Tn., 183.84 Tn. para las combinaciones de aisladores respectivamente; y en el eje Y se ha obtenido un cortante de 387.69 Tn. reduciendo hasta valores de 196.59 Tn., 191.10 Tn. y 180.55 Tn. llegando a reducir hasta el 51% en promedio. Los desplazamientos son más uniformes en la estructura con aisladores, y el menor desplazamiento es de la tercera combinación de aisladores que cuentan con el núcleo de plomo obteniendo una reducción de 10% a comparación de las otras dos combinaciones, sin embargo los desplazamientos absolutos a nivel de diafragmas no son menores que en la estructura sin aislamiento.

Para el análisis según ASCE 7-10, para la estructura con aisladores se ha obtenido los siguientes resultados: para en el sismo de diseño una reducción en las derivas de entrepiso de aproximadamente un 46% en promedio, de una deriva máxima de 0.0013 a valores de 0.00067 en el eje X, y de 0.0047 a valores de 0.0021 en el eje Y, en promedio de 50% de la derivas máxima. El cortante basal se ha reducido en promedio de 52% en la dirección X, obteniendo un cortante en la base de 445.05 Tn. para la estructura sin aislamiento, alcanzando valores de 221.97 Tn., 215.62 Tn., y 200.50 Tn respectivamente para las combinaciones de aisladores; y en el eje Y se ha reducido aproximadamente el 55%, obteniendo un cortante en la base de 466.24 Tn. para la estructura sin aislamiento, alcanzando valores de 213.70 Tn, 208.84 Tn, y 196.70 Tn. para las combinaciones de aisladores respectivas. Los desplazamientos absolutos al igual que en el caso anterior son menores para la tercera combinación de aisladores y en su distribución vertical son más uniformes, sin embargo a nivel de diafragmas no son menores que en la estructura sin aislamiento.

Para el sismo máximo considerado se ha obtenido una reducción en las derivas de entrepiso en promedio del 46% en el eje X, de un valor máximo de 0.0020 en la estructura sin aislamiento a un valor máximo de la estructura aislada de 0.0010, y para el eje Y se ha obtenido una reducción en promedio de 50% con un valor máximo de 0.007 para la estructura sin aislamiento a un valor máximo de la estructura aislada de 0.0032. El cortante en la base se ha reducido aproximadamente el 52% en el eje X, obteniendo para la estructura sin aislamiento un valor de 667.63 Tn., y para las combinaciones de aisladores se ha alcanzado 332.98 Tn., 323.45 Tn., y 300.76 Tn respectivamente; para el eje Y se ha obtenido una reducción en promedio del 55%, obteniendo para la estructura sin aislamiento un valor de 699.41 Tn., y para las combinaciones de aisladores se ha alcanzado 320.57 Tn., 313.29 Tn., y 295.09 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos al igual que en el caso anterior son menores para la tercera combinación de aisladores y en su distribución vertical son más uniformes, sin embargo a nivel de diafragmas no son menores que en la estructura sin aislamiento.

Para el análisis tiempo-historia, se ha verificado que es la mejor opción para el diseño pues ha mostrado variados comportamientos en los resultados, considerando también que el espectro de la norma no es idóneo para periodos mayores a 2 seg. La comparación y discusión del análisis de los acelerogramas escalados se presenta a continuación:

Para la señal de Chimbote, se ha disminuido las derivas en un 85% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00175, a una deriva de 0.00026 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 84%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00522, a una deriva de 0.00073 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 87%, con un valor de 534.49 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 75.77 Tn., 66.66 Tn., y 66.61 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 85%, con un valor de 428.21 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 71.76 Tn., 64.63 Tn., y 62.79 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos en el eje X a nivel de diafragma son menores que la estructura sin aislamiento en un promedio de 46%, para el eje Y, los desplazamientos de los diafragmas del 2° y 3° nivel son menores que los

desplazamientos de la estructura sin aislamiento, sin embargo el desplazamiento absoluto del diafragma del 1° nivel es mayor que el de la estructura sin aislamiento.

Para la señal de Lima de 1966, se ha disminuido las derivas en un 72% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00056, a una deriva de 0.00013 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 95%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0097, a una deriva de 0.00042 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 93%, con un valor de 782.63 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 58.16 Tn., 59.88 Tn., y 47.20 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 94%, con un valor de 899.27 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 60.02 Tn., 60.62 Tn., y 47.27 Tn. respectivamente. Los desplazamientos para el eje X a nivel de diafragmas se han reducido en un 78% en promedio y para el eje Y han disminuido en 66%.

Para la señal de Lima de 1974, se ha disminuido las derivas en un 87% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00205, a una deriva de 0.00024 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 90%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00762, a una deriva de 0.00073 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 87%, con un valor de 775.13 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 105.31 Tn., 101.07 Tn., y 91.88 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 86%, con un valor de 707.51 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 100.38 Tn., 98.39 Tn., y 91.58 Tn. respectivamente. Los desplazamientos en el eje X a nivel de diafragma se han reducido en un 58% en promedio, y para el eje Y se han disminuido en un promedio de 40%.

Para la señal de Ica, se ha disminuido las derivas en un 14% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0014, a una deriva de 0.0010 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 54%, obteniendo una deriva de

entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0077, a una deriva de 0.0030 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 57%, con un valor de 788.26 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 382.08 Tn., 374.33 Tn., y 261.72 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 56%, con un valor de 746.10 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 367.94 Tn., 355.03 Tn., y 266.74 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos para el eje X y el eje Y a nivel de diafragmas son mayores que los desplazamientos en la estructura sin aislamiento.

Para la señal de Pisco, se ha disminuido las derivas en un 54% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0022, a una deriva de 0.00089 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 61%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0078, a una deriva de 0.0027 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 77%, con un valor de 866.00 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 225.81 Tn., 212.09 Tn., y 165.66 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 75%, con un valor de 757.19 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 207.94 Tn., 194.64 Tn., y 157.11 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos en el eje X y en el eje Y a nivel de diafragmas no superan los desplazamientos de la estructura sin aislamiento.

Para la señal de Moyobamba, se ha disminuido las derivas en un 67% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00174, a una deriva de 0.00061 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 70%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.0056, a una deriva de 0.0018 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 70%, con un valor de 691.79 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 210.37 Tn., 208.61 Tn., y 190.67 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 72%, con un valor de 731.01 Tn para la

estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 211.20 Tn., 210.95 Tn., y 188.52 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos a nivel de diafragma en el eje X son menores en un 10% que los desplazamientos de la estructura sin aislamiento, y en el eje Y los desplazamiento absolutos únicamente del 3° diafragma superan los desplazamientos de la estructura sin aislamiento, el resto de diafragmas del 2° y 1° nivel no superan los desplazamientos de la estructura sin aislamiento.

Para la señal de Ocoña, se ha disminuido las derivas en un 80% en promedio para la dirección X, obteniendo desde una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.002, a una deriva de 0.0004 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores; y para el eje Y se ha disminuido en un 80%, obteniendo una deriva de entrepiso para la estructura sin aislamiento de 0.00546, a una deriva de 0.00116 como la deriva mínima de las combinaciones de aisladores. Las fuerzas en la base se han reducido en aproximadamente 80%, con un valor de 721.74 Tn. para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 92.92 Tn., 95.49 Tn., y 80.06 Tn. respectivamente para el eje X, para el eje Y las fuerzas en la base se han reducido aproximadamente 86%, con un valor de 685.63 Tn para la estructura sin aislamiento, y para las combinaciones de aisladores se tiene 97.23 Tn., 96.89 Tn., y 79.75 Tn. respectivamente. Los desplazamientos absolutos a nivel de diafragmas en el eje X y Y disminuyen en un 45% y 30% respectivamente a comparación con los desplazamientos de la estructura sin aislamiento.

## CONCLUSIONES

1. Para la estructura con aisladores sísmicos, la respuesta estructural tiene un mejor comportamiento que el edificio sin aisladores sísmicos, debido a que las derivas y fuerzas en la base son minimizados, aunque los aisladores presentan un mayor desplazamiento a nivel de diafragmas y diferentes valores de desplazamientos absolutos para el análisis tiempo-historia.
2. Para la estructura con aisladores respecto de la estructura convencional las derivas de entrepiso se han disminuido en varios porcentajes. En promedio se ha disminuido en un 60%, teniendo como máximo un 88% para el sismo de Lima de 1974 y un mínimo del 34% para el sismo de Ica.
3. Para el análisis de fuerzas en la base se concluye que el resultado es variado. En promedio se ha disminuido en un 79%, teniendo como máximo un 93% para el sismo de Lima del año 1966, y un mínimo de 49% para el espectro de la norma E.030.
4. Para la estructura aislada los desplazamientos obtenidos muestran una mejor distribución vertical, y sus valores son variados frente a los espectros mostrados. Los desplazamientos generales son mayores que los desplazamientos de la estructura sin aislamiento, mientras que los desplazamientos absolutos son variados obteniendo un aumento para los análisis espectrales en un 43% de promedio, y para el análisis tiempo – historia para el sismo de Ica del 2007 se muestra aumento en promedio del 48%, mientras para el sismo de Lima 1966 se muestra disminución de 85%, y en promedio general para el análisis un promedio de reducción de 67%.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio para apreciar la posibilidad económica de construir un edificio con aislamiento en la base, considerando una visión interdisciplinaria para la investigación.
2. Realizar un estudio para que el espectro de diseño de la Norma de Diseño Sismorresistente se adapte para todos los tipos de suelo.
3. Realizar un diseño completo de la conexión entre los aisladores y la estructura, para este caso se usaron pernos de anclaje pero únicamente se ha realizado la verificación al volcamiento.

## REFERENCIAS

- American Society of Civil Engineers (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: ASCE.
- Cámara Peruana de la Construcción (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones – Diseño Sismorresistente E-030*. Perú: CAPECO.
- Cámara Peruana de la Construcción (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones – Cargas E-020*. Perú: CAPECO.
- Tafur Chilón, W. M. (2011). *Influencia de aisladores elastoméricos en el análisis de un prototipo de edificio educacional*. (Tesis para título). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Korswagen, P., Arias, J., HUaringa, P. (2012). *Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú*. (Tesis para título). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Guillén Zambrano, J. (2012) *Tendencias actuales en la construcción sismorresistente para edificios en hormigón armado*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Cando, F., Monrroy, C., Ortega, J. & Puerres, O. (2012) *Aislación sísmica de un edificio (Análisis comparativo de comportamiento y costos con un edificio tradicional)*. (Tesis para título). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Lema Toapanta, E. (2013). *Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos en ETABS*. (Tesis para título). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Aguiar Falconí, R. (2013). *Microzonificación sísmica de Quito*. Valle de los Chillos, Quito, Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Aguiar, R., Almazan, J. L., Dechent, P. & Suarez, V. (2008). *Aisladores de base elastoméricos y FPS*. Valle de los Chillos, Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Meza, R., Sánchez, E. (2010). *Guía de diseño sísmico de aisladores elastoméricos y de fricción para la República de Nicaragua*. (Tesis para título). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.

Aguiar Falconí, R. (2008). *Análisis Sísmico de Edificios*. Quito, Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

Edelstein. R. (mayo, 2006). *Influencia de la aislación sísmica de estructuras*. Ponencia presentada en el II Congreso de Ingeniería Estructural, Sísmica y Puentes.

Kuroiwa Hirachi, J. (2005). *Reducción de Desastres*. (2ª Edición). Lima, Perú: Bruño.

Bolaños Luna, A. & Monroy Concha, O. (2004). *Espectros de Peligro Sísmico Uniforme*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

Villarreal Castro, G. & Oviedo Sarmiento, R. (2009). *Edificaciones con Disipadores de Energía*. Lima, Perú: Instituto Pacífico.

Dynamic Isolation Systems (n.d.). *Isolator Engineering Properties*. Artículo recuperado de <http://www.dis-inc.com/technical.html>

## PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 6.109.-** Vista posterior del pabellón



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.110.-** Medición de columnas



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.111.-** Medición de distancias entre columnas y ventanas



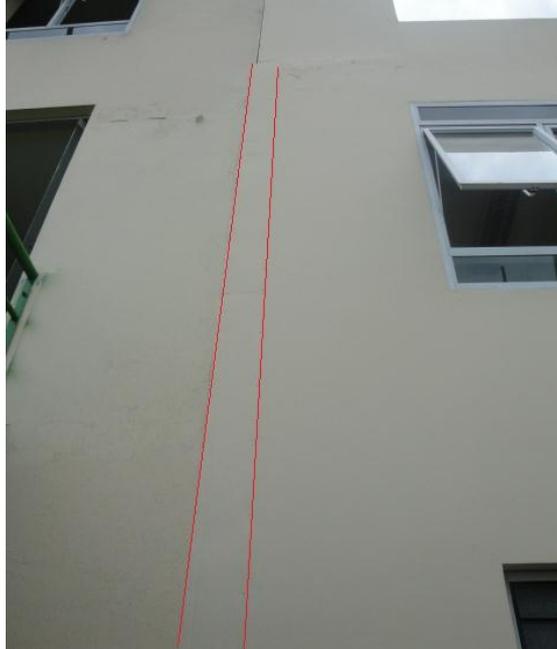
**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.112.-** Medición de ancho de corredor



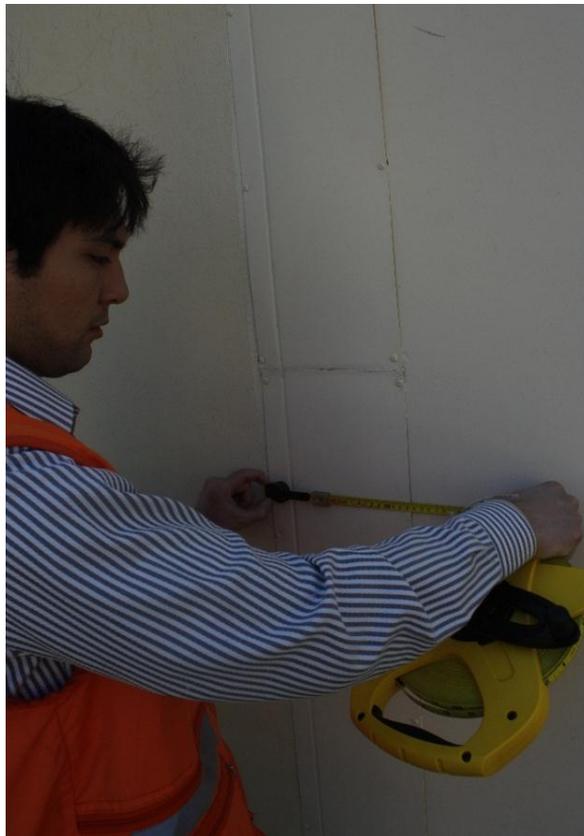
**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.113.-** Vista junta de separación sísmica



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.114.-** Medición junta de separación sísmica



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.115.-** Junta de separación sísmica Interna



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.616-** Medición de puertas e ingresos



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.117.-** Vista de vigas metálicas y cobertura de madera



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

**Figura 6.118.-** Medición de fachada externa



**Fuente:** Elaboración propia, 2014

## **ANEXOS**

ANEXO N° 1. Mapas de ordenadas espectrales

ANEXO N° 2. Diseño de los aisladores

ANEXO N° 3. Espectros de respuesta elásticos para señales sísmicas

ANEXO N° 4. Planos de sistema de aislación, y combinación de aisladores.

ANEXO N° 5. Características de aisladores

ANEXO N° 6. Mapa de Calificación de Provincias según niveles de peligro sísmicos

ANEXO N° 7. Mapa de peligros Cajamarca

ANEXO N° 8. Planos Pabellón A Universidad Privada del Norte