



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis Comparativo de la Respuesta Estructural de un Edificio  
de Concreto Armado con Disipador de energía y con Aislador  
Sísmico, Lima – 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

**AUTORA:**

Quiroz Perez, Laura Leonela ([0000-0002-0296-5645](mailto:0000-0002-0296-5645))

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo ([0000-0002-0655-523X](mailto:0000-0002-0655-523X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A Dios, el Creador del Universo, por su amor infinito y por su gran misericordia.

A mis padres por ayudarme a cumplir mis sueños, a quien les debo todo lo que soy.

Con mi más sincero amor!!.

## **Agradecimiento**

A Dios por ser mi guía, mi luz y mi esperanza y por darme la fuerza necesaria de culminar con éxito mis estudios.

A mis padres: Quiroz Quispe Gelber & Perez Hernández Flor Edita, por ser el motor de mi vida, por confiar en mí y creer en mis expectativas.

Agradezco al Asesor Mg. Rosario Minaya Carlos Danilo, por brindarnos su conocimiento y sobre todo por tenernos toda la paciencia durante el desarrollo de la tesis, y a mis amig@s por su constante apoyo.

Muchas Gracias.

## Índice de contenidos

CARÁTULA .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y Diseño Metodológico:.....	23
3.2. Variables, Operacionalización .....	24
3.3. Población, Muestra, muestreo y unidad de análisis .....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
3.5. Procedimiento .....	29
3.6. Método de Análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos Éticos .....	30
IV. RESULTADOS .....	31
4.3 Modelo del edificio multifamiliar de 12 niveles en el software ETABS- Versión16.2.0 .....	41
4.4 Parámetros normativos para utilizar sistemas de disipación y aislamiento sísmico. ....	42
1.1 Incorporación de los disipadores en el modelo estructural.....	64
1.2 Incorporación de los aisladores en el modelo estructural.....	78
V. DISCUSIONES .....	91
VI. CONCLUSIONES.....	105
VII. RECOMENDACIONES .....	108
REFERENCIAS.....	110
ANEXOS .....	116

## Índice de tablas

Tabla 1: Valores de Lamda .....	16
Tabla 2: Valores del coeficiente de amortiguamiento .....	18
Tabla 3: Sistema estructural .....	20
Tabla 4: Sistema estructural .....	40
Tabla 5: Límites de distorsión de entrepiso .....	42
Tabla 6: se presentan los periodos naturales de vibración calculados con el software .....	43
Tabla 7: Parámetros sísmicos .....	46
Tabla 8: Cálculo de la cortante basal en estática en dirección X .....	47
Tabla 9: Cálculo de la cortante basal en estática en dirección Y .....	48
Tabla 10: Cálculo de la cortante basal estática en dirección X con ETABS .....	49
Tabla 11: Cálculo de la cortante basal estática en dirección Y con ETABS .....	49
Tabla 12: Resumen de cortantes basales estáticas – manual y ETABS .....	50
Tabla 13: Cálculo de la cortante basal en estática en dirección X .....	51
Tabla 14: Cálculo de la cortante basal dinámica en dirección X .....	52
Tabla 15: Cálculo de la cortante basal dinámica en dirección X .....	53
Tabla 16: Comparación de Cortante basal estática y dinámica .....	53
Tabla 17: Desplazamientos del Análisis Dinámico en la dirección X .....	54
Tabla 18: Desplazamientos del Análisis Estático en la dirección X .....	54
Tabla 19: Desplazamientos del Análisis Dinámico en la dirección Y .....	55
Tabla 20: Desplazamientos del Análisis Estático en la dirección Y .....	56
Tabla 21: Cálculo de los desplazamiento del análisis estático en dirección X .....	57
Tabla 22: Cálculo de los desplazamiento del análisis estático en dirección X .....	58
Tabla 23: Fuerzas cortantes mínimas .....	59
Tabla 24: $\omega$ : Frecuencia circular de vibración .....	61
Tabla 25: Cálculo de $\phi_{ri1} + \alpha * \cos 1 + \alpha \theta_i$ en X – Y .....	61
Tabla 26: Sumatoria de Masa por desplazamiento relativo por piso en X -Y .....	62
Tabla 27: Desplazamientos en la dirección X del modelo con disipador .....	67
Tabla 28: Desplazamientos en la dirección Y del modelo con disipador .....	68
Tabla 29: Comparación de derivas en X modelo patrón Vr modelo con disipador .....	69
Tabla 30: Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con disipador .....	70
Tabla 31: Factor de amortiguamiento .....	71

Tabla 32: Parámetros de para el desplazamiento .....	71
Tabla 33: Parámetros para PT.....	72
Tabla 34: Parámetros para DTM .....	72
Tabla 35: Parámetros para DTM.....	72
Tabla 36: Propiedades de diseño del aislador.....	74
Tabla 37: Resumen de las características del aislador .....	77
Tabla 38: Parámetros del aislador en las direcciones X & Y; para ingresar al software.....	77
Tabla 39: Parámetros del aislador en la direccione Z; para ingresar al software .	77
Tabla 40: Desplazamientos en la dirección X del modelo con aislador.....	81
Tabla 41: Desplazamientos en la dirección Y del modelo con aislador.....	82
Tabla 42: Comparación de derivas en X: modelo patrón Vr modelo con aislador	83
Tabla 43: Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con aislador .	84
Tabla 44: Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X.....	85
Tabla 45: Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y .....	86
Tabla 46: Comparación de desplazamiento en Y modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador .....	87
Tabla 47: Comparación de desplazamiento en X modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador .....	88
Tabla 48: Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador .....	89
Tabla 49: Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador .....	90
Tabla 50: Comparación de derivas en X modelo patrón Vr modelo con disipador	94
Tabla 51: Comparación de derivas en Y: Modelo patrón Vr Modelo con disipador .....	95
Tabla 52: Porcentaje de reducción de derivas en X .....	97
Tabla 53: Se muestra el porcentaje de reducción promedio con aislador en la dirección Y es de 58.51%.....	98
Tabla 54: Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin disipador en la dirección X es de 53.78%.....	102
Tabla 55: Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin disipador en la dirección Y es de 48.49%.....	103

Tabla 56: Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin aislador en la dirección X es de 52.56%.....	103
Tabla 57: Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin aislador en la dirección Y es de 52.56%.....	104

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Mapa Sísmico del Perú – Fuente: IGP .....	3
Figura 2: Disipador de fluido-viscoso – Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica .....	14
Figura 3: Instalación del disipador – Fuente: Avilés .....	14
Figura 4: Aislador con núcleo de plomo - Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica....	17
Figura 5: Ubicación – Fuente: Google maps .....	32
Figura 6: Distribución en planta de la cimentación .....	33
Figura 7: Distribución de la losa (1er piso -6to piso) .....	33
Figura 8: Distribución de la losa (7mo piso -12vo piso).....	34
Figura 9: Definición de losa en 2 direcciones – Fuente: Propia.....	34
Figura 10: Definición de losa maciza – Fuente: Propia .....	35
Figura 11: Definición de viga 01 – Fuente: Propia.....	35
Figura 12: Definición de viga 02 – Fuente: Propia.....	36
Figura 13: Definición de viga del ascensor – Fuente: Propia .....	36
Figura 14: Definición de columna 01 – Fuente: Propia.....	37
Figura 15: Definición de columna 02 – Fuente: Propia.....	37
Figura 16: Definición de columna 03 – Fuente: Propia.....	38
Figura 17: Definición de columna 04 – Fuente: Propia.....	38
Figura 18: Propiedades del concreto – Fuente: Propia .....	39
Figura 19: Propiedades del acero – Fuente: Propia .....	39
Figura 20: Modelo de la estructura convencional - Fuente: Propia .....	41
Figura 21: Mapa de zonificación sísmica – Fuente: NTP E.030.....	42
Figura 22: Distribución de fuerzas y cortantes en dirección X - Fuente: Propia ..	47
Figura 23: Distribución de fuerzas y cortantes en dirección Y – Fuente: Propia ..	48
Figura 24: Espectro de Pseudo aceleraciones X – Y -Fuente: Propia.....	51
Figura 25: Espectro de Pseudo aceleraciones X – Y - Fuente: Propia.....	52
Figura 26: Desplazamientos inelásticos en la dirección X – Modelo Patrón – Fuente: Propia.....	55
Figura 27: Desplazamientos inelásticos en la dirección Y – Modelo Patrón - Fuente: Propia.....	56
Figura 28: Derivas por piso en la dirección X–Modelo Patrón - Fuente: Propia ...	58
Figura 29: Derivas por piso en la dirección Y –Modelo Patrón - Fuente: Propia .	59



Figura 30: Disipadores de fluido viscoso en disposición diagonal – Fuente: Propia .....	63
Figura 31: Ubicación en planta de los disipadores – Fuente: Propia.....	64
Figura 32: Propiedades del disipador en disposición diagonal en X – Fuente, Propia.....	64
Figura 33: Propiedades del disipador en disposición diagonal en Y – Fuente: Propia.....	64
Figura 34: Disposición Diagonal en X – Fuente: Propia .....	65
Figura 35: Disposición Diagonal en Y – Fuente: Propia .....	65
Figura 36: Modelo de la estructura con disipador fluido – viscoso – Fuente: Propia .....	66
Figura 37: Desplazamientos por piso en la dirección X - Fuente: Propia .....	67
Figura 38: Desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia .....	68
Figura 39: Comparación de Derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia	69
Figura 40: Comparación de Derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia	70
Figura 41: Propiedades del aislador en Z – Fuente: Propia .....	78
Figura 42: Propiedades del aislador en X – Fuente: Propia .....	78
Figura 43: Propiedades del aislador en Y – Fuente: Propia .....	79
Figura 44: Asignación de los aisladores en la base – Fuente: Propia.....	79
Figura 45: Modelo de la estructura con aislador con núcleo de plomo – Fuente: Propia.....	80
Figura 46: Desplazamientos por piso en la dirección X – Fuente: Propia .....	81
Figura 47: Desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia .....	82
Figura 48: Comparación de Derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia	83
Figura 49: Comparación de Derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia	84
Figura 50: Comparación de cortantes por piso en la dirección X – Fuente: Propia .....	85
Figura 51: Comparación de cortantes por piso en la dirección X – Fuente: Propia .....	86
Figura 52: Comparación de desplazamiento por piso en la dirección Y – Fuente: Propia.....	87
Figura 53: Comparación de desplazamiento por piso en la dirección X – Fuente: Propia.....	88

Figura 54: Comparación de desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia.....	89
Figura 55: Comparación de desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia.....	90
Figura 56: Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia.	94
Figura 57: Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia .	95
Figura 58: Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia .	97
Figura 59: Comparación de derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia .	98
Figura 60: Comparación de cortantes por piso en la dirección X – Fuente: Propia .....	100
Figura 61: Comparación de cortantes por piso en la dirección Y – Fuente: Propia .....	101
Figura 62: Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia	101
Figura 63: Comparación de derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia	102
Figura 64: Comparación de desplazamientos por piso en la dirección X & Y – Fuente: Propia.....	104

## **Resumen**

En el presente trabajo se realizó el análisis comparativo de la respuesta estructural del sistema convencional, con la estructura con disipador de fluido – viscoso y la misma con aislador de núcleo de plomo en un edificio aporticado de 12 niveles. Su objetivo principal de la investigación fue comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con disipador de energía y un edificio con aislador sísmico, en cuanto a la respuesta estructural, Lima - 2020.

Esta investigación se desarrolló con el único propósito de dar una solución al problema planteado, incorporando sistemas de protección sísmica, para mejorar la respuesta de la estructura, y ver cuán favorable es el uso de estos dispositivos.

En la investigación, se utilizó la metodología cuasiexperimental, donde, se realizó el análisis dinámico, llegando a obtener resultados favorables como las cortantes por piso y reduciendo los desplazamientos laterales y las derivas sísmicas, los cuales favorecen significativamente su respuesta estructural del edificio.

Finalmente, al incorporar estos sistemas protección sísmica ayudan en gran manera a mejorar la respuesta estructural de un edificio, por otro lado, se sugirió realizar más estudios con la incorporación de otros tipos de disipadores como aisladores.

**Palabras claves:** Disipador de fluido – viscoso, Aislador con núcleo de plomo, respuesta estructural.

## **Abstract**

In the present work, the comparative analysis of the structural response was carried out for the conventional system, for the structure with a viscous fluid dissipator and the same with a lead core insulator in a 12-level built-in building. His main objective of the research was to compare the differences between a reinforced concrete building with an energy dissipation and a building with a seismic isolator, in terms of structural response, Lima - 2020.

This research was developed with the sole purpose of providing a solution to the problem raised, incorporating seismic protection systems, to improve the response of the structure, and see how favorable the use of these devices is.

In the research, the quasi-experimental methodology was used, where the dynamic analysis was carried out, obtaining favorable results such as shear per floor and reducing lateral displacements and seismic drifts, which significantly favor the structural response of the building.

Finally, by incorporating these seismic protection systems they greatly help to improve the structural response of a building, on the other hand, it was suggested to carry out more studies with the incorporation of other types of dissipators as isolators.

**Keywords:** Fluid dissipator - viscous, Lead core insulator, structural response

## **I. INTRODUCCIÓN**

**Realidad problemática.** Los eventos sísmicos que ocurren a nivel mundial, han provocado terribles desastres a lo largo de la historia, tal es el caso que se dio en EE. UU Alaska en el año 1964 con una magnitud de 9.2 en la escala de MW, tenemos a Chile el pasado 27 de febrero del 2010 con una magnitud de 8.8, registrándose más de 500 víctimas mortales, 2 millones de ciudadanos damnificados y perjuicios en medio millón de viviendas. Otro caso desastroso fue en Japón ocurrido el 11 de marzo del 2011 con una magnitud de 9 que sacudió el Este de Japón. Esta catástrofe dejó miles de muertos y más de 100.000 personas se vieron obligadas a abandonar sus viviendas. Cabe mencionar que estos fenómenos afectan directamente a toda la sociedad, al crecimiento económico y al índice de desarrollo sostenible.

Ante la problemática de los sismos severos se implementó códigos y normas como FEMA, ASCE, ATC 40, VISION 2000 en donde se estipulan, procedimientos de construcción y reforzamiento de edificaciones, enfocándose principalmente en la implementación de **sistemas de protección sísmica**, tal es el caso del edificio Codelco en Chile y el Museo Nacional de Arte Occidental en Japón; cuenta con sistema de aislamiento en la base,

Perú es un país altamente sísmico tal y como se indica, “Perú es uno de los países con mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto” [1]. Así mismo cabe recalcar algunos de los sismos más devastadores de nuestro país fue en Ancash el año 1970 con una magnitud de 7.8 en la escala Richter, en Pisco el 15 de agosto 2007 se produjo un sismo de magnitud 7.9 en escala de MW y 7 en Richter, el último sismo con magnitud 8 fue en Loreto ocurrido el año 2019.

Así como en los países desarrollados, en Perú se estableció normas técnicas como la E.030 y la E.031, (Diseño Sismoresistente y Aislamiento Sísmico respectivamente), son adaptación de códigos americanos. Es preciso mencionar que nuestro país adoptó las nuevas tecnologías de **protección sísmica** en diversos proyectos: La torre del aeropuerto Jorge Chávez cuenta con disipador de energía y

el centro de investigación de la FIC - UNI cuenta con aislador de base, también las universidades UPC y PUCP tienen disipador y aislador sísmico respectivamente.

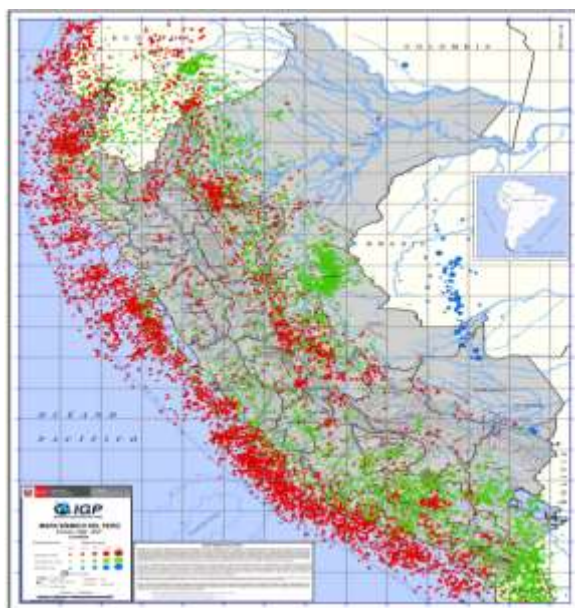


Figura 1: Mapa Sísmico del Perú – Fuente: IGP

Lima la capital se ubica en la Zona 4, zona donde se presenta una gran actividad sísmica, a la vez provocando una gran amenaza y un alto riesgo de vulnerabilidad tanto a los seres humanos como a las edificaciones. Estas ocurrencias sísmicas, originan la necesidad de prepararse y capacitarse para desarrollar proyectos de calidad de esa forma reducir pérdidas ocasionadas por estos fenómenos naturales.

Los aisladores y disipadores de energía son dispositivos que se emplean en las edificaciones con el fin de mejorar el comportamiento de la respuesta estructural ante eventos poco frecuentes, intermedios o severos. Ante ello nuestra norma E.031 tiene como finalidad Mejorar el nivel de desempeño sísmico de las estructuras, proteger su contenido y buscar su operatividad continúa.

Por ello es importante dar a conocer el potencial que porta estos sistemas de control de respuesta sísmica tanto los disipadores de fluido – viscoso como los aisladores con núcleo de plomo en relación a la protección de edificios. Por tanto, es recomendable adoptar esta alternativa en construcciones nuevas como en reforzamientos. De esta manera se mejore la capacidad resistente de las edificaciones y se pueda salvaguardar la vida de los ocupantes.

## **Formulación del Problema**

Los eventos sísmicos ocurridos en Ancash, Pisco y Loreto, han demostrado terribles consecuencias de las malas prácticas constructivas. Por ello, muchos ingenieros e investigadores se dieron la tarea de buscar métodos de diseño para incrementar la capacidad resistente de las edificaciones. Consecuentemente, se implementaron los sistemas de protección sísmicos (Aisladores y disipadores).

Ante esta situación problemática se plantea como **Problema general**

¿Cuánto es la diferencia en la respuesta estructural de un edificio de concreto armado con disipador de energía y con aislador sísmico, Lima-2020?

## **Problemas específicos**

¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con disipador y sin disipador de fluido-viscoso, Lima-2020?

¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con aislador y sin aislador con núcleo de plomo, Lima-2020?

¿Cuánto es la diferencia de las cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio de concreto armado con disipador de fluido-viscoso y con aislador con núcleo de plomo, que resulten al efectuar el análisis sísmico, Lima-2020?

## **Justificación del estudio**

Esta investigación se justifica bajo los siguientes criterios. **Valor teórico:** da conocer cuan favorable es el uso de disipadores de fluido viscoso y los aisladores de núcleo de plomo en el estudio de la respuesta estructural, teniendo en cuenta los parámetros normativos; E.030, la E.031 y el ASCE. **Implicaciones prácticas:** La investigación permite entender la influencia de estos sistemas de protección sísmicas en la mejora de la respuesta estructural ayudando a mitigar los posibles perjuicios que se puede presentar en el edificio. **Utilidad Metodológica:** Esta investigación científica se fundamenta bajo códigos normativos, así mismo, se basa en la metodología del análisis modal espectral con la implementación de dispositivos sísmicos. **Relevancia social:** La incorporación de sistemas de protección sísmica logré contribuir a la sociedad con una calidad de vida más elevada y más segura. Es por esta razón que realizo esta investigación cuya



información que se presenta en esta tesis sirva de guía para otras futuras investigaciones.

### **Objetivo General**

Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con disipador de energía y un edificio con aislador sísmico, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.

### **Objetivo Especifico**

Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con disipador y sin disipador de fluido-viscoso, en cuánto a la respuesta estructural, Lima-2020.

Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con aislador y sin aislador con núcleo de plomo, en cuánto a la respuesta estructural, Lima-2020.

Comparar las diferencias entre las cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio de concreto armado con disipador de fluido-viscoso y un edificio con aislador con núcleo de plomo, que resulten al efectuar el análisis modal espectral, Lima-2020.

### **Hipótesis General**

La incorporación de los disipadores de energía y aisladores sísmico presentará una mejora en las edificaciones de concreto armado, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.

### **Hipótesis Especifica**

La incorporación de los disipadores de fluido-viscoso en un edificio de concreto armado presentará una mejora en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.

La incorporación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado presentará una mejora en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.

La incorporación de los disipadores de fluido-viscoso y aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas que resultan al efectuar el análisis modal espectral, Lima-2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Esta investigación se fundamentada por los siguientes **antecedentes Nacionales**

REYNA FLORES, Alisson Kimberly (2017), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, titulada ***“Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura”*** de la **Universidad César Vallejo - Perú**. Fijo como **objetivo general**, determinar la respuesta sísmica de las edificaciones mediante el análisis tiempo-historia con y sin el empleo de aisladores sísmicos. La metodología fue de **tipo** aplicada porque se basó en la obtención de datos teóricos y documentación, su **población** fue las edificaciones de diferentes niveles en la ciudad de Lima, la **muestra** fue 6 edificios de diferente altura y su **muestreo** fue no probabilístico, los **instrumento** que empleó fue el software ETABS-2015 y las normativas. Obtuvo los siguientes **resultados**, la comparación de periodos, derivas y desplazamiento en cada edificación con y sin aislador donde se muestra que los periodos con el aislador son mayores a los periodos sin aislador; con respecto a las derivas y desplazamientos estos varían dependiendo de la altura de la estructura. El autor **concluyó** que al emplear los aisladores sísmicos aumentan los periodos y las drift disminuye<sup>2</sup>.

CHILÓN ZÁRATE, Eder Alexis (2019), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, titulada ***“Diseño y Análisis Sísmico Comparativo Entre un Sistema Con Aisladores de Núcleo de Plomo y un Sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una Edificación de 4 Niveles, Chiclayo, 2019”*** de la **Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - Perú**. Fijo como **objetivo general**, realizar el análisis sísmico al sistema estructural con aisladores de núcleo de plomo y al sistema estructural con disipadores de fluido viscoso para una edificación de 4 niveles. La metodología fue de **tipo** descriptiva porque se basa en el estudio de documentaciones realizadas por otros autores, su **población y muestra** en estudio fue el edificio del Centro de capacitación y servicios de odontología – USAT, el **instrumento** que empleó fue el software ETABS-Vs.16.2. Obtuvo los siguientes **resultados**, para la estructura con disipador adquirió un  $T = 0.39s$  y para la estructura con aislador un  $T = 2.8s$ , también logró disminuir los desplazamientos y las derivas de los entresijos. El autor **concluyó**, los aisladores

de núcleo de plomo lograron disminuir un 89% los desplazamientos y las drift en un 91%; mientras que con los disipadores de fluido viscoso logró reducir un 37% en desplazamientos y en un 40% las drift<sup>3</sup>.

OTINIANO VASQUEZ, Jeyson Bryan (2019), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, titulada ***“Desempeño Sísmico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía Viscosos, Trujillo 2019”*** de la **Universidad Privada del Norte - Perú**. Preciso como **objetivo general**, determinar el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de nueve niveles con disipadores de energía viscosos en la ciudad de Trujillo. La metodología fue de **tipo** aplicada porque se basó en la información realizada por otros autores, su **población** en estudio fue los edificios de concreto armado de uso común para oficinas, la **muestra** fue un edificio de concreto armado de 9 niveles, el instrumento fue Tabla ATC-ASCE-FEMA y software ETABS. Llego a los siguientes **resultados**, se realizó el análisis Tiempo-Historia donde las fuerzas máximas en los disipadores para el eje X = 95.00 tonf; mientras que para Y = 78.36 tonf. El autor **concluyó**, que se determinó el desempeño sísmico del edificio con el disipador de fluido viscoso, en la que esta estructura llega a alcanzar un nivel de desempeño de ocupación inmediata<sup>4</sup>.

Esta investigación se fundamentada por los siguientes **antecedentes internacionales**.

RUIZ CARRILLO, Christian Nicolás & TORRES REINO, Angel Ismael (2018), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, titulada ***“Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico de Estructuras Esenciales con Aisladores de Base del Tipo Elastomérico con Núcleo de Plomo LRB y Disipadores Tipo Contraventeos Restringidos al Pandeo BRB, y su Incidencia en la Relación Costo/Beneficio del Sistema Estructural”*** de la **Universidad Técnica de Ambato-Ecuador**. Estableció como **objetivo general**, comparar el comportamiento dinámico de la estructura sin el uso de aisladores de base, con aislamiento basal tipo elastoméricos con núcleo de plomo LRB y con disipadores de energía tipo contraventeos restringidos al Pandeo BRB. La

metodología fue un estudio de **tipo** descriptivo porque se basa mediante la recopilación de información a base de artículos científicos, normas, etc. su **población** fue la edificación de siete plantas de tipo esencial (hospital), la **muestra** fue la estructura de hormigón armado, con losas alivianadas bidireccionales, el **instrumento** que empleó fue el software ETABS-2016. Obtuvo los siguientes **resultados**, después de realizar el análisis Tiempo-Historia la estructura con aislador arrojó un desempeño totalmente operacional mientras que con el disipador de energía tuvo una ocupación inmediata. Es así que **concluyó**, al implementar dispositivos de protección sísmica en edificios esenciales se logra disminuir secciones estructurales, aumenta el nivel de desempeño sísmico a operacional<sup>5</sup>.

MARIN LAGOS, Edgar Camilo (2019), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, titulada “**Análisis Comparativo de la Respuesta Dinámica entre una Estructura Sísmicamente Aislada con Aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) Vs una Estructura Convencional**” de la Universidad de Santander-Colombia. Estableció como **objetivo general**, realizar la incorporación de un sistema de aislación sísmica basal con aisladores de núcleo de plomo en una estructura hospitalaria estableciendo el comportamiento y la respuesta dinámica de ésta, mediante análisis dinámico no lineal, verificando los resultados obtenidos para la misma estructura, pero sin sistema de aislación sísmica. La metodología fue de tipo descriptivo su **población y muestra** fue la edificación hospitalaria de 2 niveles más azotea, el **instrumento** que empleó fue el software ETABS. Obtuvo los siguientes **resultados**, después de realizar el análisis dinámico no lineal en la estructura con aislamiento llegó a presentar una mejor capacidad de resistencia ante movimientos sísmicos. El autor **concluyó**, la implementación de estos dispositivos sísmicos reduce los desplazamientos y derivas en la estructura<sup>6</sup>.

MORALES AIMACAÑA, Alex Ruben & SINCHIGUANO CELA, Juan Andrés (2018), en su trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, titulada “**Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica.**” de la **Universidad Central del Ecuador**. Preciso como **objetivo general** comparar el comportamiento estructural entre una

edificación destinada a vivienda de 8, 12 y 16 pisos, con sistemas de aislación sísmica y disipación de energía, ubicada en el cantón Quito. La metodología fue de **tipo** descriptivo, su **población** fue los edificios de variable altura, la **muestra** fue las viviendas de 8, 12 y 16 pisos, el **instrumento** que empleó fue el programa ETABS-2016. Los **resultados** fueron después de someter la estructura al análisis convencional, con aislamiento en la base y con disipador de energía se determinó que en los 3 edificios con aislamiento los desplazamientos aumentan mientras que con los disipadores estos desplazamientos disminuyen. El autor **concluyó**, para las tres edificaciones los períodos y las derivas disminuyen al implementar el aislador<sup>7</sup>.

Esta investigación se fundamenta por los siguientes **artículos**.

HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Héctor & TENA COLUNGA, Arturo (2018), en su revista científica, titulada ***“Evaluación del Diseño Sísmico Resiliente Conforme al Método de las Fuerzas de Marcos Dúctiles de Acero con Disipadores de Energía Histeréticos”*** En los últimos años ha crecido mucho el estudio de los dispositivos sísmicos ya que tienen una influencia positiva antes las ocurrencias sísmicas, en esta revista utilizaron el análisis dinámico no lineal en el sistema de disipadores de energía histéricos, lo cual fue incorporado a 12 modelos de edificios de variable altura, que se diseñaron con el método de las fuerzas. Por lo tanto, después de realizar el análisis respectivo a cada estructura y evaluar su desempeño sísmico, se llega a confirmar que este dispositivo se puede emplear con confianza en las estructuras. Los disipadores tienen la función de disipar la energía producidos por los sismos y estos tienen un comportamiento muy favorable ante estas ocurrencias<sup>8</sup>.

OVIEDO, Juan Andrés & DUQUE, María del Pilar. En su Revista ***“Disipadores Histeréticos Metálicos como Técnica de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones Colombianas”*** Anteriormente el diseño sísmico solo se ha fundamentado en la resistencia y ductilidad de la estructura, pero en movimientos sísmicos de gran magnitud estos solían causar grandes daños estructurales por lo que surgió la necesidad de implementar técnicas de control de respuesta sísmica en edificaciones colombianas uno de estos sistemas son los disipadores histeréticos metálicos que se emplea con el propósito de disipar la energía de los

sismos para disminuir y controlar los daños, estos sistemas de control es viable para los edificios porque se encargan de amortiguar la estructura y ante un evento sísmico estos sistemas tengan mayor posibilidad de evitar el colapso de la edificación. En **conclusión**, para hacer uso de este dispositivo es necesario hacer un estudio, el costo, verificación de desempeño de la estructura, condiciones locales y cuál es su comportamiento de las edificaciones<sup>9</sup>.

BOZZO, Luis. GONZALES, Helbert and other. En su paper “**Modeling, Analysis and Seismic Design of Structures Using Energy Dissipators SLB**” Las ocurrencias sísmicas severas es una tarea constante donde ingenieros están en la búsqueda de nuevas soluciones, por ello desde 1980 se ha ido desarrollando una variedad de dispositivos sísmicos. En este paper se desarrolló el análisis Tiempo-Historia a un edificio de hormigón de 5 niveles incorporando disipadores de energía SLB con el objetivo de disminuir su respuesta. Después de realizar el análisis Tiempo-Historia, los **resultados** obtenidos de la edificación sin el disipador es una estructura que no cumple con los parámetros y sobrepasa la deriva que dicta la norma, en cambio con el sistema SLB la estructura presenta un mejor comportamiento porque los desplazamientos laterales se redujeron a niveles inferiores de lo que menciona el código normativo. Los autores **concluyeron** que los sistemas de disipadores de energía SLB es una excelente estrategia para tener edificios más seguros así mismo estos sistemas presentan un rendimiento estructural significativo para un mejor desempeño estructural<sup>10</sup>.

T. Subramani , J. Jothi , M. Kavitha, En su Artículo, ” **Earthquake Analysis of Structure by Base Isolation Technique in SAP**” En el estado actual; estas nuevas tecnologías de aislamiento en la base son relevantes ya que su función es mitigar las fuerzas sísmicas en las estructuras. Los terremotos son uno de los peligros naturales, los cuales con llevan a que los arquitectos y los ingenieros busquen una serie de criterios de diseño que contrarresten estos sismos, tal es el uso de los sistemas de aislamiento en la base para proteger a las estructuras contra el daño que causan estas ocurrencias según estudios los aisladores operan de manera positiva ante los terremotos por tanto el aislamiento basal se define como un dispositivo dúctil que se coloca en la base para disminuir las fuerzas sísmicas.

En **conclusión**, la implementación de estos dispositivos disminuye los posibles daños de las estructuras, aunque esto aumenta el costo del proyecto, pero a su vez reduce los posibles colapsos<sup>11</sup>.

R. Aguiar, D. Mora, D. Muñoz, others. En su Revista “***Seismic Response of a Five Story Building with Isolation System and Supplemental Viscous Dampers for Peruvian Seismicity***” Fijo como objetivo general evaluar la respuesta sísmica de un edificio de 5 niveles, que se ubica en la Z4 y el tipo de suelo es S3, que tiene aisladores LRB y amortiguadores viscosos complementarios en su base. Los resultados obtenidos fueron para los desplazamientos laterales de la estructura disminuyeron en un 70% lo cual fue verificado mediante la normativa ASCE 7-16, así mismo se evaluó las derivas en el historial espectral y de tiempo donde su análisis tuvo los resultados similares; como aumenta la amortiguación, entonces las derivas tienden a acrecentar por ello estas derivaciones exceden el límite que establece la normativa. Los autores **concluyeron** que en la respuesta sísmica del edificio hospital con dimensiones en planta  $21.6\text{ m} \times 36.0\text{ m}$ , se logró analizar la influencia de los aisladores y amortiguadores que fueron sujetos a demandas sísmicas en la que resulto compatible con el espectro de la E.030<sup>12</sup>.

AGUILA, Roberto. VERGARA Fernanda, & otros. “***Seismic analysis of a structure with first and second generation FPS insulators and lead core elastomers***” Como toda ocurrencia sísmica severa deja pérdidas humanas y materiales es por ello que se ha desarrollado nuevas técnicas como son los sistemas de disipación pasiva, donde estos sistemas se encargan de aislar a la estructura del suelo producidos por los sismos. Los aisladores de primera generación FPS trabajan en forma de un péndulo invertido y los aisladores de segunda generación FPS lo único que cambia con respecto a los de la primera generación en el análisis y diseño sísmico es el diagrama de histéresis. Los aisladores elastómeros con núcleo de plomo son fabricados a medida para cada proyecto y su función es disipar la energía de los sismos y evitar que la estructura sufra daños exagerados, la edificación de 4 niveles fue sometida a una evaluación con estos dispositivos. Los autores **concluyeron**, la implementación de aislación en la base de la edificación produce menores derivas y desplazamiento<sup>13</sup>.



## **Sistemas de control de respuesta estructural**

Otra forma de realizar el diseño sismoresistente de una edificación es mediante el uso de sistemas de protección sísmica. Estos sistemas tienen por objetivo el de controlar los desplazamientos de la estructura, las derivas, los periodos, (la respuesta estructural) y disminuir la energía de los sismos. Los sistemas de protección sísmica con los que voy a analizar mi edificación son los disipadores de energía de fluido viscoso y los aisladores sísmicos elastómeros con núcleo de plomo pertenecientes a los sistemas de pasivos.

La respuesta estructural se obtiene de los diferentes métodos de análisis que se realiza a la estructura en la que se obtiene los desplazamientos, las derivas laterales, los cortantes máximos por pisos, las cortantes basales y los periodos de la edificación<sup>14</sup>.

## **Sistemas con disipadores de energía**

Dispositivos diseñados con el propósito de disipar la energía que produce los sismos, fenómenos de viento fuerte, entre otras sollicitaciones que provengan de origen dinámico, protegiendo y disminuyendo los daños en elementos estructurales y no estructurales. Estos sistemas permiten aumentar el nivel de amortiguamiento de la estructura<sup>15</sup>.

A su vez el capítulo 18 del ASCE 7-10 señala claramente su clasificación de estos sistemas según el comportamiento en sus 3 categorías tenemos: Disipadores dependientes del desplazamiento, disipadores dependientes de la velocidad y disipadores dependientes del desplazamiento y velocidad<sup>16</sup>.

Con respecto a lo anterior en esta investigación se utilizará el *disipador de fluido viscoso*.

## **Disipador de fluido viscoso**

Este tipo de elementos se encuentra en la categoría de *disipadores de velocidad*. Ante ello “Los disipadores de velocidad se activan cuando las velocidades relativas de los extremos del dispositivo, son sometidos a los movimientos sísmicos del edificio. Asimismo, estos sistemas, añaden amortiguamiento a las estructuras, sin afectar su rigidez lateral” [17].

Los disipadores de fluido-viscoso disipan la energía haciendo que la fuerza de salida actúe en la dirección opuesta a la fuerza del sismo e impida que algunos elementos de la estructura sean sobre- esforzados.

### Disipadores viscosos de Taylor

Los disipadores viscoso tipo Taylor; son elementos que se ubican entre los porticos estructurales y frente a un sismo, terremoto estos se activan y empiezan a disipar la energía del evento en un 80%<sup>18</sup>, (ver figura 02).



Figura 2: Disipador de fluido-viscoso – Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica

Ests elementos disipan la energía forzando un fluido altamente viscoso que pasa por orificios con diámetros, longitudes e inclinación que controlan el paso del fluido. El dispositivo se instala de las siguientes formas, (ver figura 03).

- a). Diagonal
- b). Como una V invertida
- c). como parte de aislación en la base

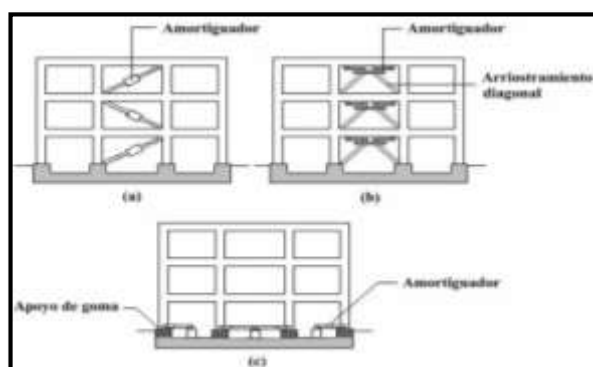


Figura 3: Instalación del disipador - Fuente: Avilés

**Balance energético:** es un equilibrio de fuerzas, por teoría las fuerzas actuantes son menores que las fuerzas resistentes. Esta ecuación muestra la conservación de energía de una estructura sometido a energía sísmica.

$$E = E_K + E_S + E_h + E_d \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.1}$$

**Donde:**

$E$ : Energía de entrada por el sismo

$E_K$ : Energía Cinética

$E_S$ : Energía de deformación elástica recuperable

$E_h$ : Energía disipada por la amortiguación inherente del sistema

$E_d$ : Energía disipada por los dispositivos de amortiguamiento suplementarios

Ecuación General para la fuerza del disipador:

$$f_d = C * v^\alpha \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.2}$$

Donde:

$f_d$ : Fuerza del Disipador

$C$ : Coeficiente de amortiguación

$v$ : Velocidad del disipador

$\alpha$ : Exponente Constante

Para el cálculo del coeficiente de amortiguamiento:

$$C_{di} = \frac{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega_i^{2-\alpha} \sum (m_i * \phi_i^2)}{\lambda * \sum \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i} * \xi_{dis} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.3}$$

Donde:

$A$ : Desplazamiento o amplitud del primer Modo

$\lambda$ : Parámetro Landa

$\omega_i$ : Frecuencia de vibración del (Modo 1)

$\xi_{dis}$ : Coeficiente de amortiguamiento de dispositivos viscosos

$\phi_i$ : Despl. de nivel "i" (modo 1)

$\phi_{ri}$ : Despl. modal relativo de los extremos del disipador (modo1)

$m_i$ : Masa del piso "i"

$\theta_i$ : Ángulo de inclinación del disipador

$\lambda$ : Depende de  $\alpha$

El parámetro Landa está en función del exponente de velocidad  $\alpha$ . Fema 274, chapter 9 – tabla C9-4 Values of Parameter  $\lambda$  <sup>19</sup>.

**Tabla 1: Valores de Lamda**

Exponent $\alpha$	Parameter $\lambda$
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

Fuente: FEMA 274

Para la constante amortiguación C del disipador, se obtiene de la metodología HAZUS – Comité VISIÓN 2000; relación daño-estructura.

$$\beta_{x,y} = \frac{2.31 - 0.41 \cdot \ln(\xi_0)}{2.31 - 0.41 \cdot \ln(\xi_{eff})} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.4}$$

Donde:

- $\beta$ : Factor de reducción de respuesta
- $\xi_{eff}$ : Amortiguamiento efectivo
- $\xi_0$ : Amortiguamiento de la estructura

Para calcular el factor reducción de respuesta para x & y, se obtiene de:

$$\beta_{x,y} = \frac{D_{m\acute{a}x}}{D_{objetivo}} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.5}$$

Donde:

- $D_{m\acute{a}x}$ : Distorsión máxima x & y.
- $D_{objetivo}$ : Distorsión objetivo

Para calcular la rigidez del brazo metálico del dispositivo sísmico, se obtiene de

$$K = \frac{EA}{L} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.6}$$

Donde:

- E = Módulo de elasticidad del acero
- A = Área de la sección transversal
- L = Longitud.

## Sistemas con aislamiento sísmicos

¿Qué es un sistema de aislamiento sísmico? El objetivo de esta nueva tecnología es evitar que la energía de los sismos ingrese a la estructura; es decir los aisladores desconecta a la estructura del suelo permitiendo reducir los posibles daños estructurales.

La E.031 de Aislamiento Sísmico capítulo 4 artículo 4.1 Son elementos estructurales del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible y que estos dispositivos permiten grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas<sup>20</sup>.

### Aislador con núcleo de plomo

Estos dispositivos están formados por un grupo de láminas planas de elastómeros que se encuentran intercaladas con las capas de acero, las cuales estas capas son vulcanizadas. El núcleo ubicado en su centro permite a acrecentar el nivel de amortiguamiento del sistema de 25% al 30%<sup>21</sup>.



Figura 4: Aislador con núcleo de plomo - Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica.

Para determinar los desplazamientos laterales máximos, en términos de parámetros ya expuestos ASCE 7-10 chapter 17/ E.031/ ASCE 7-16 chapter 17. El sistema de aislamiento se diseña y constuye con el fin de soportar el desplazamiento máximo ( $D_M$ ) en su dirección mas crítica horizontal<sup>22</sup>. se calcula con las siguiente formula:

$$S_{aM} = 1.5 SUCSg \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.6}$$

$$T_M = 2 \pi * \sqrt{\frac{P}{K_M * g}} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.7}$$

Luego se cálcula con la ecuac. 1.6 & 1.7 el desplazamiento máximo lateral ( $D_M$ ):

$$D_M = \frac{g * S_{aM} * T_M}{4\pi^2 * B_M} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.8}$$

Donde:

- $g$ : Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>
- $S_{aM}$ : Ordenada del espectro pseudo aceleración en mm/s<sup>2</sup>
- $T_M$ : Período efectivo de la estructura
- $B_M$ : Factor de amortiguamiento

ASCE 7-10 / ASCE 7-16 chapter 17 en su tabla 17.5-1 / E.031 artículo 20, en tabla N° 5 establece los mismos valores para  $B_M$ . El factor amortiguamiento  $B_M$  en la tabla 17.5 – 1 Damping Coefficient,  $B_D$ , or  $B_M$ . depende del amortiguamiento efectivo<sup>23</sup>.

**Tabla 2:** Valores del coeficiente de amortiguamiento

Effective Damping, $\beta_D$ or $\beta_M$ (percentage of critical) <sup>a,b</sup>	$B_D$ or $B_M$ Factor
≤2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥50	2.0

Fuente: ASCE 7-10.

El desplazamiento máximo total ( $B_{TM}$ ); del sistema de aislamiento no debe ser menor a la siguiente expresión:

$$D_{TM} = D_M * \left[ 1 + \left( \frac{y}{P_T^2} \right) \left( \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \right] \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.8}$$

Despejando  $P_T$ :

$$P_T = \frac{1}{r_a} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i^2 + y_i^2)}{N}} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.9}$$

Donde:

- $y$ : Dist. entre el centro de rigidez del aislador y el elemento de interés
- $P_T$ : Razón entre período traslacional y rotacional efectivo del sistema sísmico.
- $T_M$ : Período efectivo de la estructura
- $B_M$ : Factor de amortiguamiento
- $r_a$ : Radio de giro del sistema de aislamiento
- $N$ : Número de aisladores
- $x, y$ : Dist. horizontales entre el centro de masa del sistema y el aislador.

Para determinar las características del aislador fuerza-deformación, se puede calcular de la siguiente manera como se muestra en nuestra Norma E.031 que fue adaptada de la norma americana ASCE.

En donde que la rigidez efectiva  $K_{eff}$  del aislador será:

$$K_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.10}$$

Donde:

- $F^+, F^-$ : Fuerzas máximas positivas y negativas
- $\Delta^+, \Delta^-$ : Desplazamientos máximos positivos y negativos

Se determina la fórmula para el amortiguamiento efectivo  $\beta_{eff}$ :

$$\beta_{eff} = \frac{2}{\pi} * \frac{E_{ciclo}}{K_{eff}(|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuac. 1.11}$$

$E_{ciclo}$ : Energía disipada por ciclo de carga que se basa en pruebas de desplazamiento al igual que la rigidez.

El límite de distorsión que permite la E.031 en su artículo 23, especifica claramente que no debe exceder la deriva de entresijos de 0.0035 para sistemas de aislación; siempre y cuando se realice el nivel de desempeño sísmico, sin embargo, para el análisis modal espectral solo debe cumplir la deriva objetivo de 0.0007.

### Procedimientos de análisis

Para el presente trabajo de investigación se muestra los procedimientos de análisis sísmicos indicados en la normativa.

## Análisis Estático

Es el análisis tradicional que conocemos utilizando el ZUCS de la Norma Técnica E.030, Por lo tanto, este estudio determina la fuerza cortante en la base (V) de la estructura, que requiere la aplicación de reducción de fuerzas sísmicas (R), donde el R, está en función del (Ro) coeficiente básico de reducción (tabla N° 7), de la (Ia) irregularidad de altura (tabla N°8) y la (Ip) irregularidad en planta.

**Tabla 3:** Sistema estructural

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - 2018)

**Fuerza Cortante en la Base:** Es la fuerza de reacciones que se muestra en el análisis estático estructural de todos aquellos edificios que son sometidos a esta expresión de cálculo, está cortante se localiza en la base de la estructura.

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

**Análisis Dinámico:** Es un procedimiento importante que se realiza en diseños estructurales de la edificación, podemos decir que el análisis dinámico es aquel análisis de vibraciones u oscilaciones que soporta la estructura al ser sometidas a fuerzas externas. Para ello las estructuras son simuladas especialmente en programas calificados y aptos para realizar el análisis a la estructura, software como el SAP-2000, ETABS, etc. Para el análisis dinámico la E.030 en su artículo 4.6.1



establece como mínimo considerar los 3 primeros de modos de vibración cuya suma sea el 90% de la masa total; en caso no lleguen al dato requerido se debe considerar tantos modos necesarios para que la suma sea 90%.

El *Análisis Sísmico Dinámico* comprende el *análisis modal espectral*.

**Análisis Modal:** Cuando la estructura oscila con su propio peso; estructura sin fuerzas. Este tipo de análisis determina el tiempo de vibración, el número de modos y las frecuencias naturales del sistema, son datos de partida para su aplicación.

**Análisis Espectral:** Se basa principalmente en la estructura con fuerzas sísmicas de diseño y para su análisis de las fuerzas en la dirección horizontal interviene la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde Z, S; son parámetros que están definidos en la Norma Técnica E.030, en las tablas N°1, N°3 respectivamente y la U en la tabla N° 5 según la categoría de la edificación; pero si es con aislamiento el factor U, es igual a 1.

Mientras que para el parámetro C, se define por las expresiones de la E.030 artículo 2.5.

Pero para períodos cortos se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left( \frac{T}{T_p} \right)$$

**Análisis modal espectral:** Es una metodología que determina la respuesta de la estructura. El concepto básico es que la vibración del suelo es transmitida directamente a toda la estructura y como resultado de ella, las principales masas se mueven o desplazan en forma relativa respecto al suelo.

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y Diseño Metodológico:

#### Tipo de investigación de acuerdo al fin:

##### **Aplicada**

Esta investigación fue de tipo *aplicada* debido a que se utilizó información realizada por otros autores y hace referencia a estudios científicos con el propósito de resolver problemas que giran en nuestro entorno.

Ante lo anterior, es una investigación que genera ideas, conceptos y puntos de vista con un propósito de obtener nuevas nociones que fortalecen la investigación y tiene la finalidad de hacer el uso inmediato del conocimiento existente a su vez que contribuya a la mejora de dicho problema<sup>24</sup>. Es decir, la investigación aplicada se basa en fundamentos teóricos e investigaciones anteriores para llegar a adquirir nuevos conocimientos.

#### Tipo de investigación de acuerdo al nivel:

Esta investigación de acuerdo al nivel fue de tipo **descriptiva** y **explicativa** porque describió la incidencia del objeto en estudio de la investigación detallando la realidad sin alterar ningún factor, y explicativa porque dio solución al problema de la investigación.

Ante lo anterior, es descriptiva porque detalla las características y perfiles importantes de un grupo en estudio. Cuyo grupo de estudio es sometido a un análisis donde el investigador define lo que quiere y como medir, para llegar al objetivo de precisar dicha información<sup>25</sup>.

La investigación fue de tipo explicativa, porque se basa en explicar porque ocurre un evento y en qué condiciones se relacionan las variables en estudio<sup>26</sup>. Es decir, se basó en analizar cómo actúa el objeto en estudio en el antes y el después de haber sometido a un análisis cuyo objetivo es dar solución a un problema existente de la realidad.

Cabe mencionar que esta investigación permitió al investigador estudiar detalladamente y con mayor profundidad el tema planteado, razones por la cual fue necesario familiarizarse para entenderlo de forma eficiente el problema

## **Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

### **Investigación Experimental: Cuasi – Experimental**

El presente trabajo de investigación está dentro del grupo Experimental, siendo más específicos fue una investigación *cuasi experimental* porque las variables independientes (**Disipadores de energía & Aislador Sísmico**), actúa sobre la variable dependiente (**Respuesta Estructural**), en los cuales se presenta cambios que han sido observados y analizados mediante el respectivo estudio (análisis modal espectral) a su vez el edificio fue modelado en el software ETABS, mas no será representado en la vida real.

De corte transversal: Porque el tema de investigación se basó en recaudar la información en un solo momento.

Los diseños de investigación cuasi-experimentales se basan en manipular al menos a una variable independiente para determinar u observar la relación que se da entre una o más variables dependientes<sup>27</sup>.

## **Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:**

### **Enfoque Cuantitativo.**

Esta investigación de acuerdo al enfoque fue *cuantitativo* porque comparó los datos numéricos y analizó al objeto y a las variables en estudio.

Ante ello, La investigación cuantitativa se basa principalmente en la medición de datos numéricos y se aplica a las investigaciones que se expresan en cantidad<sup>28</sup>. Es decir, el enfoque cuantitativo busca recolectar datos de las variables en estudio, analizarlos y llegar a alcanzar los objetivos planteados.

### **3.2. Variables, Operacionalización**

La operacionalización de variables es el proceso mediante el cual se mide las variables independientes (*disipador de energía & aislador sísmico*) y la variable dependiente (*respuesta estructural*) siendo esta variable (*cuantitativa*) porque se realizó un análisis comparativo de datos numérico.

Así mismo la operacionalización de variables, viene hacer un proceso metodológico, que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de la investigación, con el fin de establecer los parámetros de medición, que a partir de ello se forma la relación que existe entre las variables enunciadas, interrogantes o ideas a defender.

#### **Definición conceptual:**

**Variable independiente 01: Disipador de energía:** Dispositivos diseñados para disipar la energía entregada por sismos, fenómenos de viento fuerte u otras sollicitaciones de origen dinámico. Estos dispositivos aumentan el nivel de amortiguamiento de la estructura. (Corporación de desarrollo tecnológico, 2011).

**Variable independiente 02: Aislador sísmico:** Son elementos estructurales del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible y permiten grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas, (E.031-2019).

**Variable Dependiente: Respuesta estructural:** La respuesta estructural se obtiene de los diferentes métodos de análisis que se realiza a la estructura en lo que se determina los desplazamientos, derivas, cortantes basales y períodos de la edificación. (López, Eduardo. 2018)

#### **Definición operacional:**

**Variable independiente 01: Disipador de energía:** Es un proceso a través del cual se desarrolla una propuesta de solución al problema. Los disipadores de fluido viscoso, sistemas de protección sísmica que tienen la función de amortiguar la energía proveniente de los sismos.

**Variable independiente 02: Aislador sísmico:** Es un proceso a través del cual se desarrolla una propuesta de solución al problema. Aislador con núcleo de plomo, dispositivo flexible que tiene la capacidad de evitar que la energía de los sismos ingrese a la estructura.

**Variable Dependiente: Respuesta estructural:** La respuesta estructural es el proceso mediante el cual se obtiene las cortantes, momentos y derivas de un edificio, después de haber realizado el análisis modal espectral.

Ver anexo 02 & 03.

### **3.3. Población, Muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **Población:**

La población es un conjunto de elementos con características comunes, aptas a ser observados y medidos.

Asimismo, la población lo definen como el total de elementos que conforman el espacio de interés analítico, sobre el cual se quiere inferir las conclusiones de nuestro análisis. Se le denomina población al conjunto de elementos que se le extrae la muestra<sup>29</sup>.

La *población* de mi proyecto de investigación fueron todos los edificios de concreto armado de 12 niveles, del Distrito de Barranco.

#### **Muestra**

La muestra es una parte de la población al que se estudia. Asimismo, lo definen como muestra al subconjunto de elementos o unidades que representa a todo el conjunto poblacional, cuya muestra será sometida a observaciones científicas con el propósito de conseguir resultados que sean válidos para la población total investigada, aceptando límites de error y con probabilidades que se pueda determinar para cada caso<sup>30</sup>.

Para este trabajo de investigación se tomó como *muestra* única y exclusivamente un solo edificio del Distrito de Barranco, un dissipador de fluido-viscoso y un aislador con núcleo de plomo que será sometido al análisis modal espectral para determinar la respuesta estructural.

#### **Muestreo**

El muestreo es el método que se usa para seleccionar a los elementos o componentes que forman parte de la muestra del total de la población<sup>31</sup>. Es decir, es un procedimiento, para seleccionar la muestra representativa de la población.

## **Muestreo no probabilístico**

El muestreo no probabilístico lo definen como todos los elementos que conforman la población no posee la misma probabilidad de ser elegida o se desconoce dicha probabilidad de selección<sup>32</sup>.

Para este trabajo de investigación fue el *muestreo no probabilístico intencional* porque el investigador decide lo que desea conocer dependiendo de los elementos que conforman la muestra.

## **Unidad de análisis**

Para este trabajo de investigación se tomó como unidad de análisis un edificio de concreto armado con disipador de fluido viscoso y aislador con núcleo de plomo.

La unidad de análisis es el objeto u objetos principales a los cuales se está estudiando y en los que recae la información por tanto deben definirse claramente y con propiedad<sup>33</sup>.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **3.4.1. Técnica de Recolección de Datos**

La técnica de recolección de datos lo definen como las distintas formas o medios de obtener la información y puede ser la observación, encuestas, análisis de contenidos, etc<sup>34</sup>.

La técnica viene hacer las acciones que se realizaron para poder alcanzar la solución al problema. Para ello, fue imprescindible realizar una serie de procedimientos y actividades, que constituyó el camino para encontrar el acceso a la información requerida, sobre el tema planteado, lo cual, permitió alcanzar la respuesta al objetivo planteado.

Para el presente trabajo de investigación se usó la **Observación estructurada**, es decir una vez realizada el modelamiento estructural se observó el comportamiento del edificio en su respuesta estructural con y sin sistemas de protección sísmica. Los cuales, fueron sujetas a las normas mencionadas en instrumento, además se comprobó la hipótesis propuesta en dicha investigación.

### 3.4.2. Instrumento de Recolección de Datos

Los instrumentos para una investigación lo definen como una herramienta que se utilizan para recoger y registrar la información y data, además está ligado con la técnica de recolección de datos y puede ser fichas, cuestionarios, etc<sup>35</sup>.

Los instrumentos son medios con los que se mide los datos de las variables en estudio. Para el presente trabajo de investigación los instrumentos que se empleó fueron:

- Información documentada de la Norma Americana (ASCE 7-10/ASCE7-16).
- Información documentada de la Norma Americana (Metodología HAZUS).
- Información documentada de la Norma Americana (FEMA 274).
- Información documentada de la Norma Peruana RNE (E.030 diseño sismoresistente).
- Información documentada de la Norma Peruana RNE (E.031 aislamiento sísmico).
- Información documentada de la Norma Peruana RNE (E.060 concreto armado).
- Información documentada de la Norma Peruana RNE (E.020 cargas).
- Usó del software ETABS-2016.
- Usó del Microsoft Excel (hoja Excel).

### 3.4.3. Validez y Confiabilidad

#### Validez

La validez lo definen como el grado en que un instrumento mide con efectividad las variables que se pretende medir. Para la validez se contrasta con la interrogante: ¿Se está midiendo lo que se desea medir?, si es así, *válida* sino *no válida*<sup>36</sup>.

Para el presente trabajo de investigación fue validado mediante el software ETABS, cuyos resultados fueron respaldados mediante los códigos normativos. Así mismo cabe recalcar que muchas investigaciones anteriores como ingenieros avalan este instrumento como válido para determinar las respuestas estructurales de los edificios.



## **Confiabilidad**

La confiabilidad se refiere al grado de consistencia de los resultados iguales que se han obtenidos mediante la aplicación repetitiva del instrumento de medición<sup>37</sup>.

La confiabilidad es la capacidad de precisión que tiene un instrumento para medir los resultados. Con respecto al presente trabajo, se tomó como instrumento al Software ETABS -2016, creado por CSI (Computer & Structure. INC Spain), con el propósito de crear, innovar, modelar y simular proyectos para la obtención de respuesta y nivel del comportamiento sísmico estructural. Asimismo, se ha utilizado este programa en diferentes temas de estudio como en tesis y proyectos reales que garantizan resultados de confianza.

### **3.5. Procedimiento**

Para la elaboración del proyecto consistió en:

- Investigar sobre el tema planteado
- Recurrir a la información normativa como al ASCE 7-10 (norma americana-American Society of Civil Engineers), a la metodología HAZUS, FEMA 274, al RNE (Norma Peruana-Reglamento Nacional de Edificaciones), principalmente en la E.030 (Diseño Sismoresistente), E.031 (Aislamiento Sísmico), E.060 (Concreto Armado), E.020 (Cargas).
- Obtención de planos del edificio de Concreto armado.
- Modelamiento de la estructura en el software ETABS, basándose en los parámetros normativos mencionados anteriormente, para su estudio de las variables independientes (disipador de fluido-viscoso y aislador sísmico) que influyen en la variable dependiente (respuesta estructural).
- Análisis y verificación de los resultados obtenidos del paso anterior.
- Comparación de los resultados entre las variables independientes (disipador de fluido-viscoso y aislador sísmico).
- Discusiones.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.

### **3.6. Método de Análisis de datos**

Para la presente investigación se empleó el **método observación estructurada**.

- Para la recopilación de los datos se realizará mediante modelos matemáticos aplicados en el software ETABS y el Microsoft Excel. Cuyos datos fueron analizados, comparados y representados gráficamente.
- Para el análisis y verificación de los resultados se utilizó la información de las normativas: E.030 Diseño sísmoresistente, E.031 Aislamiento sísmico, E.060 concreto armado, E.020 cargas; las cuales fueron empleadas para su respectivo modelamiento, así como las normas americanas Metodología HAZUS y el ASCE 7-10/ASCE7-16 y FEMA 274.

El método de análisis de datos son las acciones o enfoques que se debe tomar durante la investigación cuyos datos deben ser procesados y analizados y lograr obtener los objetivos propuestos de dicha investigación<sup>38</sup>.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Los aspectos éticos lo definen como normas que muestra un investigador, los cuales se enmarcan dentro de los valores como: la honestidad de sus afirmaciones y la exposición o manifestación de sus respectivas teorías que avalan a la investigación, con condiciones de dignidad y calidad<sup>39</sup>.

En cuanto al trabajo en estudio: El presente proyecto de investigación científica se realizó con el fin de obtener y aportar nuevos conocimientos. Por ello aclaro que dicha investigación se desarrolló bajo el compromiso del tema de veracidad, respeto, honestidad y lealtad de no haber copiado tesis de algún otro autor, es decir este trabajo fue realizado por el autor y a su vez fue evaluado por el programa Turnitin. Del mismo modo cabe mencionar que se utilizó información realizada por otros autores para el desarrollo del marco teórico que respaldan la investigación, cuya información obtenida de investigaciones anteriores su fuente se describe en la referencia bibliográfica del presente trabajo.

#### **IV. RESULTADOS**

## 4.1 Análisis del Diseño Estructural

### 4.1.1. Descripción del Proyecto

Ubicación: El edificio multifamiliar se encuentra localizado en el Distrito de Barranco, Provincia de Lima, Departamento de Lima.



Figura 5: Ubicación – Fuente: Google maps

#### Detalles del edificio

La estructura que se analizó cuenta con un **sistema estructural aporticado**.

#### Distribución del edificio

El edificio cuenta con 12 pisos.

Distribución del piso 2 – piso 12 es igual en todos sus niveles.

Dimensiones de las alturas de cada nivel:

Nivel N° 01: Tiene una altura  $h = 3.50$  m

Nivel N° 02 al nivel 12: Tiene una altura típica de  $h = 3.00$  m

La estructura cuenta con 3 pórticos en Dirección X

La estructura cuenta con 5 pórticos en Dirección Y

En las siguientes ilustraciones se observa los planos en planta de la edificación.

## Distribución en planta del edificio

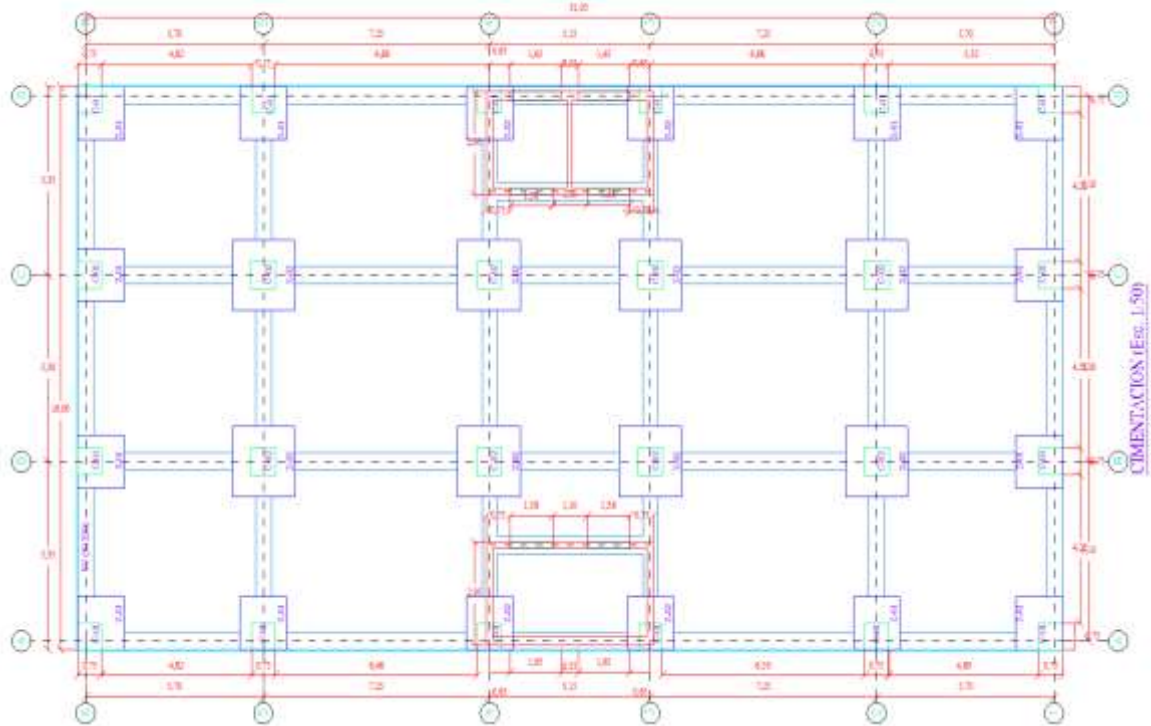


Figura 6: Distribución en planta de la cimentación

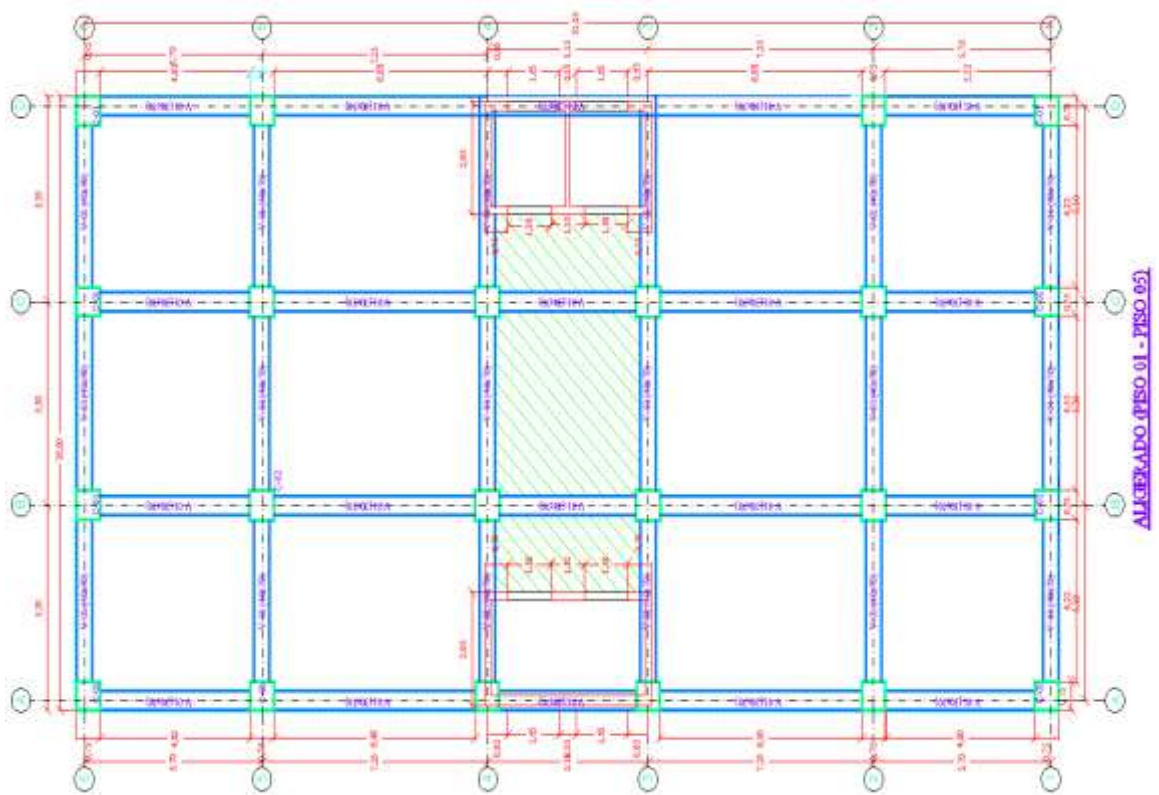


Figura 7: Distribución de la losa (1er piso -6to piso)

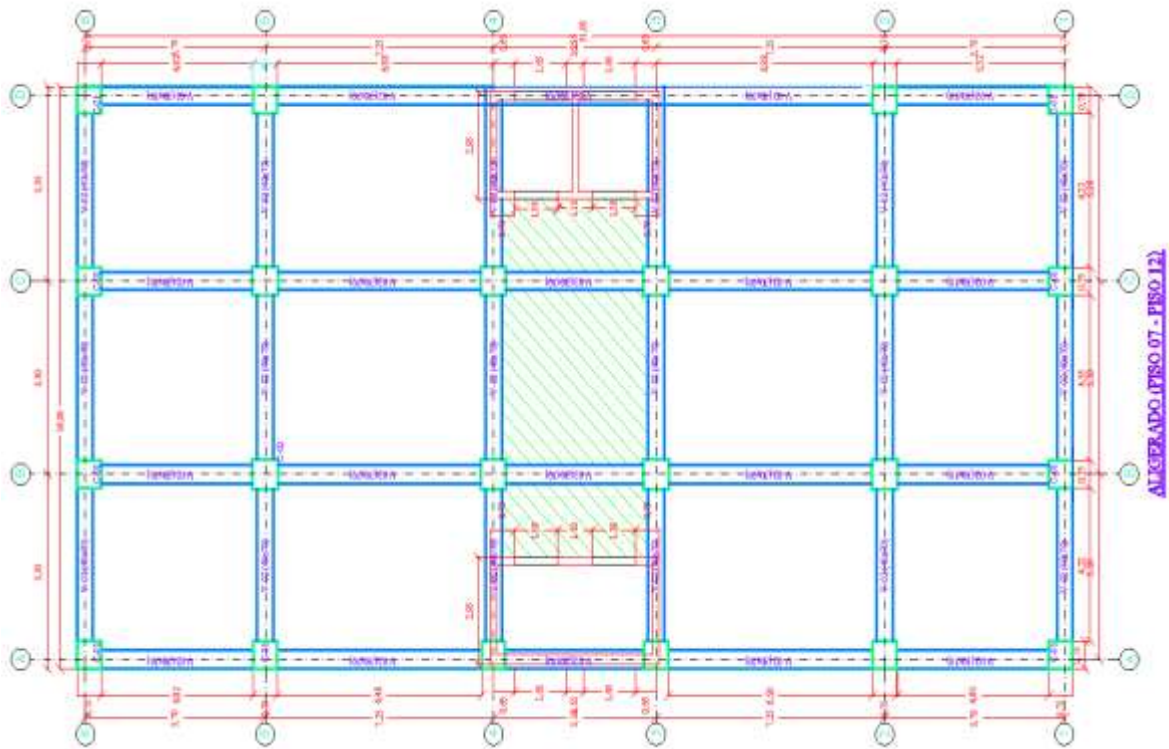


Figura 8: Distribución de la losa (7mo piso -12vo piso)

#### 4.1.2. Elementos estructurales

- **Losas**
- ✓ Losas en 2 direcciones = 20 cm

Figura 9: Definición de losa en 2 direcciones – Fuente: Propia

- ✓ Losa maciza = 20 cm

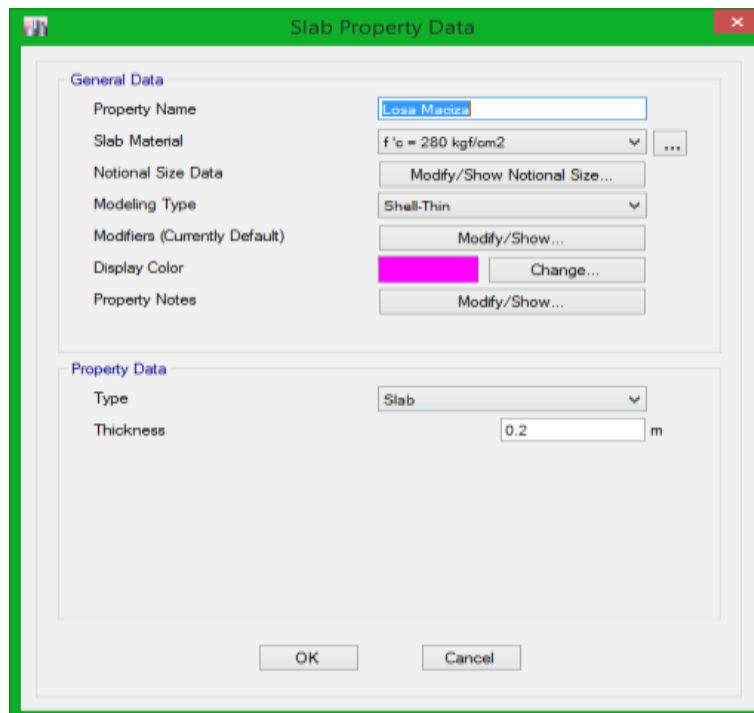


Figura 10: Definición de losa maciza – Fuente: Propia

- Vigas

- ✓ V-01 = (40 X 70) cm (01 nivel – 06 nivel)



Figura 11: Definición de viga 01 – Fuente: Propia

✓ V-02 = (30 X 60) cm (07 nivel – 12 nivel)

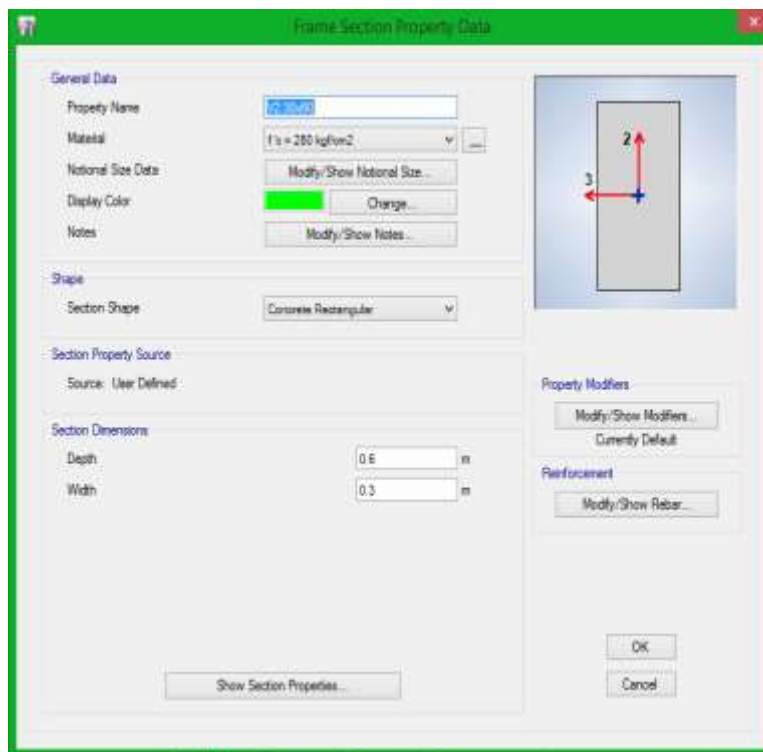


Figura 12: Definición de viga 02 – Fuente: Propia

✓ V Ascensor = (20 X 40) cm

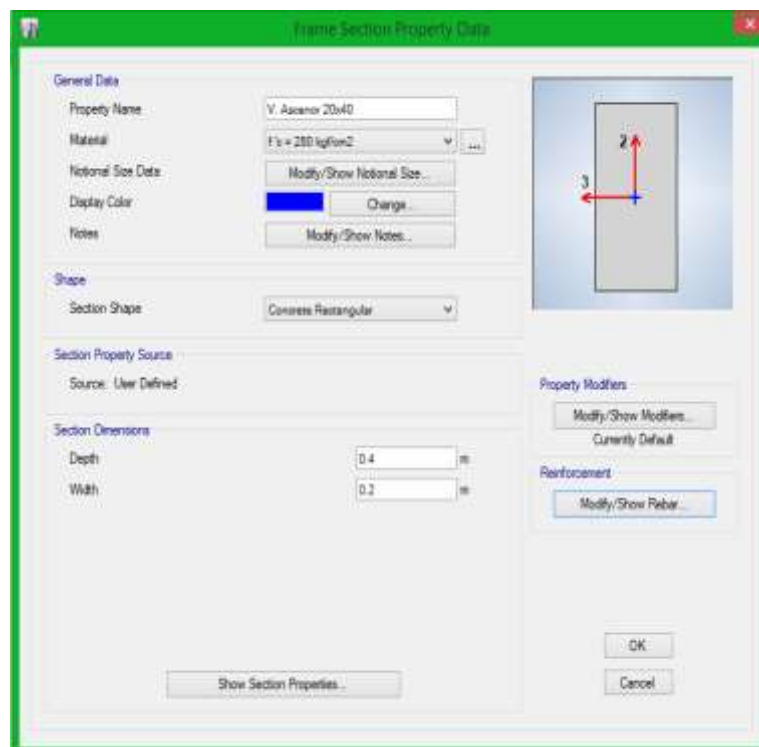


Figura 13: Definición de viga del ascensor – Fuente: Propia



- **Columnas**

- ✓ C-01 = (75 X 75) cm (01 nivel – 06 nivel)



Figura 14: Definición de columna 01 – Fuente: Propia

- ✓ C-02 = (80 X 80) cm (01 nivel – 06 nivel)



Figura 15: Definición de columna 02 – Fuente: Propia

✓ C-03 = (60 X 60) cm (07 nivel – 12 nivel)



Figura 16: Definición de columna 03 – Fuente: Propia

✓ C-04 = (65 X 65) cm (07 nivel – 12 nivel)

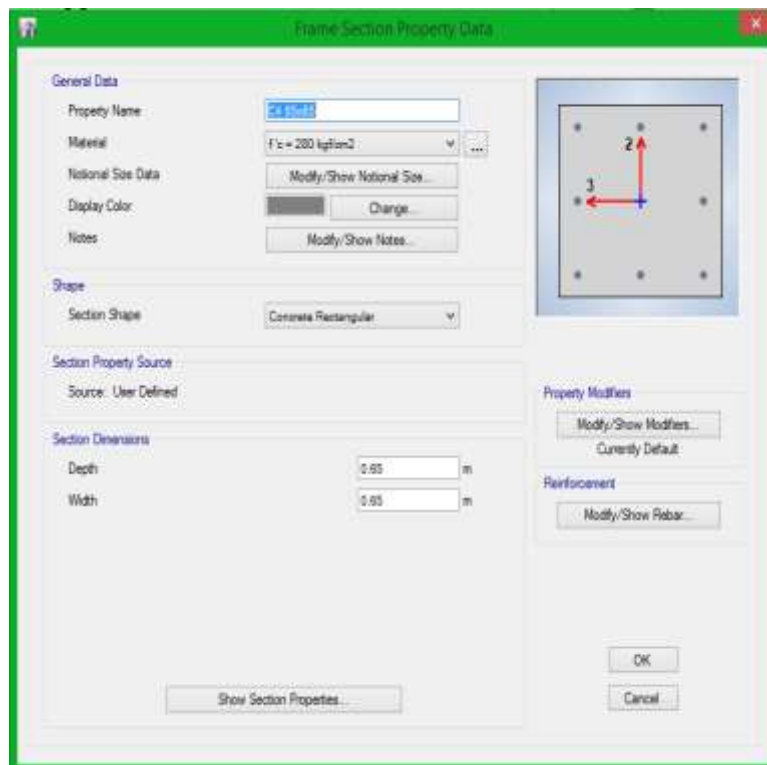


Figura 17: Definición de columna 04 – Fuente: Propia

## 4.2 Modelo estructural

El análisis estructural del edificio de 12 niveles se realizará haciendo uso del software ETABS en su versión 16.2.0, considerando los parámetros normativos.

### 4.2.1 Consideraciones para el modelamiento

- **Propiedades del concreto**
  - ✓  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
  - ✓  $E_c = 15000 \cdot \text{SQR}(280) = \text{kg/cm}^2$
  - ✓  $\gamma = 4.2 \text{ ton/m}^3$
  
- **Propiedades del acero**
  - ✓  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
  - ✓  $E_s = 2.1 \times 10^6 = \text{kg/cm}^2$
  - ✓  $\gamma = 7.849 \text{ ton/m}^3$

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'Material Name' is 'f'c = 280 kg/cm2'. The 'Material Type' is 'Concrete'. The 'Directional Symmetry Type' is 'Isotropic'. The 'Material Display Color' is a grey swatch. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' set to 4.2 tonf/m<sup>3</sup> and 'Mass per Unit Volume' set to 0.428281 tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. The 'Mechanical Property Data' section has 'Modulus of Elasticity, E' set to 2509980.08 tonf/m<sup>2</sup>, 'Poisson's Ratio, U' set to 0.2, 'Coefficient of Thermal Expansion, A' set to 0.0000099 1/C, and 'Shear Modulus, G' set to 1045825.03 tonf/m<sup>2</sup>. The 'Design Property Data' and 'Advanced Material Property Data' sections are empty.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for rebar. The 'Material Name' is 'Fy = 4200 kg/cm2'. The 'Material Type' is 'Rebar'. The 'Directional Symmetry Type' is 'Uniaxial'. The 'Material Display Color' is a blue swatch. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' set to 7.849 tonf/m<sup>3</sup> and 'Mass per Unit Volume' set to 0.80038 tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. The 'Mechanical Property Data' section has 'Modulus of Elasticity, E' set to 21000000 tonf/m<sup>2</sup> and 'Coefficient of Thermal Expansion, A' set to 0.0000117 1/C. The 'Design Property Data' and 'Advanced Material Property Data' sections are empty.

Figura 18: Propiedades del concreto – Fuente: Propia

Figura 19: Propiedades del acero – Fuente: Propia

#### 4.2.2 Cargas de diseño

Para realizar el modelo estructural se considerarán las cargas de acuerdo a lo estipulado en el código normativo E.020 del RNE.

- **Carga Muerta:**

- El peso de la losa de 20 cm = 300 kg/m<sup>2</sup>,
- Tabiquería = 100 kg/m<sup>2</sup>,
- Acabados = 100 kg/m<sup>2</sup>

- **Carga Viva:**

- La carga viva se utilizará de acuerdo al apartado 6° y 7° de la NTP-E.020
- La carga viva por piso = 250 kg/cm<sup>2</sup> y
- Carga viva para el techo = 100kg/cm<sup>2</sup>.

- **Fuerza Sísmica**

- La fuerza sísmica se obtiene a partir de los pesos participantes en porcentaje. La E.030 establece la estimación del peso, sumando al peso permanente el 25% de la carga viva (por tratarse de una edificación de la categoría C) más el 25% de la carga de techo.

**Tabla 4:** Sistema estructural

DESCRIPCIÓN DE CARGA	VALOR (kg/cm <sup>2</sup> )
Losa	300
Acabados de piso	100
Tabiquería	100
Carga viva piso típico	250
Carga viva azotea	100

Fuente: Propia

### 4.3 Modelo del edificio multifamiliar de 12 niveles en el software ETABS- Versión16.2.0

Después de modelada la estructura del edificio de 12 niveles, se efectuará el análisis sísmico correspondiente, y se procede a cumplir con los objetivos planteados.

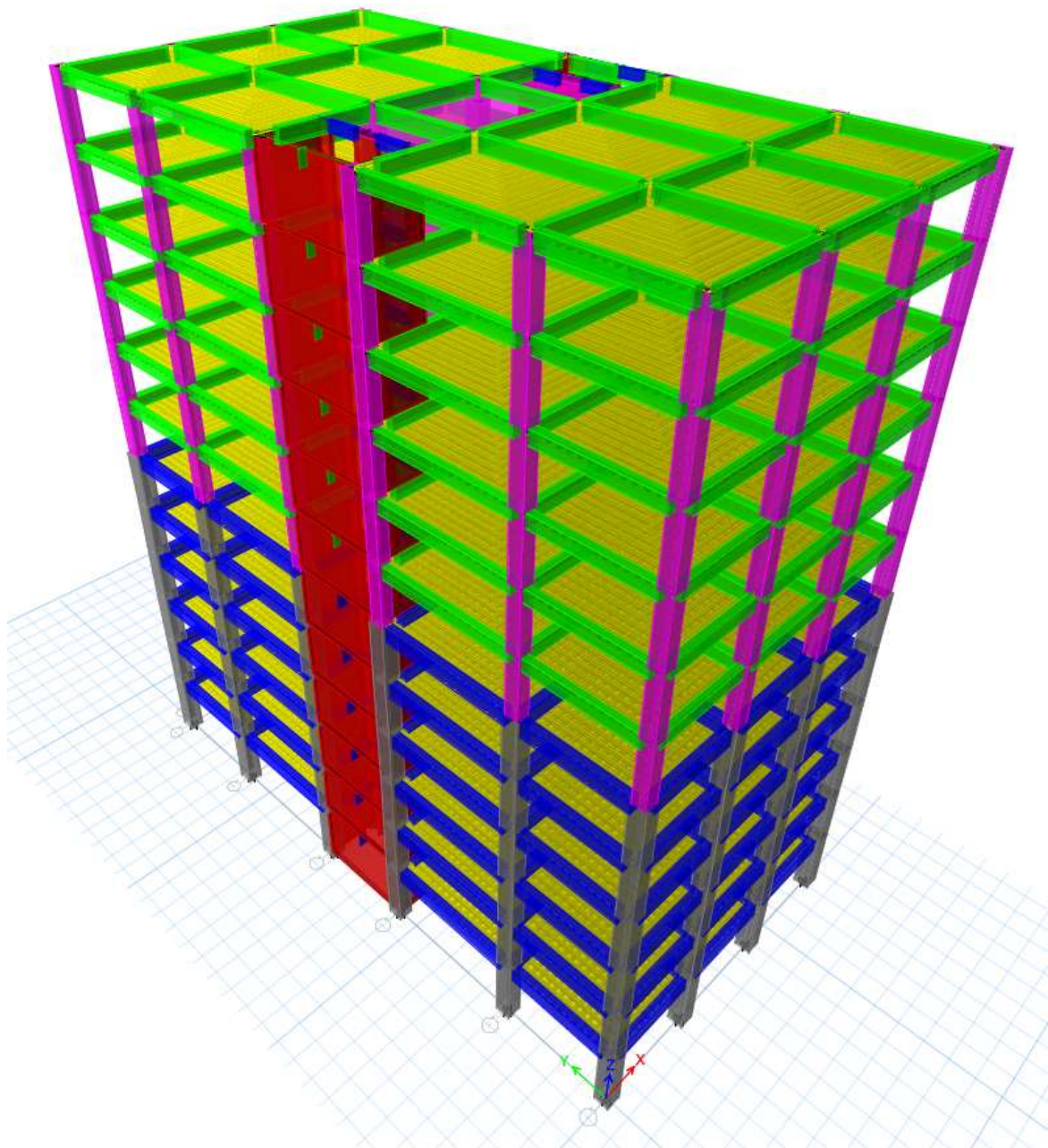


Figura 20: Modelo de la estructura convencional - Fuente: Propia

#### 4.4 Parámetros normativos para utilizar sistemas de disipación y aislamiento sísmico.

Según la E.030 nos indica en el apartado 3.9; los disipadores y aisladores sísmicos se utiliza siempre y cuando cumpla con los siguientes:

- Que, la mínima fuerza cortante en la base (apartado 4.6.4 – E.030) y
  - $V_D \geq 0.80 V_E$  Estructuras Regulares
  - $V_D \geq 0.90 V_E$  Estructuras Irregulares
- La distorsión máxima permisible debe exceder (tabla N° 11 – E.030)

**Tabla 5:** Límites de distorsión de entrepiso

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_i)$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: RNE -2018

Ante ello se procede a realizar el análisis estático y dinámico al edificio convencional, edificio con disipación y finalmente con aislamiento basal.

#### A). Análisis Sísmico Estático

- Determinar los parámetros normativos:

**Zona “Z”:** El edificio está ubicado en el Distrito de Barranco; por tanto, basándome en el anexo N° 1 de zonificación sísmica de la E.030 – 2018, al Distrito de Barranco – Lima le corresponde un factor **Z = 0.45**.

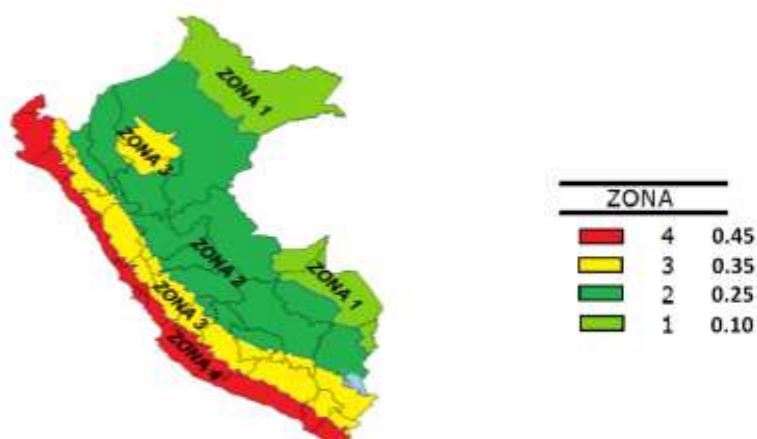


Figura 21: Mapa de zonificación sísmica – Fuente: NTP E.030

**Uso “U”:** La edificación, según la tabla N° 5 de la E.030, por su categoría es una edificación común; por tanto, le corresponde el factor de uso **U = 1.00**

**Factor de amplificación sísmica “C”:** Se determina por las siguientes fórmulas matemáticas estipuladas en artículo 2.5 de la E.030:

$$\begin{aligned}
 T < T_P & \qquad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L & \qquad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L & \qquad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Donde:

- **T** = Período fundamental de la estructura
- **TP** = Período que define la plataforma del factor C
- **TL** = Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

El “T”, se puede determinar:

- A través del modelo estructural (primera corrida en el software).
- A través de las siguientes formulas:  $T = \frac{h_n}{c_T}$  ó  $T = 2 \pi * \sqrt{\frac{M}{K}}$ , ; por tanto le corresponde un período  $T = \frac{36.50}{35} = 1.04 \text{ s}$ .

**Tabla 6:** se presentan los periodos naturales de vibración calculados con el software.

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.999	1.001	6.2916	39.5844
Modal	2	0.983	1.017	6.3918	40.8553
Modal	3	0.808	1.237	7.7748	60.4477
Modal	4	0.354	2.825	17.7487	315.0172
Modal	5	0.308	3.243	20.3791	415.3062
Modal	6	0.245	4.086	25.6752	659.218
Modal	7	0.185	5.397	33.9117	1150.0014

Modal	8	0.144	6.967	43.7775	1916.472
Modal	9	0.125	7.979	50.136	2513.614
Modal	10	0.118	8.468	53.2044	2830.709
Modal	11	0.088	11.332	71.1981	5069.169
Modal	12	0.088	11.426	71.7917	5154.046
Modal	13	0.078	12.877	80.9105	6546.502
Modal	14	0.068	14.798	92.9766	8644.65
Modal	15	0.060	16.692	104.8786	10999.53
Modal	16	0.057	17.683	111.1083	12345.05
Modal	17	0.053	18.963	119.1484	14196.33
Modal	18	0.046	21.855	137.3196	18856.67
Modal	19	0.045	22.081	138.7371	19247.98
Modal	20	0.043	23.116	145.2421	21095.26
Modal	21	0.037	26.789	168.3223	28332.41
Modal	22	0.037	27.251	171.2241	29317.7
Modal	23	0.036	27.57	173.2289	30008.24
Modal	24	0.032	31.029	194.9584	38008.78
Modal	25	0.032	31.742	199.4383	39775.64
Modal	26	0.031	31.967	200.8577	40343.81
Modal	27	0.029	34.782	218.541	47760.15
Modal	28	0.028	35.594	223.6423	50015.89
Modal	29	0.027	36.579	229.8357	52824.43
Modal	30	0.026	38.507	241.9462	58537.98
Modal	31	0.025	39.475	248.0319	61519.8
Modal	32	0.025	40.056	251.6769	63341.24
Modal	33	0.023	43.03	270.3641	73096.74
Modal	34	0.023	43.246	271.7199	73831.68
Modal	35	0.022	44.914	282.2003	79637
Modal	36	0.022	45.837	288.0038	82946.17

Fuente propia

El periodo fundamental del primer modo es:

$$T_X = 0.999 \text{ s}; T_Y = 0.983 \text{ s}$$

$$\text{Como: } T_p < 0.901 < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$C_X = 2.5 * \left( \frac{0.60}{0.999} \right) = 1.5015 \text{ s}$$

$$C_Y = 2.5 * \left( \frac{0.60}{0.983} \right) = 1.5259 \text{ s}$$

**Perfil del Suelo "S":** Según trabajos realizados por especialistas en estudios de zonificación sísmica y geotécnica, las características del perfil del suelo del Distrito de Barranco presentan un suelo gravoso, al respecto el informe técnico de



zonificación sísmica – geotécnica en su capítulo 10.2 define la capacidad portante del suelo (capacidad carga admisible en un rango de 1.00 – 2.00kg/cm<sup>2</sup> y de 2.00 – 3.00 kg/cm<sup>2</sup> denominado capacidad portante baja y media respectivamente)<sup>40</sup>, para más información ver anexo N°04.

En relación al informe técnico de zonificación sísmica – geotécnica en su capítulo 12, en su artículo 12.1 el autor propone para el distrito de Barranco: zona I, zona II y zona IV, dentro de los cuales la estructura a analizar esta en la zona II, donde los períodos predominantes del terreno varían entre 0.3 y 0.5 segundos, correspondiendo a un perfil del suelo TIPO S2 de acuerdo a la normativa E.030<sup>41</sup>. Para más detalles, revisar el anexo 04 y 05, donde se encuentran los datos y referencias de los estudios mencionados.

Por consiguiente, el distrito de Barranco, en conformidad con lo estipulado en el apartado 2.3.1, de la E.030 le concierne un perfil de suelo **tipo S2** o un suelo intermedio, por tanto, el factor del suelo según la tabla N° 3 de la norma, le corresponde un **S = 1.05**. y los Periodos TP y TL, según la tabla N° 4 son 0.60 s y 2.00 s respectivamente.

**Coefficiente de reducción de fuerza sísmica “R”:** Para determinar el *R*, se calcula mediante la **Tabla: 7**, encontrada en el apartado .3.4 de sistemas estructurales y coeficientes básicos, **las tablas 8 y 9**, encontradas en el apartado 3.6 de Factores de Irregularidad (**I<sub>a</sub>**, **I<sub>p</sub>**), en la NTP – E.030.

✓ **R<sub>0</sub> = 8** → Sistema Estructural Aporticado

✓ **Irregularidad en planta**

La estructura no presenta irregularidades en planta, por tanto: **I<sub>p</sub> = 1.0**

✓ **Irregularidad en altura**

No hay Irregularidad en altura: **I<sub>a</sub> = 1.0**

**Por tanto:**  $R = R_0 * I_a * I_p = 8 * 1 * 1 \rightarrow R = 8$

**Tabla 7: Parámetros sísmicos**

DESCRIPCIÓN	FACTOR	VALOR
ZONA	Z	0.45
USO	U	1
SUELO	S	1.05
T <sub>P</sub>		0.6
T <sub>L</sub>		2
AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	C <sub>X</sub>	1.5015
	C <sub>Y</sub>	1.5259
REDUCCIÓN SÍSMICA	R <sub>XY</sub>	8

Fuente: Propia

Luego, el coeficiente sísmico en la dirección X es:

$$\frac{ZUCS}{R} = 0.08868$$

$$C/R \geq 0.11 \quad 0.19 \quad \text{OK}$$

Luego, el coeficiente sísmico en la dirección Y es:

$$\frac{ZUCS}{R} = 0.09013$$

$$C/R \geq 0.11 \quad 0.19 \quad \text{OK}$$

Cálculo de la fuerza cortante en la base - Norma E.030 - Numeral 4.5.3

$$F_i = \alpha_i * V \quad \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=k}^n P_j(h_j)^k}$$

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot \sum P$$

Donde:

- Para T menor o igual a 0.5: k = 1.0
- Para T mayor que 0.5: k = (0.75+0.5 T) ≤ 2.0)

Cálculo de k para la dirección X & Y:

$$T_X = 0.999 \text{ s} \rightarrow \text{entonces } k = (0.75+0.5(0.999)) \rightarrow k_X = 1.2495$$

$$T_Y = 0.983 \text{ s} \rightarrow \text{entonces } k = (0.75+0.5(0.983)) \rightarrow k_Y = 1.2415$$

Para calcular el peso sísmico se realiza un metrado de cargas. Este peso sísmico se determina por medio de la herramienta ETABS en su versión 16.2.0

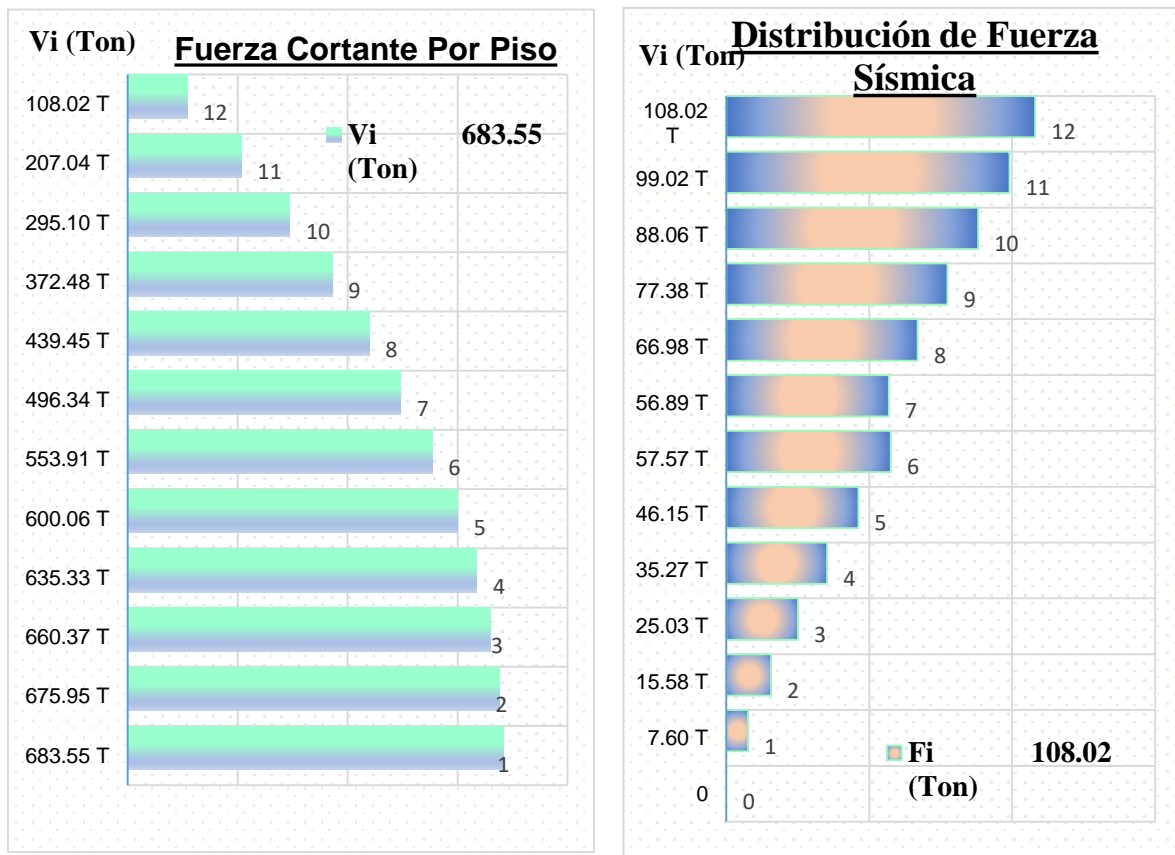
**Tabla 8:** Cálculo de la cortante basal en estática en dirección X

Piso	Pi (Ton)	hi (m)	Pi*(hi)^k (Ton.m)	$\alpha^i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum P_i \cdot (h_i)^k}$	Fi (Ton)	Vi (Ton) (Acumulado-Fi)
Piso 12	564.79	36.50	50,579.27	0.16	108.02	108.02
Piso 11	576.25	33.50	46,361.32	0.14	99.02	207.04
Piso 10	576.25	30.50	41,233.00	0.13	88.06	295.10
Piso 9	576.25	27.50	36,229.18	0.11	77.38	372.48
Piso 8	576.25	24.50	31,359.95	0.10	66.98	439.45
Piso 7	576.25	21.50	26,637.54	0.08	56.89	496.34
Piso 6	703.56	18.50	26,954.64	0.08	57.57	553.91
Piso 5	703.56	15.50	21,608.36	0.07	46.15	600.06
Piso 4	703.56	12.50	16,515.49	0.05	35.27	635.33
Piso 3	703.56	9.50	11,721.09	0.04	25.03	660.37
Piso 2	703.56	6.50	7,295.21	0.02	15.58	675.95
Piso 1	744.02	3.50	3,559.56	0.01	7.60	683.55
Base	<b>7,707.88</b>		320,054.62	1.00	683.55	

Fuente: Propia

La cortante basal de la dirección X es:  $V_x = 683.55 \text{ Ton}$

En la siguiente figura se apreciar la distribución de las fuerzas sísmicas y cortantes por piso de la estructura.



**Figura 22:** Distribución de fuerzas y cortantes en dirección X - Fuente: Propia

**Tabla 9:** Cálculo de la cortante basal en estática en dirección Y

Piso	Pi (Ton)	hi (m)	Pi*(hi) <sup>k</sup> (Ton.m)	$\alpha^i = \frac{P_i \cdot (h_i)^k}{\sum P_i \cdot (h_i)^k}$	Fi (Ton)	Vi (Ton) (Acumulad o- Fi)
Piso 12	564.79	36.50	49,144.42	0.16	109.40	109.40
Piso 11	576.25	33.50	45,077.04	0.14	100.35	209.75
Piso 10	576.25	30.50	40,120.89	0.13	89.31	299.07
Piso 9	576.25	27.50	35,281.24	0.11	78.54	377.61
Piso 8	576.25	24.50	30,567.65	0.10	68.05	445.66
Piso 7	576.25	21.50	25,991.70	0.08	57.86	503.52
Piso 6	703.56	18.50	26,332.75	0.08	58.62	562.14
Piso 5	703.56	15.50	21,139.72	0.07	47.06	609.20
Piso 4	703.56	12.50	16,185.13	0.05	36.03	645.23
Piso 3	703.56	9.50	11,511.88	0.04	25.63	670.86
Piso 2	703.56	6.50	7,186.78	0.02	16.00	686.86
Piso 1	744.02	3.50	3,524.06	0.01	7.84	694.71
Base	7,707.88		312,063.26	1.00	694.68	

Fuente: Propia

La cortante basal de la dirección Y es:  $V_y = 694.68 \text{ Ton}$

En la siguiente figura se apreciar la distribución de las fuerzas sísmicas y cortantes por piso de la estructura.

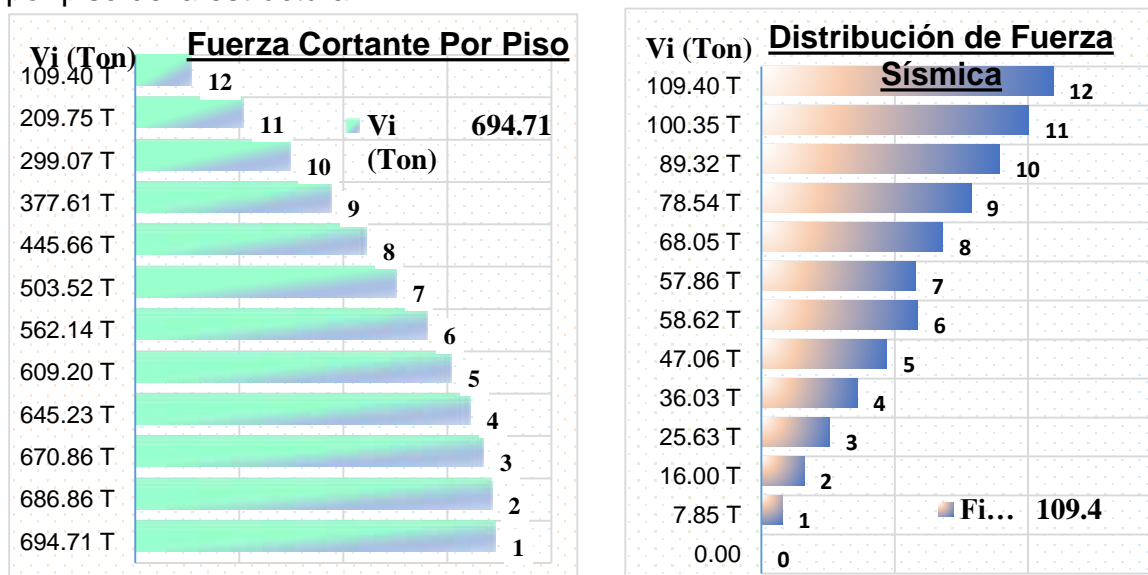


Figura 23: Distribución de fuerzas y cortantes en dirección Y – Fuente: Propia

Las cortantes basales estáticas son:

$V_x =$	<b>683.55</b>	Tonf
$V_y =$	<b>694.68</b>	Tonf

En las tablas 10 y 11 se presentan las cortantes basales en ambas direcciones calculadas por la herramienta computacional, las mismas que serán comparadas con el cálculo manual.

**Tabla 10:** *Cálculo de la cortante basal estática en dirección X con ETABS*

<b>TABLE: Story Forces</b>				
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Location</b>	<b>VX</b>	<b>VY</b>
			tonf	tonf
Story12	Sismo Estatico X-X	Bottom	-91.8261	0
Story11	Sismo Estatico X-X	Bottom	-191.948	0
Story10	Sismo Estatico X-X	Bottom	-280.994	0
Story9	Sismo Estatico X-X	Bottom	-359.234	0
Story8	Sismo Estatico X-X	Bottom	-426.959	0
Story7	Sismo Estatico X-X	Bottom	-484.485	0
Story6	Sismo Estatico X-X	Bottom	-540.1	0
Story5	Sismo Estatico X-X	Bottom	-586.766	0
Story4	Sismo Estatico X-X	Bottom	-622.432	0
Story3	Sismo Estatico X-X	Bottom	-647.745	0
Story2	Sismo Estatico X-X	Bottom	-663.5	0
Story1	Sismo Estatico X-X	Bottom	-670.978	0

Fuente propia

**Tabla 11:** *Cálculo de la cortante basal estática en dirección Y con ETABS*

<b>TABLE: Story Forces</b>				
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Location</b>	<b>VX</b>	<b>VY</b>
			tonf	tonf
Story12	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-93.0156
Story11	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-194.5
Story10	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-284.821
Story9	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-364.243
Story8	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-433.051
Story7	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-491.554
Story6	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-548.178
Story5	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-595.752
Story4	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-632.172
Story3	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-658.073
Story2	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-674.24
Story1	Sismo Estatico Y-Y	Bottom	0	-681.949

Fuente: Propia

Después de calcularse las cortantes en ambas direcciones primero con el método manual según la norma E.030 – 2018 y luego haciendo uso del software ETABS, en las siguientes tablas se muestra una comparación de las cortantes basales calculadas manualmente y de las cortantes basales calculadas con el programa.

**Tabla 12:** Resumen de cortantes basales estáticas – manual y ETABS

TABLE: Base Reactions				
Load Case/Combo	ETABS		MANUAL	
	FX	FY	FX	FY
	tonf	tonf	tonf	tonf
Sismo Estatico X-X	-670.9781	0	683.55	0
Sismo Estatico Y-Y	0	-681.9492	0	694.74

Fuente: Propia

Observe que los valores de las cortantes basales calculados con el software ETABS son muy cercanos a los valores de las cortantes basales manualmente, por tanto, se confirma que los resultados son correctos.

A continuación, se procederá a calcular las cortantes basales con el análisis sísmico dinámico o análisis dinámico modal espectral.

## B) Análisis dinámico

El análisis sísmico dinámico también se llama, análisis sísmico modal espectral, este se calcula mediante un espectro inelástico de pseudo aceleraciones.

EL cálculo de espectro se efectúa de acuerdo al artículo 4.6 de la NTP E.030, cuya grafica esta expresada mediante la relación del Periodo de vibración (T) y la aceleración espectral ( $S_a$ ); La aceleración espectral se calcula con la siguiente expresión

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

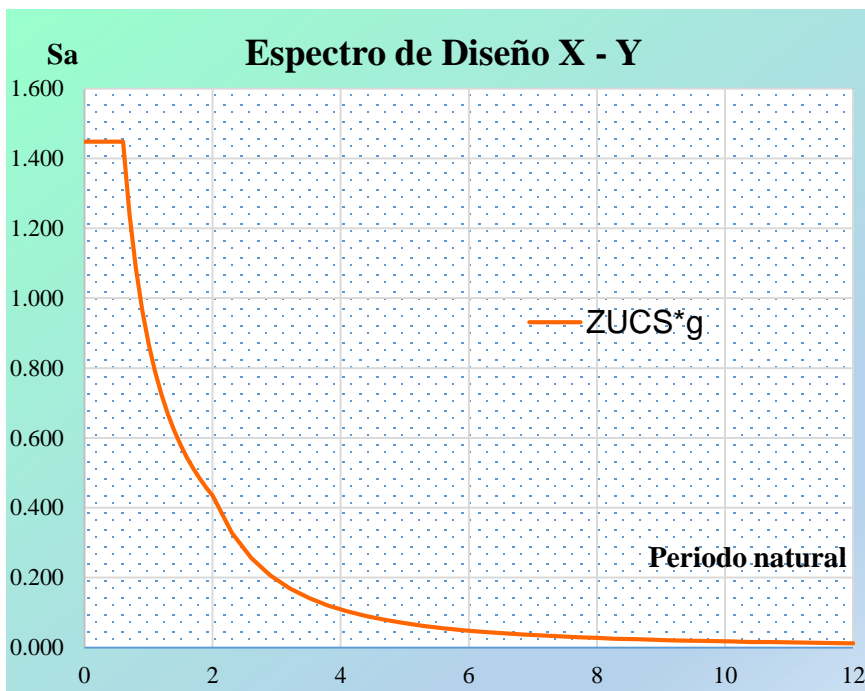
Donde,  $ZUCS/R$  es el coeficiente adimensional que se calculó para el análisis estático el cual contiene los parámetros sísmicos de Zona, Sitio, Uso y geometría de la estructura y  $g$  es la aceleración de la gravedad.

**Tabla 13:** Cálculo de la cortante basal en estática en dirección X

T	ZUCS*R*1.50	T	ZUCS*R*1.50	T	ZUCS*R*1.50
0	17.376	1.6	6.516	6.5	0.494
0.01	17.376	1.7	6.133	6.8	0.451
0.04	17.376	1.8	5.792	7.1	0.414
0.07	17.376	1.9	5.487	7.4	0.381
0.1	17.376	2	5.213	7.7	0.352
0.2	17.376	2.3	3.942	8	0.326
0.3	17.376	2.6	3.085	8.3	0.303
0.4	17.376	2.9	2.479	8.6	0.282
0.5	17.376	3.2	2.036	8.9	0.263
0.6	17.376	3.5	1.702	9.2	0.246
0.7	14.894	3.8	1.444	9.5	0.231
0.8	13.032	4.1	1.240	9.8	0.217
0.9	11.584	4.4	1.077	10.1	0.204
1	10.426	4.7	0.944	10.4	0.193
1.1	9.478	5	0.834	10.7	0.182
1.2	8.688	5.3	0.742	11	0.172
1.3	8.020	5.6	0.665	11.3	0.163
1.4	7.447	5.9	0.599	11.6	0.155
1.5	6.950	6.2	0.542	11.9	0.147
				12	0.012

Fuente: Propia

En la figura 24 se aprecia el espectro pseudo aceleraciones para la estructura para ambas direcciones, esto debido a las mismas condiciones sísmicas que presentan.



**Figura 24:** Espectro de Pseudo aceleraciones X – Y -Fuente: Propia

Consecuentemente se procede a introducir el espectro en el programa.

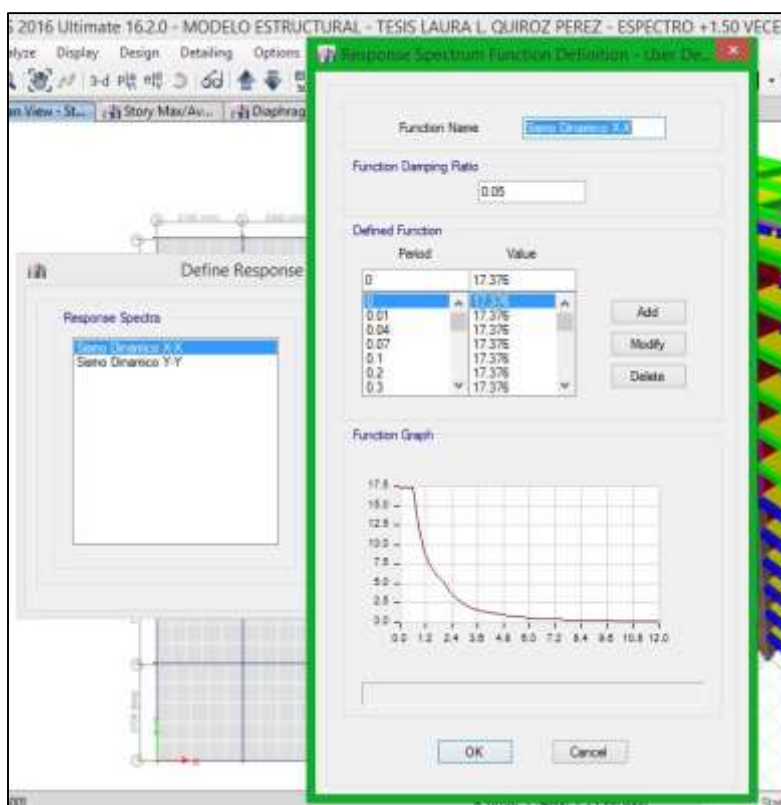


Figura 25: Espectro de Pseudo aceleraciones X – Y - Fuente: Propia

En las tablas 14 y 15 se presentan las cortantes calculadas mediante la herramienta computacional.

**Tabla 14:** Cálculo de la cortante basal dinámica en dirección X

TABLE: Story Forces				
Story	Load Case/Combo	Location	VX tonf	VY tonf
Story12	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	86.6479	0.0249
Story11	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	164.8855	0.051
Story10	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	225.5146	0.0731
Story9	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	274.3722	0.0913
Story8	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	314.9933	0.1063
Story7	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	349.8572	0.1189
Story6	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	386.5847	0.1316
Story5	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	422.6916	0.1433
Story4	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	455.2759	0.1531
Story3	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	482.4685	0.1608
Story2	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	502.2157	0.1659
Story1	Sismo Dinamico X-X Max	Bottom	512.9781	0.1683

Fuente: Propia



**Tabla 15: Cálculo de la cortante basal dinámica en dirección X**

<b>TABLE: Story Forces</b>				
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Location</b>	<b>VX</b>	<b>VY</b>
			tonf	tonf
Story12	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.0243	67.2492
Story11	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.0492	134.1002
Story10	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.07	189.07
Story9	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.0871	233.7354
Story8	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1012	270.6401
Story7	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1135	302.2587
Story6	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1266	335.2481
Story5	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1394	366.7396
Story4	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1507	394.3702
Story3	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1598	417.4347
Story2	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1657	434.8043
Story1	Sismo Dinamico Y-Y Max	Bottom	0.1683	444.5809

Fuente: Propia

Después de calcularse las cortantes en ambas direcciones, en las siguientes tablas se muestra un resumen de las cortantes basales dinámicas.

**Tabla 16: Comparación de Cortante basal estática y dinámica**

<b>TABLE: Base Reactions</b>		
<b>Load Case/Combo</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>
<b>unidad</b>	tonf	tonf
Sismo Dinámico X-X Max	512.9781	0.1683
Sismo Dinámico Y-Y Max	0.1683	444.5809

Fuente: Propia

Después de haber comparado las cortantes sísmicas del análisis estático con el análisis dinámico, se observa que las fuerzas basales sísmicas estáticas son ligeramente mayores que las fuerzas basales dinámicas, consecuentemente, los desplazamientos elásticos y derivas serán ligeramente mayores con el análisis sísmico estático, sin embargo, los desplazamientos inelásticos se calcularán de acuerdo a lo indicado en las normas NTP E.030 y NTP E.031 del Reglamento nacional de edificaciones vigente.

### Cálculo de los desplazamientos

En la tabla 17 y en la tabla 18 se muestran los desplazamientos estáticos y dinámicos para ambas direcciones, los cuales serán efectuados según el numeral 5.1 de la E.030 del RNE.

**Tabla 17:** Desplazamientos del Análisis Dinámico en la dirección X

ANÁLISIS DINÁMICO			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos A. Dinámico X (mm)	Desplazamientos Elásticos A. Dinámico X (mm)
Piso 12	36.5	427.04	35.59
Piso 11	33.5	395.76	32.98
Piso 10	30.5	361.02	30.09
Piso 9	27.5	322.91	26.91
Piso 8	24.5	281.86	23.49
Piso 7	21.5	238.90	19.91
Piso 6	18.5	196.03	16.34
Piso 5	15.5	155.96	13.00
Piso 4	12.5	116.39	9.70
Piso 3	9.5	78.61	6.55
Piso 2	6.5	44.46	3.71
Piso 1	3.5	16.84	1.40
Base	0	0	

Fuente: Propia

**Tabla 18:** Desplazamientos del Análisis Estático en la dirección X

ANÁLISIS ESTÁTICO			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos A. Estático X (mm)	Desplazamientos Elásticos A. Estático X (mm)
Piso 12	36.5	301.45	50.24
Piso 11	33.5	279.63	46.61
Piso 10	30.5	255.25	42.54
Piso 9	27.5	228.31	38.05
Piso 8	24.5	199.06	33.18
Piso 7	21.5	168.26	28.04
Piso 6	18.5	137.47	22.91
Piso 5	15.5	108.77	18.13
Piso 4	12.5	80.62	13.44
Piso 3	9.5	54.04	9.01
Piso 2	6.5	30.31	5.05
Piso 1	3.5	11.38	1.90
Base	0	0.00	

Fuente: Propia

En la figura 26 se presenta la interpretación gráfica de las tablas 17 y 18

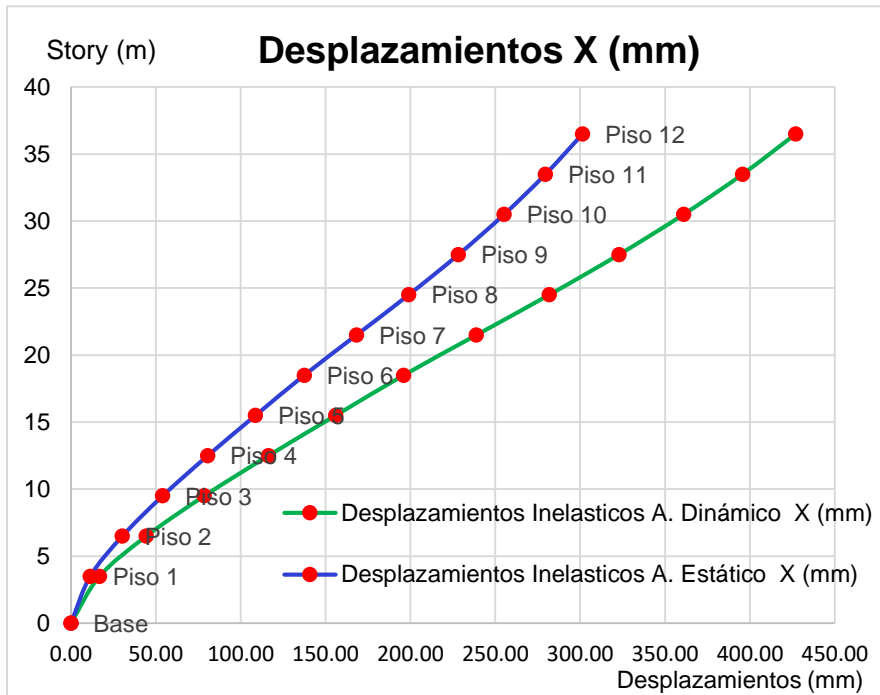


Figura 26: Desplazamientos inelásticos en la dirección X – Modelo Patrón

Fuente: Propia

En las siguientes tablas 19 y 20, se muestran los desplazamientos de la estructura para el análisis estático y dinámico en la dirección Y.

**Tabla 19:** Desplazamientos del Análisis Dinámico en la dirección Y

ANÁLISIS DINÁMICO			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos A. Dinámico X (mm)	Desplazamientos Elásticos A. Dinámico X (mm)
Piso 12	36.5	353.75	29.48
Piso 11	33.5	335.57	27.96
Piso 10	30.5	312.41	26.03
Piso 9	27.5	283.98	23.67
Piso 8	24.5	251.05	20.92
Piso 7	21.5	215.14	17.93
Piso 6	18.5	179.88	14.99
Piso 5	15.5	148.21	12.35
Piso 4	12.5	115.80	9.65
Piso 3	9.5	82.62	6.89
Piso 2	6.5	49.82	4.15
Piso 1	3.5	19.73	1.64
Base	0	0	

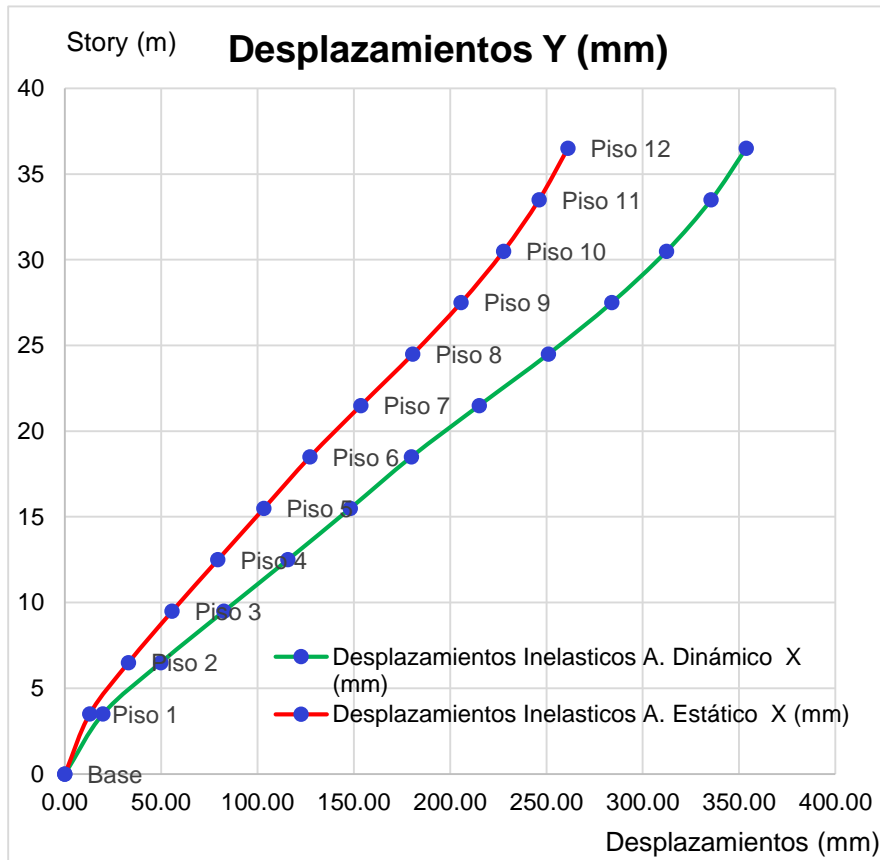
Fuente: Propia

**Tabla 20:** Desplazamientos del Análisis Estático en la dirección Y

ANÁLISIS ESTÁTICO			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos A. Estático X (mm)	Desplazamientos Elásticos A. Estático X (mm)
Piso 12	36.5	261.14	43.52
Piso 11	33.5	246.18	41.03
Piso 10	30.5	227.74	37.96
Piso 9	27.5	205.73	34.29
Piso 8	24.5	180.68	30.11
Piso 7	21.5	153.68	25.61
Piso 6	18.5	127.21	21.20
Piso 5	15.5	103.34	17.22
Piso 4	12.5	79.45	13.24
Piso 3	9.5	55.72	9.29
Piso 2	6.5	33.04	5.51
Piso 1	3.5	12.87	2.15
Base	0	0	

Fuente: Propia

En la figura 27 se presenta la interpretación gráfica de las tablas 19 y 20



**Figura 27:** Desplazamientos inelásticos en la dirección Y – Modelo Patrón

Fuente: Propia

## 4.2. Cálculo de las distorsiones de entrepisos

El cálculo de las derivas, se efectúan de acuerdo a la tabla N° 11 de la E.030 del RNE, en su apartado 5.2 de Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles, donde establece el límite máximo permisible siendo de 0.007, para edificios de concreto armado.

### Distorsión en la dirección X

En la siguiente tabla 21, se muestran las distorsiones de la estructura para el análisis dinámico y estático en la dirección X.

**Tabla 21:** Cálculo de los desplazamiento del análisis estático en dirección X

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Límite
	Desp. Lateral - Sismo Dinámico X		Desp. Lateral - Sismo Estático X		
Piso 12	0.00090	0.01080	0.00121	0.00727	0.007
Piso 11	0.00100	0.01204	0.00135	0.00812	0.007
Piso 10	0.00110	0.01319	0.00150	0.00898	0.007
Piso 9	0.00118	0.01415	0.00163	0.00975	0.007
Piso 8	0.00123	0.01472	0.00171	0.01027	0.007
Piso 7	0.00122	0.01459	0.00171	0.01027	0.007
Piso 6	0.00113	0.01355	0.00160	0.00957	0.007
Piso 5	0.00111	0.01331	0.00156	0.00938	0.007
Piso 4	0.00105	0.01265	0.00148	0.00886	0.007
Piso 3	0.00095	0.01141	0.00132	0.00791	0.007
Piso 2	0.00077	0.00922	0.00105	0.00631	0.007
Piso 1	0.00040	0.00481	0.00054	0.00325	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

Resumen de la deriva máxima del análisis sísmico dinámico en X

**Máxima deriva en x**

**0.014724**

**Piso 8**

Resumen de la deriva máxima del análisis sísmico estático en X

**Máxima deriva en x**

**0.010266**

**Piso 8**

En la siguiente figura 28 se presenta la interpretación de las derivas por piso de la estructura para el análisis estático y el análisis dinámico en la dirección X

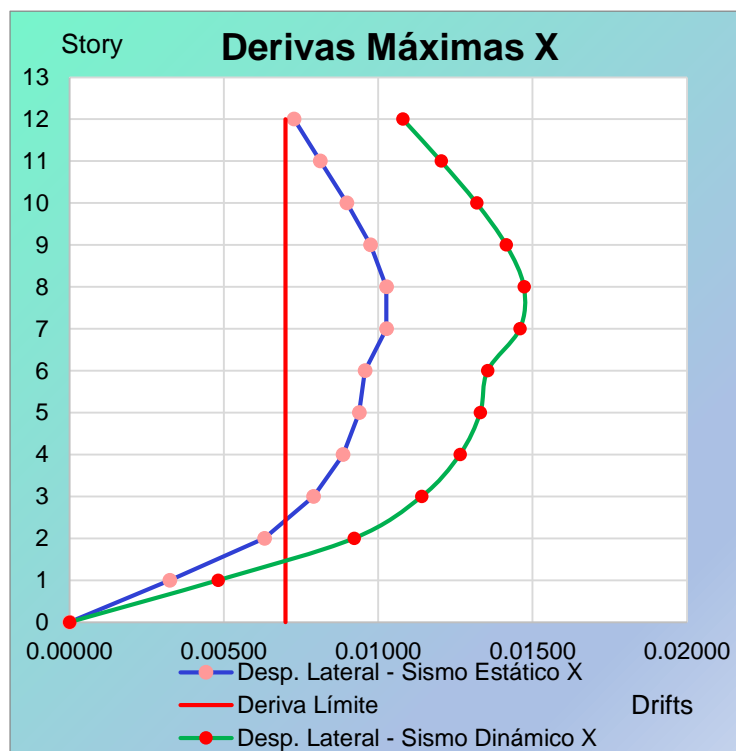


Figura 28: Derivas por piso en la dirección X–Modelo Patrón - Fuente: Propia

### Distorsión en la dirección Y

Tabla 22: Cálculo de los desplazamiento del análisis estático en dirección X

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Límite
	Desp. Lateral - Sismo Dinámico Y			Desp. Lateral - Sismo Estático Y	
Piso 12	0.00068	0.00810	0.00091	0.00544	0.007
Piso 11	0.00074	0.00887	0.00103	0.00615	0.007
Piso 10	0.00083	0.00998	0.00122	0.00734	0.007
Piso 9	0.00096	0.01150	0.00139	0.00835	0.007
Piso 8	0.00104	0.01244	0.00150	0.00900	0.007
Piso 7	0.00101	0.01212	0.00147	0.00883	0.007
Piso 6	0.00090	0.01078	0.00133	0.00796	0.007
Piso 5	0.00091	0.01094	0.00133	0.00796	0.007
Piso 4	0.00093	0.01112	0.00132	0.00791	0.007
Piso 3	0.00091	0.01096	0.00126	0.00756	0.007
Piso 2	0.00084	0.01004	0.00112	0.00672	0.007
Piso 1	0.00047	0.00564	0.00061	0.00368	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

Resumen de la deriva máxima del análisis sísmico dinámico en Y

**Máxima deriva en y**  
**0.012444**

**Piso 8**

Resumen de la deriva máxima del análisis sísmico estático en Y

**Máxima deriva en y**  
**0.009**

**Piso 8**

En la siguiente figura 29 se presenta la interpretación de las derivas por piso de la estructura para el análisis estático y el análisis dinámico en la dirección Y



Figura 29: Derivas por piso en la dirección Y –Modelo Patrón - Fuente: Propia

**Cálculo de la mínima fuerza cortante en la base**

En la siguiente tabla se estima los datos de la mínima fuerza cortante en la base de la estructura convencional, cuyo dato es importante para los cálculos posteriores

**Tabla 23: Fuerzas cortantes mínimas**

Fuerza Cortante Mínima		
Estructura	Regular	
Vmin x =	410.38 Ton	< 683.55 Ton <b>Ok</b>
Vmin y =	355.66 Ton	< 694.68 Ton <b>Ok</b>

Fuente: Propia

Después de haber efectuado el análisis estructural del edificio de 12 niveles que es la estructura patron, se procedió a calcular las propiedades de los **disipadores** y **aisladores**, con la finalidad de introducirlos al modelo estructural y realizar el análisis comparativo planteado en los objetivos.

#### A. Calculo de las propiedades de los disipadores:

Las propiedades que se calcularan son: la constante de amortiguamiento (**C**), la rigidez del disipador (**K**) y el exponente de no linealidad ( **$\alpha = 0.5$** )

##### Constante de amortiguamiento (**C**)

Este valor se calcula teniendo en consideracion una deriva objetivo de acuerdo a la maxima deriva en cada dirección. La deriva objetivo será 0.007 según la NTP E.030 para un nivel de desempeño de seguridad de vida. Factor de reducción de respuesta

Para el Amortiguamiento de la estructura  $\xi_o = 5\%$

La deriva máxima en X se presenta en el **Nivel 8**

$$\beta_x = \frac{D_{máx_x}}{D_{objetivo}} = \frac{0.014724}{0.007} = 2.1034$$

$$\beta_x = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_0)}{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_{eff})} \rightarrow \xi_{Dis} = 36.30 \%$$

Las derivas máximas en Y se presenta en el **Nivel 8**

$$\beta_y = \frac{D_{máx_y}}{D_{objetivo}} = \frac{0.012444}{0.007} = 1.7777$$

$$\beta_y = \frac{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_0)}{2.31 - 0.41 * \ln(\xi_{eff})} \rightarrow \xi_{Dis} = 24.08 \%$$

Ahora se calcula el amortiguamiento del disipador con la ecuación **1.3**

$$C_{di} = \frac{2 \pi * A^{1-\alpha} * \omega_i^{2-\alpha} \sum (m_i * \phi_i^2)}{\lambda * \sum \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i} * \xi_{dis}$$



A = desplazamiento de techo

A = 427.04 mm en X

A = 353.75 mm en Y

**Tabla 24:**  $\omega$ : Frecuencia circular de vibración

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.999	1.001	6.2916	39.5844
Modal	2	0.983	1.017	6.3918	40.8553

Fuente: propia

$$\omega_X = 2\pi / 0.999 = 6.2916 \text{ rad/seg}$$

$$\omega_Y = 2\pi / 0.983 = 6.3918 \text{ rad/seg}$$

**Tabla 25:** Cálculo de  $\sum \phi_{ri}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i$  en X – Y

Pi (Ton)	desplazamientos por piso X (mm)	desplazamientos por piso Y (mm)
564.79	0.24367	0.18371
576.25	0.21739	0.16973
576.25	0.18941	0.15247
576.25	0.16022	0.13214
576.25	0.13066	0.10984
576.25	0.10196	0.08713
703.56	0.07579	0.06661
703.56	0.05378	0.04982
703.56	0.03467	0.03441
703.56	0.01925	0.02074
703.56	0.00819	0.00971
744.02	0.00191	0.00242
7,707.88	0.00000	0.00000

Fuente propia

$$\phi_X = 1.237$$

$$\phi_Y = 1.019$$

$$\sum \phi_{riX}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i = 1.237$$

$$\sum \phi_{riY}^{1+\alpha} * \cos^{1+\alpha} \theta_i = 1.019$$

**Tabla 26:** Sumatoria de Masa por desplazamiento relativo por piso en X -Y

Pi (Ton)	desplazamientos por piso X (mm)	desplazamientos por piso Y (mm)	masa *Ø^2 (X)	masa *Ø^2 (Y)
564.79	0.42704	0.35375	102.999	70.677
576.25	0.39576	0.33557	90.256	64.889
576.25	0.36102	0.31241	75.106	56.241
576.25	0.32291	0.28398	60.086	46.472
576.25	0.28186	0.25105	45.779	36.319
576.25	0.23890	0.21514	32.887	26.671
703.56	0.19603	0.17988	27.037	22.765
703.56	0.15596	0.14821	17.114	15.455
703.56	0.11639	0.11580	9.531	9.435
703.56	0.07861	0.08262	4.348	4.803
703.56	0.04446	0.04982	1.391	1.747
744.02	0.01684	0.01973	0.211	0.290
7,707.88	0.00000	0.00000	0.000	0.000

Fuente propia

$$MX = 466.744 \quad MY = 355.763$$

$$M_x * \varnothing^2 = 466.744 \text{ tonf-s}^2/\text{m}$$

$$M_y * \varnothing^2 = 355.763 \text{ tonf-s}^2/\text{m}$$

$$\alpha = 0.5$$

$\lambda$  = Según la tabla 01 es igual a **3.5** para un alfa de **0.5**

Finalmente las constantes de amortiguamiento para las direcciones X e Y son:

$$C_{di_x} = \frac{2 \pi * 0.427044^{0.5} * 6.2916^{1.5} * 466.744}{3.5 * 1.237} * 36.30 \% = 2535.744 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

$$C_{di_x} = 2,535.744 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

$$C_{di_y} = \frac{2 \pi * 0.353748^{0.5} * 6.3918^{1.5} * 355.763}{3.5 * 1.019} * 24.08 \% = 1450.563 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

$$C_{di_y} = 1,450.563 \text{ ton} * \frac{s}{m}$$

## Rigidez del brazo metálico del disipador con la Ec 1.6

La rigidez de los disipadores se calculará para la longitud mas desfavorable. Esta longitud es  $L = 7.25$  m y se encuentra en la direccion **Y**.

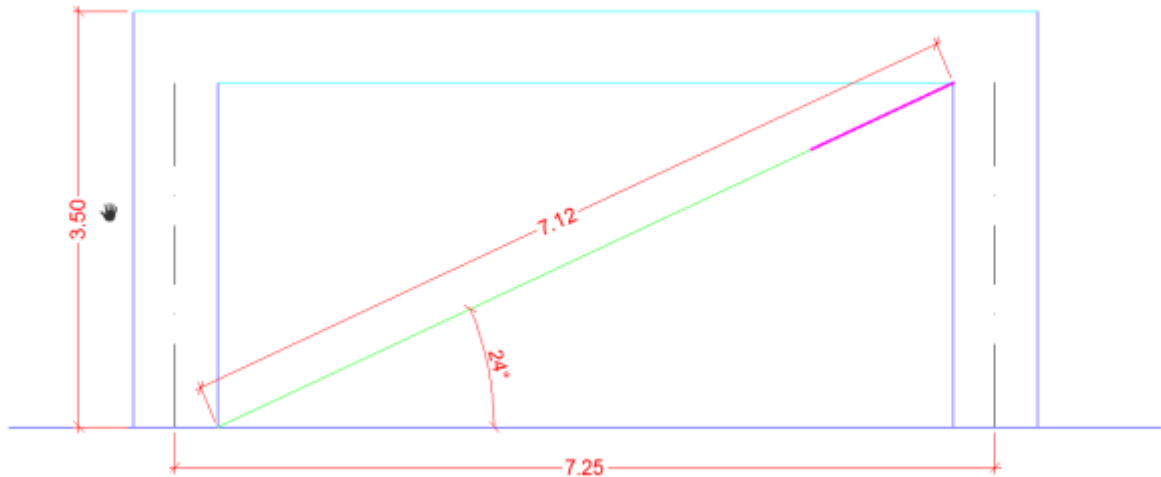


Figura 30: Disipadores de fluido viscoso en disposición diagonal - Fuente: Propia

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

Donde:

$E$  = Modulo de elasticidad del acero = 29,000 Ksi =  $20.399 \times 10^6$  t/m<sup>2</sup>

$D_{DIS.X} = 0.18$  m  $\rightarrow A = 50.671 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

$D_{DIS.Y} = 0.18$  m  $\rightarrow A = 18.241 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

$L_{DIAG} = 7.12$  m

$$K_{Dis-X} = \frac{EA}{L} = \frac{20.399 \times 10^6 * 50.671 \times 10^{-3}}{7.67} = 145,102.076 \text{ Tonf/m}$$

$$K_{Dis-Y} = \frac{EA}{L} = \frac{20.399 \times 10^6 * 18.241 \times 10^{-3}}{7.67} = 52,236.747 \text{ Tonf/m}$$

Los datos que se introducen en el programa para cada dirección son:

:

En **X**:

- $K = 145,102.076 \text{ Tonf/m}$
- $C = 2,535.744 \text{ ton} * \frac{s}{m}$
- $\alpha = 0.5$

En **Y**:

- $K = 52,236.747 \text{ Tonf/m}$
- $C = 1,450.563 \text{ ton} * \frac{s}{m}$
- $\alpha = 0.5$

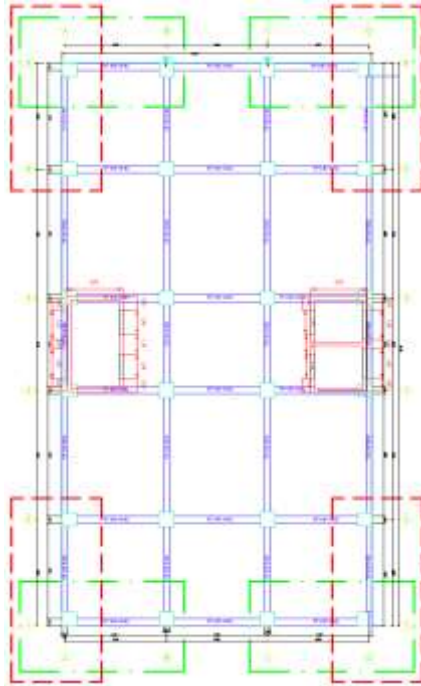


Figura 31: Ubicación en planta de los disipadores – Fuente: Propia

En cada dirección se incorporó 4 dispositivos

### 1.1 Incorporación de los disipadores en el modelo estructural

Se adiciona en el modelo las propiedades previamente calculadas



Figura 32: Propiedades del disipador en disposición diagonal en X

Fuente, Propia



Figura 33: Propiedades del disipador en disposición diagonal en Y

Fuente: Propia

Cabe resaltar que la disposición de los disipadores será: Disp. Diagonal

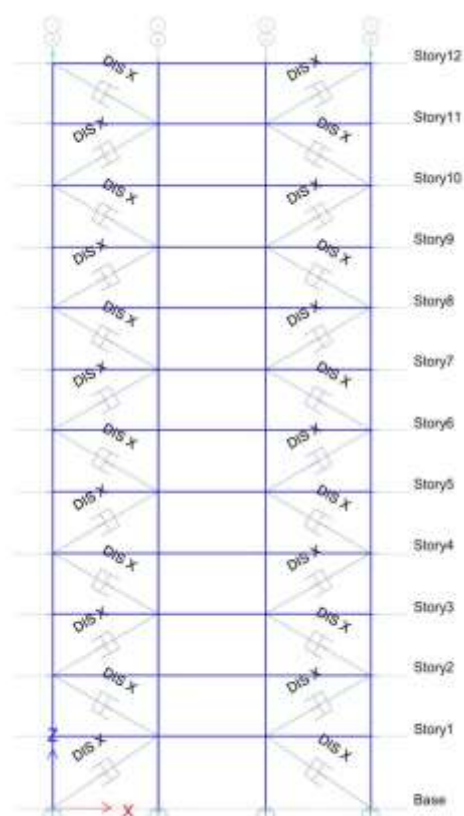


Figura 34: Disposición Diagonal en X – Fuente: Propia

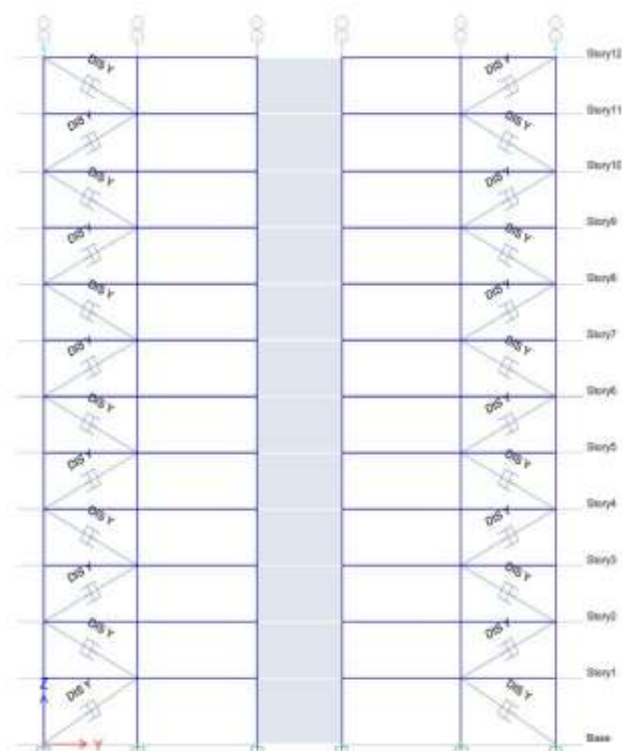


Figura 35: Disposición Diagonal en Y – Fuente: Propia

Después de modelada la estructura del edificio de 12 niveles con disipador, se efectuará el análisis sísmico correspondiente.

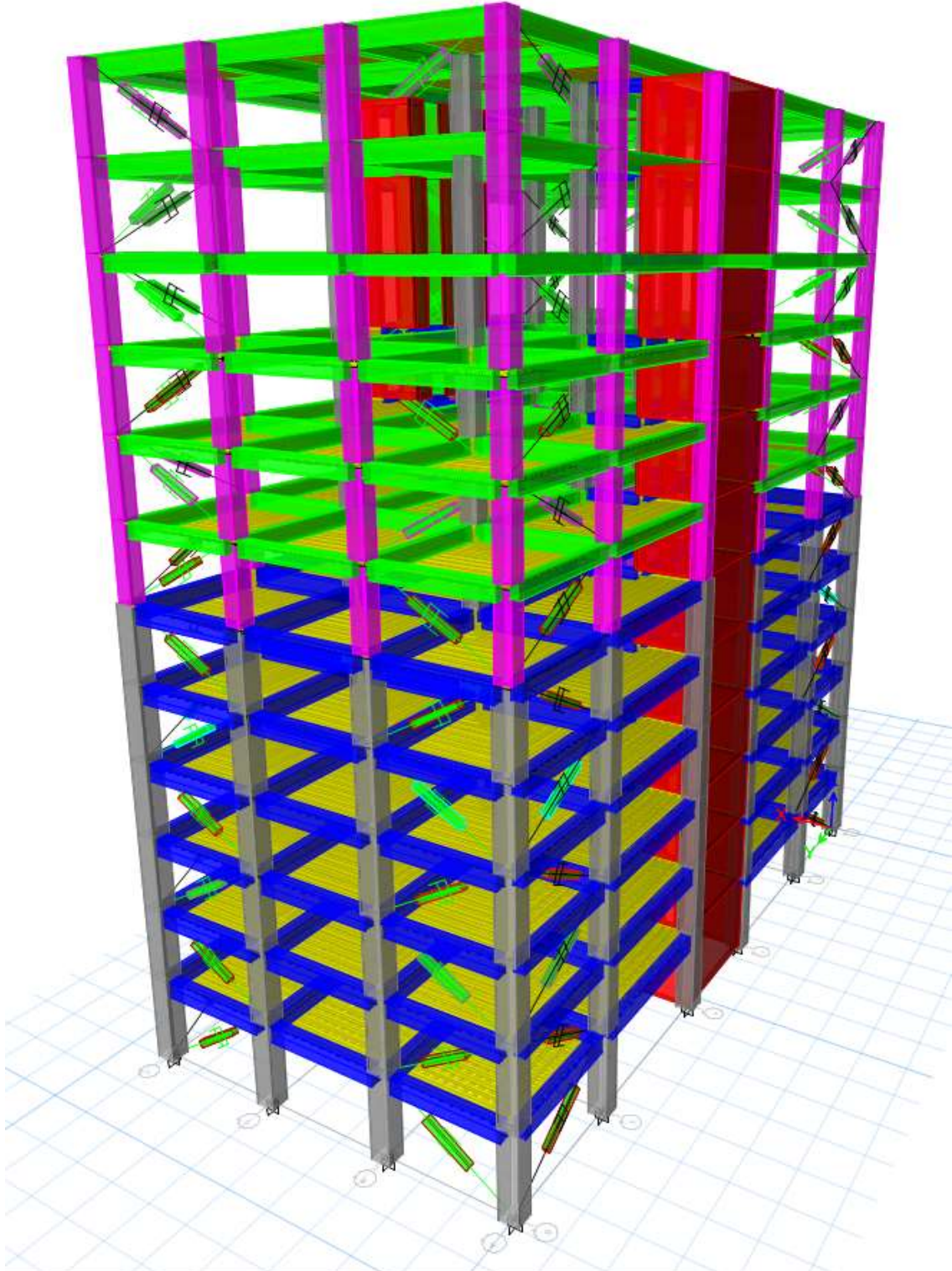


Figura 36: Modelo de la estructura con disipador fluido – viscoso – Fuente: Propia

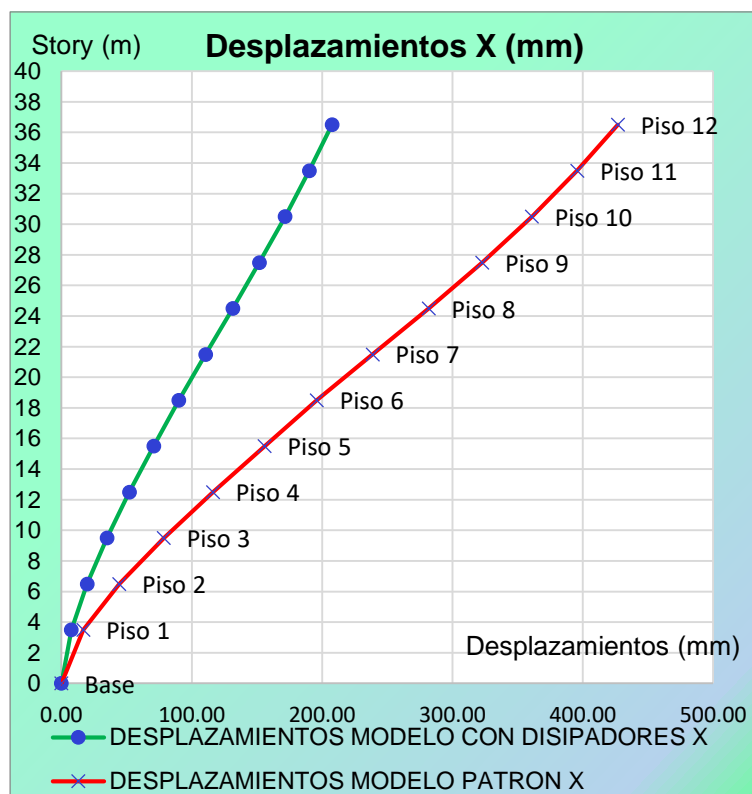
Después de haber efectuado el análisis sísmico estructural con la incorporación de los disipadores se obtuvo los siguientes desplazamientos en ambas direcciones.

**Tabla 27:** Desplazamientos en la dirección X del modelo con disipador

DESPLAZAMIENTOS MODELO CON DISIPADORES X			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos X (mm)	Desplazamientos Elásticos X (mm)
Piso 12	36.5	207.60	17.30
Piso 11	33.5	190.21	15.85
Piso 10	30.5	171.62	14.30
Piso 9	27.5	151.93	12.66
Piso 8	24.5	131.46	10.96
Piso 7	21.5	110.59	9.22
Piso 6	18.5	90.09	7.51
Piso 5	15.5	70.78	5.90
Piso 4	12.5	52.21	4.35
Piso 3	9.5	34.93	2.91
Piso 2	6.5	19.78	1.65
Piso 1	3.5	7.62	0.64
Base	0	0.00	

Fuente: Propia

En la siguiente figura se aprecian los desplazamientos por piso de la estructura



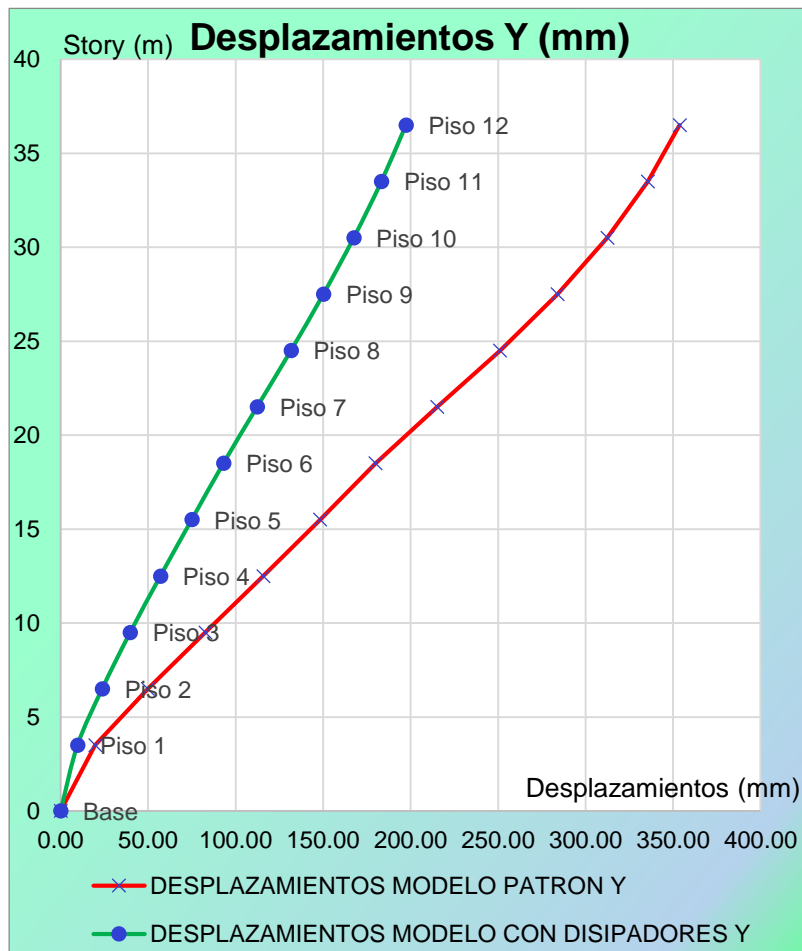
**Figura 37:** Desplazamientos por piso en la dirección X - Fuente: Propia

**Tabla 28:** Desplazamientos en la dirección Y del modelo con disipador

DESPLAZAMIENTOS MODELO CON DISIPADORES Y			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos Y (mm)	Desplazamientos Elásticos Y (mm)
Piso 12	36.5	197.38	16.45
Piso 11	33.5	183.37	15.28
Piso 10	30.5	167.55	13.96
Piso 9	27.5	150.20	12.52
Piso 8	24.5	131.66	10.97
Piso 7	21.5	112.30	9.36
Piso 6	18.5	93.06	7.76
Piso 5	15.5	74.96	6.25
Piso 4	12.5	57.04	4.75
Piso 3	9.5	39.78	3.31
Piso 2	6.5	23.78	1.98
Piso 1	3.5	9.68	0.81
Base	0	0	

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar los desplazamientos por piso de la estructura



**Figura 38:** Desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia



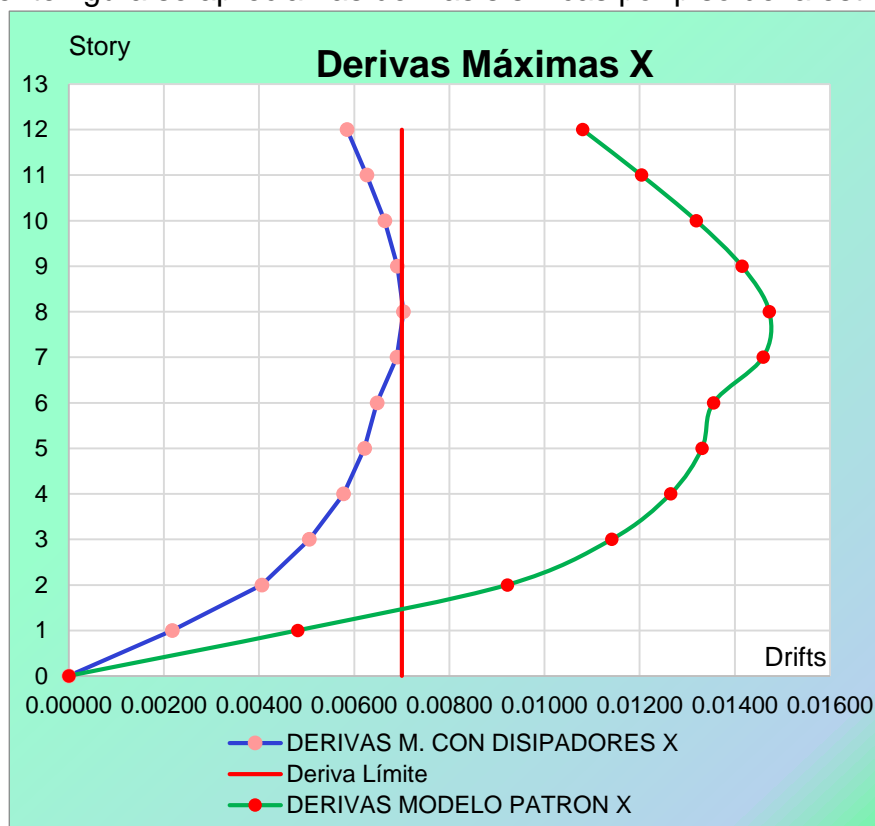
Después de haber efectuado el análisis sísmico estructural con la incorporación de los disipadores se obtuvo las siguientes derivas en ambas direcciones.

**Tabla 29:** Comparación de derivas en X modelo patrón Vr modelo con disipador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelástica		Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON X			DERIVAS M. CON DISIPADORES X		
Piso 12	0.00090	0.01080		0.00049	0.00585	0.007
Piso 11	0.00100	0.01204		0.00052	0.00626	0.007
Piso 10	0.00110	0.01319		0.00055	0.00664	0.007
Piso 9	0.00118	0.01415		0.00058	0.00690	0.007
Piso 8	0.00123	0.01472		0.00059	0.00703	0.007
Piso 7	0.00122	0.01459		0.00057	0.00690	0.007
Piso 6	0.00113	0.01355		0.00054	0.00648	0.007
Piso 5	0.00111	0.01331		0.00052	0.00622	0.007
Piso 4	0.00105	0.01265		0.00048	0.00578	0.007
Piso 3	0.00095	0.01141		0.00042	0.00506	0.007
Piso 2	0.00077	0.00922		0.00034	0.00406	0.007
Piso 1	0.00040	0.00481		0.00018	0.00218	0.007
Base	0.00000	0.00000		0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura



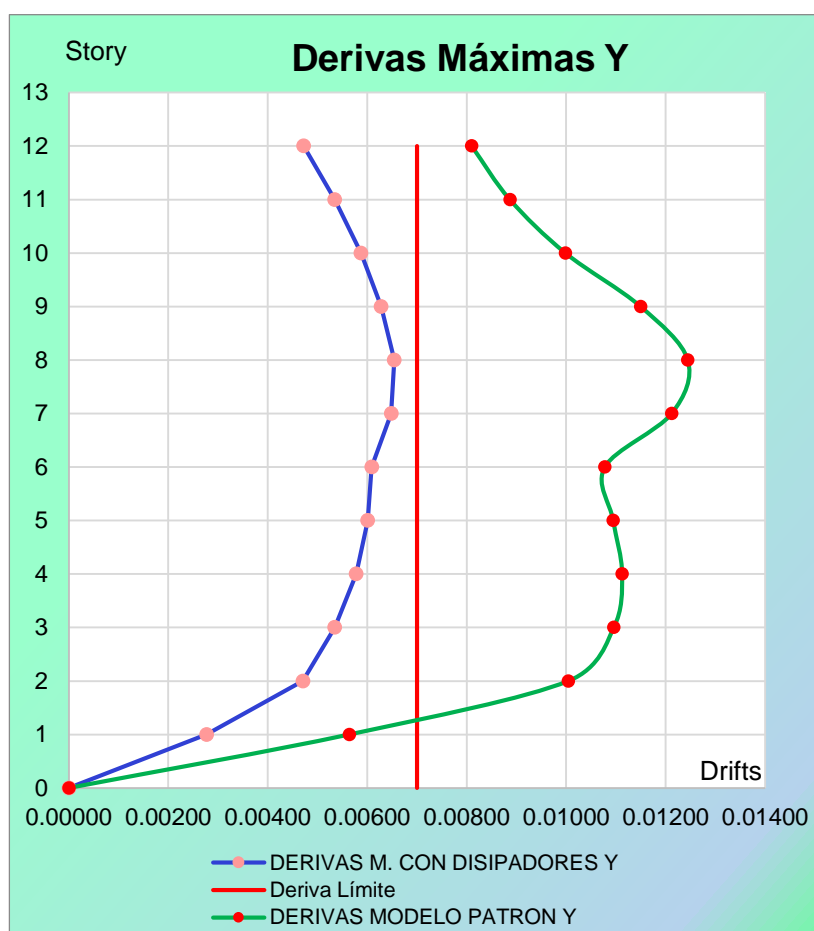
**Figura 39:** Comparación de Derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia

**Tabla 30:** Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con dissipador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON Y		DERIVAS M. CON DISIPADORES Y		
Piso 12	0.00068	0.00810	0.00039	0.00472	0.007
Piso 11	0.00074	0.00887	0.00045	0.00534	0.007
Piso 10	0.00083	0.00998	0.00049	0.00587	0.007
Piso 9	0.00096	0.01150	0.00052	0.00628	0.007
Piso 8	0.00104	0.01244	0.00055	0.00654	0.007
Piso 7	0.00101	0.01212	0.00054	0.00648	0.007
Piso 6	0.00090	0.01078	0.00051	0.00609	0.007
Piso 5	0.00091	0.01094	0.00050	0.00601	0.007
Piso 4	0.00093	0.01112	0.00048	0.00578	0.007
Piso 3	0.00091	0.01096	0.00045	0.00534	0.007
Piso 2	0.00084	0.01004	0.00039	0.00470	0.007
Piso 1	0.00047	0.00564	0.00023	0.00277	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura



**Figura 40:** Comparación de Derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

## B. Cálculo de las propiedades de los aisladores

### Cálculo de las propiedades de los aisladores

Para el análisis respectivo de la estructura con base aislada sísmica es preciso saber que primeramente se tiene que realizar el pre-diseño de los aisladores de núcleo de plomo; para ello me baso en la información de la norma E.031 de la NTP de aislamiento sísmico conjuntamente con la Norma Americana ASCE 7-16 Capítulo 17.

### Consideraciones de diseño para el aislamiento en la base

Se procede a cumplir con el segundo objetivo planteado de la presente tesis, para determinar el desplazamiento traslacional (DT) se calcula con la siguiente expresión dada el artículo 20, numeral 20.1 de la E.031.

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

Para el  $T_M$  se considera un período de 2.5

Para determinar  $S_{aM}$  se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D_M = 1.5ZUCSg$$

Para determinar  $B_M$  se basa en la tabla N° 5 de la E.031

**Tabla 31: Factor de amortiguamiento**

Factor de amortiguamiento $B_M$	
Amortiguamiento Efectivo, $\beta_M$ (En porcentaje del amortiguamiento crítico) ±1	Factor $B_M$
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
≥ 40	1.9

Fuente: NTP – E.031

**Tabla 32: Parámetros de para el desplazamiento**

Parámetros del desplazamiento máximo		
Período =	<b>TM (s) =</b>	2.5
$\beta_M =$	<b>5</b>	BM = 1.00
Aceleración =	<b>g (m/s<sup>2</sup>)=</b>	9.80665
Pseudo aceleración =	<b>SaM (s)=</b>	1.303

Fuente: Propia

Enseguida se reemplaza la fórmula y se obtiene el siguiente resultado

$$D_M = \frac{9.80665 * 1.303 * 2.5}{4\pi^2 * 1} = \mathbf{0.809\ m}$$

Una vez obtenido el desplazamiento traslacional, se calcula el desplazamiento máximo total ( $D_{TM}$ ) de acuerdo al apartado 20.3 de la NTP E.031.

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

Para  $y$  = distancia entre el centro de rigidez del sistema y el elemento de interés.

Para determinar  $P_T$  = Es la razón entre el período traslacional efectivo y el período rotacional del sistema de aislamiento sísmico.

**Tabla 33:** *Parámetros para  $P_T$*

T		RAZON
T traslacional	$T_x = 1.00$	1.24
T traslacional	$T_y = 0.97$	1.20
T rotacional	$T_z = 0.81$	

Fuente. Propia

Para determinar  $e$  = es la excentricidad en planta entre el centro de masa de la estructura y el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, más la excentricidad accidental tomada como 5% de la mayor dimensión en planta.

Para  $b$ , es la dimensión menor en planta de la estructura = 15.60m.

Para  $d$ , es la dimensión mayor en planta de la estructura = 31.15 m.

En las siguientes tablas 34 y 35, se muestra el resumen de los datos para el cálculo  $D_{TM}$

**Tabla 34:** *Parámetros para  $D_{TM}$*

Dirección X:		
	<b>y (m) =</b>	15.58
	<b>e (m) =</b>	1.56
	<b>PT (m) =</b>	1.24
	<b>b (m) =</b>	15.60
	<b>d (m) =</b>	31.15

Fuente: Propia

$$D_{TM} = 0.809 * \left[ 1 + \left( \frac{15.58}{1.24^2} \right) \left( \frac{12 * 1.56}{15.60^2 + 31.15^2} \right) \right] = \mathbf{0.936 \text{ m}}$$

**Tabla 35: Parámetros para DTM**

Dirección Y:		
	<b>y (m) =</b>	7.80
	<b>e (m) =</b>	0.78
	<b>PT (m) =</b>	1.20
	<b>b (m) =</b>	15.60
	<b>d (m) =</b>	31.15

Fuente: propia

$$D_{TM} = 0.809 * \left[ 1 + \left( \frac{7.80}{1.20^2} \right) \left( \frac{12 * 0.78}{15.60^2 + 31.15^2} \right) \right] = \mathbf{0.843 m}$$

Por tanto, el desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) se toma el más desfavorable en este caso es la dirección x, con un  $D_{TM} = 0.936 m$

Nota según la norma establece que el desplazamiento total ( $D_{TM}$ ), no será menor que  $1.5(D_M)$ .

Seguidamente se procede a calcular la carga axial última con la siguiente expresión:

$$P_{m\acute{a}x} = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$$

Para este caso se ha considerado la carga última calculada por el software, siendo de 847.9736 (Tn).

Se procede a realizar el cálculo respectivo para el diámetro del aislador mediante las siguientes fórmulas; para ello se calcula teniendo en cuenta el desplazamiento máximo lateral y la carga axial última, se toma el más crítico:

$$\checkmark D1 = 1.5 * D_{TM}$$

$$D1 = 1.5 * 0.936 = \mathbf{1.40444 m}$$

$$\checkmark D1 = \sqrt{\frac{4 P_{m\acute{a}x}}{\pi \sigma_{m\acute{a}x \text{ permisible}}}}$$

$$D1 = \sqrt{\frac{4 * 847.9736}{\pi * \mathbf{815.77}}} = 1.15044 m$$

Por tanto, el diámetro del aislador es de = 1.40444 m.

Identificación del tipo del aislador, estos se identifican de acuerdo a la similitud de diámetro de aislador que requiere cada columna. Con la siguiente tabla del catálogo DIS se puede identificar cada tipo de aislador para su diámetro.

**Tabla 36:** *Propiedades de diseño del aislador*

Diámetro Aislador, D <sub>i</sub> (mm)	PROPIEDADES DE DISEÑO			Desplazamiento Máximo, D <sub>max</sub> (mm)	Capacidad Carga Axial P <sub>max</sub> (kN)
	Rigidez Producida, K <sub>a</sub> (kN/mm)	Resistencia Características Q <sub>d</sub> (kN)	Rigidez a la compresión, K <sub>v</sub> (kN/mm)		
305	0.2-0.9	0-65	>50	150	450
355	0.2-1.2	0-65	>100	150	700
405	0.3-1.6	0-110	>100	200	900
455	0.3-2.0	0-110	>100	250	1,150
520	0.4-2.3	0-180	>200	300	1,350
570	0.5-2.8	0-180	>500	360	1,800
650	0.5-3.5	0-220	>700	410	2,700
700	0.5-4.2	0-220	>800	460	3,100
750	0.7-4.7	0-265	>900	460	3,600
800	0.7-5.3	0-265	>1,000	510	4,000
850	0.7-6.1	0-355	>1,200	560	4,900
900	0.7-6.1	0-355	>1,400	560	5,800
950	0.7-6.1	0-490	>1,800	610	6,700
1000	0.8-6.3	0-490	>1,900	660	7,600
1050	0.9-6.3	0-580	>2,100	710	8,500
1160	1.1-6.5	0-665	>2,800	760	13,800
1260	1.2-6.7	0-755	>3,700	810	20,500
1360	1.4-7.0	0-890	>5,100	860	27,600
1450	1.6-7.2	0-1,025	>5,300	910	33,400
1550	1.8-7.4	0-1,025	>6,500	910	40,000

Fuente: Dynamic Isolation System (DIS)

Para el cálculo del  $Q_d$ , según la norma se estima en un rango de (3% - 10%) del peso que recibe cada aislador de forma tributaria, con las cargas de servicio =  $WD + 0.25WL$ , para este caso se tomó el dato calculado mediante el software ETABS,

$$\frac{Q_d}{W} = (3\% @ 10\%)$$

siendo de 393.9539 ( $Tn$ ) y se consideró el 10%.

$$Q_d = 0.10 * 393.9539 = 39.395 (Tn)$$

Seguidamente se calculó el diámetro del núcleo del plomo, donde  $\sigma_y$ , para aisladores marca DIS se estima 10Mpa, entonces se procede a calcular el diámetro del aislador, en el catálogo DIS establece un rango para el DL.

$$DL = \sqrt{\frac{4}{\pi}} * \frac{1.10 Q_d}{\sigma_y}$$

$$DL = \sqrt{\frac{4}{\pi}} * \frac{1.10 (39.395)}{1019.71} = 0.22179 m$$

Después de haber obtenido el diámetro del núcleo del plomo, se calculó la altura del aislador. Lo cual se determina por la deformación del corte, cuyo límite es 250% y el máximo desplazamiento total.

$$Hi = \frac{DTM}{2.50}$$

$$Hi = \frac{0.936}{2.50} = 0.3745 \text{ m}$$

Una vez obtenida la altura del aislador, se continuó con el cálculo del  $Kd$ , mediante la siguiente expresión: donde  $G$  se considera entre (0.4-07MPa); por tanto, se tomó un  $G = 40.78$  (Tn/m<sup>2</sup>)

$$Kd = \frac{\pi}{4} * \frac{(DI^2 - DL^2) * G}{HI}$$

$$Kd = \frac{\pi}{4} * \frac{(1.40444^2 - 0.22179^2) * 40.78}{0.37452} = 164.47367 \left(\frac{Tn}{m^2}\right)$$

Para determinar la rigidez efectiva  $Keff$ , se utiliza la siguiente ecuación:

$$Keff = \frac{Qd}{DTM} + Kd$$

$$Keff = \frac{39.395}{0.936} + 164.47637 = 206.55228 \left(\frac{Tn}{m}\right)$$

Seguidamente se calculó el amortiguamiento efectivo del aislador  $\beta_{eff}$ , mediante la siguiente fórmula:

$$\beta_{eff} = \frac{4Qd \left(DTM - \frac{Fy}{10Kd}\right)}{2\pi * Keff \text{ máx } DTM}$$

El  $Fy$  se determina según :  $Fy = 1.10 * Qd$ , dando como resultado un  $Fy = 43.3349$  (Tn).

$$\beta_{eff} = \frac{4Qd \left(DTM - \frac{Fy}{10Kd}\right)}{2\pi * Keff \text{ máx } DTM}$$

$$\beta_{eff} = \frac{4(39.395) (0.936 - \frac{Fy 43.3349}{10(164.47637)})}{2\pi * 206.55228 * 0.936} = 0.1224 = 12.24\%$$

Se procedió a realizar el cálculo de la rigidez vertical

$$K_y = \frac{EcA}{HI}$$

Ec= Módulo de elasticidad del conjunto de los términos de caucho, donde se considera (0.38 Mpa a 0.70 Mpa), para este trabajo se consideró un G = 50.985 (Tn/m<sup>2</sup>), y para K = s considera 203943.24 (Tn/m<sup>2</sup>).

$$Ec = \frac{6GS^2 * K}{6GS^2 + K}$$

Cálculo para el S= 1.40444 \* 4(0.008) = 43.889

$$Ec = \frac{6 * 50.985^2 * 203943.24}{6 * 50.985^2 + 203943.24} = 151506.070 \frac{Tn}{m^2}$$

A = Área transversal del aislador

$$As = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$As = \pi * \frac{1.40444^2}{4} = 1.549 \text{ m}^2$$

Entonces se realiza el cálculo de la rigidez vertical

$$K_y = \frac{151506.070 * 1.549}{0.37452} = 626692.322 \frac{Tn}{m^2}$$

Finalmente se procedió a calcular la rigidez elástica (Ke); siendo la siguiente expresión.

$$Ke = 1.10 * K_d$$

$$Ke = 1.10 * 164.476 = 1644.764 \frac{Tn}{m^2}$$



Una vez realizadas el cálculo de las características físicas y mecánicas del aislador, se procede hacer una tabla de resumen, para identificar rápidamente los datos e insertar en el software.

**Tabla 37:** Resumen de las características del aislador

<b>Características del aislador</b>	
<b>DI (m) =</b>	1.404
<b>Hi (m)=</b>	0.375
<b>Keff (Tn/m) =</b>	206.552
<b>βeff (%) =</b>	0.122
<b>Kd =</b>	164.476
<b>Fy =</b>	43.335
<b>Kd/Ke =</b>	0.100
<b>Pmáx (Tn)=</b>	847.974
<b>Ky =</b>	626692.322

Fuente: Propia

Los datos que se introducen en el programa para cada dirección son:

**Tabla 38:** Parámetros del aislador en las direcciones X & Y; para ingresar al software

<b>Eje X y Y</b>		
	Rígidez efectiva lineal	206.552 Tn/m
	Amortiguamiento efectivo	0.122 %
	Rígidez no lineal	164.476
	Fluencia	43.335
	Radio de rigidez post fluencia	0.100

Fuente: Propia

**Tabla 39:** Parámetros del aislador en la direccione Z; para ingresar al software

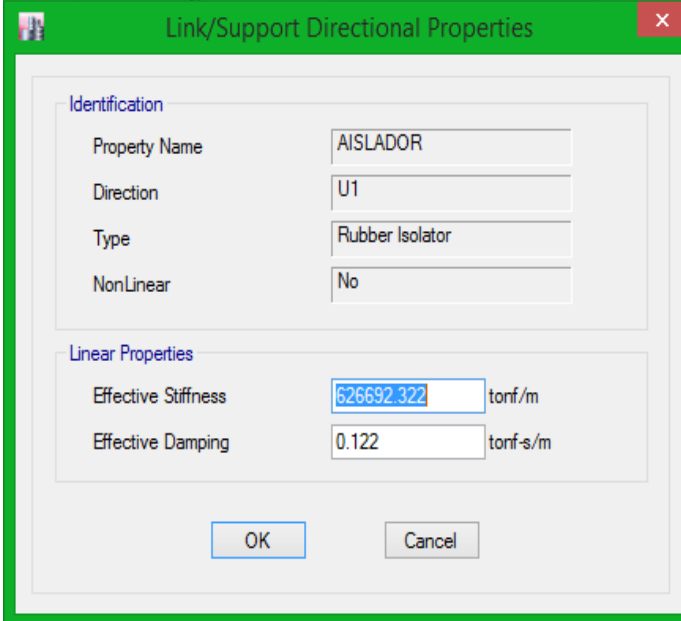
<b>Eje Z</b>		
	Rígidez efectiva lineal	626692.322 Tn/m
	Amortiguamiento efectivo lineal	0.122 %

Fuente: Propia

Después de haber calculado las características de los aisladores con núcleo de plomo de acuerdo a la normativa E.031 de aislamiento en la base y de acuerdo a la normativa americana ASCE 7/16, se procede a insertar los datos respectivos en el software ETABS, los cuales se colocarán en la base de la estructura.

## 1.2 Incorporación de los aisladores en el modelo estructural

Se adiciona en el modelo las propiedades previamente calculada

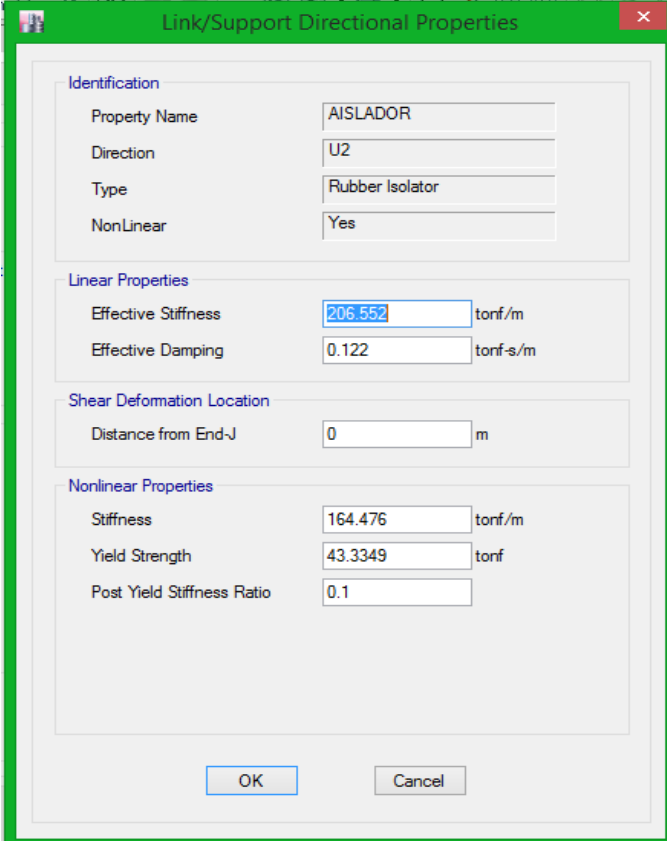


Identification	
Property Name	AISLADOR
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No

Linear Properties	
Effective Stiffness	626692.322 tonf/m
Effective Damping	0.122 tonf-s/m

Figura 41: Propiedades del aislador en Z – Fuente: Propia



Identification	
Property Name	AISLADOR
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	206.552 tonf/m
Effective Damping	0.122 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	164.476 tonf/m
Yield Strength	43.3349 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.1

Figura 42: Propiedades del aislador en X – Fuente: Propia

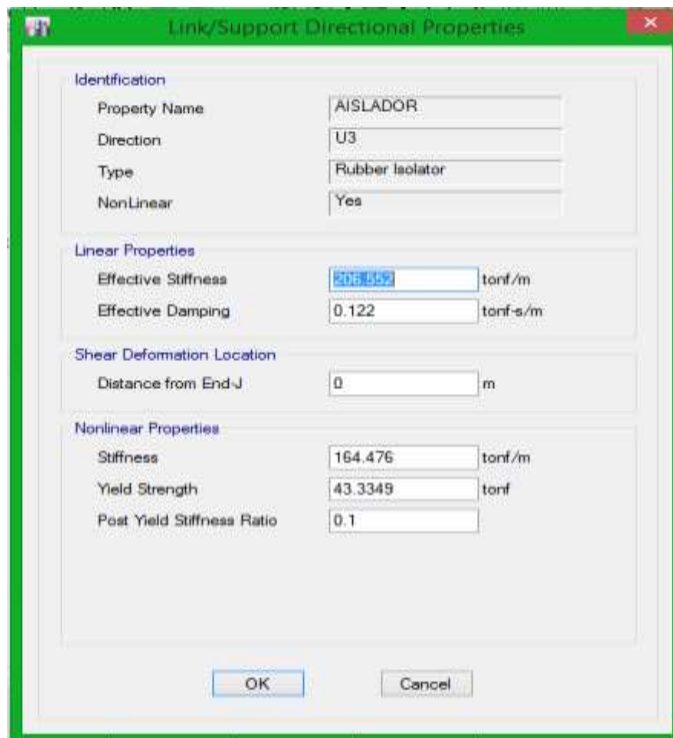


Figura 43: Propiedades del aislador en Y – Fuente: Propia

Después de definir las propiedades del aislador se procede a asignar los aisladores en la base de la estructura

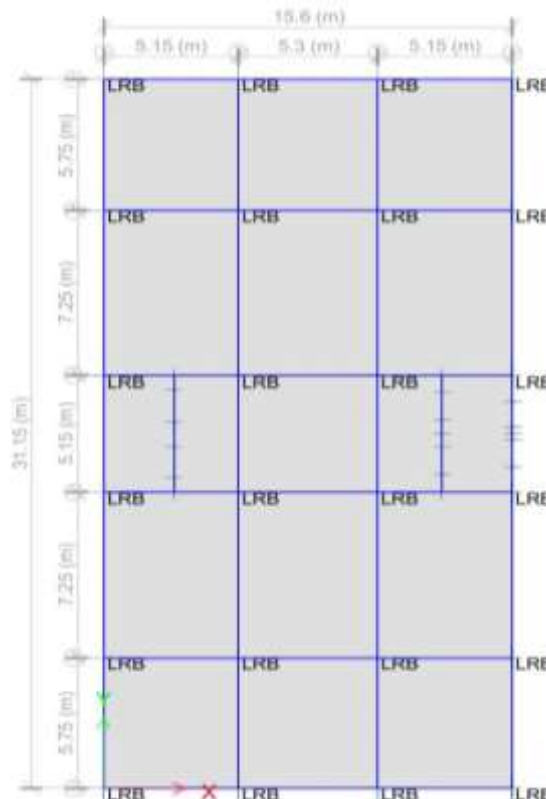
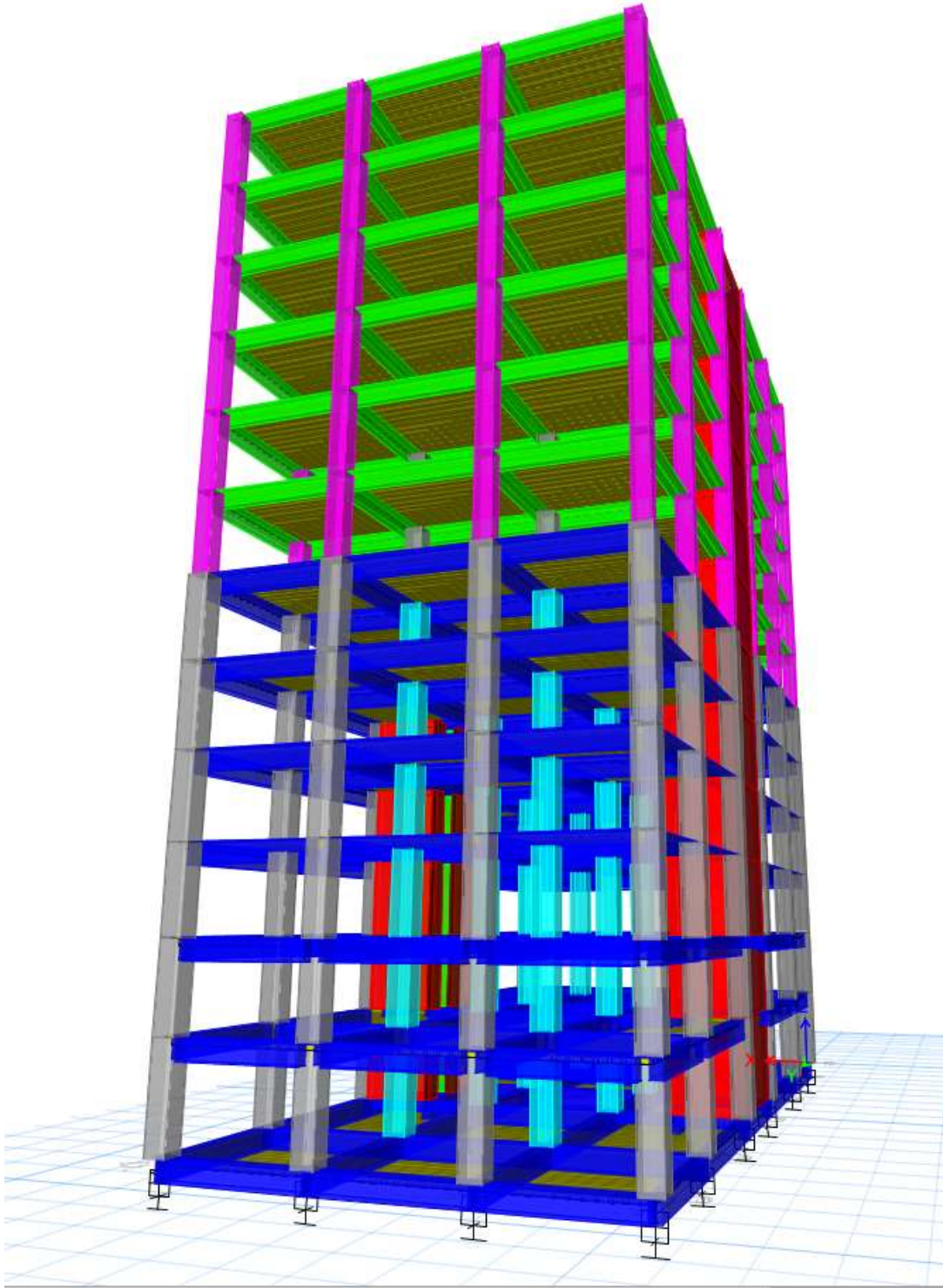


Figura 44: Asignación de los aisladores en la base – Fuente: Propia

Después de modelada la estructura del edificio de 12 niveles con aislador, se efectuará el análisis sísmico correspondiente



*Figura 45:* Modelo de la estructura con aislador con núcleo de plomo

Fuente: Propia

Después de haber efectuado el análisis sísmico estructural con la incorporación de los aisladores se obtuvo los siguientes desplazamientos en ambas direcciones.

**Tabla 40:** Desplazamientos en la dirección X del modelo con aislador

DESPLAZAMIENTOS MODELO CON AISLADORES X			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos X (mm)	Desplazamientos Elásticos X (mm)
Piso 12	36.5	142.54	11.88
Piso 11	33.5	134.90	11.24
Piso 10	30.5	126.34	10.53
Piso 9	27.5	116.77	9.73
Piso 8	24.5	106.13	8.84
Piso 7	21.5	94.53	7.88
Piso 6	18.5	82.36	6.86
Piso 5	15.5	70.26	5.85
Piso 4	12.5	57.42	4.78
Piso 3	9.5	43.94	3.66
Piso 2	6.5	29.96	2.50
Piso 1	3.5	15.78	1.32
Base	0	0.00	0.00

Fuente. Propia

En la siguiente figura se apreciar los desplazamientos por piso de la estructura

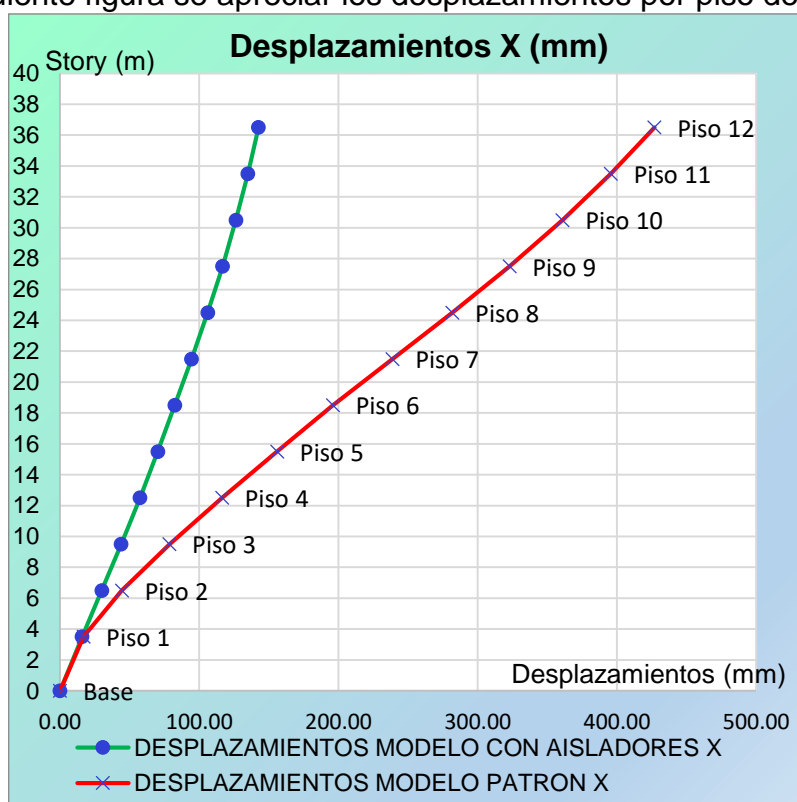


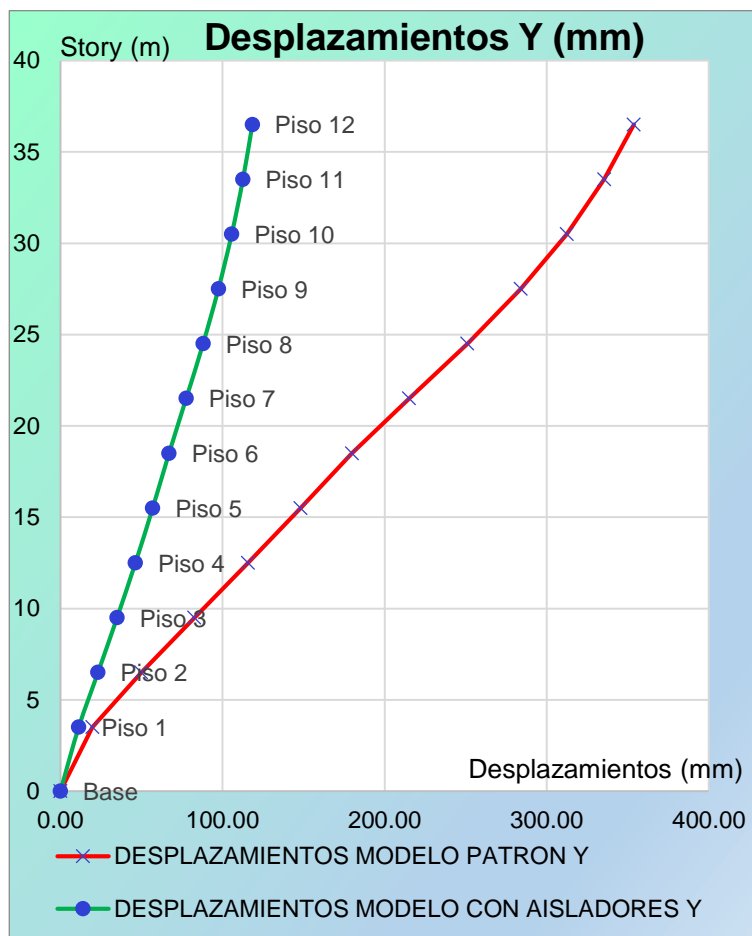
Figura 46: Desplazamientos por piso en la dirección X – Fuente: Propia

**Tabla 41:** Desplazamientos en la dirección Y del modelo con aislador

DESPLAZAMIENTOS MODELO CON AISLADORES Y			
Niveles	Altura (m)	Desplazamientos Inelásticos Y (mm)	Desplazamientos Elásticos Y (mm)
Piso 12	36.5	118.45	9.87
Piso 11	33.5	112.65	9.39
Piso 10	30.5	105.71	8.81
Piso 9	27.5	97.49	8.12
Piso 8	24.5	88.05	7.34
Piso 7	21.5	77.62	6.47
Piso 6	18.5	67.03	5.59
Piso 5	15.5	56.96	4.75
Piso 4	12.5	46.30	3.86
Piso 3	9.5	34.98	2.92
Piso 2	6.5	23.22	1.93
Piso 1	3.5	11.33	0.94
Base	0	0	0

Fuente. Propia

En la siguiente figura se apreciar los desplazamientos por piso de la estructura



**Figura 47:** Desplazamientos por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

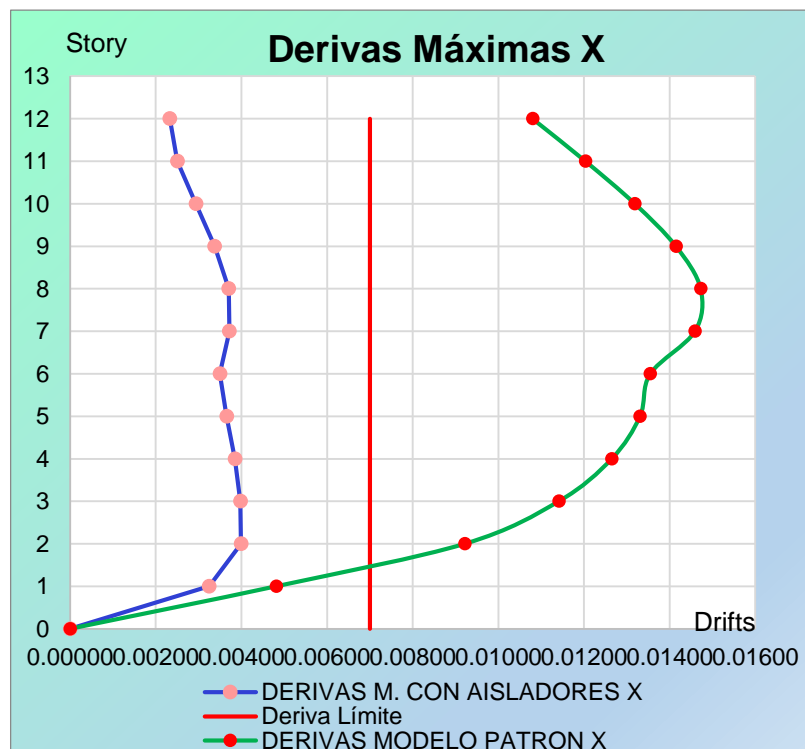
Después de haber efectuado el análisis sísmico estructural con la incorporación de los aisladores se obtuvo las siguientes derivas en ambas direcciones.

**Tabla 42:** Comparación de derivas en X: modelo patrón Vr modelo con aislador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON X		DERIVAS M. CON AISLADORES X		
Piso 12	0.00090	0.01080	0.00019	0.00233	0.007
Piso 11	0.00100	0.01204	0.00021	0.00250	0.007
Piso 10	0.00110	0.01319	0.00024	0.00294	0.007
Piso 9	0.00118	0.01415	0.00028	0.00338	0.007
Piso 8	0.00123	0.01472	0.00031	0.00370	0.007
Piso 7	0.00122	0.01459	0.00031	0.00372	0.007
Piso 6	0.00113	0.01355	0.00029	0.00350	0.007
Piso 5	0.00111	0.01331	0.00030	0.00366	0.007
Piso 4	0.00105	0.01265	0.00032	0.00385	0.007
Piso 3	0.00095	0.01141	0.00033	0.00398	0.007
Piso 2	0.00077	0.00922	0.00033	0.00399	0.007
Piso 1	0.00040	0.00481	0.00027	0.00325	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura



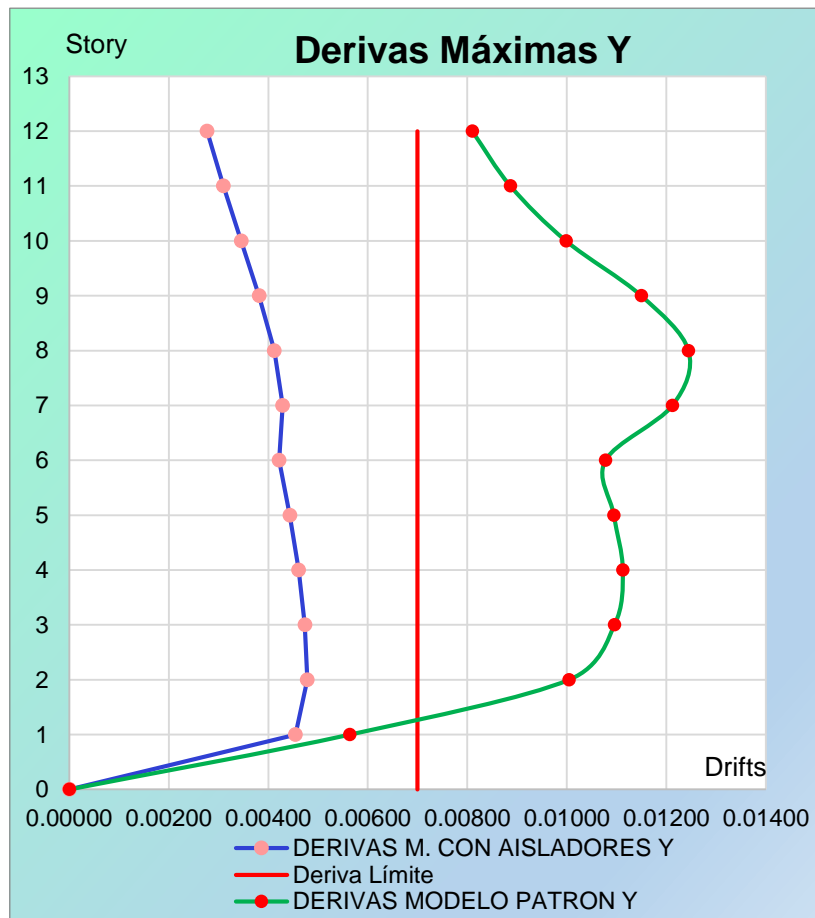
**Figura 48:** Comparación de Derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia

**Tabla 43:** Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con aislador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON Y		DERIVAS M. CON AISLADORES Y		
Piso 12	0.00068	0.00810	0.00023	0.00277	0.007
Piso 11	0.00074	0.00887	0.00026	0.00310	0.007
Piso 10	0.00083	0.00998	0.00029	0.00346	0.007
Piso 9	0.00096	0.01150	0.00032	0.00382	0.007
Piso 8	0.00104	0.01244	0.00034	0.00412	0.007
Piso 7	0.00101	0.01212	0.00036	0.00429	0.007
Piso 6	0.00090	0.01078	0.00035	0.00422	0.007
Piso 5	0.00091	0.01094	0.00037	0.00443	0.007
Piso 4	0.00093	0.01112	0.00038	0.00461	0.007
Piso 3	0.00091	0.01096	0.00039	0.00474	0.007
Piso 2	0.00084	0.01004	0.00040	0.00478	0.007
Piso 1	0.00047	0.00564	0.00038	0.00454	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura



**Figura 49:** Comparación de Derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia



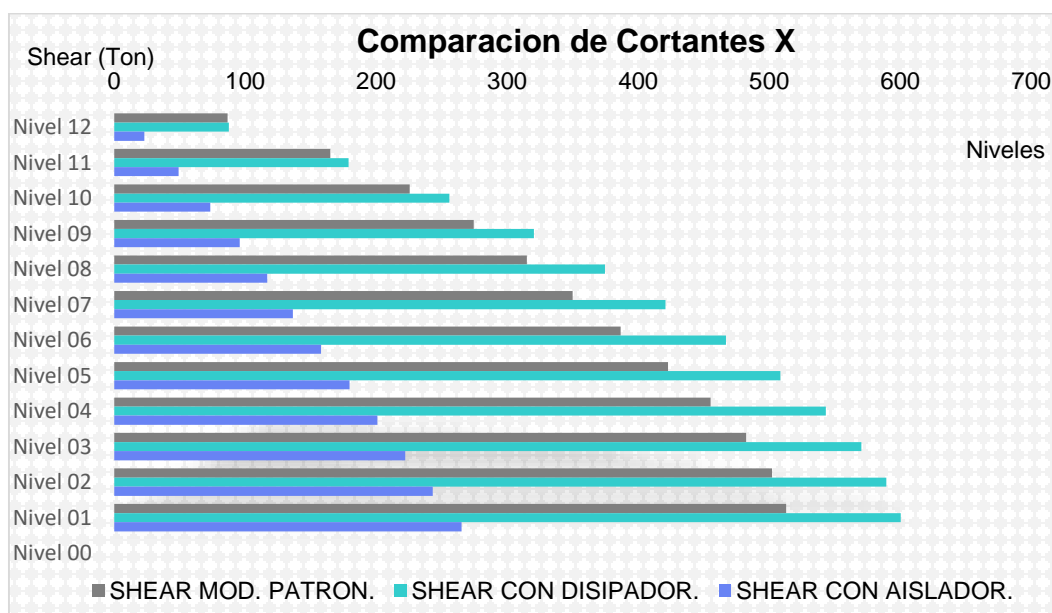
Después de haber incorporado los disipadores y aisladores en el modelo estructural, se procedió a extraer los resultados para su posterior comparación, de las cortantes por piso, desplazamientos y derivas; los mismos que se observan en las siguientes figuras y tablas.

**Tabla 44:** Comparación de las cortantes por nivel en la dirección X

Cortantes por piso (Tn)		SHEAR MOD. PATRON.	SHEAR MOD CON DISIPADOR.	SHEAR MOD CON AISLADOR.
# Piso	Nivel	X	X	X
Nivel 12	36.5	86.6479	87.6386	23.0028
Nivel 11	33.5	164.8855	178.9915	49.1055
Nivel 10	30.5	225.5146	255.9961	73.3795
Nivel 09	27.5	274.3722	320.4753	95.8902
Nivel 08	24.5	314.9933	374.7451	116.7845
Nivel 07	21.5	349.8572	420.7969	136.2942
Nivel 06	18.5	386.5847	466.9416	157.8473
Nivel 05	15.5	422.6916	508.5936	179.6476
Nivel 04	12.5	455.2759	543.2869	200.9838
Nivel 03	9.5	482.4685	570.3684	222.104
Nivel 02	6.5	502.2157	589.3607	243.2082
Nivel 01	3.5	512.9781	600.3561	265.0669
Nivel 00	0	0	0	0

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las cortantes sísmicas por piso de la estructura



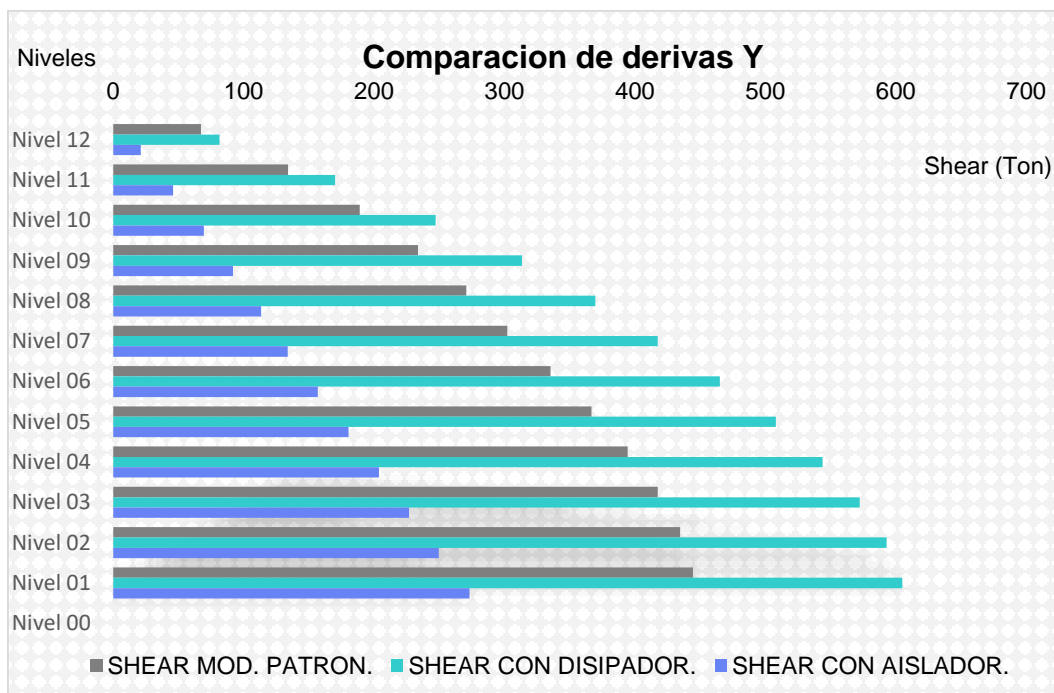
**Figura 50:** Comparación de cortantes por piso en la dirección X – Fuente: Propia

**Tabla 45:** Comparación de las cortantes por nivel en la dirección Y

Cortantes por piso ( Tn )		SHEAR MOD. PATRON.	SHEAR MOD CON DISIPADOR.	SHEAR MOD CON AISLADOR.
# Piso	Nivel	Y	Y	Y
Nivel 12	36.5	67.2492	81.618	21.1651
Nivel 11	33.5	134.1002	170.0444	45.8528
Nivel 10	30.5	189.07	247.1704	69.458
Nivel 09	27.5	233.7354	313.3528	91.9509
Nivel 08	24.5	270.6401	369.673	113.377
Nivel 07	21.5	302.2587	417.4663	133.8604
Nivel 06	18.5	335.2481	465.0903	156.9321
Nivel 05	15.5	366.7396	508.0049	180.5539
Nivel 04	12.5	394.3702	543.9115	203.8106
Nivel 03	9.5	417.4347	572.3679	226.8274
Nivel 02	6.5	434.8043	592.9824	249.7053
Nivel 01	3.5	444.5809	605.0386	273.177
Nivel 00	0	0	0	0

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las cortantes sísmicas por piso de la estructura



**Figura 51:** Comparación de cortantes por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

En las figuras 50 y 51 se observa la comparación de las cortantes por nivel, de los cuales el edificio con disipador presenta sus cortantes por piso ligeramente mayores a la estructura convencional y a la estructura con aislador.

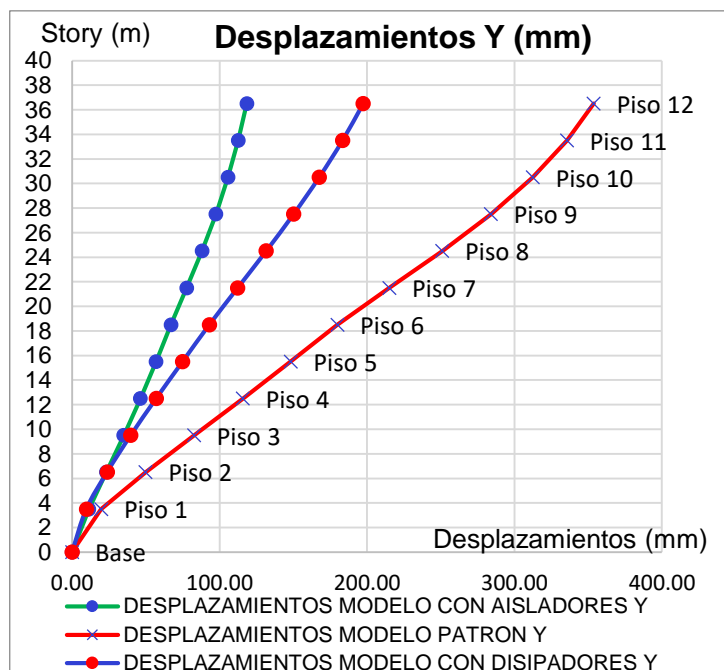
Una vez realizada la comparación de las cortantes por piso, se procede a comparar los desplazamientos de la edificación en ambas direcciones (ver figura 52 y 53).

**Tabla 46:** Comparación de desplazamiento en Y modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador

Niveles	Altura (m)	DESPLAZAMIENTOS MODELO PATRON Y		DESPLAZAMIENTOS MODELO CON DISIPADORES Y		DESPLAZAMIENTOS MODELO CON AISLADORES Y	
		Desp. Inelásticos Y (mm)	Desp. Elásticos Y (mm)	Desp. Inelásticos Y (mm)	Desp. Elásticos Y (mm)	Desp. Inelásticos Y (mm)	Desp. Elásticos Y (mm)
Piso 12	36.5	353.75	29.48	197.38	16.45	118.45	9.87
Piso 11	33.5	335.57	27.96	183.37	15.28	112.65	9.39
Piso 10	30.5	312.41	26.03	167.55	13.96	105.71	8.81
Piso 9	27.5	283.98	23.67	150.20	12.52	97.49	8.12
Piso 8	24.5	251.05	20.92	131.66	10.97	88.05	7.34
Piso 7	21.5	215.14	17.93	112.30	9.36	77.62	6.47
Piso 6	18.5	179.88	14.99	93.06	7.76	67.03	5.59
Piso 5	15.5	148.21	12.35	74.96	6.25	56.96	4.75
Piso 4	12.5	115.80	9.65	57.04	4.75	46.30	3.86
Piso 3	9.5	82.62	6.89	39.78	3.31	34.98	2.92
Piso 2	6.5	49.82	4.15	23.78	1.98	23.22	1.93
Piso 1	3.5	19.73	1.64	9.68	0.81	11.33	0.94
Base	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura



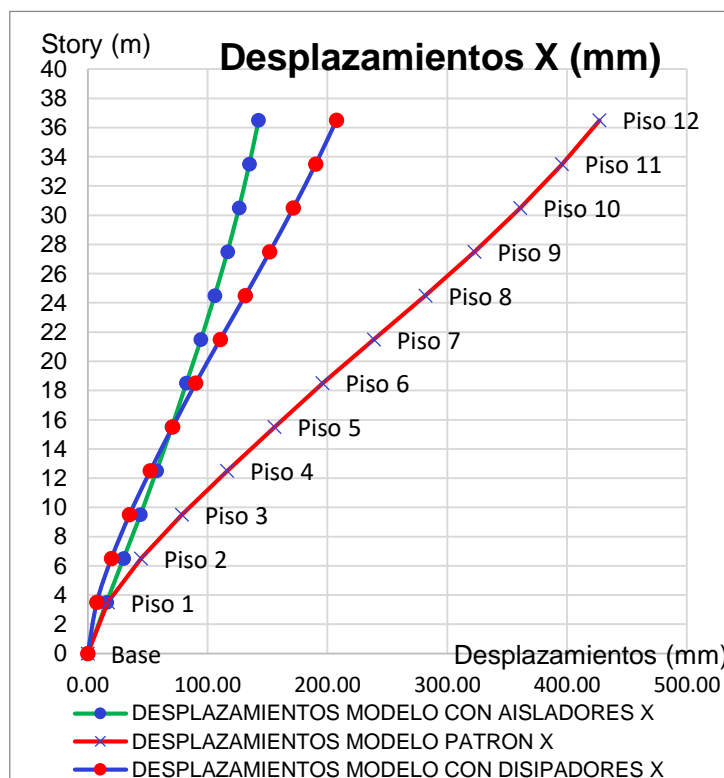
**Figura 52:** Comparación de desplazamiento por piso en la dirección Y  
Fuente: Propia.

**Tabla 47:** Comparación de desplazamiento en X modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador

Niveles	Altura (m)	DESPLAZAMIENTOS MODELO PATRON Y		DESPLAZAMIENTOS MODELO CON DISIPADORES Y		DESPLAZAMIENTOS MODELO CON AISLADORES Y	
		Desp. Inelásticos X (mm)	Desp. Elásticos X (mm)	Desp. Inelásticos X (mm)	Desp. Elásticos X (mm)	Desp. Inelásticos X (mm)	Desp. Elásticos X (mm)
Piso 12	36.5	427.04	35.59	207.60	17.30	142.54	11.88
Piso 11	33.5	395.76	32.98	190.21	15.85	134.90	11.24
Piso 10	30.5	361.02	30.09	171.62	14.30	126.34	10.53
Piso 9	27.5	322.91	26.91	151.93	12.66	116.77	9.73
Piso 8	24.5	281.86	23.49	131.46	10.96	106.13	8.84
Piso 7	21.5	238.90	19.91	110.59	9.22	94.53	7.88
Piso 6	18.5	196.03	16.34	90.09	7.51	82.36	6.86
Piso 5	15.5	155.96	13.00	70.78	5.90	70.26	5.85
Piso 4	12.5	116.39	9.70	52.21	4.35	57.42	4.78
Piso 3	9.5	78.61	6.55	34.93	2.91	43.94	3.66
Piso 2	6.5	44.46	3.71	19.78	1.65	29.96	2.50
Piso 1	3.5	16.84	1.40	7.62	0.64	15.78	1.32
Base	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar los desplazamientos sísmicos por piso de la estructura



**Figura 53:** Comparación de desplazamiento por piso en la dirección X  
Fuente: Propia

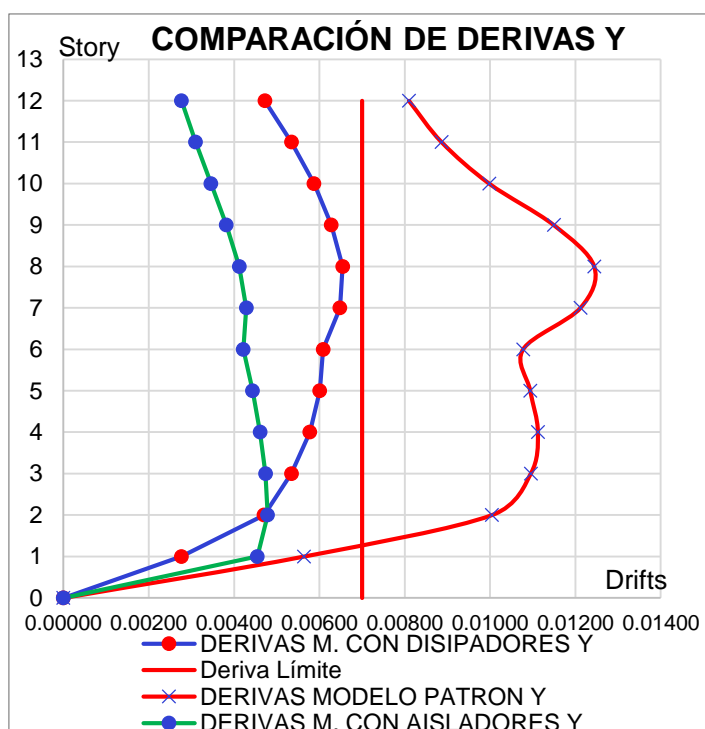
Una vez calculada las cortantes por piso y los desplazamientos se procede a comparar las derivas de la edificación en ambas direcciones (ver figura 54 y 55).

**Tabla 48:** Comparación de derivas en Y modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Elástica	Deriva Inelástica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON Y		DERIVAS M. CON DISIPADORES Y		DERIVAS M. CON AISLADORES Y		
Piso 12	0.00068	0.00810	0.00039	0.00472	0.00023	0.00277	0.007
Piso 11	0.00074	0.00887	0.00045	0.00534	0.00026	0.00310	0.007
Piso 10	0.00083	0.00998	0.00049	0.00587	0.00029	0.00346	0.007
Piso 9	0.00096	0.01150	0.00052	0.00628	0.00032	0.00382	0.007
Piso 8	0.00104	0.01244	0.00055	0.00654	0.00034	0.00412	0.007
Piso 7	0.00101	0.01212	0.00054	0.00648	0.00036	0.00429	0.007
Piso 6	0.00090	0.01078	0.00051	0.00609	0.00035	0.00422	0.007
Piso 5	0.00091	0.01094	0.00050	0.00601	0.00037	0.00443	0.007
Piso 4	0.00093	0.01112	0.00048	0.00578	0.00038	0.00461	0.007
Piso 3	0.00091	0.01096	0.00045	0.00534	0.00039	0.00474	0.007
Piso 2	0.00084	0.01004	0.00039	0.00470	0.00040	0.00478	0.007
Piso 1	0.00047	0.00564	0.00023	0.00277	0.00038	0.00454	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente. Propia

En la siguiente figura se apreciar la comparación de las derivas sísmicas de la estructura



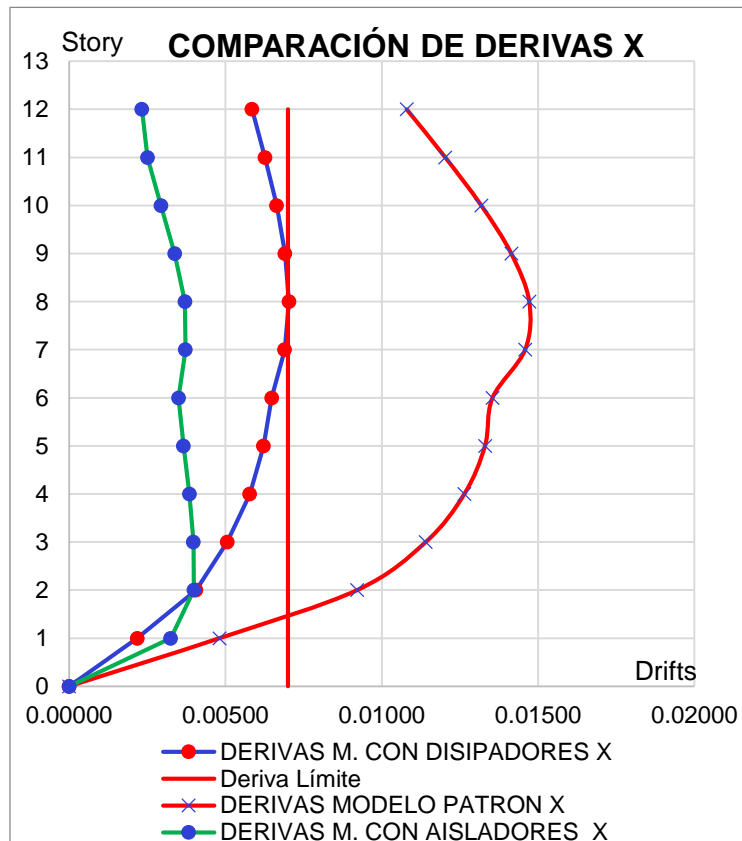
**Figura 54:** Comparación de desplazamientos por piso en la dirección Y  
Fuente: Propia.

**Tabla 49:** Comparación de derivas en X modelo patrón Vr modelo con disipador y Modelo con aislador

Nivel	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Elástica	Deriva Inelastica	Deriva Límite
	DERIVAS MODELO PATRON X		DERIVAS M. CON DISIPADORES X		DERIVAS M. CON AISLADORES X		
Piso 12	0.00090	0.01080	0.00049	0.00585	0.00019	0.00233	0.007
Piso 11	0.00100	0.01204	0.00052	0.00626	0.00021	0.00250	0.007
Piso 10	0.00110	0.01319	0.00055	0.00664	0.00024	0.00294	0.007
Piso 9	0.00118	0.01415	0.00058	0.00690	0.00028	0.00338	0.007
Piso 8	0.00123	0.01472	0.00059	0.00703	0.00031	0.00370	0.007
Piso 7	0.00122	0.01459	0.00057	0.00690	0.00031	0.00372	0.007
Piso 6	0.00113	0.01355	0.00054	0.00648	0.00029	0.00350	0.007
Piso 5	0.00111	0.01331	0.00052	0.00622	0.00030	0.00366	0.007
Piso 4	0.00105	0.01265	0.00048	0.00578	0.00032	0.00385	0.007
Piso 3	0.00095	0.01141	0.00042	0.00506	0.00033	0.00398	0.007
Piso 2	0.00077	0.00922	0.00034	0.00406	0.00033	0.00399	0.007
Piso 1	0.00040	0.00481	0.00018	0.00218	0.00027	0.00325	0.007
Base	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar la comparación de las derivas sísmicas de la estructura



**Figura 55:** Comparación de desplazamientos por piso en la dirección X  
Fuente: Propia.

## **V. DISCUSIONES**

## DISCUSIÓN 01

Al concluir el análisis sísmico de la edificación de 12 niveles para los tres modelos: modelo patrón, modelo con disipador y modelo con aislador; los resultados de la estructura con protección sísmica; basándose principalmente en los desplazamientos se observan que se disminuyen y con respecto a los resultados de las derivas, estas se reducen llegando a cumplir el límite máximo permisible que establece la E.030 en su tabla N° 11. Con esto se afirma la **hipótesis** general del trabajo de investigación.

Al respecto CHILÓN ZÁRATE, Eder Alexis (2019), en su tesis, titulada “*Diseño y Análisis Sísmico Comparativo Entre un Sistema Con Aisladores de Núcleo de Plomo y un Sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una Edificación de 4 Niveles, Chiclayo, 2019*”. Obtuvo los siguientes **resultados**, para la estructura con disipador un  $T = 0.39s$  y para la estructura con aislador un  $T = 2.8s$ , con respecto a los desplazamientos y las derivas de los entrepisos; con la incorporación de los aisladores con núcleo con plomo se logró disminuir un 89% y un 91% respectivamente; mientras que con los disipadores de fluido viscoso logró reducir un 37% en desplazamientos y en un 40% las drift.

De acuerdo con Chilón (2019), en sus resultados de los periodos, tienen una semejanza a los periodos de la presente tesis, que al incorporar los disipadores y aisladores; basándose en la estructura con disipador se obtiene un periodo para eje  $X = 0.779 s$  & para el eje  $Y = 0.757s$ , mientras que para la estructura con aislador se obtuvo un periodo para la dirección en  $X = 2.772s$ , & para la dirección en  $Y = 2.725s$ . con respecto a los desplazamientos y derivas; con el modelo patrón exceden la deriva máxima permisible; mientras con las incorporación de los sistemas de protección sísmica; cumplen con las distorsiones indicadas en la (tabla N° 11 – E.030).

Por tanto, se deduce para el análisis dinámico, al momento de implementar en la estructura los disipadores sísmicos; los períodos se reducen; mientras que al implementar los aisladores en la base de la estructura los períodos aumentan. Cabe recalcar que en gran manera el uso de estos sistemas sísmicos es importante para



determinadas estructuras, ya que aportan buenos resultados en cuanto a su respuesta estructural.

## **DISCUSIÓN 02**

La primera **hipótesis** específica de esta investigación resalta la importancia de la incorporación de los disipadores de fluido-viscoso en un edificio de concreto armado. Por medio de la implementación del sistema de disipación sísmica (disipador de fluido-viscoso), se confirmó que la estructura presentó una mejora en cuanto a su respuesta estructural.

Al respecto OTINIANO VASQUEZ, Jeyson Bryan (2019), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, titulada “Desempeño Sísmico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía Viscosos, Trujillo - 2019”, después de concluir con el análisis respectivo a la edificación determino el porcentaje máximo de reducción de derivas en la dirección X & Y un promedio para todos los niveles de 58.4% y 55.9% respectivamente y la reducción de los desplazamientos en X & Y un 40% y 42.90%.

De acuerdo a lo anterior; el tesista menciona que en el modelo convencional las derivas están por encima de la deriva objetivo, sin embargo, con el uso de los sistemas de protección sísmica (disipadores fluido-viscoso) los drift se reducen progresivamente por cada nivel.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con disipador y sin disipador de fluido-viscoso? Conuerdo con los resultados de Otiniano, cuyos datos son parecidos a los resultados de la presente tesis. Por ello al implementar estos dispositivos las distorsiones de los entresijos se redujeron, en un 52.16% para la dirección en el eje X; y un 46.16% se redujo en la dirección Y, asimismo en los desplazamientos se reduce en la dirección X 53.78% & en la dirección Y 48.49%.

Para comprender mejor estos porcentajes promedios de reducción de derivas de entresijos, sabiendo que se calcula por la diferencia de desplazamientos dividido

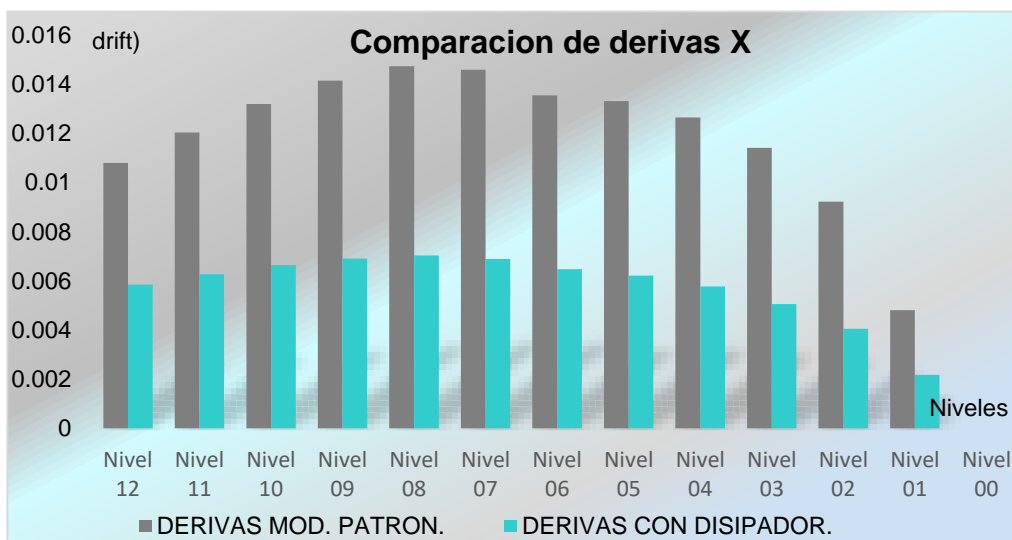
entre la altura del piso, por tanto, es necesario analizar los siguientes datos; tal y como se puede apreciar en las tablas 50 & 51 y en las figuras 56 & 57.

**Tabla 50:** Comparación de derivas en X modelo patrón Vr modelo con disipador

Drift		DERIVAS MOD. PATRON. X	DERIVAS CON DISIPADOR. X	REDUCCIÓN DER. CON DISIPADOR Prom	
# Piso	Hi Nivel				
Nivel 12	36.5	0.0108	0.005848	45.85%	<b>45.85%</b>
Nivel 11	33.5	0.012036	0.006264	47.96%	<b>47.96%</b>
Nivel 10	30.5	0.013188	0.00664	49.65%	<b>49.65%</b>
Nivel 09	27.5	0.014148	0.006904	51.20%	<b>51.20%</b>
Nivel 08	24.5	0.014724	0.007032	52.24%	<b>52.24%</b>
Nivel 07	21.5	0.014592	0.006896	52.74%	<b>52.74%</b>
Nivel 06	18.5	0.013548	0.00648	52.17%	<b>52.17%</b>
Nivel 05	15.5	0.013308	0.006216	53.29%	<b>53.29%</b>
Nivel 04	12.5	0.012648	0.005776	54.33%	<b>54.33%</b>
Nivel 03	9.5	0.011412	0.005056	55.70%	<b>55.70%</b>
Nivel 02	6.5	0.009216	0.004056	55.99%	<b>55.99%</b>
Nivel 01	3.5	0.004812	0.002176	54.78%	<b>54.78%</b>
Nivel 00	0	0	0		
				52.16%	<b>52.16%</b>

Fuente: Propia

En la siguiente figura se aprecian las derivas sísmicas por piso de la estructura en la dirección X: Modelo patrón Vr Modelo con disipador de fluido viscoso.



**Figura 56:** Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia.

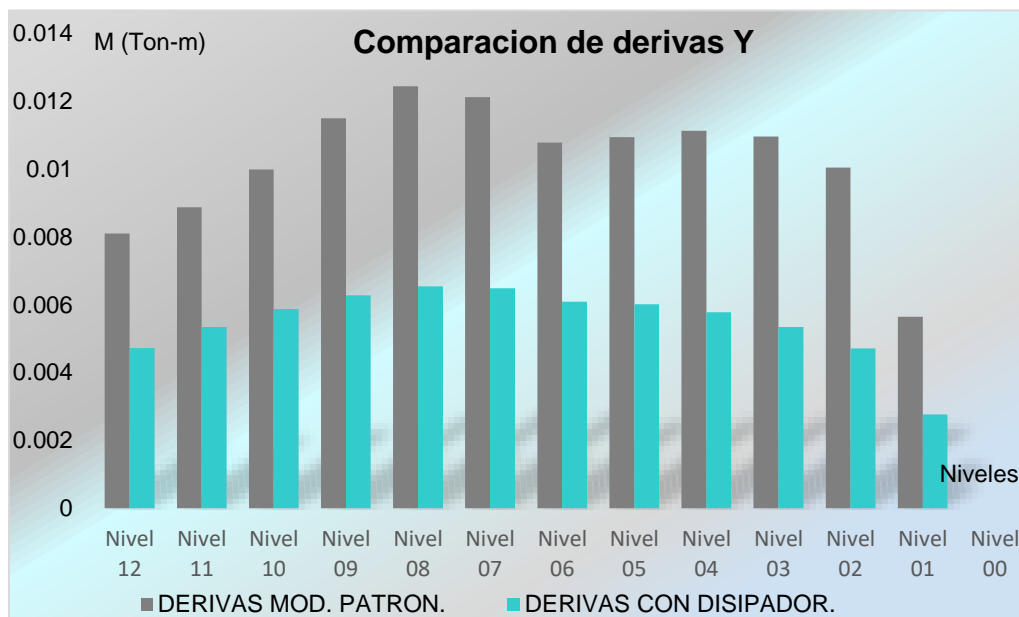
En la figura se aprecia, las derivas de la estructura con disipador, se reduce significativamente en la dirección X.

**Tabla 51:** Comparación de derivas en Y: Modelo patrón Vr Modelo con disipador

Drift		DERIVAS MOD. PATRON Y	DERIVAS CON DISIPADOR Y	REDUCCIÓN DER. CON DISIPADOR	
# Piso	Nivel				
Nivel 12	36.5	0.0081	0.00472	41.73%	<b>41.73%</b>
Nivel 11	33.5	0.008868	0.005344	39.74%	<b>39.74%</b>
Nivel 10	30.5	0.009984	0.005872	41.19%	<b>41.19%</b>
Nivel 09	27.5	0.011496	0.00628	45.37%	<b>45.37%</b>
Nivel 08	24.5	0.012444	0.006544	47.41%	<b>47.41%</b>
Nivel 07	21.5	0.01212	0.00648	46.53%	<b>46.53%</b>
Nivel 06	18.5	0.010776	0.006088	43.50%	<b>43.50%</b>
Nivel 05	15.5	0.010944	0.006008	45.10%	<b>45.10%</b>
Nivel 04	12.5	0.011124	0.005776	48.08%	<b>48.08%</b>
Nivel 03	9.5	0.010956	0.005344	51.22%	<b>51.22%</b>
Nivel 02	6.5	0.010044	0.004704	53.17%	<b>53.17%</b>
Nivel 01	3.5	0.00564	0.002768	50.92%	<b>50.92%</b>
Nivel 00	0	0	0		
				46.16%	<b>46.16%</b>

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar las derivas sísmicas por piso de la estructura en la dirección Y: Modelo patrón Vr Modelo con disipador de fluido viscoso



**Figura 57:** Comparación de derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

En la figura se aprecia, las derivas de la estructura con disipador, se reduce significativamente en la dirección Y.

### DISCUSIÓN 03

La segunda **hipótesis** específica de esta investigación resalta la importancia de la incorporación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado. Por medio de la implementación del sistema de aislamiento sísmico en la base se reflejan valores como los períodos que aumentan y con respecto a los valores de desplazamientos y derivas se reducen por debajo de la deriva objetivo de esa forma se confirmó que la estructura presentó una mejora en cuanto a su respuesta estructural.

Al respecto Reyna Flores, Alisson (2017), en su tesis, titulada “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura” obtuvo como resultados, los periodos con aislador, son mayores a los periodos sin aislador a su vez las derivas y desplazamiento de la estructura sin aislador son mayores a la estructura con aislador



Fuente: Figura 3.29 – Tesis Reyna Alisson (2017) – pág 92

De acuerdo a la tesis de Reyna (2017), en sus resultados menciona que las derivas sin aisladores, son mayores a las derivas con la incorporación del aislamiento en la base, asimismo en el edificio con 20 pisos se obtiene un porcentaje de reducción de las derivas en X un 48% y en Y un 22%, con respecto a los desplazamientos en X un 37% y en Y un 23%.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con aislador y sin aislador con núcleo de plomo?, después de haber efectuado el análisis sísmico los resultados de esta investigación, indican que las derivas de la estructura con aisladores cumplen la deriva máxima permisible tal y como se puede visualizar en los siguientes gráficos.

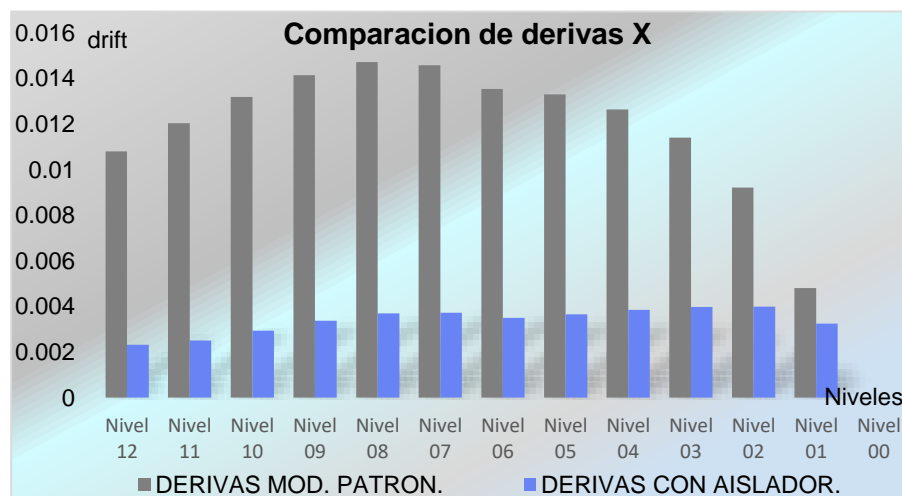
Por otro lado, la máxima distorsión en reducción promedio con aislador es de 69.29% en la dirección X.

**Tabla 52:** Porcentaje de reducción de derivas en X

Drift		DERIVAS MOD. PATRON.	DERIVAS CON AISLADOR.	REDUCCIÓN DER. CON AISLADOR Prom	
# Piso	Nivel	X	X		
Nivel 12	36.5	0.0108	0.002328	78.44%	<b>78.44%</b>
Nivel 11	33.5	0.012036	0.002504	79.20%	<b>79.20%</b>
Nivel 10	30.5	0.013188	0.002936	77.74%	<b>77.74%</b>
Nivel 09	27.5	0.014148	0.003376	76.14%	<b>76.14%</b>
Nivel 08	24.5	0.014724	0.003704	74.84%	<b>74.84%</b>
Nivel 07	21.5	0.014592	0.00372	74.51%	<b>74.51%</b>
Nivel 06	18.5	0.013548	0.003496	74.20%	<b>74.20%</b>
Nivel 05	15.5	0.013308	0.003656	72.53%	<b>72.53%</b>
Nivel 04	12.5	0.012648	0.003848	69.58%	<b>69.58%</b>
Nivel 03	9.5	0.011412	0.003976	65.16%	<b>65.16%</b>
Nivel 02	6.5	0.009216	0.003992	56.68%	<b>56.68%</b>
Nivel 01	3.5	0.004812	0.003248	32.50%	<b>32.50%</b>
Nivel 00	0	0	0		
				69.29%	<b>69.29%</b>

Fuente: Propia

En la siguiente figura se aprecia la comparación de las derivas sísmicas en dirección X por piso de la estructura



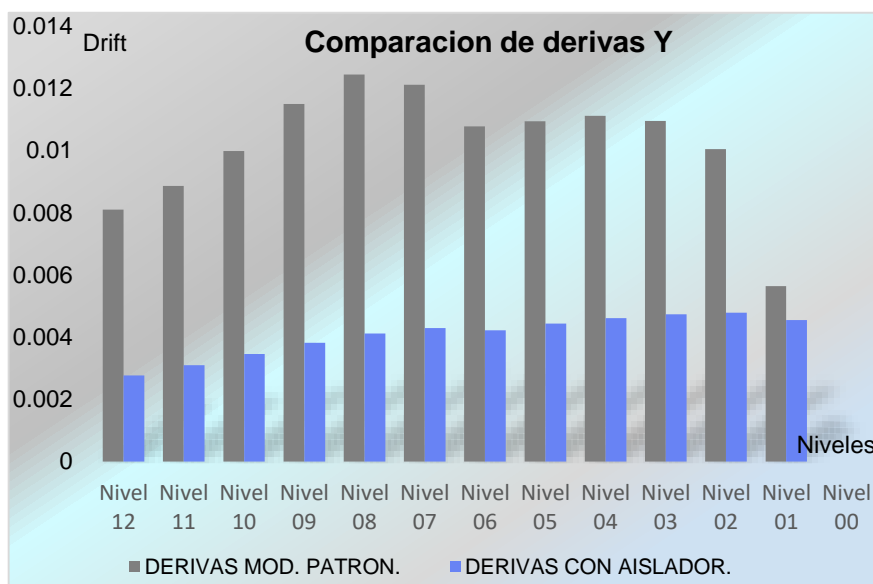
**Figura 58:** Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia

**Tabla 53:** Se muestra el porcentaje de reducción promedio con aislador en la dirección Y es de 58.51%.

Drift		DERIVAS MOD. PATRON.	DERIVAS CON AISLADOR.	REDUCCIÓN DER. CON AISLADOR Prom	
# Piso	Nivel	Y	Y		
Nivel 12	36.5	0.0081	0.002768	65.83%	<b>65.83%</b>
Nivel 11	33.5	0.008868	0.003096	65.09%	<b>65.09%</b>
Nivel 10	30.5	0.009984	0.003456	65.38%	<b>65.38%</b>
Nivel 09	27.5	0.011496	0.003816	66.81%	<b>66.81%</b>
Nivel 08	24.5	0.012444	0.00412	66.89%	<b>66.89%</b>
Nivel 07	21.5	0.01212	0.004288	64.62%	<b>64.62%</b>
Nivel 06	18.5	0.010776	0.004216	60.88%	<b>60.88%</b>
Nivel 05	15.5	0.010944	0.004432	59.50%	<b>59.50%</b>
Nivel 04	12.5	0.011124	0.004608	58.58%	<b>58.58%</b>
Nivel 03	9.5	0.010956	0.004736	56.77%	<b>56.77%</b>
Nivel 02	6.5	0.010044	0.004784	52.37%	<b>52.37%</b>
Nivel 01	3.5	0.00564	0.004544	19.43%	<b>19.43%</b>
Nivel 00	0	0	0		
				58.51%	<b>58.51%</b>

Fuente: Propia

En la siguiente figura se apreciar la comparación de las derivas sísmicas en dirección Y por piso de la estructura



**Figura 59:** Comparación de derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

En las figuras 58 y 59, se aprecia, las derivas de la estructura con aislador, que se reduce significativamente en ambas direcciones.

## DISCUSIÓN 04

La tercera **hipótesis** específica resalta la importancia de la incorporación de los disipadores de fluido-viscoso y aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado; lo cual por medio del análisis sísmico dinámico se afirma la mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas de la estructura.

En comparación con la investigación de RUIZ CARRILLO, Christian & TORRES REINO, Angel (2018), en su tesis titulada “Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico de Estructuras Esenciales con Aisladores de Base del Tipo Elastomérico con Núcleo de Plomo LRB y Disipadores Tipo Contraventeos Restringidos al Pandeo BRB, y su Incidencia en la Relación Costo/Beneficio del Sistema Estructural”, los tesisistas realizaron una investigación a una estructura con la implementación de sistemas de protección sísmica. Llegando a concluir; que al implementar los dispositivos en edificios se logra disminuir la respuesta estructural como derivas y desplazamientos.

Por otro lado; CHILÓN, Eder Alexis (2019), en su tesis titulada “Diseño y Análisis Sísmico Comparativo Entre un Sistema Con Aisladores de Núcleo de Plomo y un Sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una Edificación de 4 Niveles, Chiclayo, 2019” El autor en su investigación incorporo dos sistemas de protección sísmica un primer análisis con aislamiento basal y un segundo análisis al mismo edificio con disipación sísmicas donde estos elementos se colocan entre los pórticos de la estructura; de esta manera se obtuvieron variaciones en sus resultados, tal y como menciona para la estructura con disipador adquirió un  $T = 0.39s$  y para la estructura con aislador un  $T = 2.8s$ , también logró disminuir los desplazamientos y las derivas de los entresijos. con respecto a los aisladores de núcleo de plomo lograron disminuir un 89% los desplazamientos en X y un 87% en Y, las drift en un 91% en X y un 79% en Y; mientras que con los disipadores de fluido viscoso logró reducir los desplazamientos un 37% en X y un 32% en Y, las derivas en un 40% en X y un 35% en la dirección Y.

Conforme a la **pregunta específica** ¿Cuánto es la diferencia de las cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio de concreto armado con disipador de

fluido-viscoso y con aislador con núcleo de plomo, que resulten al efectuar el análisis sísmico?. En base a los resultados de los testistas; no son tan lejanos a mis resultados; por tanto, después de analizar la estructura convencional sobre pasa los límites de los parámetros normativos (E.030 – tabla N° 11); por esa razón según el apartado 3.9 de la E.030 establece el uso de dispositivos sísmicos cuando este cumpla con las derivas y las cortantes.

Sin embargo, en la medida que se implementó los sistemas de disipación y aislamiento; basándose en los requisitos del ASCE 7/16, en el capítulo 17 & 18; y la NTP E.031 de aislamiento sísmico, el que mejor disminuye las derivas y desplazamientos es el aislador; eso no quiere decir que el aislador es la solución a este trabajo; sino que tanto el aislador como el disipador son dos tipologías que mejoran significativamente la respuesta estructural de la edificación. Tal y como se observa su respectivo análisis en las siguientes tablas y figuras.

En la siguiente figura 60 y 61 se estima los datos de las fuerzas cortantes por piso de la estructura convencional, con disipador y con aislador.

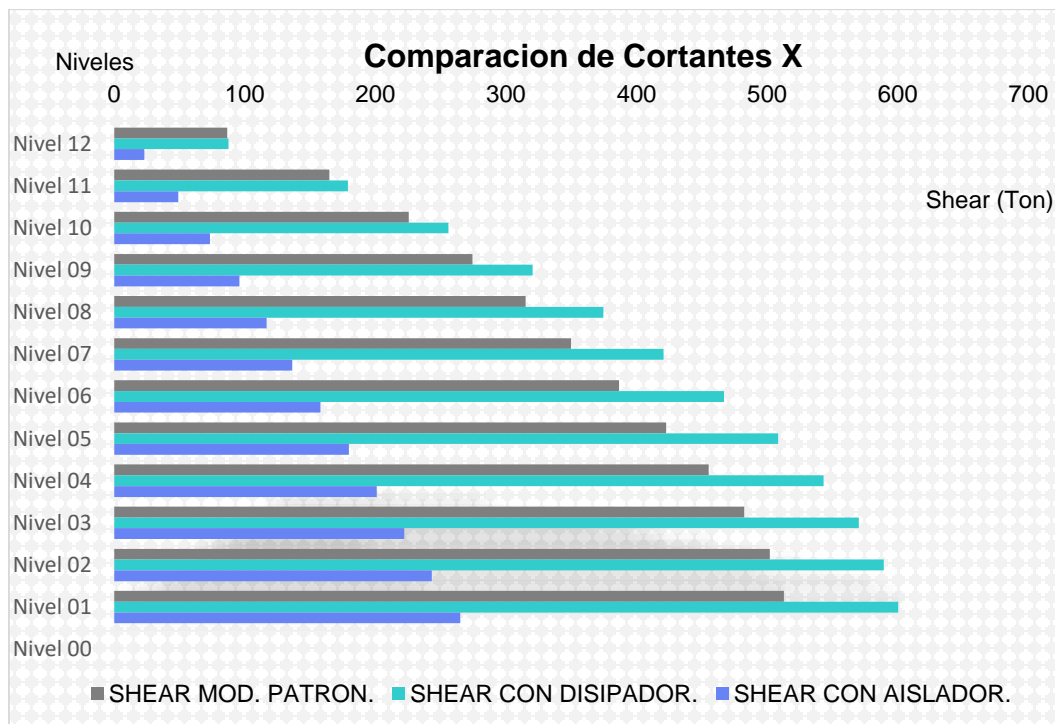


Figura 60: Comparación de cortantes por piso en la dirección X – Fuente: Propia



En la siguiente figura se observa las cortantes sísmicas por piso de la estructura: Modelo Patrón, Vr Modelo con disipación & Modelo con aislamiento.

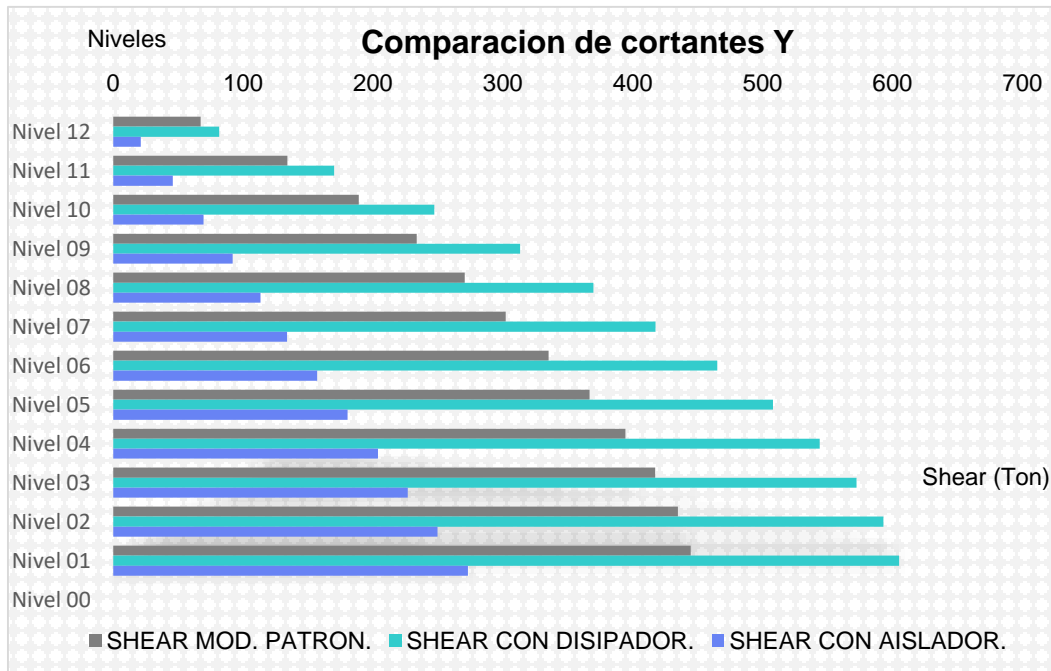


Figura 61: Comparación de cortantes por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

Seguidamente en la figura se presenta las derivas por piso de la estructura: Modelo Patrón, Vr Modelo con disipación & Modelo con aislamiento.

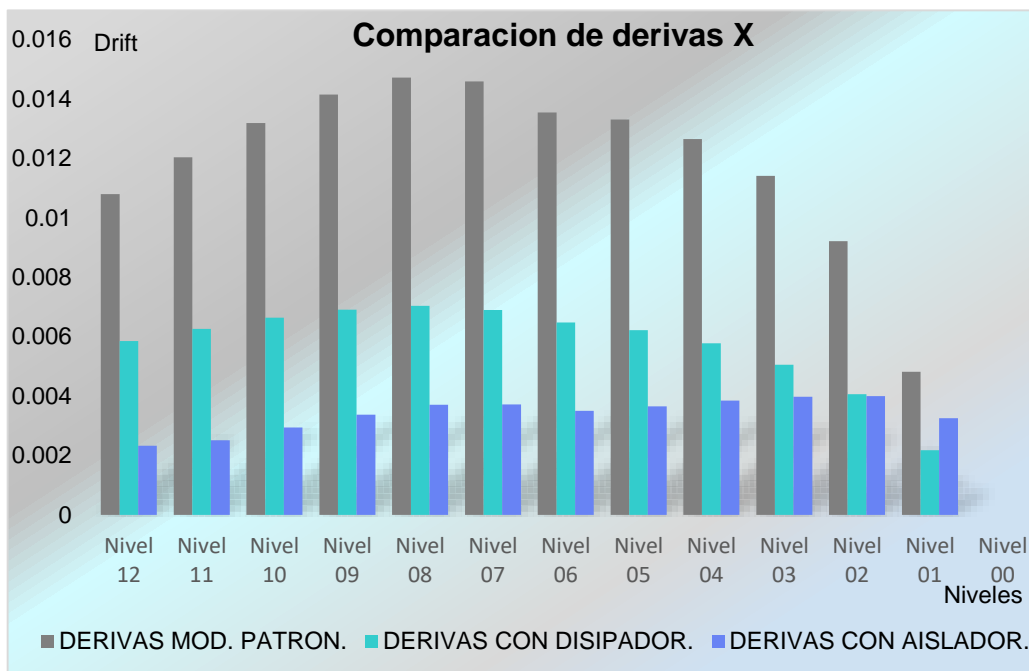


Figura 62: Comparación de derivas por piso en la dirección X – Fuente: Propia

En la siguiente figura se observa las cortantes sísmicas por piso de la estructura: Modelo Patrón, Vr Modelo con disipación & Modelo con aislamiento.

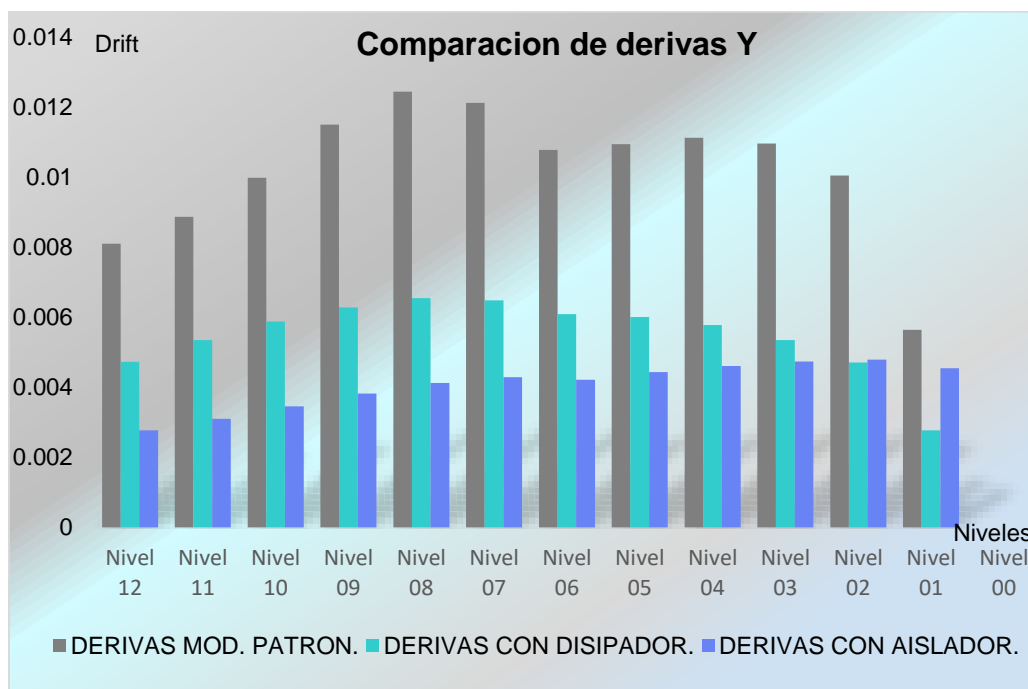


Figura 63: Comparación de derivas por piso en la dirección Y – Fuente: Propia

Tabla 54: Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin disipador en la dirección X es de 53.78%.

Desplazamientos (mm)		DESPLAZ. MOD. PATRON.	DESPLAZ. CON DISIPADOR.	REDUCCIÓN DER. CON DISIPADOR Prom	
# Piso	Nivel	X	X		
Nivel 12	36.5	427.04	207.60	51.39%	<b>51.39%</b>
Nivel 11	33.5	395.76	190.21	51.94%	<b>51.94%</b>
Nivel 10	30.5	361.02	171.62	52.46%	<b>52.46%</b>
Nivel 09	27.5	322.91	151.93	52.95%	<b>52.95%</b>
Nivel 08	24.5	281.86	131.46	53.36%	<b>53.36%</b>
Nivel 07	21.5	238.90	110.59	53.71%	<b>53.71%</b>
Nivel 06	18.5	196.03	90.09	54.04%	<b>54.04%</b>
Nivel 05	15.5	155.96	70.78	54.62%	<b>54.62%</b>
Nivel 04	12.5	116.39	52.21	55.14%	<b>55.14%</b>
Nivel 03	9.5	78.61	34.93	55.57%	<b>55.57%</b>
Nivel 02	6.5	44.46	19.78	55.52%	<b>55.52%</b>
Nivel 01	3.5	16.84	7.62	54.72%	<b>54.72%</b>
Nivel 00	0	0.00	0.00		
				53.78%	<b>53.78%</b>

Fuente: Propia

**Tabla 55:** Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin disipador en la dirección Y es de 48.49%.

Desplazamientos (mm)		DESPLAZ. MOD. PATRON.	DESPLAZ. CON DISIPADOR.	REDUCCIÓN DER. CON DISIPADOR Prom	
# Piso	Nivel	Y	Y		
Nivel 12	36.5	353.75	197.38	44.20%	<b>44.20%</b>
Nivel 11	33.5	335.57	183.37	45.36%	<b>45.36%</b>
Nivel 10	30.5	312.41	167.55	46.37%	<b>46.37%</b>
Nivel 09	27.5	283.98	150.20	47.11%	<b>47.11%</b>
Nivel 08	24.5	251.05	131.66	47.56%	<b>47.56%</b>
Nivel 07	21.5	215.14	112.30	47.80%	<b>47.80%</b>
Nivel 06	18.5	179.88	93.06	48.26%	<b>48.26%</b>
Nivel 05	15.5	148.21	74.96	49.42%	<b>49.42%</b>
Nivel 04	12.5	115.80	57.04	50.74%	<b>50.74%</b>
Nivel 03	9.5	82.62	39.78	51.86%	<b>51.86%</b>
Nivel 02	6.5	49.82	23.78	52.26%	<b>52.26%</b>
Nivel 01	3.5	19.73	9.68	50.93%	<b>50.93%</b>
Nivel 00	0	0.00	0.00		
				48.49%	<b>48.49%</b>

Fuente; Propia

**Tabla 56:** Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin aislador en la dirección X es de 52.56%.

Desplazamientos (mm)		DESPLAZ. MOD. PATRON.	DESPLAZ. CON AISLADOR.	REDUCCIÓN DER. CON AISLADOR Prom	
# Piso	Nivel	X	X		
Nivel 12	36.5	427.04	142.54	66.62%	<b>66.62%</b>
Nivel 11	33.5	395.76	134.90	65.91%	<b>65.91%</b>
Nivel 10	30.5	361.02	126.34	65.01%	<b>65.01%</b>
Nivel 09	27.5	322.91	116.77	63.84%	<b>63.84%</b>
Nivel 08	24.5	281.86	106.13	62.35%	<b>62.35%</b>
Nivel 07	21.5	238.90	94.53	60.43%	<b>60.43%</b>
Nivel 06	18.5	196.03	82.36	57.99%	<b>57.99%</b>
Nivel 05	15.5	155.96	70.26	54.95%	<b>54.95%</b>
Nivel 04	12.5	116.39	57.42	50.67%	<b>50.67%</b>
Nivel 03	9.5	78.61	43.94	44.11%	<b>44.11%</b>
Nivel 02	6.5	44.46	29.96	32.61%	<b>32.61%</b>
Nivel 01	3.5	16.84	15.78	6.25%	<b>6.25%</b>
Nivel 00	0	0.00	0.00		
				52.56%	<b>52.56%</b>

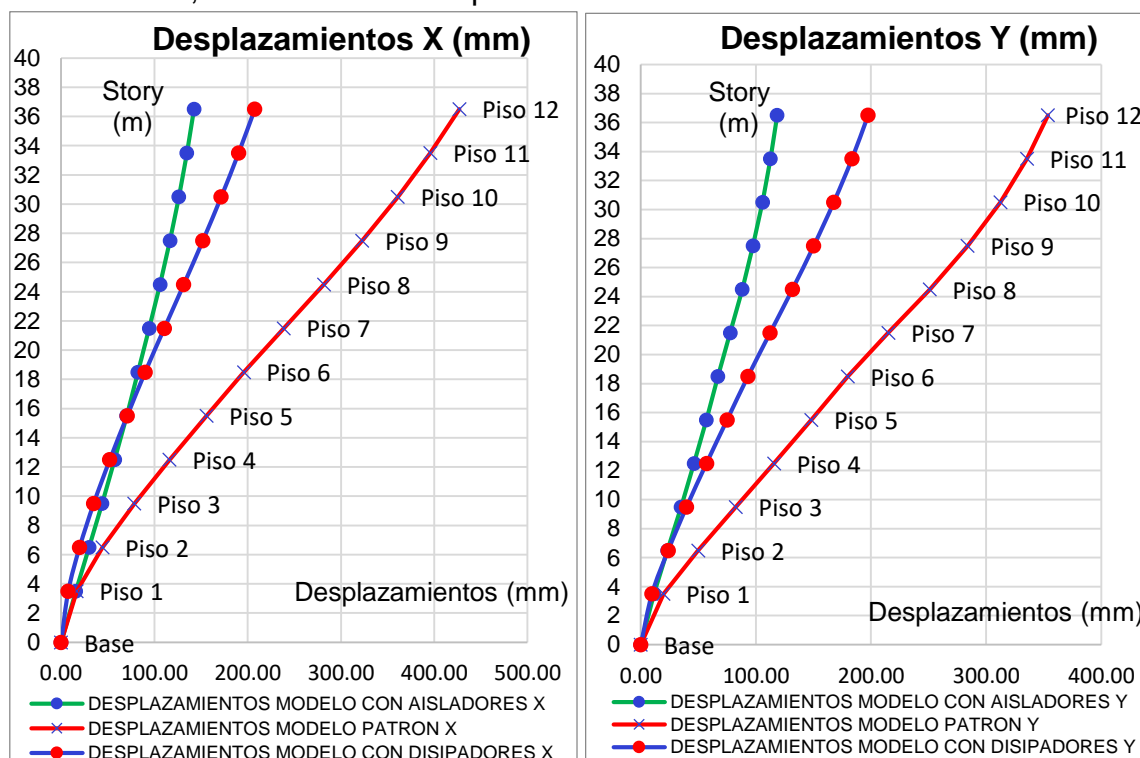
Fuente: Propia

**Tabla 57:** Se muestra el porcentaje de reducción promedio de los desplazamientos con y sin aislador en la dirección Y es de 60.97%.

Desplazamientos (mm)		DESPLAZ. MOD. PATRON.	DESPLAZ. CON AISLADOR.	REDUCCIÓN DER. CON AISLADOR Prom	
# Piso	Nivel	Y	Y		
Nivel 12	36.5	353.75	118.45	66.52%	<b>66.52%</b>
Nivel 11	33.5	335.57	112.65	66.43%	<b>66.43%</b>
Nivel 10	30.5	312.41	105.71	66.16%	<b>66.16%</b>
Nivel 09	27.5	283.98	97.49	65.67%	<b>65.67%</b>
Nivel 08	24.5	251.05	88.05	64.93%	<b>64.93%</b>
Nivel 07	21.5	215.14	77.62	63.92%	<b>63.92%</b>
Nivel 06	18.5	179.88	67.03	62.74%	<b>62.74%</b>
Nivel 05	15.5	148.21	56.96	61.57%	<b>61.57%</b>
Nivel 04	12.5	115.80	46.30	60.01%	<b>60.01%</b>
Nivel 03	9.5	82.62	34.98	57.66%	<b>57.66%</b>
Nivel 02	6.5	49.82	23.22	53.40%	<b>53.40%</b>
Nivel 01	3.5	19.73	11.33	42.58%	<b>42.58%</b>
Nivel 00	0	0.00	0.00		
				60.97%	<b>60.97%</b>

Fuente: Propia

En la figura se presenta los desplazamientos por piso de la estructura en X & Y: Modelo Patrón, Vr Modelo con disipación & Modelo con aislamiento.



**Figura 64:** Comparación de desplazamientos por piso en la dirección X & Y

Fuente: Propia

## **VI. CONCLUSIONES**

En el presente trabajo de investigación titulado: “Análisis Comparativo de la Respuesta Estructural de un Edificio de Concreto Armado con Disipador de energía y con Aislador Sísmico, Lima – 2020”, se logró realizar los objetivos propuestos por lo cual los resultados fueron analizados y contrastados en base a normas técnicas e investigaciones previas; es así que se llega a las siguientes conclusiones:

### **Conclusión General:**

- Se comparó las diferencias de un edificio de concreto armado de 12 niveles con el uso de disipador de energía y el mismo edificio con aislador sísmico, en donde estos sistemas sísmicos presentan una mejora significativa en cuanto a su respuesta estructural. En ambos sistemas de protección sísmica tanto el disipador de fluido viscoso como el aislador con núcleo de plomo, presentan dos respuestas de mejora, pero cabe mencionar, la estructura con aislador en la base obtuvo un mejor nivel de respuesta. Esta mejora de respuesta se observa en el análisis estructural del edificio de concreto armado, en la que reduce de manera relevante los desplazamientos y las derivas sísmicas, cuyos datos están plasmados en el capítulo IV de resultados, donde estos resultados fueron elaborados y analizados bajo los criterios normativos.

### **Conclusión Específica 1:**

- Se logró comparar las diferencias de un edificio de concreto armado de 12 niveles con el uso de disipador de fluido – viscoso y el mismo edificio convencional, llegando a determinar primeramente las propiedades del disipador, los cuales fueron datos esenciales para incorporar este tipo de tecnología de forma diagonal en la edificación. Después de haber modelado la estructura se obtuvo la comparación de la respuesta estructural encontrados en el capítulo IV.

El disipador de fluido – viscoso influyó de manera positiva en la reducción de derivas y desplazamientos sísmicos tal y como se observa en las figuras 37, 38, 39 y 40, así mismo se determinó los porcentajes promedios para los desplazamientos en X & Y en 53.78% y 48.49% respectivamente, mientras que en las derivas aminoriza en X un 52.16% y en la dirección Y en un 46.16%.

### **Conclusión Específica 2:**

- Se comparó las diferencias de un edificio de concreto armado de 12 niveles con el uso de aislador con núcleo de plomo y el mismo edificio convencional, llegando a determinar primeramente las propiedades del aislador, los cuales fueron datos esenciales para incorporar este tipo de tecnología en la base de la edificación. Una vez modelada la estructura se obtuvo la comparación de la respuesta estructural encontrados en el capítulo IV.

El aislador con núcleo de plomo un sistema de protección sísmica influyó de manera positiva en la reducción de derivas y desplazamientos sísmicos tal y como se observa en las figuras 46, 47, 48 y 49, así mismo se determinó los porcentajes promedios para los desplazamientos en X & Y en 52.56% y 60.97% respectivamente, mientras que en las derivas aminoriza en X un 69.29% y en la dirección Y en un 58.51%.

### **Conclusión Específica 3:**

- Se logró la comparación de las cortantes, desplazamientos y derivas de la estructura con la implementación de los sistemas de protección sísmica: Disipador de fluido – viscoso y aislador con núcleo de plomo, las cuales influyeron de manera positiva en su respuesta estructural, llegando a cumplir con los límites para la distorsión del entrepiso plasmado en la tabla 11 de la NTP – E.030, siendo el 7/1000 la deriva objetivo.

Ante ello se concluye que ambos dispositivos son dos tipologías que mejoran la respuesta estructural de un edificio reduciendo los desplazamientos y las derivas sísmicas, a su vez genera mayor seguridad en la estructura, por tanto, es una buena opción para llegar a cumplir los objetivos propuestos en la norma, ya que nos dicen que las edificaciones deben ser diseñadas para salvaguardar la vida de las personas, y evitar los posibles colapsos de las estructuras.

## **VII. RECOMENDACIONES**



Después del largo proceso de investigación y algunos inconvenientes en el desarrollo de la tesis, para futuras investigaciones se **recomienda** lo siguiente:

- En la presente investigación al elegir la incorporación de disipador de fluido viscoso para disminuir los desplazamientos y derivas, pues se logró este objetivo; para continuar con otras investigaciones relacionadas al tema, se sugiere incorporar otros tipos de disipación de energía como los disipadores histeréticos metálicos, entre otros que existen en el mercado y no solo analizar desplazamientos o derivas sino es recomendable analizar más a profundidad.
- En la presente investigación al implementar el aislador con núcleo de plomo para disminuir los desplazamientos y derivas, también se logró el objetivo planteado y la hipótesis planteada; ante ello se recomienda para continuar con investigaciones a futuro relacionadas al tema, se sugiere incorporar otros tipos de aislamiento basal como los aisladores de fricción, entre otros sistemas que existen en el mercado y no solo analizar desplazamientos o derivas sino es recomendable analizar más a profundidad y hasta poder realizar su propio diseño de la estructura.
- Para hacer un análisis estructural con estos dispositivos de control de respuesta es de suma importancia conocer los parámetros que rigen las normas vigentes tales como la norma americana ASCE 7-16, E.031, E.030, entre otras que sean necesarias para realizar el cálculo y el análisis correspondiente para cada estructura, así mismo se sugiere utilizar otro sistema computacional como el SAP 2000 u otro sistema calificado.
- Como se ha demostrado en los cálculos anteriores en la presente tesis ambos sistemas de protección sísmica son importantes los cuales, aunque sea un poco costoso te brinda un mejor beneficio, es por ello que se recomienda para futuras edificaciones nuevas implementar estos dispositivos sísmicos y para estructuras ya construidas sería excelente realizar un reforzamiento con disipadores.

## REFERENCIAS

1. HERNANDO, Tavera. *Peligro Sísmico. Sociedad Geológica del Perú*. Instituto Geofísico del Perú. Lima, 2019. Disponible en:  
<https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
2. REYNA FLORES, Alisson Kimberly. *Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura*. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniera Civil). Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 121 pp.
3. CHILÓN ZÁRATE, Eder Alexis. *Diseño y Análisis Sísmico Comparativo Entre un Sistema Con Aisladores de Núcleo de Plomo y un Sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una Edificación de 4 Niveles, Chiclayo, 2017*. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil Ambiental). Chiclayo – Perú: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería, 2019. 109 pp.
4. OTINIANO VASQUEZ, Jeyson Bryan. *Desempeño Sísmico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía Viscosos, Trujillo 2019*. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo – Perú. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, 2019. 199 pp.
5. RUIZ CARRILLO, Christian Nicolás & TORRES REINO, Angel Ismael. *Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico de Estructuras Esenciales con Aisladores de Base del Tipo Elastomérico con Núcleo de Plomo LRB y Disipadores Tipo Contraventeos Restringidos al Pandeo BRB, y su Incidencia en la Relación Costo/Beneficio del Sistema Estructural*. Tesis (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2018. 322 pp.

6. MARIN LAGOS, Edgar Camilo. *Análisis Comparativo de la Respuesta Dinámica entre una Estructura Sísmicamente Aislada con Aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) Vs una Estructura Convencional*. (para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Bucaramanga – Colombia: Universidad de Santander, Facultad de Ingeniería Civil, 2019. 197 pp.
7. MORALES AIMACAÑA, Alex Ruben & SINCHIGUANO CELA. *Análisis comparativo del comportamiento estructural entre una edificación destinada a una vivienda de ocho, doce y dieciséis pisos, con sistemas de aislación y disipación de energía sísmica*. Tesis (trabajo a la obtención del Título de Ingeniero Civil). Quito – Ecuador: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, Carrera de Ingeniería Civil, 2018. 148 pp.
8. HERNÁNDEZ RAMÍREZ, Héctor & TENA COLUNGA. *Evaluación del Diseño Sísmico Resiliente Conforme al Método de las Fuerzas de Marcos Dúctiles de Acero con Disipadores de Energía Histeréticos*. Revista de Ingeniería Sísmica México, No. 98, 2018  
ISSN: 0185-092X
9. OVIEDO, Juan Andrés & DUQUE, María del Pilar. *Disipadores Histeréticos Metálicos como Técnica de Control de Respuesta Sísmica en Edificaciones Colombianas*. Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia. Colombia, 2009.  
ISSN 1794-1237
10. BOZZO, Luis. GONZALES, Helbert and other. *Modeling, Analysis and Seismic Design of Structures Using Energy Dissipators SLB*. Revista Journal TECNIA Vol.29, Perú, 2019. T.
11. SUBRAMANI , J. JOTHI , M. Kavitha. *Earthquake Analysis of Structure by Base Isolation Technique in SAP*. Vol. 4, India. June 2014.  
ISSN : 2248-9622

12. R. Aguiar, D. Mora, D. Muñoz, others. *Seismic Response of a Five Story Building with Isolation System and Supplemental Viscous Dampers for Peruvian Seismicity*. Lima – Perú. 2019. Recuperado de: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.712>.
13. AGUILA, Roberto. VERGARA Fernanda, & otros. *Seismic analysis of a structure with first and second generation FPS insulators and lead core elastomers*. Lima – Perú. 2014.
14. LÓPEZ, Eduardo. *Comparación de la respuesta estructural en edificios a porticados de concreto reforzado aplicando análisis dinámico lineal y no lineal*. Caracas, 2018, pág. 109.
15. Corporación de Desarrollo Tecnológico. *Protección Sísmica de estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*. Chile, 2011, pág. 16. ISBN: 978-956-7911-19-6
16. ASCE/SEI 7-10 Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, USA, 2010. ISBN 978-0-7844-1085-1
17. Corporación de Desarrollo Tecnológico. *Protección Sísmica de estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*. Chile, 2011, pág. 18. ISBN: 978-956-7911-19-6
18. CDV Ingeniería Antisísmica. *Disipadores de Fluido Viscoso Taylor*. Disponible en: <https://www.cdvperu.com/>

19. FEDERAL Emergency Management Agency (FEMA 274). *NEHRP commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, USA: 1997. pág. 24.
20. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. *Aislamiento Sísmico. NTP E.031 - 2019*. Perú, 2019. pág. 07.
21. Corporación de Desarrollo Tecnológico. *Protección Sísmica de estructuras. Sistemas de Aislación Sísmica y Disipación de Energía*. Chile, 2011, pág. 25. ISBN: 978-956-7911-19-6
22. ASCE/SEI 7-16 Chapter 17. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, USA, 2016. ISBN 978-0-7844-7996-4
23. ASCE/SEI 7-10 chapter 17. Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia, USA, 2010. ISBN 978-0-7844-1085-1
24. JONKER, Jan & BARTJAN Pennink. *The essence of research methodology*. New York, 2010. pág. 28 ISBN: 978-3-540-71658-7 e-ISBN: 978-3-540-71659-4
25. C.R. Kothari. *Research methodology. Methods and techniques*. India. 2004. pág 37. ISBN (13): 978-81-224-2488-1
26. HERNÁNDEZ, Roberto. FERNÁNDEZ Carlos and BAPTISTA Lucio. *Metodología de la investigación*. México. 2010. pág. 83. ISBN: 978-607-15-0291-9

27. HERNÁNDEZ, Roberto. FERNÁNDEZ Carlos and BAPTISTA Lucio. Metodología de la investigación. México. 2010. pág. 148.  
ISBN: 978-607-15-0291-9
28. C.R. Kothari. Research methodology. Methods and techniques. India. 2004.  
pág 20.  
ISBN (13): 978-81-224-2488-1
29. LÓPEZ, Roldán & FACHELLI Sandra. *Quantitative social research methodology*. España. 2015, pág. 07.
30. LÓPEZ, Roldán & FACHELLI Sandra. *Quantitative social research methodology*. España. 2015, pág. 06.
31. LÓPEZ, Roldán & FACHELLI Sandra. *Quantitative social research methodology*. España. 2015, pág. 08.
32. LÓPEZ, Roldán & FACHELLI Sandra. *Quantitative social research methodology*. España. 2015, pág. 09.
33. C.R. Kothari. Research methodology. Methods and techniques. India. 2004.  
pág 159.  
ISBN (13): 978-81-224-2488-1
34. ESPINOZA Montes, Francisco. *La tesis universitaria*. Perú, 2015. pág. 130  
párraf. 04  
ISBN: 978-612-200-0222-3
35. ESPINOZA Montes, Francisco. *La tesis universitaria*. Perú, 2015. pág. 130  
párraf. 05  
ISBN: 978-612-200-0222-3
36. ESPINOZA Montes, Francisco. *La tesis universitaria*. Perú, 2015. pág. 138  
párraf. 07

ISBN: 978-612-200-0222-3

37. ESPINOZA Montes, Francisco. *La tesis universitaria*. Perú, 2015. pág. 138  
párraf. 06

ISBN: 978-612-200-0222-3

38. JONKER, Jan & BARTJAN Pennink. *The essence of research methodology*.  
New York, 2010. pág. 33

ISBN: 978-3-540-71658-7 e-ISBN: 978-3-540-71659-4

39. OJEDA DE LÓPEZ, Juana; QUINTERO, Johana; MACHADO, Ineida. *Revista  
Telos. La ética en la investigación*. vol. 9, núm. 2. Venezuela, 2017. pág. 354.

ISSN: 1317-0570

40. HERNANDO TAVERA, *Zonificación Sísmica – Geotécnica de la Ciudad de  
Barranca*, 2014. pág 17.

41. HERNANDO TAVERA, *Zonificación Sísmica – Geotécnica de la Ciudad de  
Barranca*, 2014. pág 118.

## **ANEXOS**



**ANEXO N° 01:** Matriz de Operacionalidad de Variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
(Variable Independiente 01)  <b>Disipador de Energía</b>	Dispositivos diseñados para disipar la energía entregada por sismos, fenómenos de viento fuerte u otras solicitaciones de origen dinámico. Estos dispositivos aumentan el nivel de amortiguamiento de la estructura. (Corporación de desarrollo tecnológico, 2011)	Es un proceso a través del cual se desarrolla una propuesta de solución al problema. Los disipadores de fluido viscoso, sistemas de protección sísmica que tienen la función de amortiguar la energía proveniente de los sismos.	Disipador de fluido - viscoso	- Rigidez del disipador - Constante amortiguamiento	→ ASCE 7-10/ASCE7-16 (capítulo18)	Razón
(Variable Independiente 02)  <b>Aislador Sísmico</b>	Son elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible y permiten grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas, (E.031-2019)	Es un proceso a través del cual se desarrolla una propuesta de solución al problema. Aislador con núcleo de plomo, dispositivo flexible que tiene la capacidad de evitar que la energía de los sismos ingrese a la estructura.	Aislador con núcleo de plomo	- Período de vibración - Desplazamiento del aislador	→ ASCE 7-10/ASCE7-16 (capítulo 17) → Norma E.031 – Aislamiento Sísmico	Razón
(Variable dependiente)  <b>Respuesta Estructural</b>	La respuesta estructural se obtiene de los diferentes métodos de análisis que se realiza a la estructura y se obtiene los desplazamientos, derivas, cortantes basales y períodos de la edificación. (López, Eduardo. 2018)	La respuesta estructural es el proceso mediante el cual se obtiene las cortantes, momentos y derivas de un edificio, después de haber realizado el análisis modal espectral.	Análisis estático lineal  Análisis modal espectral	- Cortantes por piso - Desplazamientos - Derivas	→ Norma E.030 – Diseño Sismoresistente  → Software - ETABS - 2016	Razón

Fuente: Propia

ANEXO N° 02: Matriz de Consistencia


“Análisis Comparativo de la Respuesta Estructural de un Edificio de Concreto Armado con Disipador de Energía y Aislador Sísmico, Lima – 2020”

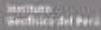
Autor : QUIROZ PEREZ Laura Leonela


PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			DISEÑO METODOLÓGICO
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE 01: DISIPADOR DE ENERGÍA</b>			<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> - De acuerdo al fin: <b>APLICADA</b> - De acuerdo al nivel: <b>DESCRIPTIVA Y EXPLICATIVA</b> - De acuerdo al diseño metodológico: <b>EXPERIMENTAL: CUASI-EXPERIMENTAL</b> - De acuerdo al enfoque: <b>CUANTITATIVO</b> - Población: <b>Todos los edificios de concreto armado de 12 niveles, del Distrito de Barranco</b> - Muestra: <b>Un edificio de concreto armado, disipador fluido-viscoso y aislador con núcleo de plomo.</b> - Unidad de análisis : <b>Edificio de concreto armado, disipador fluido-viscoso y aislador con núcleo de plomo.</b>
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
¿Cuánto es la diferencia en la respuesta estructural de un edificio de concreto armado con disipador de energía y con aislador sísmico, Lima-2020?	Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con disipador de energía y un edificio con aislador sísmico, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	La incorporación de los disipadores de energía y aisladores sísmico presentará una mejora en las edificaciones de concreto armado, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	Disipador de fluido - viscoso	- Rigidez del disipador - Constante amortiguamiento	→ ASCE 7-10/ASCE7-16 (capítulo18)	
<b>PROBLEMA ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>V. INDEPENDIENTE 02: AISLADOR SÍSMICO</b>			
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con disipador y sin disipador de fluido-viscoso, Lima-2020?	Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con disipador y sin disipador de fluido-viscoso, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	La incorporación de los disipadores de fluido-viscoso en un edificio de concreto armado presentará una mejora en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	Aislador con núcleo de plomo	- Período de vibración - Desplazamiento del aislador	→ ASCE 7-10/ASCE7-16 (capítulo 17)  → Norma E.031 – Aislamiento Sísmico	
¿Cuánto es la diferencia de la respuesta estructural en un edificio de concreto armado con aislador y sin aislador con núcleo de plomo, Lima-2020?	Comparar las diferencias entre un edificio de concreto armado con aislador y sin aislador con núcleo de plomo, en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	La incorporación de los aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado presentará una mejora en cuanto a la respuesta estructural, Lima-2020.	<b>V. DEPENDIENTE: RESPUESTA ESTRUCTURAL</b>			
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
¿Cuánto es la diferencia de las cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio de concreto armado con disipador de fluido-viscoso y con aislador con núcleo de plomo, que resulten al efectuar el análisis sísmico, Lima-2020?	Comparar las diferencias entre las cortantes, desplazamientos y derivas en un edificio de concreto armado con disipador de fluido-viscoso y un edificio con aislador con núcleo de plomo, que resulten al efectuar el análisis modal espectral, Lima-2020.	La incorporación de los disipadores de fluido-viscoso y aisladores con núcleo de plomo en un edificio de concreto armado presentará una mejora en las cortantes, desplazamientos y derivas que resultan al efectuar el análisis modal espectral, Lima-2020.	Análisis estático lineal	- Cortantes por piso - Desplazamientos	→ Norma E.030 – Diseño Sismoresistente → Software - ETABS - 2016	
			Análisis modal espectral	- Derivas		

Fuente: Propia

## ANEXO N° 03: Características del Suelo del Distrito de Barranca


**PERU**  
Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geológico del Perú



**PROGRAMA PRESUPUESTAL N°068: REDUCCIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES**


**Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica  
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico**



**ZONIFICACIÓN SÍSMICA – GEOTÉCNICA  
DE LA CIUDAD DE BARRANCA**  
Provincia de Barranca – Departamento de Lima  
(Comportamiento Dinámico del Suelo)

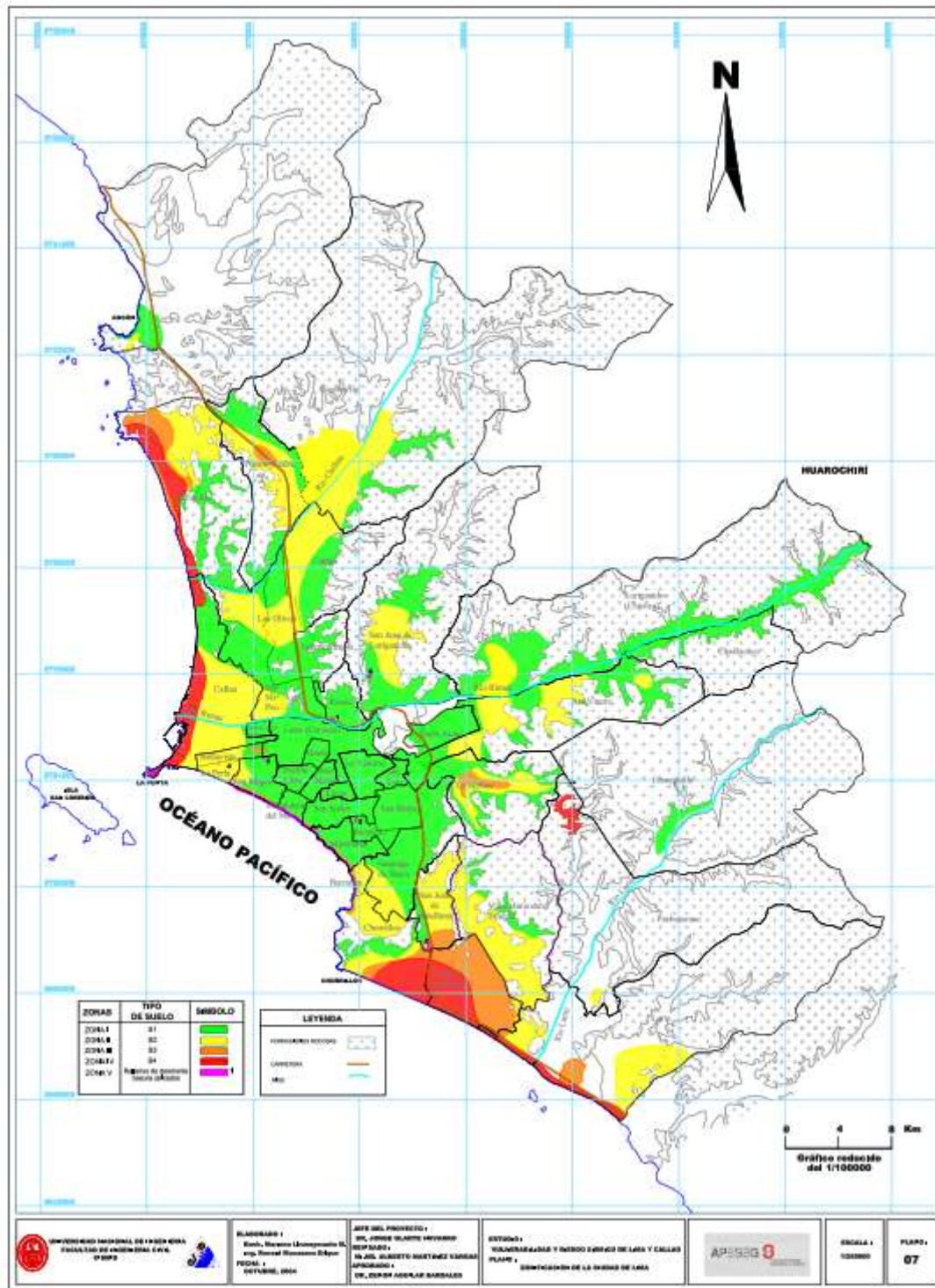
Responsable: Hernando Tavera

Lima – Perú  
2014



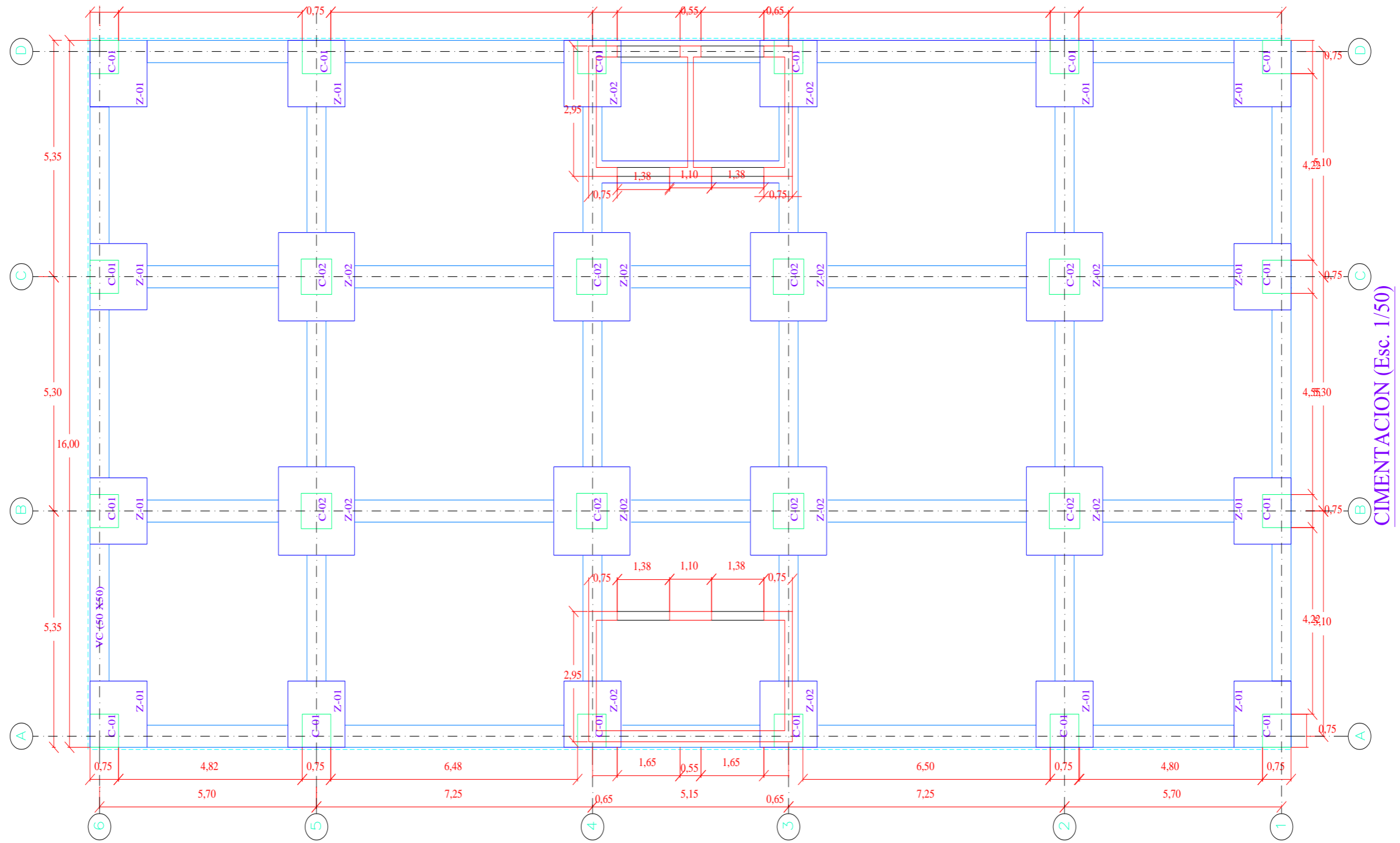
Fuente: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/ZONIFICACION%20SISMICA%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20BARRANCA%20-%20DEPARTAMENTO%20DE%20LIMA%20-%20COMPORTAMIENTO%20DINAMICO%20DEL%20SUELO%20-%202014.pdf](mailto:http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/ZONIFICACION%20SISMICA%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20BARRANCA%20-%20DEPARTAMENTO%20DE%20LIMA%20-%20COMPORTAMIENTO%20DINAMICO%20DEL%20SUELO%20-%202014.pdf)  
F BARRANCA IGP 2014.pdf

**ANEXO N° 04:** Mapa de zonificación de Lima y Callao: Distrito de barranco

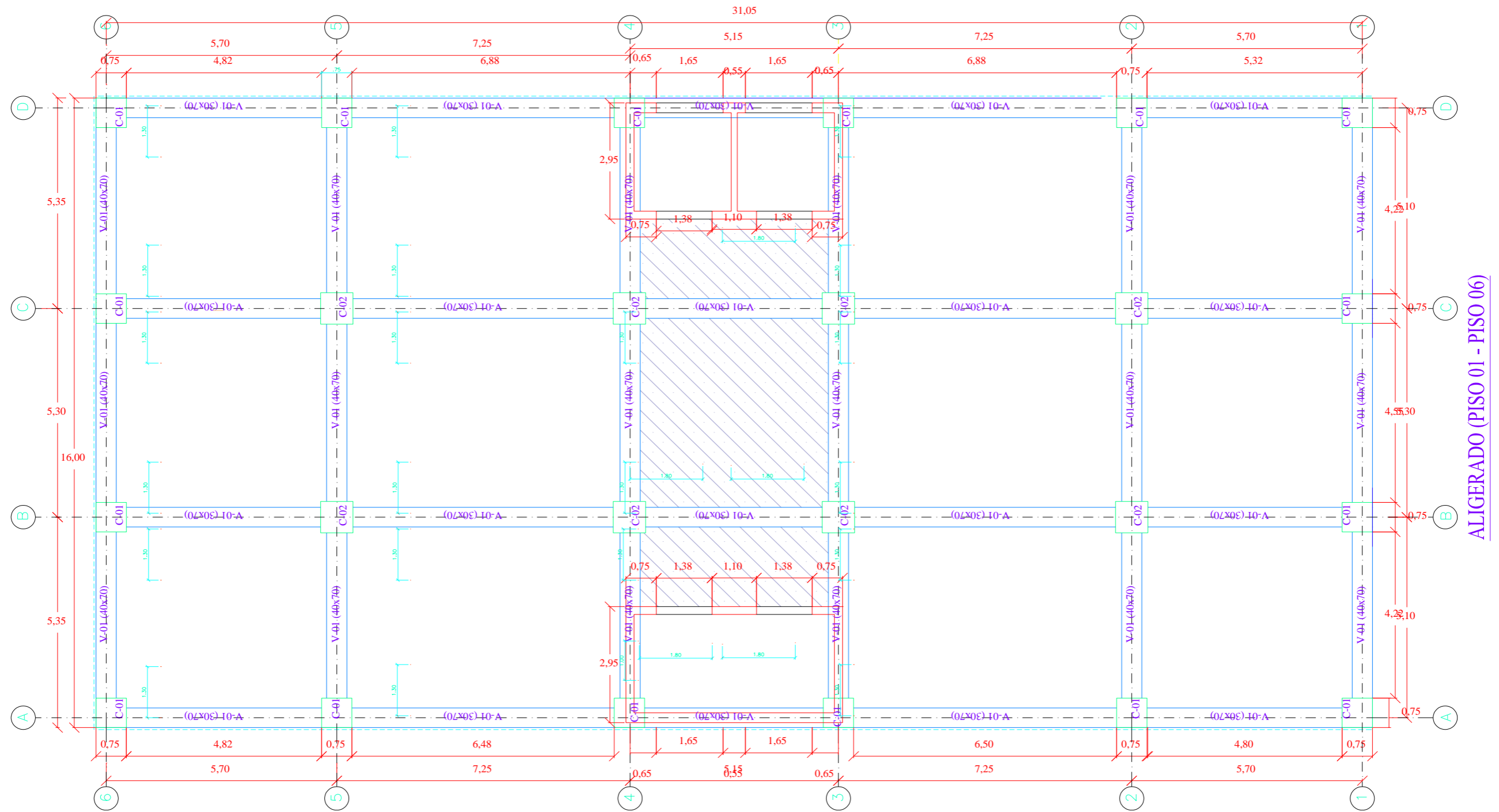


Fuente: Asociación Peruana De Empresas De Seguros (APESEG)

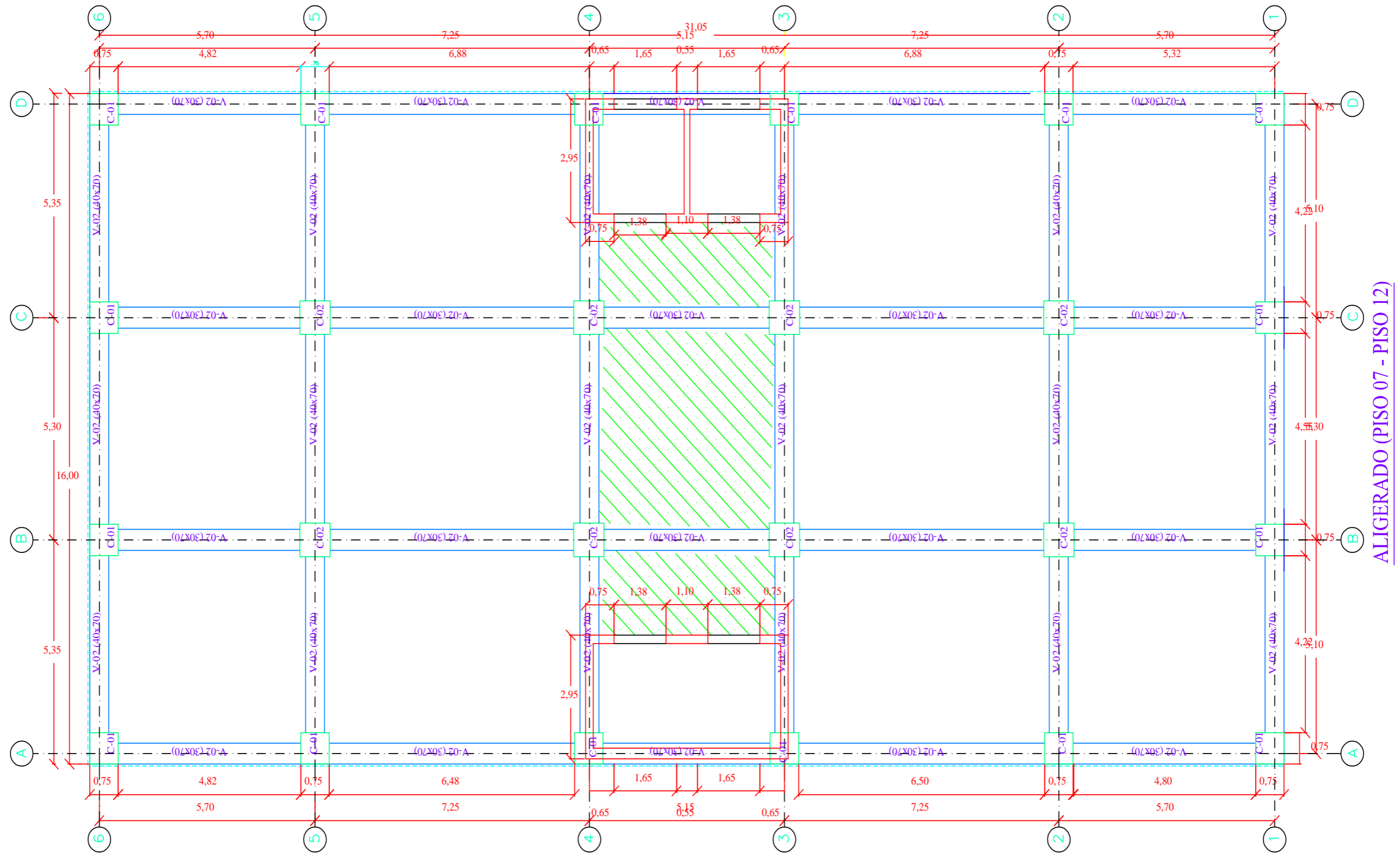
**ANEXO 05: Plano de cimentación**



**ANEXO N° 06: Plano del primer al sexto piso**



**ANEXO N° 07: Plano del séptimo al doceavo piso**



ALIGERADO (PISO 07 - PISO 12)