



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Análisis del desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica con  
aisladores elastómeros de alto amortiguamiento-2021”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera civil

**AUTORA:**

Espinoza Castillo, Andrea Manuela

(Orcid 0000-0003-2748-8352)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

(Orcid 0000-0003-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por darme todo lo necesario alcanzar mis metas, a mis padres por todo el apoyo incondicional que me han dado, y a mis hermanos por estar siempre conmigo y creer en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a dios, por haberme dado la vida, las fuerzas y la oportunidad de haber logrado estudiar y al ingeniero Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique, por su gran cooperación, por su paciencia y ayuda continua para la mejora de la presente tesis; a mis padres por su entera confianza en mi capacidad y en todo lo que podría llegar a realizar

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento .....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas .....	iv
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	xii
Abstract .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGIA.....	14
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	17
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos. ....	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Métodos de Análisis de datos. ....	19
3.7. Aspectos Éticos .....	19
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN.....	99
VI. CONCLUSIÓN.....	104
VII. RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS .....	106
ANEXOS .....	112

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Niveles de desempeño sísmico</i> .....	13
<b>Tabla 2.</b> <i>Fuerzas cortantes en los muros en la dirección X</i> .....	24
<b>Tabla 3.</b> <i>Fuerzas cortantes en los muros en la dirección Y</i> .....	25
<b>Tabla 4.</b> <i>Fuerzas cortantes de la estructura</i> .....	25
<b>Tabla 5.</b> <i>Parámetros sísmicos</i> .....	26
<b>Tabla 6.</b> <i>Masa por Piso (ETABS)</i> .....	27
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados de las fuerzas sísmicas</i> .....	27
<b>Tabla 8.</b> <i>Espectro de Respuesta</i> .....	28
<b>Tabla 9.</b> <i>Participación de la masa</i> .....	31
<b>Tabla 10.</b> <i>Derivas elásticas en la dirección X</i> .....	32
<b>Tabla 11.</b> <i>Derivas elásticas en la dirección Y</i> .....	32
<b>Tabla 12.</b> <i>Derivas inelásticas en la dirección X</i> .....	33
<b>Tabla 13.</b> <i>Derivas inelásticas en la dirección Y</i> .....	33
<b>Tabla 14.</b> <i>Fuerzas cortantes</i> .....	34
<b>Tabla 15.</b> <i>Dimensiones de elementos columnas</i> .....	50
<b>Tabla 16.</b> <i>Dimensiones de Vigas Peraltadas</i> .....	50
<b>Tabla 17.</b> <i>Dimensiones losa aligerada</i> .....	51
<b>Tabla 18.</b> <i>Dimensiones de Losas Macizas</i> .....	51
<b>Tabla 19.</b> <i>Dimensiones de viga</i> .....	51
<b>Tabla 20.</b> <i>Dimensiones de los elementos</i> .....	51

<b>Tabla 21.</b> <i>Metrado de cargas estructurales</i> .....	52
<b>Tabla 22.</b> <i>Metrado de cargas estructurales para el segundo nivel</i> .....	53
<b>Tabla 23.</b> <i>Metrado de cargas estructurales para el tercer nivel</i> .....	53
<b>Tabla 24.</b> <i>Metrados de cargas no estructurales</i> .....	54
<b>Tabla 25.</b> <i>Metrado de cargas vivas</i> .....	54
<b>Tabla 26.</b> <i>Carga resultante</i> .....	54
<b>Tabla 27.</b> <i>Cargas muertas, vivas y carga promedio</i> .....	54
<b>Tabla 28.</b> <i>Factores para el cálculo de “C”</i> .....	56
<b>Tabla 29.</b> <i>Factores de reducción e irregularidades</i> .....	56
<b>Tabla 30.</b> <i>Masa por piso</i> .....	57
<b>Tabla 31.</b> <i>Resultados de las fuerzas sísmicas</i> .....	57
<b>Tabla 32.</b> <i>Participación de la masa</i> .....	58
<b>Tabla 33.</b> <i>Espectro respuesta</i> .....	59
<b>Tabla 34.</b> <i>Derivas elásticas en la dirección X</i> .....	60
<b>Tabla 35.</b> <i>Derivas elásticas en la dirección Y</i> .....	61
<b>Tabla 36.</b> <i>Derivas inelásticas en X</i> .....	62
<b>Tabla 37.</b> <i>Derivas inelásticas en Y</i> .....	62
<b>Tabla 38.</b> <i>Factores importantes para el cálculo</i> .....	63
<b>Tabla 39.</b> <i>Carga ultima por metro cuadrado</i> .....	66
<b>Tabla 40.</b> <i>Carga ultima por área de servicio</i> .....	66
<b>Tabla 41.</b> <i>Rigidez en los aisladores</i> .....	67
<b>Tabla 42.</b> <i>Rigidez del sistema</i> .....	67

<b>Tabla 43.</b> <i>Rigidez compuesta de los aisladores</i> .....	68
<b>Tabla 44.</b> <i>Altura del caucho</i> .....	68
<b>Tabla 45.</b> <i>Área del aislador</i> .....	69
<b>Tabla 46.</b> <i>Diámetro de cada dispositivo</i> .....	69
<b>Tabla 47.</b> <i>Propiedades mecánicas del dispositivo único</i> .....	73
<b>Tabla 48.</b> <i>Propiedades mecánicas por cada factor de modificación</i> .....	74
<b>Tabla 49.</b> <i>Distorsión inelástica para un sismo de diseño en X</i> .....	75
<b>Tabla 50.</b> <i>Distorsión inelástica para un sismo de diseño en Y</i> .....	76
<b>Tabla 51.</b> <i>Distorsión inelástica para un sismo máximo considerado en X</i> .....	76
<b>Tabla 52.</b> <i>Distorsión inelástica para un sismo máximo considerado en Y</i> .....	77
<b>Tabla 53.</b> <i>Participación de masa</i> .....	77
<b>Tabla 54.</b> <i>Espectro de escalamiento</i> .....	79
<b>Tabla 55.</b> <i>Sismos registrados</i> .....	82
<b>Tabla 56.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en X</i> .....	84
<b>Tabla 57.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en Y</i> .....	84
<b>Tabla 56.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en X</i> .....	85
<b>Tabla 57.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en Y</i> .....	85
<b>Tabla 58.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW en X</i> .....	86
<b>Tabla 59.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW en Y</i> .....	86
<b>Tabla 60.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS en X</i> .....	87
<b>Tabla 61.</b> <i>Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS en Y</i> .....	87
<b>Tabla 62.</b> <i>Distorsiones para el sismo Ica 2007 EW en X</i> .....	88

<b>Tabla 63.</b> <i>Distorsiones para el sismo Ica 2007 EW en Y</i> .....	88
<b>Tabla 64.</b> <i>Distorsiones para el sismo Ica 2007 NS en X</i> .....	89
<b>Tabla 65.</b> <i>Distorsiones para el sismo Ica 2007 NS en Y</i> .....	89
<b>Tabla 66.</b> <i>Participación de masa</i> .....	90
<b>Tabla 67.</b> <i>Espectros de demanda sísmica</i> .....	92
<b>Tabla 68.</b> <i>Máxima deriva en la dirección X</i> .....	99
<b>Tabla 69.</b> <i>Máxima deriva en la dirección Y</i> .....	99
<b>Tabla 70.</b> <i>Matriz de nivel de desempeño para edificaciones esenciales</i> .....	100
<b>Tabla 71.</b> <i>Matriz de nivel de desempeño en base fija</i> .....	100
<b>Tabla 72.</b> <i>Matriz de nivel de desempeño en base aislada</i> .....	101

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Aislador sísmico elastómero de alto amortiguamiento.....	10
<i>Figura 2.</i> Sistema de aislamiento sísmico.....	12
<i>Figura 3.</i> El bloque D modelado en el software ETABS .....	21
<i>Figura 4.</i> Asignación de base fija para la estructura .....	22
<i>Figura 5.</i> Definición de patrones de carga.....	23
<i>Figura 6.</i> Definición de los diafragmas rígidos.....	23
<i>Figura 7.</i> Definición de la masa estructural en ETABS .....	24
<i>Figura 8.</i> Espectro respuesta .....	29
<i>Figura 9.</i> Espectro respuesta elástico .....	29
<i>Figura 10.</i> Sismo dinámico.....	30
<i>Figura 11.</i> Derivas inelásticas .....	30
<i>Figura 12.</i> Desplazamientos en el centro de masa - elásticos.....	32
<i>Figura 13.</i> Desplazamientos en el centro de masa - Inelásticos.....	33
<i>Figura 14.</i> Espectro respuesta para un sismo de servicio.....	34
<i>Figura 15.</i> Espectro respuesta para un sísmico de diseño.....	35
<i>Figura 16.</i> Espectro respuesta para un sísmico máximo considerado.....	35
<i>Figura 17.</i> Espectros respuestas para cada caso de sismo .....	36
<i>Figura 18.</i> Espectros de demanda sísmica .....	36
<i>Figura 19.</i> Vista de rotulas generadas ETABS.....	37
<i>Figura 20.</i> Formación de Rotulas Plásticas .....	37
<i>Figura 21.</i> Curva de capacidad en X.....	38

<i>Figura 22.</i> Curva de capacidad en Y.....	39
<i>Figura 23.</i> Espectro de capacidad en dirección X.....	39
<i>Figura 24.</i> Espectro de capacidad en dirección Y.....	40
<i>Figura 25.</i> Representación Bi-lineal en el ETABS .....	40
<i>Figura 26.</i> Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en X.....	41
<i>Figura 27.</i> Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en Y.....	41
<i>Figura 28.</i> Parámetros para el Seccionamiento del Espectro de Capacidad .....	42
<i>Figura 29.</i> Seccionamiento del Espectro de Capacidad en dirección X .....	43
<i>Figura 30.</i> Seccionamiento del Espectro de Capacidad en dirección Y .....	44
<i>Figura 31.</i> Ubicación del punto desempeño en la dirección X.....	44
<i>Figura 32.</i> Ubicación del punto desempeño en la dirección Y .....	45
<i>Figura 33.</i> Modelación de la estructura en ETABS .....	55
<i>Figura 34.</i> Definición de patrones de cargas .....	55
<i>Figura 35.</i> Espectro respuesta .....	60
<i>Figura 36.</i> Desplazamientos en el centro de masa (elásticos).....	61
<i>Figura 37.</i> Desplazamientos en el centro de masa en (Inelásticos) .....	62
<i>Figura 38.</i> Ubicación de cada dispositivo .....	74
<i>Figura 39.</i> Dispositivo único.....	75
<i>Figura 40.</i> Espectro del sismo de diseño y máximo considerado .....	75
<i>Figura 41.</i> Distorsiones para un sismo de diseño .....	76
<i>Figura 42.</i> Distorsiones para un sismo máximo considerado.....	77
<i>Figura 43.</i> Periodo en cada modo para cada caso de rigidez .....	78

<i>Figura 44.</i> Espectro escalamiento .....	80
<i>Figura 45.</i> Espectro escalamiento en Seismomatch .....	81
<i>Figura 46.</i> Escalamiento de sismo .....	81
<i>Figura 47.</i> Sismo Lima 1996 EW.....	82
<i>Figura 48.</i> Sismo Lima 1996 NS.....	82
<i>Figura 49.</i> Sismo Lima 1974 EW.....	82
<i>Figura 50.</i> Sismo Lima 1974 NS.....	83
<i>Figura 51.</i> Sismo Ica 2007 EW.....	83
<i>Figura 52.</i> Sismo Ica 2007 NS .....	83
<i>Figura 53.</i> Distorsiones para el sismo Lima 1966 EW.....	84
<i>Figura 54.</i> Distorsiones para el sismo Lima 1966 NS.....	85
<i>Figura 55.</i> Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW.....	86
<i>Figura 56.</i> Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS.....	87
<i>Figura 57.</i> Distorsiones para el sismo Ica 2007 EW .....	88
<i>Figura 58.</i> Distorsiones para el sismo Ica 2007 NS .....	89
<i>Figura 59.</i> Participación de la aceleración en cada modo.....	90
<i>Figura 60.</i> Participación de la aceleración en X para cada sismo .....	91
<i>Figura 61.</i> Participación de la aceleración en Y para cada sismo.....	91
<i>Figura 62.</i> Espectros de demanda sísmica .....	93
<i>Figura 63.</i> Formulación de rotulas plásticas.....	94
<i>Figura 64.</i> Curva de capacidad en la dirección X.....	95
<i>Figura 65.</i> Curva de capacidad en la dirección Y .....	95

<i>Figura 65.</i> Espectro capacidad en la dirección X.....	96
<i>Figura 66.</i> Espectro capacidad en la dirección Y... ..	96
<i>Figura 67.</i> Seccionamiento del espectro capacidad en la dirección X.....	97
<i>Figura 68.</i> Seccionamiento del espectro capacidad en la dirección X .....	97
<i>Figura 69.</i> Ubicación del punto desempeño en la dirección X.....	98
<i>Figura 70.</i> Ubicación del punto desempeño en la dirección Y .....	98
<i>Figura 71.</i> Periodos obtenidos en base fija y en base aislada .....	102
<i>Figura 72.</i> Porcentaje de masa participativa en la dirección X.....	102
<i>Figura 74.</i> Porcentaje de masa participativa en la dirección Y .....	103
<i>Figura 75.</i> Aceleraciones máximas obtenidas en la base fija y base aislada .....	103

## Resumen

La investigación tuvo como finalidad analizar del desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica de nivel III con la implementación de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento. Metodológicamente, es de tipo aplicada. De nivel explicativa y de diseño cuasi experimental. La población estuvo constituida por el hospital de nivel III del departamento de Ica. Las derivas máximas obtenidas para la estructura con aisladores con la norma E.030 y en comparación de la estructura de base fija las derivas se vieron reducidas en un promedio del 70%. La respuesta estructural la base aislada se vio un incremento considerable del periodo y una disminución del 96% en la aceleración en comparación con la base fija. En conclusión, los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento si influyen en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica por lo que se presenta un buen desempeño sísmico, manteniendo un nivel operacional en cada caso de sismo, es decir las actividades de los ocupantes de la edificación no se verán interrumpidos luego de un sismo. Se recomienda hacer más evaluaciones con los aisladores implementándolos también en estructuras como edificaciones multifamiliares por la gran cantidad de personas de albergan, pero que aún no está contemplado en nuestra norma.

**Palabras claves:** Desempeño sísmico, Aislador elastómero, curva de capacidad y espectro de capacidad, demanda sísmica

## **Abstract**

The purpose of the research was to analyze the seismic performance of the Ica Regional Hospital level III with the implementation of high damping elastomeric seismic isolators. Methodologically, it is of the applied type. Explanatory level and quasi-experimental design. The population consisted of the level III hospital of the department of Ica. The maximum drifts obtained for the structure with insulators with the E.030 standard and compared to the fixed lowering structure, the drifts were reduced by an average of 70%. The structural response of the isolated base saw a considerable increase in the period and a decrease of 96% in acceleration compared to the fixed base. In conclusion, high damping elastomer insulators do influence the seismic performance of the Regional Hospital of Ica, which is why a good seismic performance is presented, maintaining an operational level in each case of earthquake, that is, the activities of the occupants of the building. they will not be interrupted after an earthquake. It is recommended to make more evaluations with the insulators, also implementing them in structures such as multifamily buildings due to the large number of people they house, but that is not yet contemplated in our standard.

**Keywords:** Seismic performance, Elastomeric isolator, capacity curve and capacity spectrum, seismic demand.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimas dos décadas, más de 100 hospitales en toda Latinoamérica y el caribe dejaron de trabajar a causa de los terremotos. El 25% de estos centros médicos se derrumbaron desastrosamente. El Perú se encuentra entre uno de los países con una gran actividad sísmica, donde Ica se encuentra como una de las regiones de más alta sismicidad.

Sin embargo, el Hospital Regional de Ica no cuenta con aisladores sísmicos, debido que en el Perú recientemente se está incorporando el uso de aisladores, esto se puede ver en la reciente norma E031 "Aislamiento Sísmico". Es muy importante que las edificaciones esenciales, tales como los hospitales deben estar diseñadas para desempeñarse de manera eficiente durante y luego de un sismo.

Según Humburger (1997, p.9) "El desempeño se expresa numéricamente en términos de la proporción de daño en una edificación afectada por un movimiento telúrico y el impacto que ocasionan estos daños en las actividades que se darán luego al evento."

El uso de aisladores sísmicos sería la mejor opción para tener un buen desempeño sísmico de un hospital de nivel III ubicado en una zona de más alta sismicidad, ya que permite disipar el 70% de la energía sísmica. Los aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento tienen un óptimo rendimiento en cargas de servicio, verticales y horizontales, también proporcionan la adecuada flexibilidad horizontal para lograr el periodo natural requerido en el sistema estructural aislado.

Por todo ello en este tema de investigación se efectuará un análisis del desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica de nivel III con la implementación de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento, para analizar de qué manera estos aisladores influyen en el desempeño sísmico del hospital, evitando su colapso y garantizando su adecuado funcionamiento luego del desastre.

Se desarrolló para este trabajo de investigación la formulación del problema, donde el problema general es, ¿De qué manera los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento influyen en el desempeño sísmico el Hospital Regional de Ica - 2020? También los problemas específicos son, ¿De qué manera influirá uso de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento en las máximas derivas del bloque D del Hospital Regional de Ica? así como ¿Cuál es el nivel desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica con el uso de aisladores sísmicos de alto amortiguamiento? Y ¿Cuál es la máxima respuesta estructural del Bloque D del Hospital Regional de Ica ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento?

La presente investigación tiene una **justificación práctica**, porque busca conocer el desempeño sísmico de un Hospital de nivel III con base fija y con aisladores sísmicos de alto amortiguamiento, para poder asegurar la continuidad del centro de salud luego de un evento sísmico.

Posee una **justificación económica**, porque con la implementación de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento busca garantizar la conservación de la estructura luego del sismo, siendo un beneficio económico a largo plazo.

Además, se **justifica socialmente**, porque busca beneficiar a la población, de tal manera que luego del terremoto, un hospital de nivel III con la implementación de aisladores sísmicos elastómeros seguirá funcionando en perfectas condiciones, y podrá recibir a la población que necesite atención medica luego del desastre.

También tiene una **justificación metodológica**, porque se ejecutarán modelamientos con y sin aisladores sísmicos, donde estos estarán sujetos a pruebas por medio del software Etabs, y resultados serán corroborados comparándose unos con otros; también se analizará la información teórica práctica relacionada con el tema y se admitirá desarrollar los conocimientos sobre el Sistema de Aislamiento Sísmico

Por consiguiente, el actual trabajado de investigación tiene como **objetivo general**, Analizar de qué manera los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento influyen en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica - 2020. También

tiene como **objetivos específicos**, Calcular la deriva máxima del bloque D del hospital teniendo en cuenta la implementación de aisladores elastómeros de alto rendimiento en el Hospital Regional de Ica.; Determinar el nivel desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica con el uso aisladores sísmicos alto amortiguamiento y Evaluar la máxima respuesta del Bloque D del Hospital Regional de Ica ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento.

Se formuló para el actual proyecto de investigación como **hipótesis general** que Los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento si influyen de forma positiva en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica - 2020. También se formularon como **hipótesis específicas** que, la deriva máxima estructural con el uso de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento si influyen en el desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica. El nivel del desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica es favorable con el uso aisladores sísmicos de alto amortiguamiento. La máxima respuesta sísmica del Bloque D Hospital Regional de Ica es favorable ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento.

## II. MARCO TEÓRICO.

Con la finalidad de forzar los conocimientos y conceptos de las variables, se analizaron las siguientes investigaciones.

Podemos encontrar en los **antecedentes nacionales** el trabajo de investigación de; Calderón, B. (2018), “Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del pabellón de un hospital tipo II-1, Lima 2018” para alcanzar el grado de Ingeniero Civil. Universidad Privada Cesar Vallejo. El **objetivo general** de la tesis fue analizar y diseñar la edificación del pabellón de un hospital tipo II-1 con el uso de aisladores sísmicos, Lima 2018. El diseño es de tipo no experimental; su población es la infraestructura del hospital tipo II-1, y su muestra es el pabellón de 3 pisos, finalmente se tuvo como conclusión general que en la superestructura formado por pórticos se diseñó con un factor de reducción de 8, esto es debido a que en la base el edificio disminuye la una gran cantidad del sismo, obteniendo dimensiones más gruesas; por otro lado en la súper estructura solo alcanza un 20% del sismo aproximadamente, favoreciendo un mejor diseño y dimensiones más económicas.

Además, Carmona, P. (2020), en su tesis “Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño reglamentario sismo-resistente de un sistema dual en comparación al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema aporticado, del Edificio de Oficinas Schell de seis pisos en la Provincia de Lima - Perú” para alcanzar por el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. El **objetivo general** fue realizar un análisis comparativo y diseño estructural implementando aisladores sísmicos en la base (elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR)) con el fin de analizar el comportamiento estructural de una edificación de oficinas en comparación de un sistema dual con un criterio reglamentario sismo-resistente, aplicando un modelo sísmico a través del software de modelación estructural SAP2000, este software nos facilitara los resultados suficientes para escoger el modelo más idóneo frente un evento sísmico, finalmente se tuvo como conclusión general que en la estructura aislada ocurren mucho menores movimientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual favorecerá a un mejor desempeño de la estructura; y donde las fuerzas axiales máximas, se reducen en promedio alrededor de un 49% en el Sistema Aislado.

Por otro lado, Pretell, P. (2018), en su tesis titulada “Análisis Sismoresistente incorporando Aisladores Sísmicos en un Edificio Multifamiliar de 9 Pisos En La Urb. San Andrés Distrito de Trujillo” para alcanzar el título de Ingeniero Civil. El **objetivo general** fue analizar las propiedades sismorresistentes de la edificación multifamiliar de 9 pisos con su diseño tradicional y con la incorporación de los dispositivos de aislamiento. El diseño es descriptiva comparativa, la Población Muestral es la edificación Multifamiliar de 9 pisos ubicada en la urbanización San Andrés. Finalmente se tuvo como conclusión general que los elementos estructurales se modelaron anterior al pre dimensionamiento cumpliendo con los requerimientos de las demandas de esfuerzos y del análisis estructural. Así también con los materiales y las diferentes clases de elementos que facilitaron cumplir la demanda estructural del edificio elegido.

Asimismo, Gamboa, M. (2019), en su tesis “Análisis Sísmico de Hospitales teniendo en cuenta el Criterio de Funcionalidad Continua incorporando Aisladores de Base Friccional de Triple Péndulo en Zonas Sísmicas 3 y 4 del Perú” para alcanzar el grado de Ingeniero Civil. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga. El **objetivo general** fue desarrollar el análisis sísmico de la estructura con criterios de diseño de funcionalidad constante, para lo cual aplicaremos aisladores de base tipo triple péndulo de fricción FPT 8827/14-12/10-6, con el fin de reducir el nivel de daños estructurales y no estructurales en una edificación esencial como es un hospital. La metodología de investigación es de tipo cuantitativa, de diseño de tipo no experimental. La población conto por edificaciones esenciales ubicadas en las zonas sísmicas 3 y 4 del Perú, la muestra fue la edificación esencial ubicada en la zona sísmica 3 del Perú destinada para el Hospital de Coracora que se encuentra en la provincia de Parinacochas del departamento de Ayacucho, finalmente se tuvo como conclusión general que con el uso del criterio para la funcionalidad continua en el análisis sísmico de edificaciones esenciales como son los hospitales implementados con aisladores sísmicos de base, se logran, a nivel de diseño reducir los daños en la estructura, elementos no estructurales y sus componentes propensos a sufrir daños por el movimiento lateral, logrando distorsiones de entrepiso menos del 0.3 %, además para proteger los elementos propensos a daños por aceleraciones alcanzando aceleraciones menores a 0.4g, cumpliéndose

los parámetros de análisis para la funcionalidad continua desarrollada por Victor Zayas.

Igualmente, Bustamante, A. (2019), en su tesis “Propuesta de aisladores sísmicos para la disipación de energía en el desempeño estructural por desplazamiento en los pabellones Unach-Chota” para obtener el grado de maestro en Ingeniería Civil con mención en Estructuras. Universidad Privada Cesar Vallejo. El **objetivo general** fue ratificar implementación de aisladores sísmicos para apoyar la disipación de energía, para optimizar el desempeño estructural de la edificación por desplazamiento Unach-Chota; tiene como metodología aplicativa-explicativa, la tesis fue de diseño descriptivo causal simple. La población fue la Universidad Nacional Autónoma de Chota, (pabellones de Ing. Civil, Ing. Forestal, Contabilidad y Enfermería), la muestra fue el Pabellón de la Facultad de Ingeniería Civil y finalmente se tuvo como conclusión general que con la implementación de aisladores sísmicos se dieron muchos menos movimientos horizontales de entre piso llegando de esta forma a la conclusión que la estructura incrementa la disipación de energía y de igual manera incrementa el amortiguamiento a causa de las características de los aisladores sísmicos.

Por otro lado, en **antecedentes internacionales**, Ferj, S. (2016), en su tesis “Evaluación del Desempeño Sísmico de Hospitales Aislados y Convencionales mediante un Análisis de Fragilidad” para obtener el grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería en la Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería. El **objetivo general** fue cuantificar sus diferencias y así realizar una evaluación de las ventajas y desventajas relacionadas a cada alternativa. La metodología de investigación es cuantitativa, tuvo como conclusión general que aun con la exigencia de un comportamiento prácticamente elástico ( $R_s = 2$ ), se ratificó que la aislación basal facilita la disminución del corte sísmico de diseño a valores mínimos debido al amortiguamiento y la flexibilización de la estructura que incorporan los aisladores. Sin embargo, se dedujo que, a pesar del diseño con cortes basales superiores, las vigas y columnas de los hospitales convencionales se produjeron con medidas menores a las de los elementos de los sistemas aislados. La causa:

los muros forman parte del sistema resistente lateral en el caso convencional. En consecuencia, las solicitaciones sísmicas son resistidas principalmente por ellos.

Así como Descouvieres, C. (2019). Tiene como título “Registro del Estudio Pionero en Chile de Aisladores Sísmicos Elastómeros para aplicación en edificios de Baja Altura” para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad De Chile. El **objetivo general** fue instaurar una metodología para el Diseño teórico de Aisladores de Goma de Alto Amortiguamiento. La metodología de investigación es de tipo cuantitativa, se llegó a la conclusión final que el método de fabricación de los prototipos a través comprensión directa fue apto, tomando en cuenta el excesivo incremento de costo al usar métodos como la inyección. El molde diseñado para efectuar el vulcanizado, tuvo una fabricación parcialmente con materiales reciclados y con aceros de calidades estándares A37-24ES cumplió su finalidad.

De igual manera, Bravo, J. (2016). En su tesis “Implementación de Aislamiento Sísmico Elastomeros en Edificios Altos y Esbeltos de Acero Estructural” para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad Católica de la Santísima Concepción. El **objetivo general** fue determinar la máxima altura que se pueda alcanzar al aislar la estructura con aisladores del tipo elastómeros. El estudio es de enfoque cuantitativo. Finalmente se tuvo como conclusión general que la incorporación de un sistema de aislamiento sísmico basal elastomero aplicados en edificios altos en acero resulto ser muy beneficioso, ya que, si bien el edificio más alto en estudio (36 pisos) no fue posible la incorporación de estos sistemas, por otro lado se en un edificio de 24 pisos (72 metros), gracias en gran medida a que, al ser una edificación de acero la carga estática que induce a cada aislador es notablemente menor a la carga estática que induciría una estructura de hormigón armado de la misma altura y como se investigó en el apartado del diseño del aislador sísmico al tener un *Pestatico* bajo beneficia al buen comportamiento del sistema de aislación. Además, el periodo aislado empleado para el edificio tipo B (4 segundos) no es un periodo tan elevado lo que facilita el diseño de este.

Asi mismo, Urizar, R. (2016). En su tesis “Comparación del comportamiento estructural de edificación de concreto, empleando aisladores elastoméricos en la base” para obtener título de Maestro de Estructuras. Universidad de San Carlos de

Guatemala. El **objetivo general** fue equiparar el comportamiento de una edificación de clase esencial como un centro médico de concreto reforzado de cinco niveles, con y sin aisladores elastoméricos en la base. Finalmente se tuvo como conclusión general que los aisladores elastoméricos benefician el desempeño estructural de una estructura, gracias a que los aisladores implementan un método de disipación de energía muy eficaz bajo el sometimiento de cargas sísmicas. El aislador absorbe un gran porcentaje del corte basal, por lo que disminuye la carga que finalmente impactan a cada elemento estructural de la edificación.

Se tuvieron también los siguientes **artículos científicos** donde, los autores Roberto Aguiar, Marcelo Marcial, Pablo Caiza (2015) desarrollaron el artículo científico “Desempeño sísmico de nuevo centro de investigaciones científicas y de post grado de la universidad de fuerzas armadas, sin aisladores” para la revista CIENCIA. El **objetivo** de este artículo fue realizar un cálculo estructural, utilizando la metodología del Espectro de Capacidad. Se **concluyó** que se verificó el desempeño sísmico de 7 de los 8 bloques estructurales de acero, a través de la metodología Espectro de Capacidad, determinando que las derivas de piso son admisibles según a lo concertado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15.

Los autores Alberto Sánchez Badillo y Amador Terán Gilmore (2008) realizaron el artículo científico “Diseño por desempeño de estructuras dúctiles de concreto reforzado ubicadas en la zona del lago del distrito federal” para la revista de Ingeniería Sísmica. El **objetivo** fue plantear en el marco definido por el Comité Visión 2000 (SEAOC 1995) para un diseño sísmico por desempeño, una metodología numérica de diseño para marcos dúctiles de concreto reforzado. La conclusión fue que la metodología formulada en este artículo ha sido aplicada exitosamente al diseño por desempeño de una estructura regular de doce niveles estructurado con base en marcos dúctiles de concreto reforzado. El desempeño sísmico esperado de la edificación de doce niveles refleja satisfactoriamente el planteamiento hecho por sus objetivos de diseño.

Los autores Juan Pimiento, Andrés Salas, Daniel Ruiz<sup>1</sup> (2014) desarrollaron el artículo científico “Desempeño sísmico de un pórtico con disipadores de energía

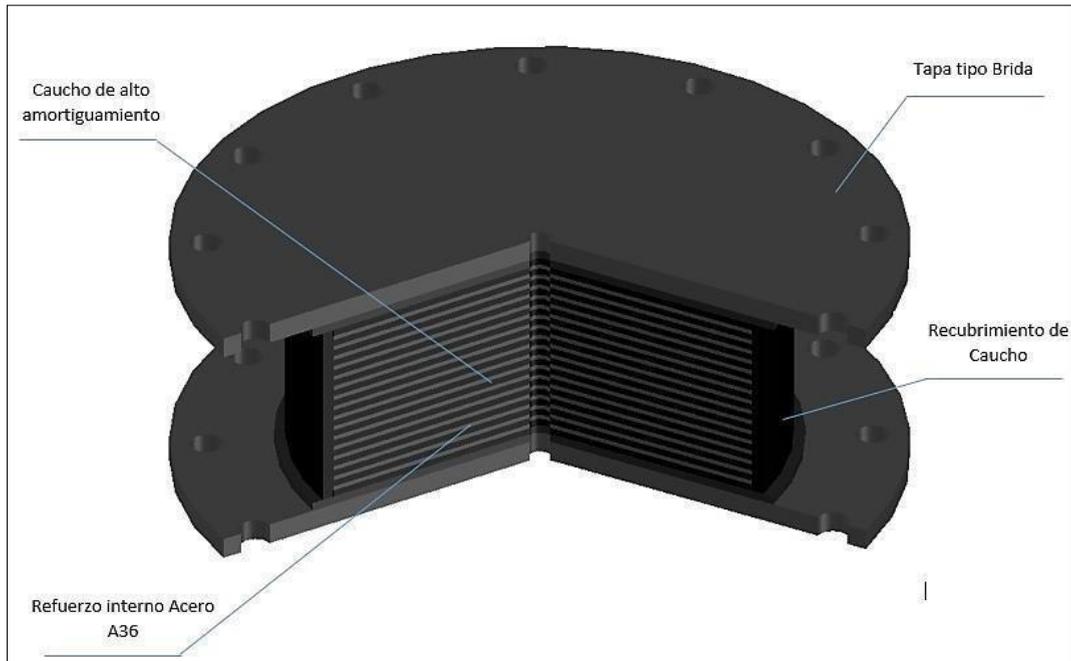
pasivos de placas ranuradas de acero” para la revista Ingeniería de Construcción. El **objetivo** fue evaluar dos tipos de disipadores de energía pasivos histeréticos metálicos (placas ranuradas de acero. Tuvo como conclusión que los disipadores histeréticos pasivos metálicos de placas ranuradas incorporados en el pórtico bajo análisis, alteraron las características dinámicas de éste. Por esto vio una reducción el periodo fundamental del pórtico resulto de 0.22 segundos a 0.094s y 0.047 s para la edificación con disipadores de placas ranuradas con columnas y con agujeros redondos, respectivamente.

En la teoría relacionada con la investigación se verán los diferentes conceptos que se tienen que tomar en cuenta para comprender de lo que se trabajará en el proyecto de investigación.

En cuanto para el Análisis estático que es el análisis de las cargas que actúan en la estructura sin alterarse a pesar del paso del tiempo. En el análisis estático las solicitaciones sísmicas son simbolizadas a través de un grupo de fuerzas horizontales que son ejercidas en el centro de masa cada nivel de la estructura. Para hallar las fuerzas horizontales que actúan en cada nivel se debe determinar el corte en la base o cortante basal según la estimación del periodo fundamental de vibración.

Se tendrán los Aisladores sísmicos son dispositivos flexibles para los movimientos horizontales y rígidos para los movimientos verticales, estos dispositivos aíslan la superestructura de la subestructura, permitiendo disipar un 70% de la energía sísmica, protegiendo a los elementos estructurales, no estructurales y a las personas.

Específicamente se trabajará con el Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR) es un dispositivo cuya viscosidad se modifica de manera química para alterar su comportamiento histerético. De este modo adquiere un aumento considerable en su amortiguamiento, entre 8 y 15% de crítico.



*Figura 1.* Aislador sísmico elastómero de alto amortiguamiento.

Fuente: Cauchos vikingo

El Análisis dinámico se tiene en consideración las fuerzas, movimientos, velocidades y aceleraciones que actúan en la estructura como producto de las deformaciones y de los movimientos que se manifiestan en la construcción, basándose en el análisis modal espectral. También las cargas y respuestas de la edificación se alteran conforme avanza el tiempo. Las aceleraciones a causa de las deformaciones, ocasionan en el tiempo fuerzas de inercia.

El análisis estático no-lineal o pushover consiste en un estudio detallado de las propiedades inelásticas de la edificación por medio de la aplicación de un vector de cargas monotónicas. El comportamiento de la estructura en un análisis pushover presenta dos etapas: Una primera etapa elástica en la cual no existe daño en la estructura, por lo que no es importante conocer el comportamiento constitutivo de los materiales que componen la estructura. Sin embargo, en la segunda etapa del análisis consiste en el estudio de la formación de rotulas, para lo cual si resulta importante modelar las propiedades inelásticas de la estructura.

El Desempeño sísmico: El desempeño se expresa numéricamente en términos de la proporción de daño en una edificación afectada por un movimiento telúrico y el impacto que ocasionan estos daños en las actividades que se darán luego al evento. (Humburger 1997, p.9.)

Espectro de Demanda Sísmica Según Colonia Vitorio, (2017), dicho también espectro de respuesta reducida y se aplica para figurar los movimientos del suelo, también se grafica en el eje de coordenadas las aceleraciones espectrales y en las abscisas el desplazamiento espectral.

Los Espectros de sismos considerados por el ATC-40 son:

-Sismo de Servicio (SE) donde según Intor Vellatty, y otros, (2017), Se conceptualiza probabilísticamente con un 50% de que quizás puede exceder un periodo de 5 años ante un sismo. Además, el sismo tiene un valor aproximado de 0.5 veces el sismo de diseño, sin embargo, el sismo ocasional representa a un periodo de retorno cercano de 75 años. (p.37)

Sismo de Diseño (DE): Según Intor Vellatty, y otros, (2017), Se determina como la probabilidad del 10 % que tiene el sismo ante la posibilidad de que quizás puede exceder un periodo de 50 años, también este sismo presenta unos despreciables movimientos de sismos que se pueda plasmar en la visa de la estructura, en donde su periodo de retorno es cercano a los 500 años. (p.37).

Sismo de Máximo (ME): Según Intor Vellatty, y otros, (2017), se determina probabilísticamente como el sismo más fuerte que se puede espera en el lugar donde está situada la estructura, en la cual excede un periodo de 50 años cuando esta tiene una probabilidad de 5 %, además se debe saber su periodo de retorno en la cual es 1000 años. Su magnitud de este sismo oscila entre 1.25 a 1.5 veces el sismo de diseño. (p.37)

Desplazamiento traslacional: Es el movimiento lateral máximo que sucede en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en el sentido de análisis, sin

tomar en cuenta el movimiento adicional originado por la torsión natural y accidental.

Desplazamiento total: Es el movimiento lateral máximo, tomando en cuenta el desplazamiento adicional que es generado debido al efecto de torsión natural y accidental, que se necesita para corroborar la estabilidad de los dispositivos de aislamiento y del sistema de aislamiento sísmico, para definir el distanciamiento que se debe tener entre las estructuras.

Punto de desempeño: Se determina en el mismo grafico como la intercepción del espectro de demanda reducido con el espectro de capacidad, con este punto se determina el nivel de desempeño de la estructura (Perez, 2014)

Sistema de aislamiento sísmico: Es un grupo de elementos estructurales donde se implementan los dispositivos de aislamientos, donde cada uno de los elementos que transmiten las fuerzas a través de los elementos del sistema de aislamiento sísmico, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones.

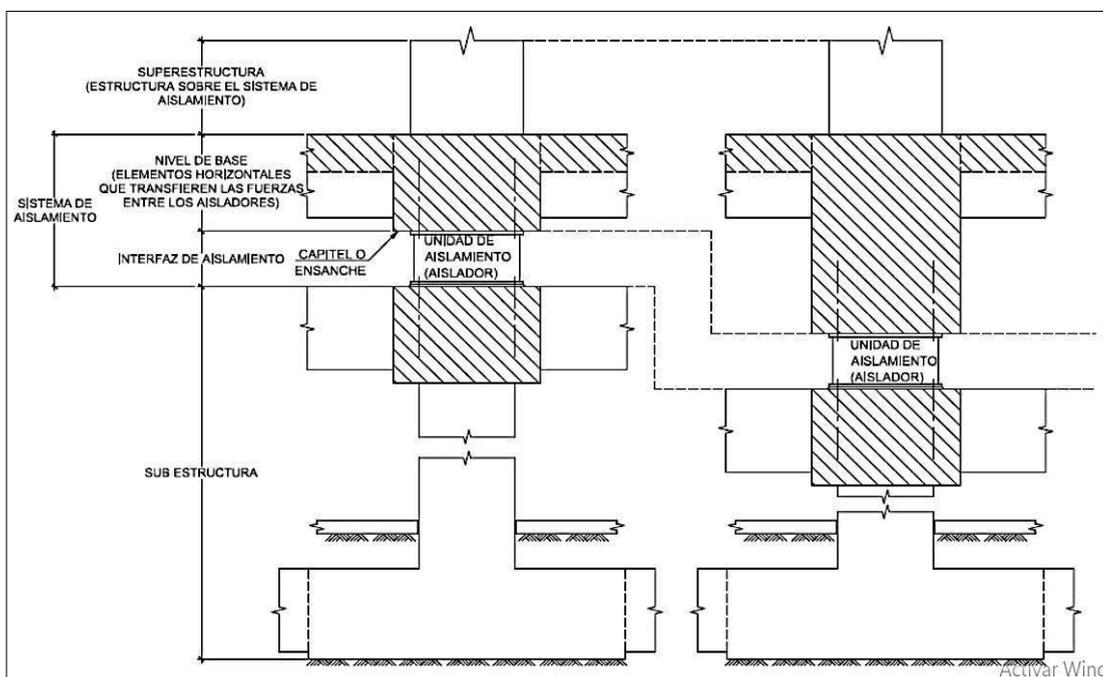


Figura 2. Sistema de aislamiento sísmico.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2019)

Los niveles de desempeño son determinados de acuerdo a FEMA y Visión 2000 en Operacional, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención del Colapso. En tal sentido se realizó la división según los parámetros presentados por Visión 2000.

**Tabla 1. Niveles de desempeño sísmico**

	Periodo de retorno	NIVELES DE DESEMPEÑO			
		Operacional	Ocupacion Inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion al Colapso
<b>Niveles de Peligro Sísmico</b>	43 años (Frecuente)	1	0	0	0
	72 años (Ocasional)	2	1	0	0
	474 años (Raro)	3	2	1	0
	970 años (Muy raro)		3	2	1
		0: Desempeño Inaceptable			
		1: Estructuras Basicas			
		2: Estructuras Escenciales			
		3: Estructuras de Seguridad Critica			

Fuente: Adaptación de Visión 2000

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación:**

En la investigación de tipo aplicada su enfoque es el desarrollo y el uso de los conocimientos que ya se tienen, pero también al mismo tiempo se tienen nuevos conocimientos, luego de incorporar y organizar la práctica en base de la investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Cordero, 2009, p.159).

El Tipo de Investigación empleada es **aplicada** por que se enfoca en resolver los problemas, analizando un sistema ya conocido y otro sistema en el que se necesitaran conocimientos nuevos para poder responder a la hipótesis planteada.

##### **Diseño de investigación**

Los diseños cuasi experimentales se manejan premeditadamente por lo menos una variable independiente del trabajo de investigación, esto para examinar el efecto y relación que tiene con una o más variables dependientes (Hernández, 2010, p.148).

El actual proyecto de investigación es de diseño **cuasi experimental**, porque se realizará un análisis del desempeño sísmico con aisladores sísmicos de alto amortiguamiento y sin estos, utilizando el software ETABS2018.

##### **Nivel de investigación**

Los estudios de nivel explicativos ven más que solo la definición de conceptos o de las diferentes situaciones que relacionan los conceptos. Se enfoca como su nombre lo dice, en explicar el por qué ocurre ciertos fenómenos y en que situaciones en particular se presentan, también el cómo y por qué dos o más variables se relacionan. (Hernández, 2010, p.83 y 84). El nivel será **explicativo** porque se dará una explicación de cómo se

relaciona el desempeño sísmico con los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento.

### **Enfoque de investigación**

El enfoque cuantitativo se simboliza un grupo de secuencias, es progresiva y probatorio. Se debe seguir la secuencia de cada fase que se tenga, no se puede omitir o ignorar alguna fase, sin embargo, se puede replantear alguna fase de ser necesario, pero siempre siguiendo el estricto orden. Comienza con una idea que la acoplándose, donde surgen los objetivos y las preguntas que se quieran investigar, también se estudian libros y diferentes fuentes de información para constituir el marco teórico. Desde las interrogantes se forman las hipótesis para especificar las diferentes variables; se expone un programa para probar las hipótesis, se examinan las variables en un determinado caso donde se analizan los resultados obtenidos y se constituyen las conclusiones. (Hernández, 2010, p.4).

El enfoque es de tipo **cuantitativo** ya que se tendrá una secuencia de etapas para los estudios y moldeamiento de la estructura, y donde los resultados se darán en valores numéricos.

## **3.2 Variables y operacionalización**

Una variable es una propiedad que puede cambiar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. (Hernández, 2010, p.93).

La variable independiente (X) y la variable dependiente (Y) en el presente tema de investigación son las siguientes:

X= Desempeño sísmico

Y= Aisladores elastómeros de alto amortiguamiento

### **3.2.1 Definición conceptual**

#### **3.2.1.1 Desempeño sísmico:**

El Desempeño sísmico se expresa numéricamente en términos de la proporción de daño en una edificación afectada por un movimiento telúrico y el impacto que ocasionan estos daños en las actividades que se darán luego al evento (Humburger, 1997, p.9).

### **3.2.1.2 Aislador elastómero de alto amortiguamiento**

El aislador elastómero de alto amortiguamiento se conforma en capas alternas de material elastómero y láminas de acero vulcanizado. Este apoyo ofrece un alto grado de amortiguación, de hasta el 16%, a causa de la utilización de un compuesto elastomérico desarrollado que ofrece mayor capacidad de amortiguación y de movimiento, también una alta resistencia al desgaste mecánico (Mendez, 2013, p.13).

## **3.2.2 Definición operacional**

### **3.2.2.1 Desempeño sísmico:**

Determina el nivel de desempeño sísmico de la estructura, determinando el punto de desempeño que se obtiene de la intersección del espectro de capacidad Vs espectro de respuesta.

### **3.2.2.2 Aislador elastómero de alto amortiguamiento**

Los aislantes Elastómeros de alto amortiguamiento, serán analizados de acuerdo a la respuesta estructural, desplazamientos y fuerza en la base, con los indicadores correspondientes así como cálculos de ingeniería sísmica, reacción de la edificación, espectro de respuesta; factor zona, factor suelo y peso de la edificación.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### **Población**

Según Jany (1994, p. 48), población es “el total de individuos o elementos que tienen algunas propiedades semejantes en los cuales se quiere inferir “. Tomando este concepto para este proyecto de investigación la **población** estaría constituida por el hospital de nivel III del departamento de Ica.

#### **Muestra**

La muestra se puede definir como un subgrupo de la población, también se puede decir que es un subconjunto de componentes que están dentro del conjunto de individuos o elementos con propiedades semejantes al que definimos como población. (Hernández, 2010, p.175). La **muestra** sería el Hospital Regional de Ica.

#### **Muestreo**

En los muestreos no probabilísticos, se elige los elementos sin tomar en cuenta la probabilidad, se toma en cuenta las causas vinculadas con las propiedades de investigación. Por lo que para los muestreos no probabilísticos el procedimiento no es en función a fórmulas de probabilidad, más bien toma en cuenta el procedimiento que elija el investigador. (Hernández, 2010, p.176).

El **muestreo** que se aplicó, fue no probabilístico por que se eligió de forma directa de acuerdo al juicio del investigador y a la accesibilidad de información, para la unidad de análisis del trabajo de investigación.

### **3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos**

Recolectar los datos implica diseñar un plan minucioso de cada etapa que nos lleven a reunir datos para alcanzar un propósito específico. (Hernández, 2010, p.198).

#### **Técnicas de Investigación**

La técnica consistió en la observación directa, mediante una inspección al edificio, se obtuvo datos técnicos del proyecto, como planos y datos de mecánica de suelos, se estudió normativas internacionales y nacionales para que por último el edificio sea modelado en el programa computacional ETABS V16.2.0 de análisis estructural.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento que se empleó para la obtención de resultados fue mediante el empleo de un programa computacional de análisis estructural, denominado ETABS en su versión 16.2.0 especializado en el análisis de edificaciones tridimensionales

#### **Validez**

La **validez**, en términos generales, se refiere a la magnitud en que un instrumento o herramienta realmente mide la variable que intenta medir. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la inteligencia debe medir la inteligencia y no la memoria. (Hernández, 2010, p.201).

La validez se basa en el modelamiento y procesamiento de los datos a través de nuestro instrumento de medición, el software ETABS 2016 que será respaldado por las normas del RNE sobre todo las normas E.030, 031 y la norma del ASCE SEI/2016 utilizadas para el proyecto de investigación, con la finalidad que nos brinde resultados confiables los cuales se asemejen al comportamiento real de las estructuras.

#### **Confiabilidad**

La **confiabilidad** es una herramienta que mide la magnitud cuando esta es aplicada de manera repetida a un mismo individuo u objetivo y estos producen resultados similares. (Hernández, 2010, p.200).

En el siguiente trabajo de investigación, la confiabilidad se garantiza con una buena digitalización de todos los parámetros que corresponden en el modelamiento, para obtener resultados óptimos y que sea confiable mediante el uso del software ETABS 2016, una herramienta de uso importante en el campo de la ingeniería. También porque se contará con ensayos realizados para la construcción del Hospital.

### **3.5 Procedimiento**

Para realizar la evaluación con la implementación de aisladores sísmicos en la edificación esencial, se evaluó realizar uno de los métodos de análisis de estructuras aislados propuestos por el ASCE también a través del método push over, a través del uso del software ETABS,

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Los datos se expresan en manera numérica, donde los valores se incorporan por una computadora, el software que se implementaran para el presente proyecto de investigación es el Etabs 2016 la cual presentara los resultados a través de tablas, gráficos, cuadros, etc.

### **3.7 Aspectos éticos**

Los datos se expresan en forma numérica, donde los valores se llevan por computadora, el software que se utilizara para el presente proyecto de investigación es el Etabs 2016 la cual mostrara los resultados a través de tablas, gráficos, cuadros, etc.

Según Alvarez (2018). La ética en la investigación donde las personas se sustenta en tres fundamentos esenciales que son los cimientos de todas las reglas. Los cuales son: Respeto por las personas, Beneficencia, Justicia. Cada uno tienen una importancia universal que extienden los límites geográficos, culturales, económicos, legales y políticos.

Por lo consecuente en el actual proyecto de investigación tendrá las citas de cada fuente de información, y todo el trabajo de investigación seguirá el reglamento Nacional de edificaciones y ASCE SEI/2016.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Descripción del proyecto de investigación

#### Ubicación:

El área del terreno en estudiado se encuentra enmarcado dentro de la zona perteneciente al casco urbano del distrito de Ica, en la Avenida Prolongación, perteneciente al Distrito, Provincia y Departamento de ICA.

En el lugar se encontró que está ubicado en la zona 4, lo que significa que se situó en una zona de alta sismicidad, y con un suelo de tipo intermedio.

### 4.2 Análisis de la estructura con base fija

#### Modelamiento de la estructura en el software.

Se modelo la estructura de 3 niveles del Bloque D del Hospital Regional de Ica en el software ETABS el cual está conformada por placas, vigas, columnas y losas principalmente como se muestra en la siguiente figura

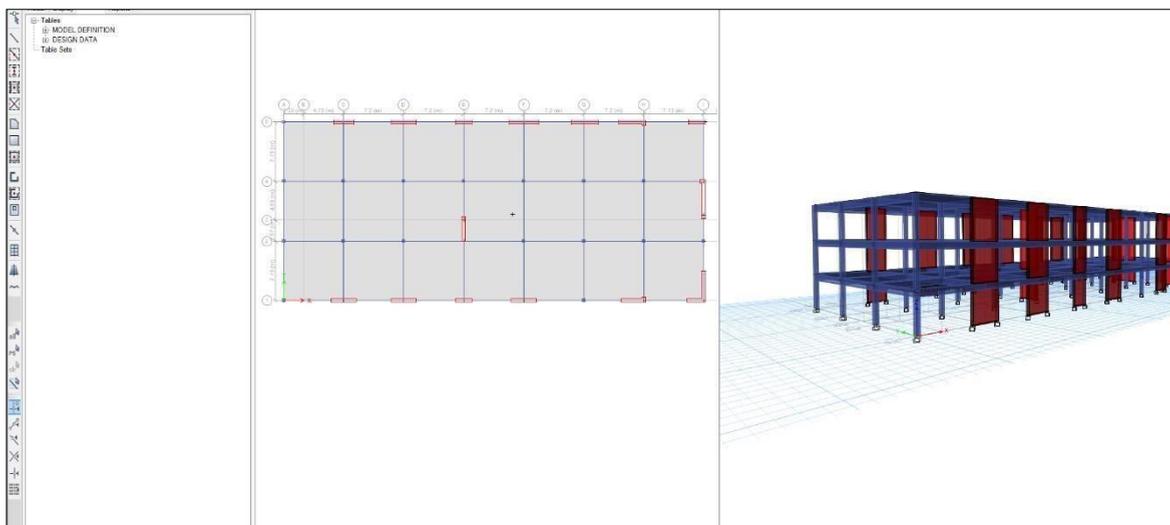


Figura 3. El bloque D modelado en el software ETABS.

Fuente. Elaboración propia

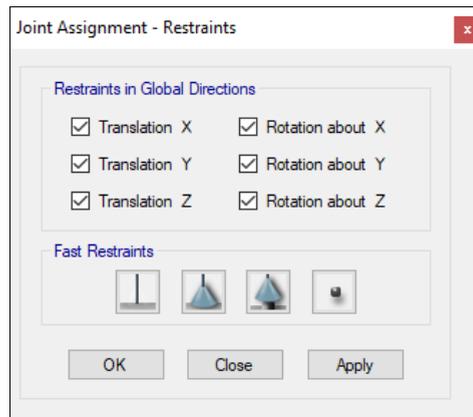


Figura 4. Asignación de base fija para la estructura

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.1 Análisis Estático

El análisis estático se basa en trabajar las cargas horizontales distribuidas a lo alto del edificio, simulando el sismo. Estas cargas provienen de varios parámetros implementando una fracción de carga viva más el total del peso propio del edificio, lo cual se determina Cortante basal que se determina mediante la siguiente formula:

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

Donde:

- Z: (Factor de zona)
- U: (Factor de uso)
- C: (Factor de amplificación Sísmica)
- S: (Factor de amplificación del suelo)
- R: (Coeficiente básico de reducción)
- P: Peso de la estructura

En el programa ETABS a la estructura modelada se le asignaron las cargas y el sismo estático para la dirección X como en la dirección Y, también se definió el diafragma rígido para cada nivel como se puede apreciar en la siguiente figura:

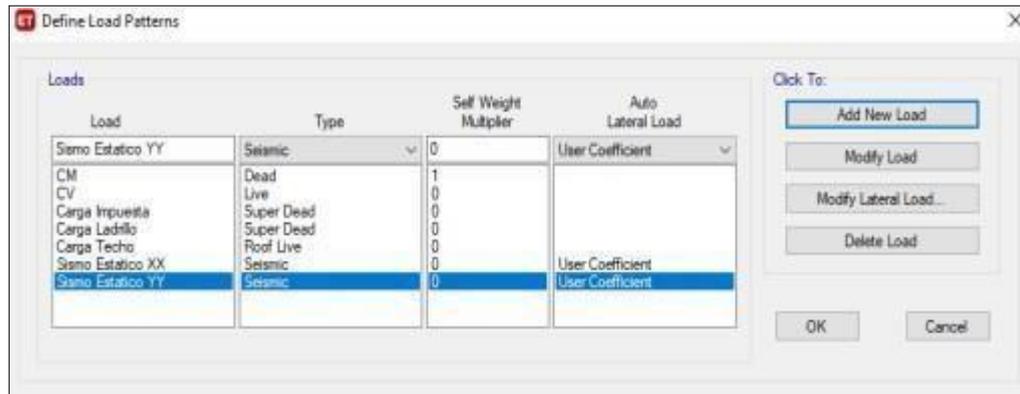


Figura 5. Definición de patrones de carga

Fuente. Elaboración propia

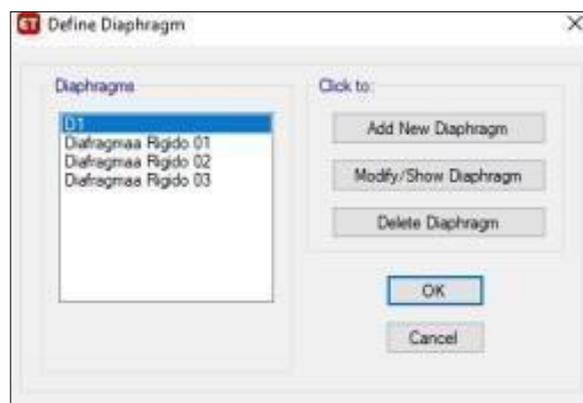


Figura 6. Definición de los diafragmas rígidos

Fuente. Elaboración propia

Se definió las cargas para determinar la masa de la estructura donde para la carga muerta se toma el 100%, para la carga viva en las estructuras esenciales es el 50%, la carga impuesta y de ladrillo el 100%, y para la carga de techo se tomó el 25%

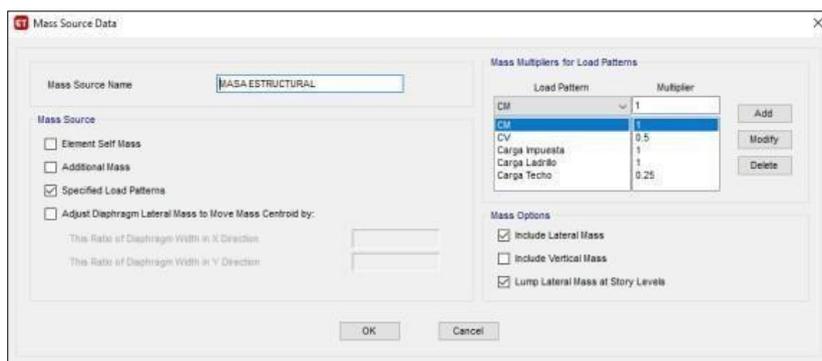


Figura 7. Definición de la masa estructural en ETABS

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.1.1 Definición del sistema estructural

Para definir el sistema estructural comparó las cortantes en la base en ambas direcciones en los muros con el cortante total de la estructura, donde según la normativa nos indica que si los muros se llevan más del 70% de las fuerzas cortantes entonces el sistema estructural es por muros estructurales, pero si se llevan menos del 70% entonces es un sistema dual.

Tabla 2. Fuerzas cortantes en los muros en la dirección X

TABLE: Pier Forces					
Story	Pier	Output Case	Location	P	V2
Story1	MURO_XX_1	Sismo Estatico XX	Bottom	8.1494	26.5941
Story1	MURO_XX_2	Sismo Estatico XX	Bottom	-3.19	27.4334
Story1	MURO_XX_3	Sismo Estatico XX	Bottom	-0.4355	13.4505
Story1	MURO_XX_4	Sismo Estatico XX	Bottom	-6.2742	26.1257
Story1	MURO_XX_5	Sismo Estatico XX	Bottom	23.813	24.9709
Story1	MURO_XX_6	Sismo Estatico XX	Bottom	44.0225	17.8234
Story1	MURO_XX_7	Sismo Estatico XX	Bottom	9.1876	13.1201
Story1	MURO_XX_9	Sismo Estatico XX	Bottom	5.0048	1.9082
Story1	MURO_XX_10	Sismo Estatico XX	Bottom	6.7353	17.3647
Story1	MURO_XX_11	Sismo Estatico XX	Bottom	-0.726	27.2644
Story1	MURO_XX_12	Sismo Estatico XX	Bottom	1.4148	13.588
Story1	MURO_XX_13	Sismo Estatico XX	Bottom	4.1787	37.0045
Story1	MURO_XX_14	Sismo Estatico XX	Bottom	20.5788	35.0658
Story1	MURO_XX_15	Sismo Estatico XX	Bottom	-2.2214	33.8582
Story1	MURO_XX_16	Sismo Estatico XX	Bottom	-3.9868	11.9202
Story1	MURO_XX_17	Sismo Estatico XX	Bottom	9.2346	12.7683
				<b>Suma</b>	<b>340.2604</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3. Fuerzas cortantes en los muros en la dirección Y**

TABLE: Pier Forces					
Story	Pier	Output Case	Location	P	V2
Story1	MURO_YY_3	Sismo Estatico YY	Bottom	2.576	97.0855
Story1	MURO_YY_4	Sismo Estatico YY	Bottom	-7.1396	3.2451
Story1	MURO_YY_5	Sismo Estatico YY	Bottom	11.0683	2.9115
Story1	MURO_YY_6	Sismo Estatico YY	Bottom	37.774	112.842
Story1	MURO_YY_7	Sismo Estatico YY	Bottom	-71.7983	75.7847
Story1	MURO_YY_8	Sismo Estatico YY	Bottom	-3.512	0.922
Story1	MURO_YY_9	Sismo Estatico YY	Bottom	6.6546	0.6379
				<b>Suma</b>	<b>293.4287</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4. Fuerzas cortantes de la estructura**

TABLE: Story Forces					
Story	Output Case	Location	P	VX	VY
Story1	Sismo Estatico XX	Bottom	0	<b>-351.6359</b>	<b>0</b>
Story1	Sismo Estatico YY	Bottom	0	<b>0</b>	<b>-351.6359</b>

Fuente: elaboración propia.

$$\text{En la dirección X: } \frac{340.2604}{-351.6359} = 0.97 = 97\%$$

$$\text{En la dirección Y: } \frac{293.4287}{-351.6359} = 0.83 = 83\%$$

Se dividió la fuerza cortante en cada dirección para en los muros entre la fuerza cortante de la estructura, donde se obtuvo que en la dirección X como en la dirección Y los muros se llevan más del 70% de la fuerza cortante, por lo es un sistema por muros estructurales, por lo que obtuvo un factor de reducción igual a 6 según indica la normativa E.030

#### 4.2.1.2 Parámetros Sísmicos

Se definió los parámetros sísmicos de acuerdo a la estructura donde:

- Z: (Factor de zona), el hospital se encuentra en la zona 4 siendo una zona alta mente sísmica
- U: (Factor de uso), siendo la estructura un hospital tiene la clasificación de A1

- C: (Factor de amplificación Sísmica), se definió según las características del lugar
- S: (Factor de amplificación del suelo), se determinó por la zona Z4 y el suelo S2
- R: (Coeficiente básico de reducción), la estructura presento un sistema de Muros estructurales.

**Tabla 5. Parámetros sísmicos**

Z =	0.45
U =	1.00
C =	2.50
S =	1.05
R =	6.00

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2.3 Cortante Basal

La fuerza cortante en la base se entiende como el comportamiento que presenta el edificio inducidos por las vibraciones del sismo, el sentido en la que se presenten estas vibraciones sísmicas es variada y dependiente de múltiples factores, en tal sentido la NTP E.030 presenta un mecanismo para determinarla denominada cortante basal que es la siguiente:

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

$$V = 10508.99 \text{ Tn}$$

#### 4.1.2.4 Fuerza sísmica

La fuerza en cada nivel es similar al producto de la relación de masas y la cortante basal, considerando similar para ambas direcciones de análisis que fueron dados por el programa ETABS, los cuales fueron divididos entre 1000 para tener las unidades en toneladas.

**Tabla 6. Masa por Piso (ETABS)**

Story	UX	UY	UZ	Tn
Story3	647896.92	647896.92	0	<b>647.90</b>
Story2	1378786.82	1378786.82	0	<b>1378.79</b>
Story1	1489674.95	1489674.95	0	<b>1489.67</b>
Base	112644	112644	0	<b>112.64</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7. Resultados de las fuerzas sísmicas**

MASA ETABS	N° PISO	mi	pi	hi	pi(hi) <sup>k</sup>	αi	Fi	Vi
647.90	<b>PISO 3</b>	647.90	6353.28	11.81	75032.20	0.31	3255.67	<b>3255.67</b>
1378.79	<b>PISO 2</b>	1378.79	13520.38	7.82	105729.40	0.44	4587.63	<b>7843.30</b>
1489.67	<b>PISO 1</b>	1602.32	15712.34	3.91	61435.25	0.25	2665.69	<b>10508.99</b>
112.64	<b>TOTAL</b>		<b>35586.00038</b>		<b>242196.85</b>		<b>10508.9907</b>	<b>OK!</b>
<b>3629.00269</b>								

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla de resultados de las fuerzas sísmicas, la cortante basal hallada con la tabla de masa por piso del software ETABS coincide con el valor de la cortante hallado con la norma E.030.

#### 4.2.2 Análisis Dinámico

Se realizó el Análisis Dinámico de la Estructura se tuvo que determinar un Espectro de respuesta de acuerdo a lo establecido en la norma E.030, y con los valores de algunos factores que ya se determinaron anteriormente.

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

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

T<sub>p</sub>= Periodo del suelo en (s)

T= Periodo de vibración de la edificación

**Tabla 8. Espectro de Respuesta**

T	C	Sa
0.0000	2.5000	0.2953
0.0500	2.5000	0.2953
0.1000	2.5000	0.2953
0.1500	2.5000	0.2953
0.2000	2.5000	0.2953
0.2500	2.5000	0.2953
0.3000	2.5000	0.2953
0.3500	2.5000	0.2953
0.4000	2.5000	0.2953
0.4500	2.5000	0.2953
0.5000	2.5000	0.2953
0.5500	2.5000	0.2953
0.6000	2.5000	0.2953
0.6500	2.3077	0.2726
0.7000	2.1429	0.2531
0.7500	2.0000	0.2363
0.8000	1.8750	0.2215
0.8500	1.7647	0.2085
0.9000	1.6667	0.1969
0.9500	1.5789	0.1865
1.0000	1.5000	0.1772
1.0500	1.4286	0.1688
1.1000	1.3636	0.1611
1.1500	1.3043	0.1541
1.2000	1.2500	0.1477
1.2500	1.2000	0.1418
1.3000	1.1538	0.1363
1.3500	1.1111	0.1313
1.4000	1.0714	0.1266
1.4500	1.0345	0.1222
1.5000	1.0000	0.1181
1.5500	0.9677	0.1143
1.6000	0.9375	0.1107
1.6500	0.9091	0.1074
1.7000	0.8824	0.1042
1.7500	0.8571	0.1013
1.8000	0.8333	0.0984
1.8500	0.8108	0.0958
1.9000	0.7895	0.0933
1.9500	0.7692	0.0909
2.0000	0.7500	0.0886
2.0500	0.7139	0.0843
2.1000	0.6803	0.0804
2.1500	0.6490	0.0767
2.2000	0.6198	0.0732
2.2500	0.5926	0.0700
2.3000	0.5671	0.0670
2.3500	0.5432	0.0642
2.4000	0.5208	0.0615
2.4500	0.4998	0.0590
2.5000	0.4800	0.0567
2.5500	0.4614	0.0545
2.6000	0.4438	0.0524
2.6500	0.4272	0.0505
2.7000	0.4115	0.0486
2.7500	0.3967	0.0469
2.8000	0.3827	0.0452
2.8500	0.3693	0.0436
2.9000	0.3567	0.0421
2.9500	0.3447	0.0407
3.0000	0.3333	0.0394
3.0500	0.3225	0.0381
3.1000	0.3122	0.0369
3.1500	0.3023	0.0357
3.2000	0.2930	0.0346
3.2500	0.2840	0.0336
3.3000	0.2755	0.0325
3.3500	0.2673	0.0316
3.4000	0.2595	0.0307
3.4500	0.2520	0.0298
3.5000	0.2449	0.0289
3.5500	0.2380	0.0281
3.6000	0.2315	0.0273
3.6500	0.2252	0.0266
3.7000	0.2191	0.0259
3.7500	0.2133	0.0252
3.8000	0.2078	0.0245
3.8500	0.2024	0.0239
3.9000	0.1972	0.0233
3.9500	0.1923	0.0227
4.0000	0.1875	0.0221
4.0500	0.1829	0.0216
4.1000	0.1785	0.0211
4.1500	0.1742	0.0206
4.2000	0.1701	0.0201
4.2500	0.1661	0.0196
4.3000	0.1622	0.0192

Fuente: elaboración propia

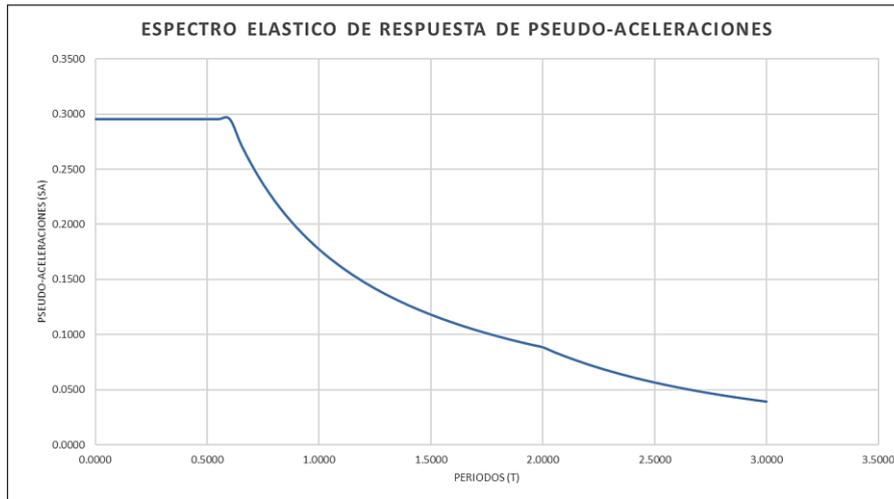


Figura 8. Espectro respuesta

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.2.1 Configuración en ETABS

Se guardó el espectro respuesta con las aceleraciones y los periodos antes obtenido en un blog de notas, para luego cargarlo en el programa ETABS como se muestra en la siguiente figura:

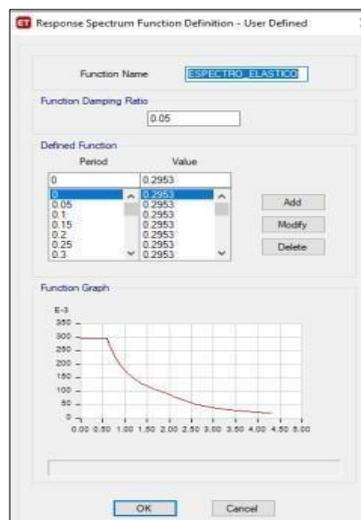


Figura 9. Espectro respuesta elástico

Fuente. Elaboración propia

Para la definición de un sismo dinámico, el factor en la dirección U2 toma un valor de 30% del factor en U1, esto para el sismo en la dirección X y el valor inversión para el sismo en la dirección Y.

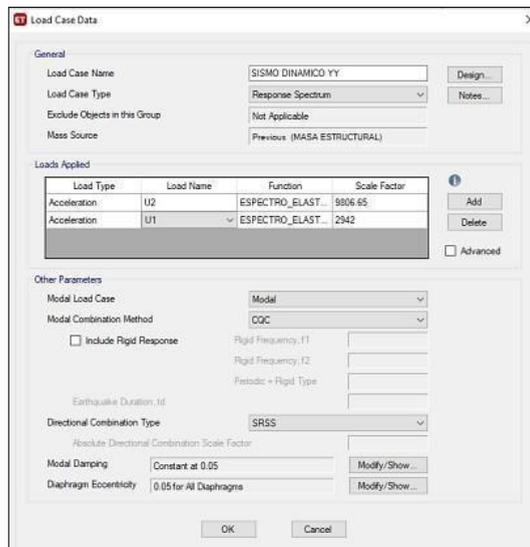


Figura 10. Sismo dinámico

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con la norma E.030 nos indicó que para determinar los desplazamientos se multiplicaba 0.75 por R en el factor escala, así como se indica en la siguiente figura:

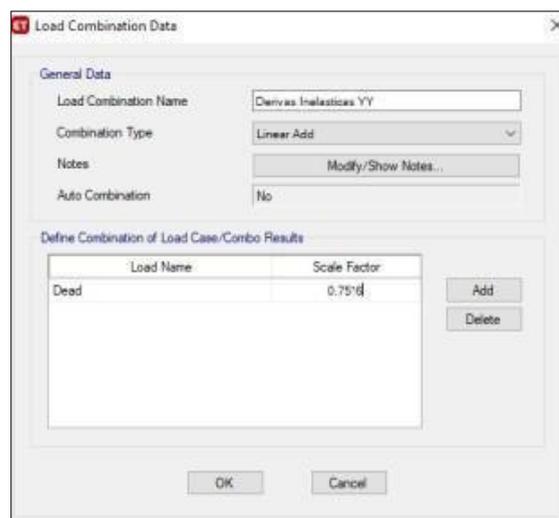


Figura 11. Derivas inelásticas

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.2.2 Comprobación de la masa participativa

Según la norma E.030 nos dice que debemos de considerar el número de modos necesarios, para que la suma de masas sea efectiva, por lo menos el 90% de la masa total.

**Tabla 9. Participación de la masa**

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
		sec						
Modal	1	0.402	0.0038	0.5676	0	0.0038	0.5676	0
Modal	2	0.222	0.7294	0.0084	0	0.7333	0.576	0
Modal	3	0.185	0.0045	0.1769	0	0.7377	0.7529	0
Modal	4	0.114	0.0012	0.1372	0	0.739	0.8901	0
Modal	5	0.055	0.184	0.0127	0	0.923	0.9028	0
Modal	6	0.054	0.02	0.0532	0	0.9429	0.956	0
Modal	7	0.05	0.0012	0.0374	0	0.9441	0.9934	0
Modal	8	0.027	0.0065	0.0059	0	0.9506	0.9993	0
Modal	9	0.026	0.0487	0.0006	0	0.9993	0.9999	0
Modal	10	0.02	4.62E-06	0	0	0.9993	0.9999	0
Modal	11	0.02	0.0001	0.0001	0	0.9994	1	0
Modal	12	0.016	0	0	0	0.9994	1	0

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la tabla la participación de las sumas de las masas total es más del 90% por lo que cumple con lo establecido en la normativa E.030 y tiene un periodo de 0.402 s.

#### 4.2.2.3 Determinación de las distorsiones

Para el control de las distorsiones se contempló lo que dice la normativa E.030, en la que se considera el valor de 0.007 como desplazamiento máximo tolerable lateral de entepiso, por tratarse de un edificio de concreto armado. Según el artículo 16.4 de la NTP - E.030, luego de desarrollar el análisis estático y modelado la estructura se obtienen las derivas de pisos con sus desplazamientos máximos, que serán multiplicadas por el factor de 0.75R

##### 4.2.2.3.1 Desplazamientos en el centro de masa (Elástico)

Se determinaron las distorsiones para cada dirección, donde se tuvo en cuenta el valor admisible de 0.007 que es dado por la normativa E.030.

**Tabla 10. Derivas elásticas en la dirección X**

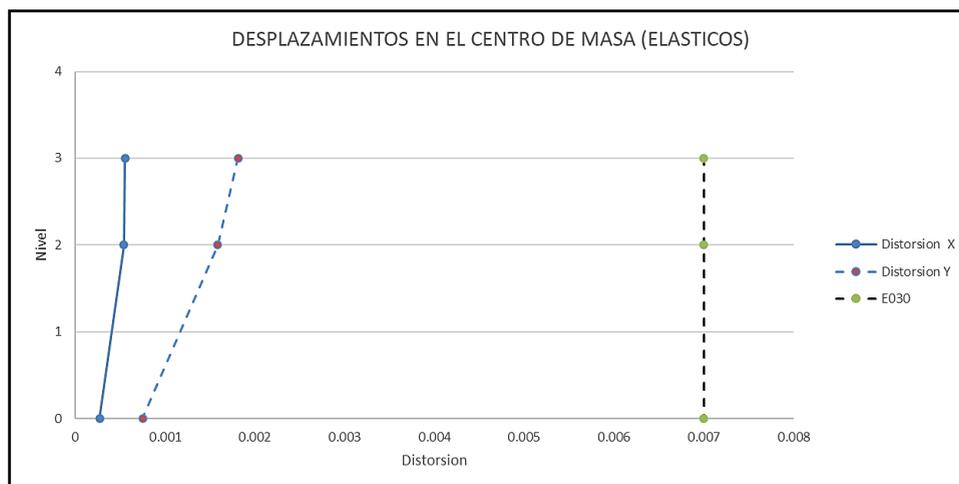
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX (ELASTICOS)								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo Dinamico XX Max	5.371	5.319	0.000177	3990	2.21	<b>0.0006</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo Dinamico XX Max	3.161	2.997	0.000108	3910	2.106	<b>0.0005</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo Dinamico XX Max	1.055	0.965	0.000037	3910	1.055	<b>0.0003</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 11. Derivas elásticas en la dirección Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY (ELASTICOS)								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo Dinamico YY Max	2.37	16.567	0.000538	3990	7.236	<b>0.0018</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo Dinamico YY Max	1.366	9.331	0.000327	3991	6.33	<b>0.0016</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo Dinamico YY Max	0.448	3.001	0.000113	3991	3.001	<b>0.0008</b>

Fuente. Elaboración propia



**Figura 12. Desplazamientos en el centro de masa - elásticos**

Fuente. Elaboración propia

Como se pudo observar en cada tabla las distorsiones máximas obtenidas son 0.0006 en la dirección en X y 0.0018 en la dirección Y por lo que no exceden el valor de 0.007, de esa manera cumple con la normativa E.030.

**Tabla 12. Derivas inelásticas en la dirección X**

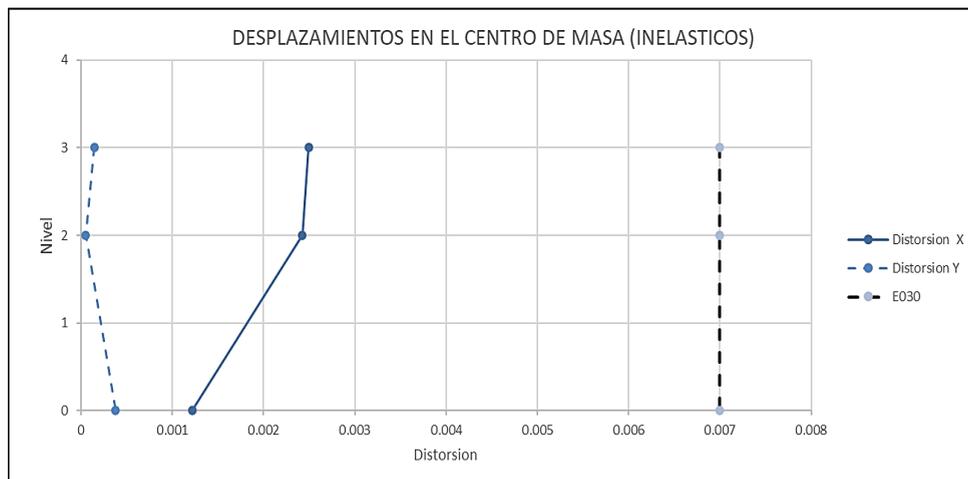
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX - 0.75R								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Derivas_Inelasticas_XX Max	24.169	23.938	0.000798	3990	9.942	<b>0.0025</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Derivas_Inelasticas_XX Max	14.227	13.487	0.000485	3910	9.478	<b>0.0024</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Derivas_Inelasticas_XX Max	4.749	4.344	0.000167	3910	4.749	<b>0.0012</b>

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 13. Derivas inelásticas en la dirección Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY - 0.75R								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Derivas_Inelasticas_YY Max	0.09	2.25	0.000038	3991	0.581	<b>0.0001</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Derivas_Inelasticas_YY Max	0.032	1.669	0.000019	3910	0.201	<b>0.0001</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Derivas_Inelasticas_YY Max	0.014	1.468	0.000005	3910	1.468	<b>0.0004</b>

Fuente. Elaboración propia



**Figura 13. Desplazamientos en el centro de masa - Inelásticos**

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en cada tabla las distorsiones máximas obtenidas son 0.0025 en la dirección en X y 0.0004 en la dirección Y por lo que no exceden el valor de 0.007, de esa manera cumple con la normativa E.030.

**Tabla 14. Fuerzas cortantes**

Story	Uxy	Tn
Story1	1398524.4	1398.5244
Story2	1287559.4	1287.55937
Story3	602028.91	602.02891

Fuente. Elaboración propia

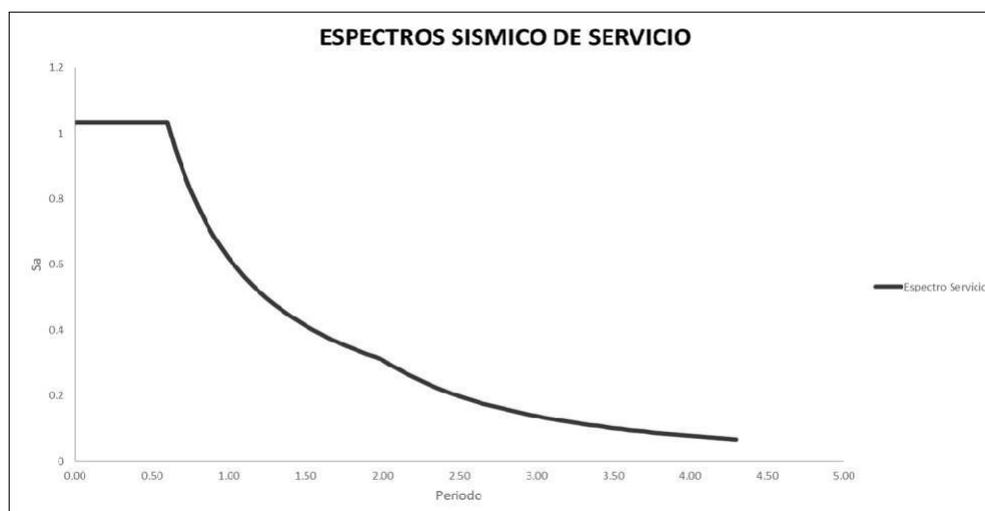
#### 4.2.3 Espectros de Demanda Sísmica:

El espectro de demanda se obtuvo con los parámetros dados en la NTP E.030, descritos en esta sección de resultados, compuestos según las recomendaciones de ATC-40, lo que se utilizó para desarrollar la conversión del espectro respuesta al espectro de sismo de servicio, diseño y máximo. Primero se determinó los espectros de respuesta para cada caso de sismo y se omitieron el factor "R" donde así la reducción de esta por medio de valores de:

Sismo de Servicio (Sismo de Diseño) = 0.5 SD

Sismo de Diseño (SD) = 1.0 x ZUCS

Sismo Máximo Considerado (SMC) = 1.25~1.50 SD



*Figura 14. Espectro respuesta para un sismo de servicio*

Fuente. Elaboración propia

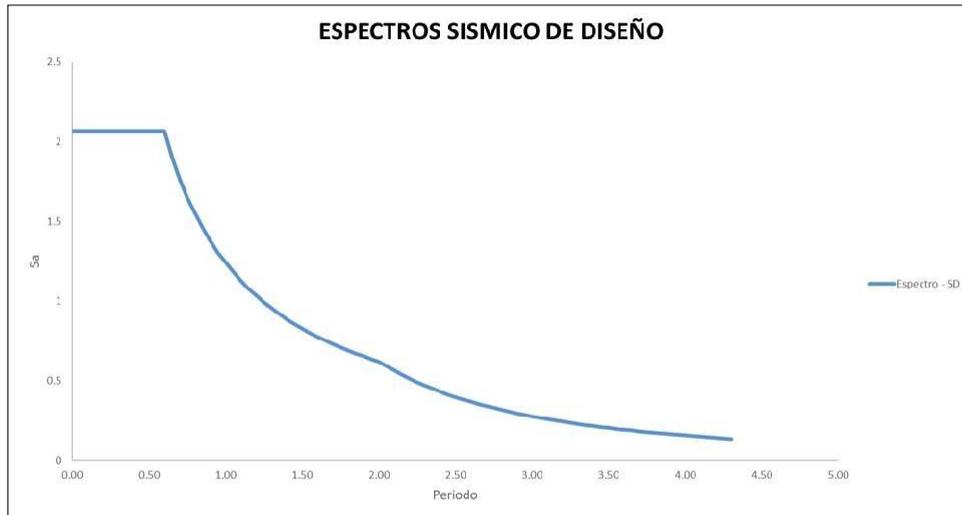


Figura 15. Espectro respuesta para un sísmico de diseño

Fuente. Elaboración propia

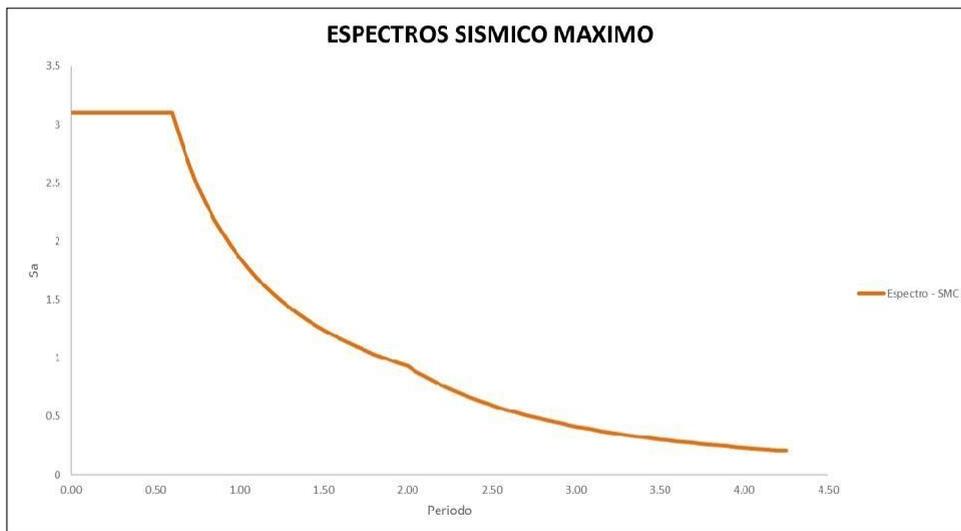


Figura 16. Espectro respuesta para un sísmico máximo considerado

Fuente. Elaboración propia

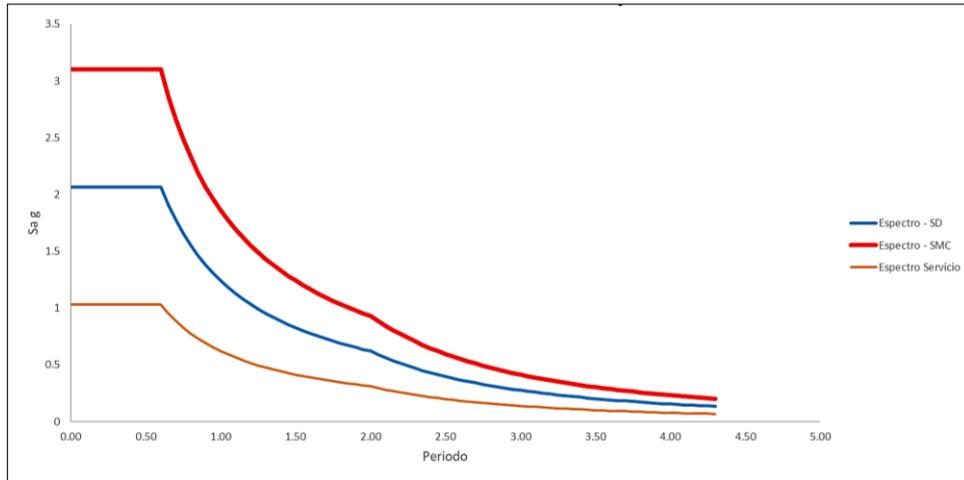


Figura 17. Espectros respuestas para cada caso de sismo

Fuente. Elaboración propia

Para los espectros de demanda sísmica se tiene en cuenta la siguiente formula:  $S_d = \frac{S_a T^2}{4\pi^2}$

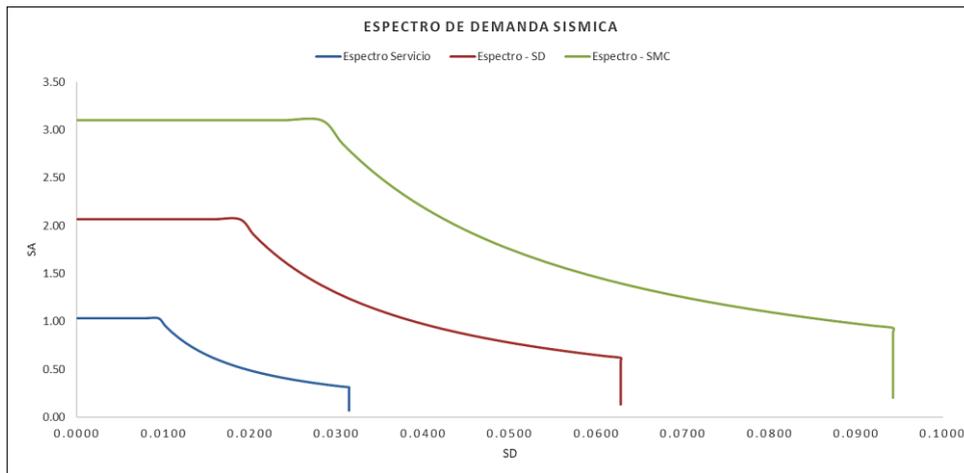


Figura 18. Espectros de demanda sísmica

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.4 Análisis por desempeño sísmico:

A través de un modelo matemático elaborado, se buscó presentar los análisis de la edificación, empleando el programa computacional ETABS v.16.2.0 en la que nos permite analizar vigas y columnas como elementos tipo sección, y a las losas en

una y dos direcciones como elementos tipo área, de la misma forma el programa toma en cuenta el área del acero de los distintos elementos a modelar.

#### 4.2.4.1 Definición de Rotulas Plásticas

Las rotulas son modeladas como puntos específicos, de tal manera que la deformación plástica, sea desplazamiento o rotaciones con efectuadas donde se le fue asignada la articulación. La distancia limitada en la que se designaron las rotulas plásticas, en este caso fueron a un 15 % y 85% de la distancia de las vigas y columnas de la misma manera en las direcciones X e Y.

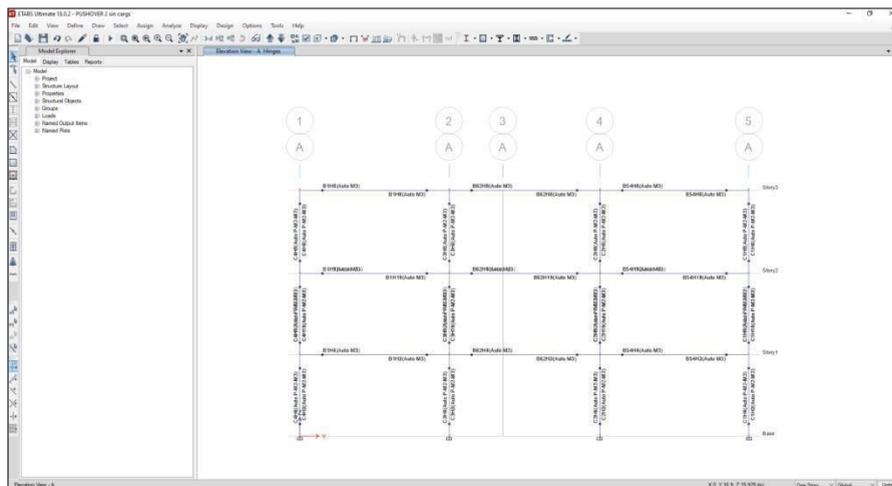


Figura 19. Vista de rotulas generadas ETABS

Fuente. Elaboración propia

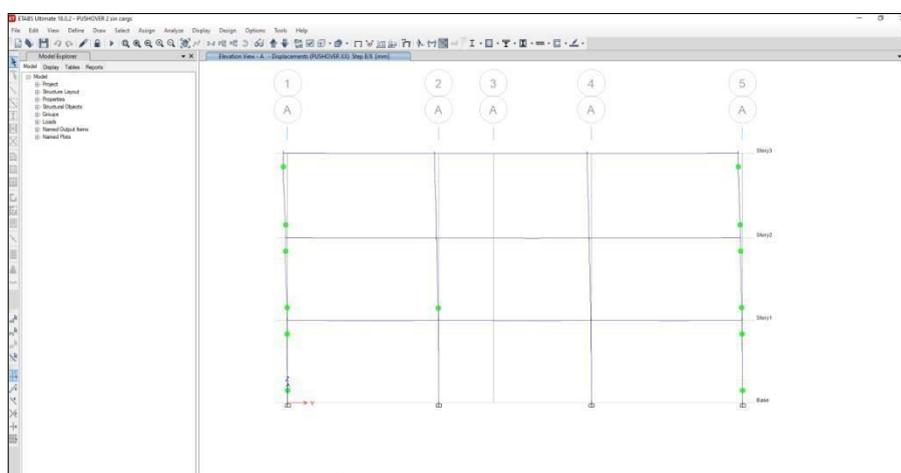


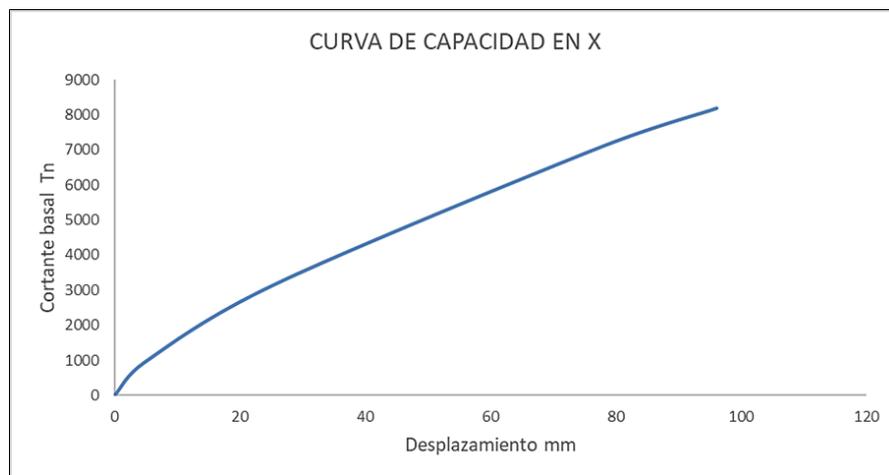
Figura 20. Formación de Rotulas Plásticas

Fuente. Elaboración propia

## 4.2.4.2 Obtención del Punto de desempeño

### 4.2.4.2.1 Curva de Capacidad

Producto de aplicar las cargas incrementales calculadas en el análisis estático (distribución de fuerzas en altura) mediante el pushover en la dirección X como en la dirección en Y de la estructura hasta el colapso, y la obtención final de las rotulas plásticas en los elementos de la estructura, viene a ser la curva de capacidad en ambos sentidos de la estructura, que nos brindó información valiosa de comportamiento de la estructura en un rango inelástico, la curva presenta en las abscisas el desplazamiento y en las ordenadas la cortante basal, como en la figura siguiente:



*Figura 21.* Curva de capacidad en X

Fuente. Elaboración propia

Con respecto a la aplicación del método Pushover se obtuvo en el sentido X una linealidad en la curva de capacidad, este comportamiento presentó una cortante basal de un valor relativo a 8000 tn y se desplazó aproximadamente 10 cm en el piso superior

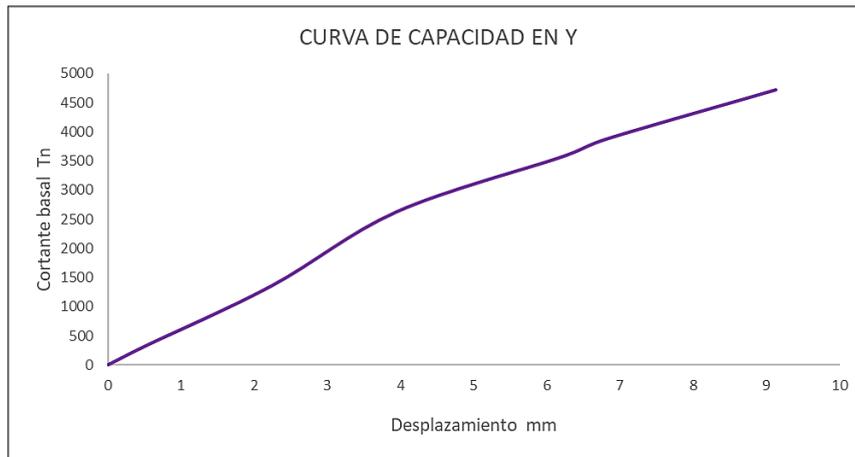


Figura 22. Curva de capacidad en Y

Fuente. Elaboración propia

En el sentido Y muestra una linealidad en la curva de capacidad, este comportamiento presento una cortante basal de un valor relativo a 4500 tn y se desplazó aproximadamente 0.95 cm.

#### 4.2.4.2.2 Espectro Capacidad

Las curvas de espectros de capacidad donde relaciones el espectro de aceleración con el espectro de desplazamiento como se muestran en las siguientes figuras que se obtuvieron del programa ETABS, mostrando así para curva de espectro de capacidad para cada dirección X como para la dirección Y.

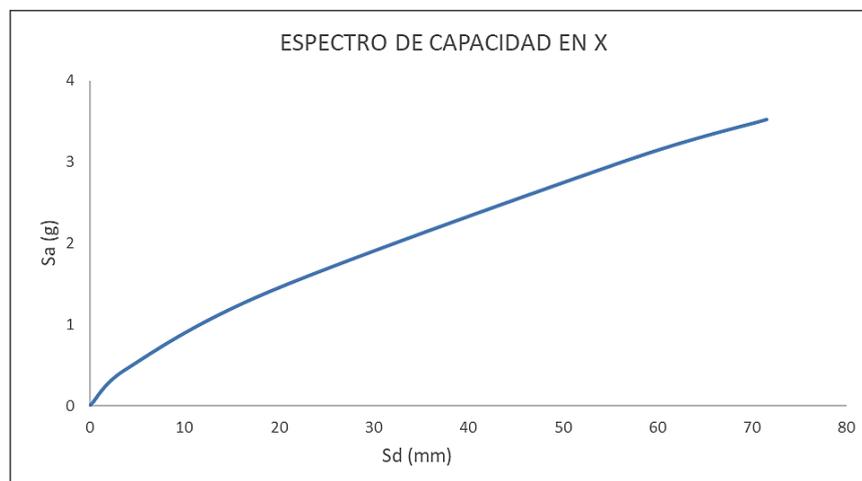


Figura 23. Espectro de capacidad en dirección X

Fuente. Elaboración propia

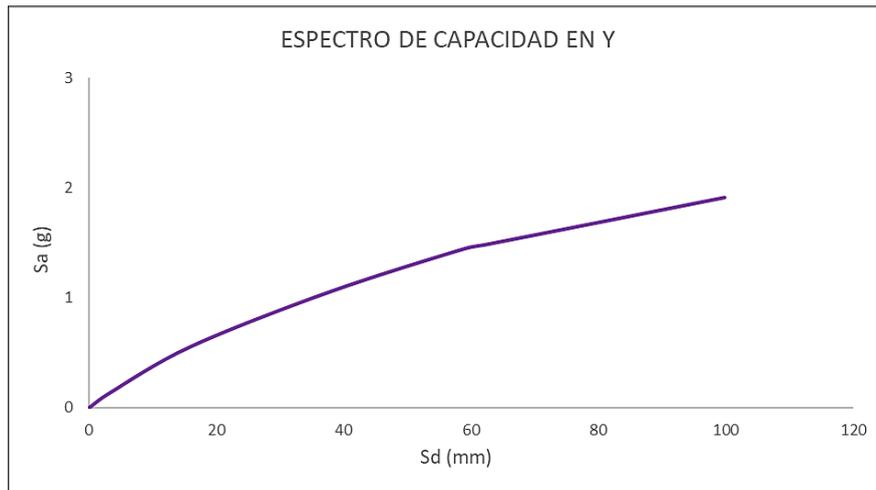


Figura 24. Espectro de capacidad en dirección Y

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.4.2.3 Representación Bi-Lineal del espectro de capacidad

Para la representación bilineal, se debe conocer en qué punto la curva capacidad pasa de ser lineal a ser no lineal. Donde es necesario hallar un punto de fluencia en el lugar donde haya ocurrido un cambio importante en el comportamiento de la estructura y por tanto en la pendiente de la curva capacidad, este punto se denomina de “fluencia efectiva”.

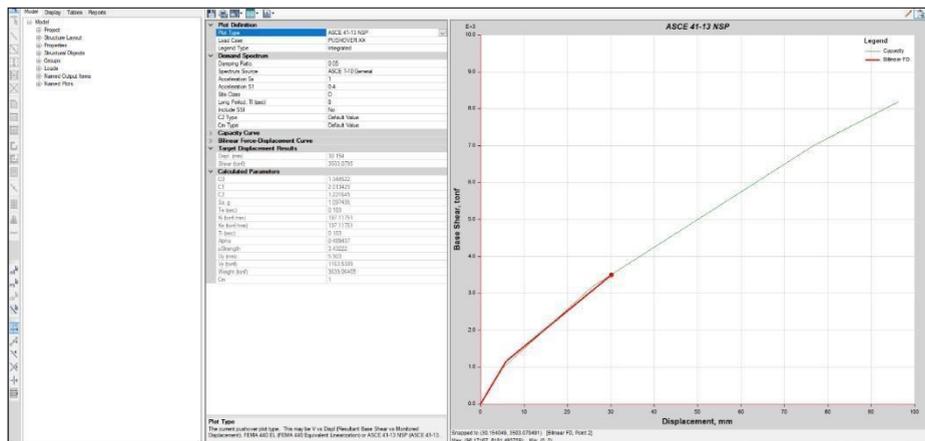


Figura 25. Representación Bi-lineal en el ETABS

Fuente. Elaboración propia

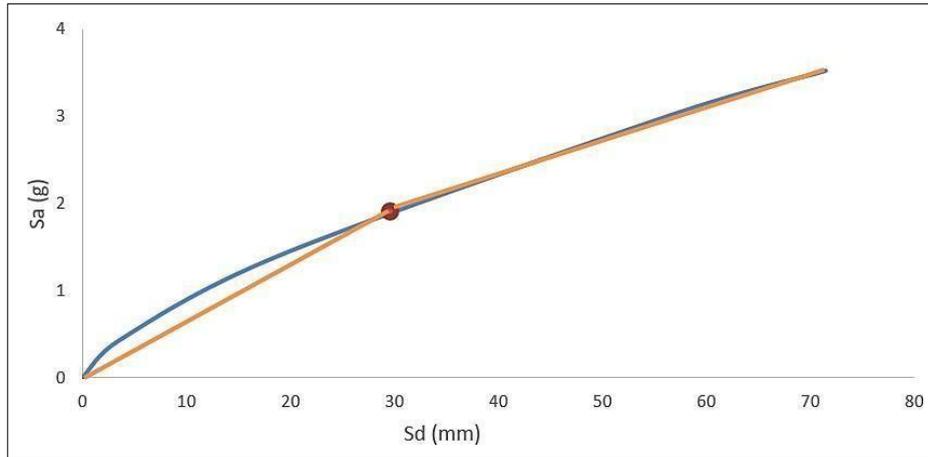


Figura 26. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en X.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 26 se puede extraer el punto de fluencia efectiva que se ubica en  $D_y = 3.00$  cm y  $A_y = 1.90$ g en la curva de capacidad en dirección X

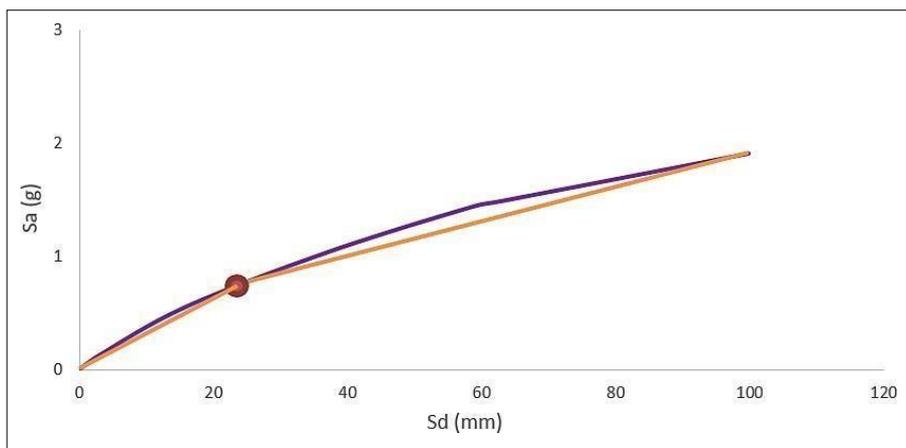


Figura 27. Representación Bi-lineal de la curva de capacidad en Y.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 27 se puede extraer el punto de fluencia efectiva que se ubica en  $D_y = 2.07$ cm y  $A_y = 0.80$ g en la curva de capacidad en la dirección Y

#### 4.2.4.2.4 Seccionamiento del Espectro de Capacidad

Los niveles de desempeño son definidos de acuerdo a FEMA y Visión 2000 en Operacional, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención del Colapso. En tal sentido se realizó la división según los parámetros presentados por Visión 2000.

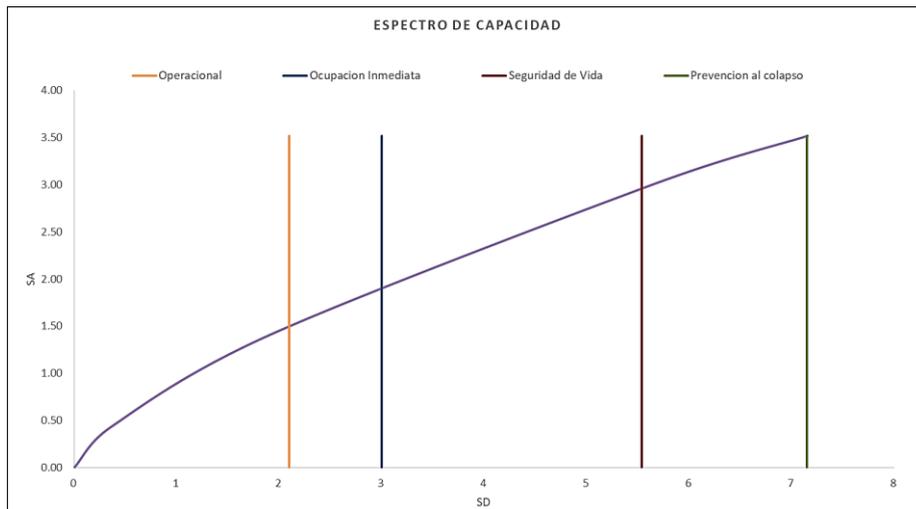
Grado de Daño	Definición	Desplazamiento Espectral Limite
0	Sin Daño	$D < 0.7D_y$
1	Operacional	$0.7D_y < D < 1.0D_y$
2	Ocupación Inmediata	$1.0D_y < D < D_y + D_{uy}$
3	Seguridad de Vida	$D_y + D_{uy} < D < D_u$
4	Prevención al Colapso	$D_u < D$ $D_{uy} = 0.25^*(D_u + D_y)$

Figura 28. Parámetros para el Seccionamiento del Espectro de Capacidad

Fuente. Vision 2000

Para determinar el valor de  $D_y$  se utilizó los puntos de influencia ubicados en el punto x y para el valor de  $D_u$  se utilizó el máximo desplazamiento para cada sentido de la dirección. Primero se calculó el seccionamiento para el espectro de capacidad en dirección X con los parámetros dados en la figura 28 obteniendo:

- $D_y = 3\text{cm}$
- $D_u = 7.15\text{ cm}$
- $D_{uy} = 2.54\text{ cm}$
- Operacional:  $D = 2.10\text{ cm}$ .
- Ocupación Inmediata:  $D = 3.00\text{ cm}$ .
- Seguridad de Vida:  $D = 5.54\text{ cm}$ .
- Prevención al Colapso:  $D = 7.15\text{ cm}$



*Figura 29.* Seccionamiento del Espectro de Capacidad en dirección X.

Fuente. Elaboración propia

Con el mismo procedimiento para la dirección X, se determinó el seccionamiento para el espectro de capacidad en dirección Y con los parámetros dados en la figura 28, obteniendo los siguientes valores:

- Dy= 2.07 cm
- Du= 9.98 cm
- Duy= 3.01 cm
- Operacional: D= 1.45 cm.
- Ocupación Inmediata: D= 2.07 cm.
- Seguridad de Vida: D= 5.08 cm.
- Prevención al Colapso: D= 9.98 cm

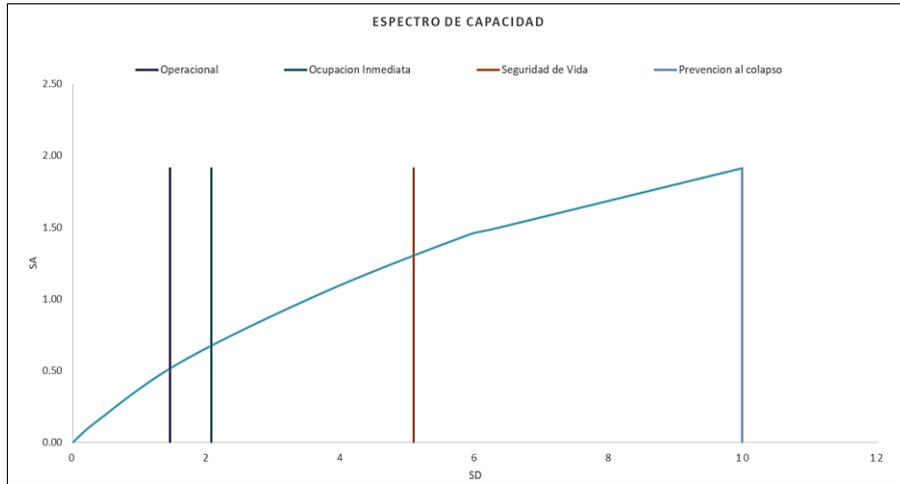


Figura 30. Seccionamiento del Espectro de Capacidad en dirección Y.

Fuente. Elaboración propia

#### 4.2.4.2.5 Punto de Desempeño

El punto de desempeño del Bloque D se obtuvo al intersecar la curva de espectro de capacidad y las de demanda sísmica, las figuras siguientes muestran el punto de desempeño en ambos sentidos:

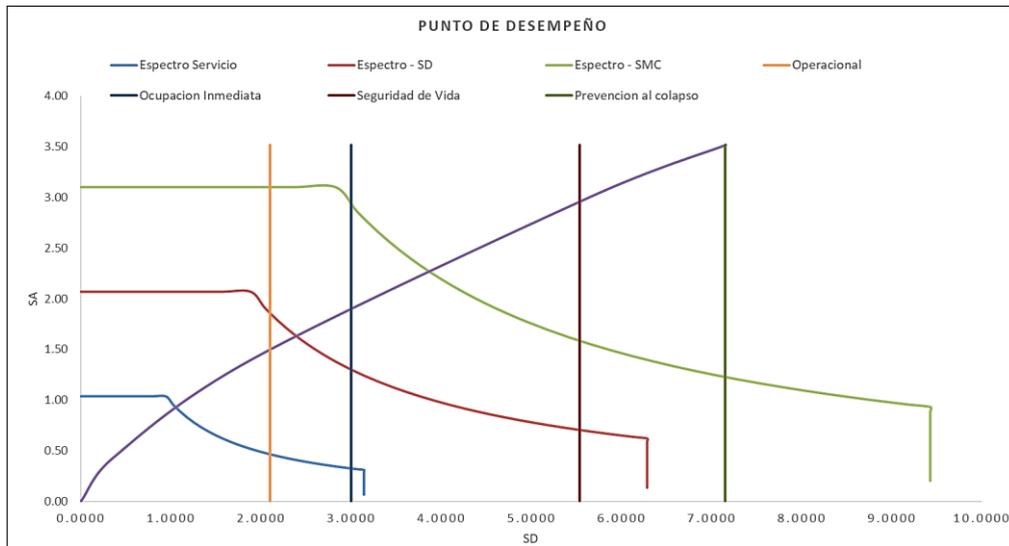
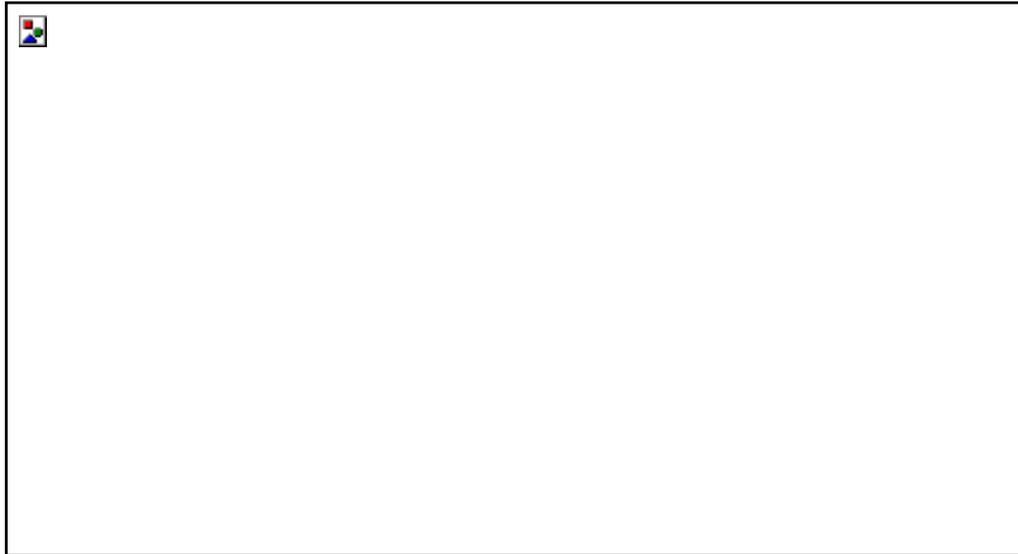


Figura 31. Ubicación del punto desempeño en la dirección X.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 31 se puede observar que en la dirección X para un sismo máximo considerado se tiene un nivel de desempeño de seguridad de vida. Para un sismo de diseño presenta un nivel de desempeño de ocupación inmediata y para un sismo de servicio un nivel de desempeño de operacional.



*Figura 32.* Ubicación del punto desempeño en la dirección Y.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 32 se puede observar que para un sismo de servicio presenta un nivel de desempeño de ocupación inmediata. Para un sismo de diseño tiene un nivel de desempeño de seguridad de vida y para un sismo máximo considerado se tiene un nivel de desempeño de prevención al colapso

## 4.3 ESTRUCTURA CON AISLADORES SISMICOS

### 4.3.1 Pre dimensionamiento de elementos estructurales

Se pre dimensiono inicialmente una estructura sin aisladores, donde inicialmente se definió una estructura porticada ideal para la implementación de los aisladores sísmicos.

#### 4.3.1.1 Columnas Esquinadas

$$A_{col} = \frac{P * A * N}{0.35 f'c} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.35 f'c}$$

Donde:

$$P(\text{Servicio}) = \text{Peso} \times \text{AreaTributaria} \text{ U } N. \text{ Pisos}$$

Donde:

- $A = 3.56 * 3.56 = 12.67 \text{ m}^2$
- $P = 1 \text{ tn/m}^2 + 0.5 \text{ tn/m}^2 = 1.5 \text{ tn/m}^2$
- $N = 3$
- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$$A_{col} = \frac{12.67 \text{ m}^2 * 1.5 \text{ tn/m}^2 * 3}{0.35 (210 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = \frac{12.67 \text{ m}^2 * 1.5 \frac{\text{tn}}{\text{kg}} * 3}{0.35 (210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})} = \frac{57.02 (\text{tn})}{73.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = \frac{57.020 \text{ kg}}{73.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A_{col} = 776 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 40 \text{ cm} * 30 \text{ cm} = 1200 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

#### 4.3.1.2 Columna Excéntrica

$$A_{col} = \frac{P * A * N}{0.35 f'c} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.35 f'c}$$

Donde:

$$P(\text{Servicio}) = \text{Peso} \times \text{AreaTributaria} \text{ U } N. \text{ Pisos}$$

Donde:

- $A = 3.56 * 7.16 = 25.49 \text{ m}^2$
- $P = 1 \text{ tn/m}^2 + 0.5 \text{ tn/m}^2 = 1.5 \text{ tn/m}^2$
- $N = 3$
- $f'c = 210$

$$A_{col} = \frac{25.49 \text{ m}^2 * 1.5 \text{ tn/m}^2 * 3}{0.35 (210 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = \frac{25.49 \text{ m}^2 * 1.5 \frac{\text{tn}}{\text{kg}} * 3}{0.35 (210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})} = \frac{114.71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{73.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = \frac{114,710 \text{ kg}}{73.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A_{col} = 1560 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 2400 \text{ cm}^2$$

#### 4.3.1.3 Columna Céntrica

$$A_{col} = \frac{P * A * N}{0.45 f'c} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.45 f'c}$$

Donde:

$$P(\text{Servicio}) = \text{Peso} \times \text{AreaTributaria} \text{ U } N. \text{ Pisos}$$

Donde:

- $A = 7.2 * 7.16 = 51.55 \text{ m}^2$
- $P = 1 \text{ tn/m}^2 + 0.5 \text{ tn/m}^2 = 1.5 \text{ tn/m}^2$

- $N=3$

- $f'c = 210$

$$A_{col} = \frac{51.55 \text{ m}^2 * 1.5 \text{ tn/m}^2 * 3}{0.45 (210 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$A_{col} = \frac{51.55 \text{ m}^2 * 1.5 \frac{\text{tn}}{\text{kg}} * 3}{0.45 (210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})} = \frac{231.98(\text{tn})}{94.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = \frac{231.980 \text{ kg}}{94.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A_{col} = 2455 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 3600 \text{ cm}^2$$

#### 4.3.1.4 Losa Aligerada

$$h_{L.Alig} = \frac{6.90}{25}$$

Donde:

$$L = 6.90$$

Por tanto:

$$h_{L.Alig} = \frac{6.9}{25} = 0.276 \text{ m}$$

Redondeando:

$$h_{L.Alig} = 0.30 \text{ m}$$

#### 4.3.1.5 Losa Maciza

$$h_{L.Maciza} = \frac{L}{40}$$

Donde:

- $L = 6.9$

Por tanto:

$$h_{L.Maciza} = \frac{6.9}{40} = 0.1725 \text{ m}$$

Redondeando:

$$h_{L.Maciza} = 0.20 \text{ m}$$

#### 4.3.1.6 Vigas Peraltadas de los aligerados

$$h = \frac{L}{10} ; b = \frac{h}{2}$$

Donde:

$$L = 6.9$$

Por tanto:

$$h = \frac{6.9}{10} = 0.69 \text{ m} = 0.70 \text{ m}$$

Además:

$$b = \frac{0.70}{2} = 0.35 \text{ m}$$

Por tanto, redondeando

$$h = 0.70 \text{ m} \quad y \quad b = 0.35 \text{ m}$$

#### 4.3.1.7 Vigas peraltadas en la losa maciza

$$h = \frac{L}{10} ; b = \frac{h}{2} * 1.3$$

Donde:

$$L = 6.9$$

Por tanto:

$$h = \frac{6.9}{10} = 0.69 \text{ m} = 0.70 \text{ m}$$

Además:

$$b = \frac{0.70}{2} * 1.3 = 0.35 \text{ m} (* 1.3) = 0.455 = 0.50 \text{ cm}$$

Por tanto, redondeando

$$h = 0.70 \text{ m} \quad y \quad b = 0.50 \text{ m}$$

Se calculó de la misma manera las dimensiones para cada una de las columnas, vigas, losas macizas y aligeradas para cada nivel de la estructura.

**Tabla 15. Dimensiones de elementos columnas**

Elemento estructural	Peso (Categoría) 1.5 tn/m <sup>2</sup>	Nro de niveles	Área de Servicio		f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Sección Columna (cm <sup>2</sup> )	Lado A	Lado B	Sección de Columna Corregida	Lados	Sección Corregida
			L mayor (m)	L menor (m)							
columna céntrica c1	1.5	3	7.20	7.16	210	2454.86	50	50	2500.00	60*60	3600
columna céntrica c2	1.5	3	7.12	7.16	210	2427.58	50	50	2500.00	60*60	3600
columna céntrica c3	1.5	3	7.16	7.16	210	2441.22	50	50	2500.00	60*60	3600
columna céntrica c4	1.5	3	5.20	7.16	210	1772.95	50	50	2500.00	60*60	3600
columna céntrica c5	1.5	3	6.16	7.16	210	2100.27	50	50	2500.00	60*60	3600
columna en esquina c6	1.5	3	3.56	3.56	210	775.93	40	30	1200.00	50*40	2000
columna en esquina c7	1.5	3	2.60	3.56	210	566.69	40	30	1200.00	50*40	2000
columna en el excéntrica c8	1.5	3	7.20	3.56	210	1569.31	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c9	1.5	3	7.12	3.56	210	1551.87	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c10	1.5	3	7.16	3.56	210	1560.59	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c11	1.5	3	6.16	3.56	210	1342.63	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c12	1.5	3	5.20	3.56	210	1133.39	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c13	1.5	3	2.60	7.16	210	1139.76	50	40	2000.00	60*50	3000
columna en el excéntrica c14	1.5	3	3.56	7.16	210	1560.59	50	40	2000.00	60*50	3000

Fuente: elaboración propia

**Tabla 16. Dimensiones de Vigas Peralgadas**

Elemento estructural	L	h	b
Viga peraltada en X	6.9	0.7	0.35
Viga peraltada en Y	6.9	0.7	0.35

Fuente: elaboración propia

**Tabla 17. Dimensiones losa aligerada**

Elemento estructural	L	hL aligerada	hL redondeado
Losa aligerada L1	6.90	0.28	0.30
Losa aligerada L2	6.82	0.27	0.30

Fuente: elaboración propia

**Tabla 18. Dimensiones de Losas Macizas**

Elemento estructural	L	hL maciza	hL redondeado
Losa Maciza L1	6.90	0.17	0.20
Losa Maciza L2	6.82	0.17	0.20

Fuente: elaboración propia

**Tabla 19. Dimensiones de viga**

Elemento estructural	L	h	b
Viga peraltada en X	6.90	0.70	0.50
Viga peraltada en Y	6.90	0.70	0.50

Fuente: elaboración propia

#### 4.3.2 Metrados de Cargas

**Tabla 20. Dimensiones de los elementos**

Elemento Estructural	Dimensiones
Columna esquinada C-1	50x40 cm
Columna excéntrica C-3	60x50 cm
Columna Céntrica C-6	60x60 cm
Losa Aligerada	30 cm
Losa Maciza	20 cm
Viga Peraltada Aligerados	70x35 cm
Viga Peraltada Loza Maciza	70x50 cm
Capiteles y pedestales	100x100x0.90 cm

Fuente: elaboración propia

**Tabla 21. Metrado de cargas estructurales**

METRADO NIVEL 01 - CARGAS ESTRUCTURALES							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	LADO A (m)	LADO B (m)	ALTURA (m)	# VECES	PESO ESP.(2400 Kg/m3)	PESO ESP. Aligerado e=0.30 (kg/m2)	METRADO (Ton)
COLUMNAS ESQUINADAS (NIVEL 01)	0.50	0.40	3.79	4.00	2400.00		7.28
COLUMNAS EXCENTRICAS (NIVEL 01)	0.60	0.50	3.79	20.00	2400.00		54.58
COLUMNAS CENTRICAS	0.60	0.60	3.79	15.00	2400.00		49.12
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.90	20.00	2400.00		81.14
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.83	8.00	2400.00		32.13
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	4.90	8.00	2400.00		23.05
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.90	9.00	2400.00		36.51
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	2.30	2.00	2400.00		2.70
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.82	20.00	2400.00		80.20
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.83)	6.82	6.83		4.00		420.00	78.26
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.90)	6.82	6.90		10.00		420.00	197.64
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*4.90)	6.82	4.90		4.00		420.00	56.14
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*4.90)	6.90	4.90		2.00		420.00	28.40
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.83)	6.90	6.83		1.00		420.00	19.79
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.90)	6.90	6.90		5.00		420.00	99.98
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*2.10)	6.90	2.10		1.00		420.00	6.09
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (4.47*2.30)	4.47	2.30		1.00		420.00	4.32
LOSA MACIZA (6.82*6.83)	6.82	6.83	0.20	4.00	2400.00		89.43
LOSA MACIZA (6.82*6.90)	6.82	6.90	0.20	10.00	2400.00		225.88
LOSA MACIZA (6.82*4.90)	6.82	4.90	0.20	4.00	2400.00		64.16
LOSA MACIZA (6.90*4.90)	6.90	4.90	0.20	2.00	2400.00		32.46
LOSA MACIZA (6.90*6.83)	6.90	6.83	0.20	2.00	2400.00		45.24
LOSA MACIZA (6.90*6.90)	6.90	6.90	0.20	5.00	2400.00		114.26
DADO DE CONCRETO	1.00	1.00	0.90	40.00	2400.00		86.40
VIGAS DEL DIAFRAGMA DIRECCION XX	0.50	0.70	6.90	20.00	2400.00		115.92
VIGAS DEL DIAFRAGMA DIRECCION XX	0.50	0.70	6.83	8.00	2400.00		45.90
VIGAS DEL DIAFRAGMA DIRECCION XX	0.50	0.70	4.90	8.00	2400.00		32.93
VIGAS DEL DIAFRAGMA DIRECCION YY	0.50	0.70	6.90	10.00	2400.00		57.96
VIGAS DEL DIAFRAGMA DIRECCION YY	0.50	0.70	6.82	20.00	2400.00		114.58
							<b>1882.46</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 22. Metrado de cargas estructurales para el segundo nivel**

METRADO NIVEL 02 - CARGAS ESTRUCTURALES							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	LADO A (m)	LADO B (m)	ALTURA (m)	# VECES	PESO ESP.(2400 Kg/m3)	PESO ESP. Aligerado e=0.30 (kg/m2)	METRADO (Ton)
COLUMNAS ESQUINADAS (NIVEL 01)	0.50	0.40	3.81	2.00	2400.00		3.66
COLUMNAS EXCENTRICAS (NIVEL 01)	0.60	0.50	3.81	18.00	2400.00		49.38
COLUMNAS CENTRICAS	0.60	0.60	3.81	15.00	2400.00		49.38
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.90	20.00	2400.00		81.14
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.83	8.00	2400.00		32.13
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	4.90	4.00	2400.00		11.52
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.90	8.00	2400.00		32.46
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	2.30	2.00	2400.00		2.70
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.82	18.00	2400.00		72.18
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.83)	6.82	6.83		4.00		420.00	78.26
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.90)	6.82	6.90		10.00		420.00	197.64
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*4.90)	6.82	4.90		2.00		420.00	28.07
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*4.90)	6.90	4.90		1.00		420.00	14.20
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.83)	6.90	6.83		1.00		420.00	19.79
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.90)	6.90	6.90		5.00		420.00	99.98
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*2.10)	6.90	2.10		1.00		420.00	6.09
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (4.47*2.30)	4.47	2.30		1.00		420.00	4.32
							<b>782.90</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 23. Metrado de cargas estructurales para el tercer nivel**

METRADO NIVEL 03 - CARGAS ESTRUCTURALES							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	LADO A (m)	LADO B (m)	ALTURA (m)	# VECES	PESO ESP.(2400 Kg/m3)	PESO ESP. Aligerado e=0.30 (kg/m2)	METRADO (Ton)
COLUMNAS ESQUINADAS (NIVEL 01)	0.50	0.40	3.74	2.00	2400.00		3.59
COLUMNAS EXCENTRICAS (NIVEL 01)	0.60	0.50	3.74	16.00	2400.00		43.08
COLUMNAS CENTRICAS	0.60	0.60	3.74	13.00	2400.00		42.01
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.90	20.00	2400.00		81.14
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION XX	0.35	0.70	6.83	8.00	2400.00		32.13
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.90	7.00	2400.00		28.40
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	2.30	2.00	2400.00		2.70
VIGAS ALIGERADO - DIRECCION YY	0.35	0.70	6.82	16.00	2400.00		64.16
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.83)	6.82	6.83		4.00		420.00	78.26
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.82*6.90)	6.82	6.90		10.00		420.00	197.64
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.83)	6.90	6.83		1.00		420.00	19.79
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.90*6.90)	6.90	6.90		5.00		420.00	99.98
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (6.83*2.10)	6.83	2.10		1.00		420.00	6.02
LOSA ALIGERADA (POR AREA) (4.47*2.30)	4.47	2.30		1.00		420.00	4.32
							<b>703.24</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 24. Metrados de cargas no estructurales**

<b>CARGAS NO ESTRUCTURALES - DIAFRAGMA RIGIDO Y NIVEL 02 , 03</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>LADO A (m)</b>	<b>LADO B (m)</b>	<b>VACIO</b>	<b>LOSAS RESTAR</b>	<b>TABIQUERIA (150 Kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>ACABADO DE PISO (100 Kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>METRADO TN</b>
AREA DEL DIAFRAGMA RIGIDO	21.75	60.95			100.00	150.00	331.42
AREA EN EL ALIGERADO 02	21.75	60.95	31.29		100.00	150.00	323.59
AREA EN EL ALIGERADO 03	21.75	60.95	31.29		100.00	150.00	331.42
AREA EN EL TECHOS	21.75	60.95	31.29	201.29		100.00	112.44
							<b>1098.86</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 25. Metrado de cargas vivas**

<b>METRADO NIVEL DE BASE y ALIGERADO 01 -02 - CARGAS VIVAS</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>LADO A (m)</b>	<b>LADO B (m)</b>	<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>AREA(VACIO)</b>	<b>Nro NIVELES</b>	<b>CARGA VIVA DESFAVORABLE (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>METRADO TN</b>
AREA DEL NIVEL DE BASE	21.75	60.95	1325.66			400.00	530.27
ALIGERADOS ALIGERADOS 01-02	21.75	60.95	1325.66	31.29	2.00	400.00	1035.50
							<b>1565.76</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26. Cargas resultante**

CARGAS ESTRUCTURALES	3421.87
CARGAS NO ESTRUCTURALES	1081.52
CARGAS VIVAS	1590.80

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27. Cargas muertas, vivas y carga promedio**

CARGAS MUERTAS (CM)	4467
CARGAS VIVAS (CV)	1566
CARGA PROMEDIO (CM+0.5CV)	5250

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Modelamiento en Etabs

Se modelo en Etabs teniendo en cuenta las dimensiones antes calculadas así como las cargas obtenidas en el pre dimensionamiento estructural formando inicialmente una estructura porticada pero que luego del análisis en Etabs se descubrió que la estructura tendió a rotar durante el desplazamiento en la dirección Y por lo que se le colocó placas para distribuir mejor la rigidez.



*Figura 33.* Modelación de la estructura en ETABS

Fuente. Elaboración propia



*Figura 34.* Definición de patrones de cargas

Fuente. Elaboración propia

#### 4.3.4 Análisis Estático

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros teniendo en cuenta que la estructura analizada se entra en la zona 4 altamente sísmica y que presenta un suelo de tipo intermedio.

Parámetros sísmicos:

- Z: 0.45, zona 4
- U: 1.00. edificación esencial A1
- C: 2.500.  $T < T_P$
- S: 1.05, suelo intermedio (S2)
- R: 7.00, coeficiente R (sistema dual)

**Tabla 28. Factores para el cálculo de "C"**

PARA CALCULO DE "C"		
$h_n =$	12.46	Altura Total de Edificio
$C_T =$	45.00	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
$T =$	0.40	
$T_P =$	0.60	Perfil suelo S2
$T_L =$	2.00	Perfil suelo S2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29. Factores de reducción e irregularidades**

FACTOR DE REDUCCION E IRREGULARIDADES			
$R_0 =$	7.00	Dual	
$I_a =$	1.00		No se permiten irregularidades
$I_p =$	1.00	Sin irregularidad	No se permiten irregularidades

Fuente: Elaboración propia

##### 4.3.4.1 Fuerza sísmica

La fuerza en cada nivel es igual al producto de la relación de masas y el cortante basal, considerando similar para ambas direcciones de análisis.

**Tabla 30. Masa por piso**

Story	UX	UY	UZ
Story3	744305.31	744305.31	0
Story2	1437131.05	1437131.05	0
Story1	1591984.55	1591984.55	0
Base	77136.48	77136.48	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 31. Resultados de las fuerzas sísmicas**

MASA ETABS	N° PISO	mi	pi	hi	pi(hi) <sup>k</sup>	ai	Fi	Vi
744.310	PISO 3	744.31	7298.66	11.81	86197.15	0.33	2109.19	2109.19
1437.13	PISO 2	1437.13	14092.51	7.82	110203.41	0.42	2696.61	4805.80
1591.98	PISO 1	1669.12	16367.40	3.91	63996.54	0.25	1565.96	6371.76
77.1400	TOTAL		37758.56577		260397.09		6371.7580	OK!
<b>3850.56</b>								

Fuente: Elaboración propia

La fuerza cortante en la base se entiende como el comportamiento que presenta el edificio inducidos por las vibraciones del sismo, el sentido en la que se presenten estas vibraciones sísmicas es variada y dependiente de múltiples factores, en tal sentido la NTP E.030 presenta un mecanismo para determinarla denominada cortante basal que es la siguiente:

- **Factor de fuerzas sísmicas “C”-ETABS.** Se calculó tomando los valores de la tabla 12.

$$\frac{Z \times U \times C \times S}{R}$$

$$\frac{4.00 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.05}{7}$$

$$0.169s$$

- **Cortante Basal.** Para hallar la cortante basal se divide el valor del factor de fuerzas sísmicas entre pi

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

$$V= 6371.76$$

$$K=1.000, T \leq 0.5$$

Factor de amplificación “C” Se entiende por Factor de amplificación sísmica (C) a la respuesta estructural ante la aceleración del suelo. Este factor tiene en cuenta el periodo fundamental de vibración T y el periodo correspondiente al perfil del suelo TP.

### 4.3.5 Analisis Dinamico

#### 4.3.5.1 Comprobación de la masa participativa

Según la norma E.030 nos dice que debemos de considerar el número de modos necesarios, para que la suma de masas sea efectiva, por lo menos el 90% de la masa total.

**Tabla 32. Participación de la masa**

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	0.5	0%	79%	0%	79%
Modal	2	0.5	78%	0%	78%	79%
Modal	3	0.4	0%	0%	78%	79%
Modal	4	0.2	7%	0%	85%	79%
Modal	5	0.2	0%	0%	85%	79%
Modal	6	0.1	0%	12%	85%	91%
Modal	7	0.1	11%	0%	96%	91%
Modal	8	0.1	0%	0%	96%	91%
Modal	9	0.1	0%	6%	96%	97%
Modal	10	0.0	4%	0%	100%	97%
Modal	11	0.0	0%	3%	100%	100%
Modal	12	0.0	0%	0%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 32 la sumatoria de las masas a partir del modo 6 es mayor que del 90% en las fuerzas cortantes.

Periodo

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

**Tabla 33.** Espectro respuesta

T	C	Sa
0.0000	2.5000	0.1688
0.0500	2.5000	0.1688
0.1000	2.5000	0.1688
0.1500	2.5000	0.1688
0.2000	2.5000	0.1688
0.2500	2.5000	0.1688
0.3000	2.5000	0.1688
0.3500	2.5000	0.1688
0.4000	2.5000	0.1688
0.4500	2.5000	0.1688
0.5000	2.5000	0.1688
0.5500	2.5000	0.1688
0.6000	2.5000	0.1688
0.6500	2.3077	0.1558
0.7000	2.1429	0.1446
0.7500	2.0000	0.1350
0.8000	1.8750	0.1266
0.8500	1.7647	0.1191
0.9000	1.6667	0.1125
0.9500	1.5789	0.1066
1.0000	1.5000	0.1013
1.0500	1.4286	0.0964
1.1000	1.3636	0.0920
1.1500	1.3043	0.0880
1.2000	1.2500	0.0844
1.2500	1.2000	0.0810
1.3000	1.1538	0.0779
1.3500	1.1111	0.0750
1.4000	1.0714	0.0723
1.4500	1.0345	0.0698
1.5000	1.0000	0.0675
1.5500	0.9677	0.0653
1.6000	0.9375	0.0633
1.6500	0.9091	0.0614
1.7000	0.8824	0.0596
1.7500	0.8571	0.0579
1.8000	0.8333	0.0563
1.8500	0.8108	0.0547
1.9000	0.7895	0.0533
1.9500	0.7692	0.0519
2.0000	0.7500	0.0506
2.0500	0.7139	0.0482
2.1000	0.6803	0.0459
2.1500	0.6490	0.0438
2.2000	0.6198	0.0418
2.2500	0.5926	0.0400
2.3000	0.5671	0.0383
2.3500	0.5432	0.0367
2.4000	0.5208	0.0352
2.4500	0.4998	0.0337
2.5000	0.4800	0.0324
2.5500	0.4614	0.0311
2.6000	0.4438	0.0300

2.6500	0.4272	0.0288
2.7000	0.4115	0.0278
2.7500	0.3967	0.0268
2.8000	0.3827	0.0258
2.8500	0.3693	0.0249
2.9000	0.3567	0.0241
2.9500	0.3447	0.0233
3.0000	0.3333	0.0225

Fuente: Elaboración propia

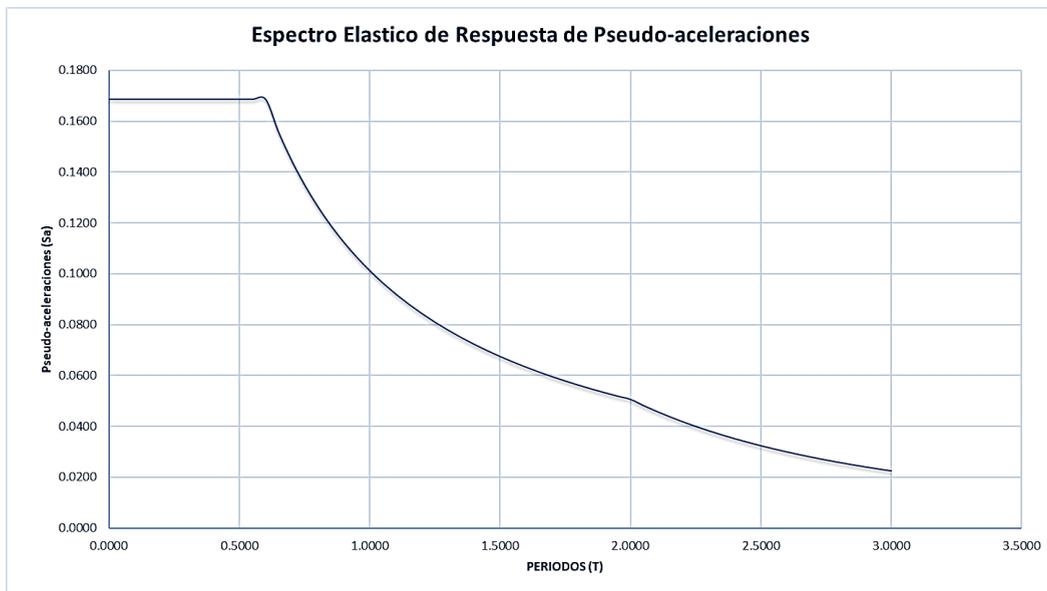


Figura 35. Espectro respuesta

Fuente. Elaboración propia

#### 4.3.5.2 Control de Distorsiones

El desplazamiento relativo se calculó restando el desplazamiento el piso superior menos el desplazamiento del piso inferior, y la distorsión se halló dividiendo el desplazamiento relativo entre la altura del piso. La distorsión debe cumplir con la norma E.030 donde indica que esta no debe exceder de **0.007**.

Tabla 34. Derivas elásticas en la dirección X

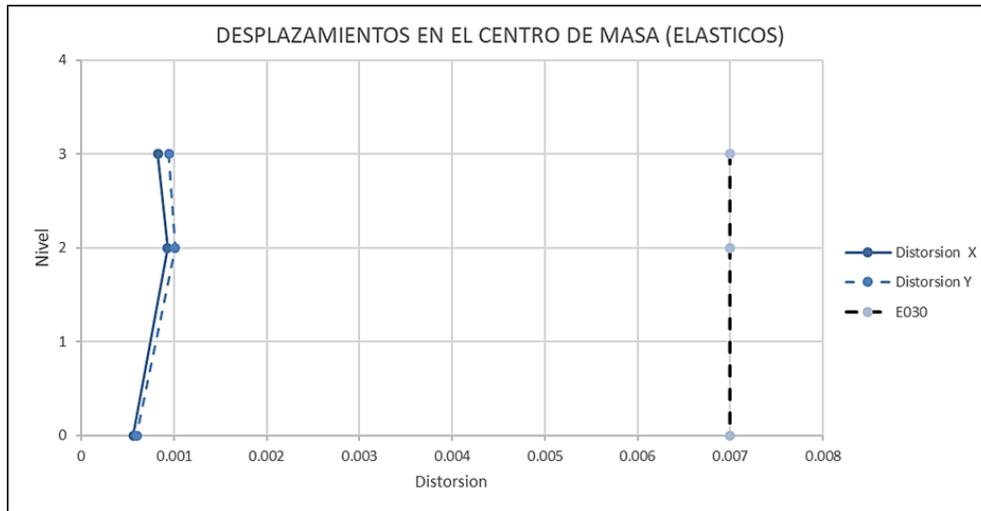
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX (ELASTICOS)								
Story	Diaphragm	Load case/combo	Ux	Uy	Rz	Altura	Desplazamiento relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido 03	Sismo Dinamico XX Max	9.137	3.064	0.000025	3990	3.298	0.0008
Story2	Diafragma Rigido 02	Sismo Dinamico XX Max	5.839	1.928	0.000015	3910	3.646	0.0009
Story1	Diafragma Rigido 01	Sismo Dinamico XX Max	2.193	0.719	0.000005	3910	2.193	0.0006

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 35. Derivas elásticas en la dirección Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY (ELASTICOS)								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido 03	Sismo Dinamico YY Max	2.744	10.188	0.000065	3990	3.769	<b>0.0009</b>
Story2	Diafragma Rigido 02	Sismo Dinamico YY Max	1.753	6.419	0.000039	3991	4.034	<b>0.0010</b>
Story1	Diafragma Rigido 01	Sismo Dinamico Y Y Max	0.659	2.385	0.000014	3991	2.385	<b>0.0006</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36. Desplazamientos en el centro de masa (elásticos)**

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo observar en cada tabla las distorsiones máximas obtenidas son 0.0009 en la dirección en X y 0.001 en la dirección Y por lo que cumplen la normativa E.030.

#### 4.3.5.3 Desplazamientos en el centro de masa (Inelástico)

Se siguió la normativa en el artículo 31 donde dice que, para determinar los desplazamientos laterales en edificaciones regulares, se tiene que multiplicar los resultados obtenidos del análisis lineal y elásticos con las solicitaciones sísmicas reducidas por **0.75 R**.

**Tabla 36. Derivas inelásticas en X**

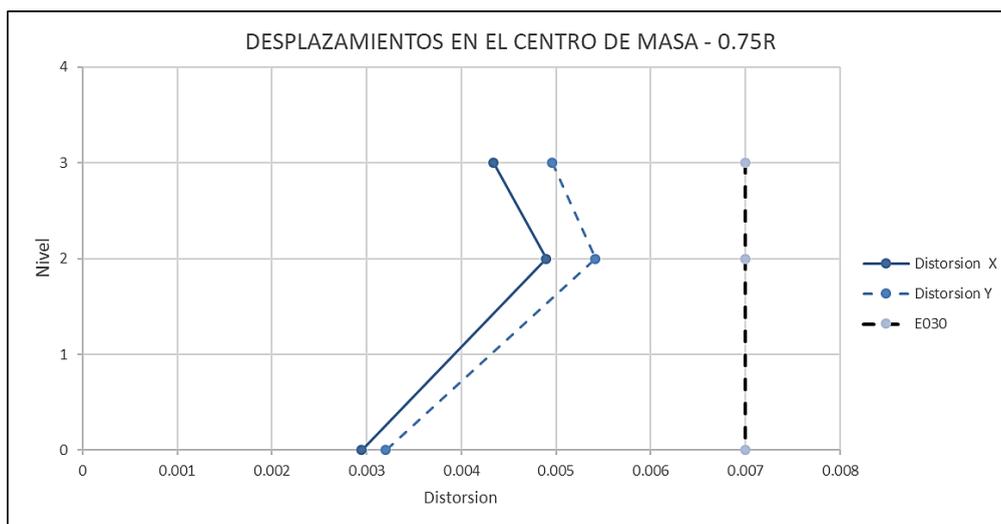
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX - 0.75R								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido 03	Derivas Inelasticas XX Max	47.97	16.087	0.00013	3990	17.315	0.0043
Story2	Diafragma Rigido 02	Derivas Inelasticas XX Max	30.655	10.122	0.000077	3910	19.143	0.0049
Story1	Diafragma Rigido 01	Derivas Inelasticas XX Max	11.512	3.773	0.000027	3910	11.512	0.0029

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37. Derivas inelásticas en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY - 0.75R								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido 03	Derivas Inelasticas YY Max	14.404	53.487	0.000342	3991	19.788	0.0050
Story2	Diafragma Rigido 02	Derivas Inelasticas YY Max	9.205	33.699	0.000203	3910	21.176	0.0054
Story1	Diafragma Rigido 01	Derivas Inelasticas YY Max	3.457	12.523	0.000072	3910	12.523	0.0032

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37. Desplazamientos en el centro de masa en (Inelásticos)**

Fuente: Elaboración Propia

Se observó que de igual manera cumplen para un análisis tipo dinámico que se determinó para un rango inelástico en dirección X y Y, con un factor de uso igual a 1, por lo que se puede continuar con el diseño de aisladores sísmicos.

#### 4.3.6 Pre dimensionamiento del dispositivo

Se comenzó hallando los desplazamientos y las cargas de los dispositivos según la E.030 y la E.031, teniendo en cuenta primero los factores detallados en la tabla.

**Tabla 38.** Factores importantes para el calculo

DATOS PARA DETERMINAR Dmax			
CONCEPTO	FACTOR - TIPO	VALOR	TABLA
FACTOR DE ZONA (PELIGRO SISMICO) SD	Z4	0.45	TABLA No1 NT_E030
FACTOR DE ZONA (PELIGRO SISMICO) SMC	Z4	0.675	TABLA No1 NT_E030
PERFIL DE SUELO	S2	1.05	TABLA No3 NT_E030
FACTOR DE USO	I	1	TABLA No5 NT_E030
COEFICIENTE DE REDUCCION	R	7	TABLA No7 NT_E030
COEFICIENTE C	C	2.5	Tabla 16-R
PERIODO FIJO (ETABS)	T	0.528	Segundos
PERIODO MAXIMO DE LA ESTRUCTURA AISLADA	Tmax	3.00	Segundos

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.3.6.1 Coeficiente de amortiguamiento BM

Para el coeficiente de amortiguamiento se tomó en cuenta según lo dado por el proveedor donde para un aislador de alto amortiguamiento se da un coeficiente de 10% y con este coeficiente nos el proveedor nos dio también el valor de **Bm** que fue **1.20**.

##### 4.3.6.2 Desplazamiento Traslacional – Dmax

Se determinó el desplazamiento traslacional máximo, con los valores que ya tenemos como el periodo máximo que es igual a 3s, el coeficiente de amortiguamiento que es igual 1.2 en la siguiente ecuación.

$$DM = \frac{SaM \times TM^2}{4\pi^2 \times BM}$$

Dónde:  $SaM = 1.5 \times Z \times C \times Sg$

$$SaM = 1.85625 g$$

Reemplazando:

$$DM = 0.35 \text{ m}$$

#### 4.3.6.3 Desplazamiento Traslacional- Dmax Total

El desplazamiento traslacional máximo total se determinó con la siguiente formula:

$$DTM = DM \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right]$$

Donde:

d= 21.75: Lado más corto de la edificación (m)

b= 60.95: Lado mayor de la edificación (m)

e= 3.05: Excentricidad, equivalente al 5% del lado mayor de la edificación

y= 30.475 Distancia del centro de rigidez al punto más alejado de la estructura (m)

$$D_{TM} = 0.35 \left[ 1 + 30.475 \frac{12 \times 3.05}{(60.95)^2 + (21.75)^2} \right]$$

$$D_{TM} = 0.4465 \text{ m}$$

#### 4.3.6.4 Carga Máxima - Combinación E031

Se necesitó los valores de la carga muerta (CM), carga viva (CV), carga sisma horizontal (CSH), carga sísmica vertical (CSV) y el peso, para determinar la carga máxima usando la siguiente formula:

$$Carga \text{ Maxima} = 1.25(CM + CV) + 1.0(CSH + CSV) + 0.2 \text{CN}$$

Luego de realizar el metrado de cargas que se realizó anteriormente se obtuvieron las cargas vivas y muertas que se muestran de la siguiente manera:

- Cargas Estructurales + Cargas no Estructurales= 4503 tn
- Cargas Vivas= 1590.80 tn

Por lo que se tuvo que las cargas muertas y las cargas vivas toman los siguientes valores:

- $CM = 4503.39$
- $CV = 1590.80$

Para el determinar el valor del peso se usó la siguiente formula:

$$P = (CE + CI) + 0.5CV$$

$$P = 5298.787101 \text{ Ton}$$

Se halló la Carga Sísmica Horizontal con la siguiente formula:

$$CSH = \left( \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \right) \times P$$

$$CSH = 1093 \text{ Ton}$$

Para la Carga Sísmica Vertical se usó la siguiente formula:

$$CSV = 0.5(1.5 \times Z \times S) \times CM$$

$$CSV = 1672 \text{ Ton}$$

Obteniendo todos los valores para poder determinar la carga máxima y se procedió a reemplazar cada uno en la formula, teniendo el siguiente resultado para la carga máxima:

$$Carga \text{ Maxima} = 1.25(CM + CV) + 1.0(CSH + CSV) + 0.2CN$$

$$Carga \text{ Máxima} = 10382.49 \text{ Ton}$$

#### **4.3.6.5 Carga Ultima por metro cuadrado**

Donde  $w$  representa la carga máxima hallada y se determinó la carga ultima por metro cuadrado dividiendo la carga máxima entre el área de la estructura en metros cuadrados.

**Tabla 39. Carga ultima por metro cuadrado**

DETERMINACION DE CARGA ULTIMA POR METRO CUADRADO										
DETERMINACION DE CARGA ULTIMA	METRADOS		COMBINACION DE CARGA				AREA DE PLANTA			CARGA X METRO2
ESTRUCTURA	Carga Estructural (Ton)	Carga Viva (Ton)	P	CSH	CSV	W	Longitud XX	Longitud YY	Area m2	
CARGA ULTIMA	4,503.39	1,590.80	5,298.79	1,092.87	1,671.88	10,382.49	21.75	60.95	1325.6625	<b>7.83</b>
CARGA PROMEDIO	4,503.39	1,590.80	5,298.79	1,092.87	1,671.88	10,382.49	21.75	60.75	1321.3125	<b>4.01</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.6 Carga ultima por área de servicio

Se determinó según la ubicación de cada dispositivo, para esto se dividió el área total del área de servicio entre la carga por metro cuadrado obtenido anteriormente. Se tuvieron en cuenta la Carga ultima y la carga promedio respectivamente, obteniendo así 2 resultados para cada carga.

**Tabla 40. Carga ultima por área de servicio**

CARGA ULTIMA POR AREA DE SERVICIO						
AREA DE SERVICIO						
POSICION DEL DISPOSITIVO	CODIGO	LARGO	ANCHO	A.T (m2)	Carga (Tn)	Carga Promedio(Tn)
DISPOSITIVO EN ESQUINA	DISP_AIS_01	3.56	3.56	12.6736	<b>99.26</b>	<b>50.82</b>
DISPOSITIVO EXCENTRICOS	DISP_AIS_02	7.2	3.56	25.632	<b>200.75</b>	<b>102.79</b>
DISPOSITIVO CENTRICOS	DISP_AIS_03	7.2	7.16	51.552	<b>403.75</b>	<b>206.74</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.7 La rigidez horizontal

Se determinó la rigidez horizontal (Kh) de los aisladores con el periodo diseño y con la carga ultima también con la carga promedio para tener otro resultado, que se incluyen en la siguiente formula.

$$Kh = PUmax \left( \frac{2\pi^2}{TD} \right)$$

**Tabla 41. Rigidez en los aisladores**

RIGIDEZ EN LOS AISLADORES						
		CARGA ULTIMA			CARGA PROMEDIO	
Edificio Salud (Posición del Dispositivo)	PESO U (ton)	Rigidez Kd,min (kN/mm)	Edificio Salud (Posición del Dispositivo)	PESO U (ton)	Rigidez Kd,min (kN/mm)	N.Dispositivo
DISPOSITIVO EN ESQUINA	99.26	<b>0.435</b>	DISPOSITIVO EN ESQUINA	50.82	<b>0.223</b>	4
DISPOSITIVO EXCENTRICOS	200.75	<b>0.881</b>	DISPOSITIVO EXCENTRICOS	102.79	<b>0.451</b>	20
DISPOSITIVO CENTRICOS	403.75	<b>1.771</b>	DISPOSITIVO CENTRICOS	206.74	<b>0.907</b>	16

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.8 La rigidez del sistema

Para determinar la rigidez del sistema se multiplico el número de dispositivos por el resultado de cada carga ultima (Pu) y carga promedio (P) respectivamente, sumando cada resultado.

**Tabla 42. Rigidez del sistema**

RIGIDEZ KH (SISTEMA) Pu	RIGIDEZ KH (SISTEMA) P
Kd,min (kN/mm)	Km,min (kN/mm)
1.74	0.89
17.61	9.02
28.34	14.51
<b>47.69</b>	<b>24.42</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como resultados se obtuvieron que la rigidez para el sistema con carga ultima tuvo como resultado 47.69 KN/mm y para la rigidez del sistema con carga promedio se obtuvo 24.42 KN/mm.

#### 4.3.6.9 Rigidez horizontal de acuerdo a cargas axiales

Para la rigidez compuesta se usó la misma fórmula dada anteriormente, pero donde el peso de la estructura será determinado por su carga ultima y la carga promedio, con el periodo de diseño y de sismo máximo igual a 3s.

$$Kh = PUmax \left( \frac{2\pi^2}{TD} \right)$$

**Tabla 43. Rigidez compuesta de los aisladores**

RIGIDEZ COMPUESTA DE LOS AISLADORES			
		DISEÑO	
	PESO U (ton)	Kd,min (kN/mm)	Kd,max +10 % (ton/m)
PESO DE EDIFICIO (CARGA ULTIMA)	10,382.49	<b>45.54</b>	<b>50.10</b>
PESO DE EDIFICIO (CARGA PROMEDIO)	5,298.79	<b>23.24</b>	<b>25.57</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo como resultados que con la carga ultima se tiene la rigidez mínima con un valor de 45.54 KN/mm y una rigidez máxima de 50.10 ton/m, y con la carga promedio se obtuvo una rigidez mínima de 23.24 KN/mm y máxima de 25.57 ton/m.

#### 4.3.6.10 Altura del caucho

Se determinó la altura del caucho con el desplazamiento total máximo y la deformación de corte directa que es igual a 2 porque es lo que usan los proveedores.

**Tabla 44. Altura del caucho**

CALCULO DE LA ALTURA DE GOMA			
	Def.Corte.Dir	Dtm	h (cm)
DISPOSITIVO	2.00	0.446	0.223

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.11 Calculo del área del aislador

Se calculó el área del aislador considerando un solo tipo, con el módulo de rigidez dado por el proveedor (TENSA) que es de **0.8** KN/mm, la altura del caucho que es 0.223, la rigidez horizontal determinada anteriormente y el número de dispositivos, donde el área total se calculó multiplicando la altura del caucho por la rigidez horizontal, dividido entre el módulo de corte. El diámetro fue hallado multiplicando 2 por la raíz del área del aislador entre pi. Y la rigidez de dispositivo se determinó dividiendo la rigidez horizontal entre el número de aisladores.

**Donde:**

- H: Altura del caucho
- Kd: Rigidez horizontal

- Area total:  $Kd \times H$
- Área por Aislador: Área total x N. de Aisladores
- Diámetro:  $2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$

**Tabla 45. Área del aislador**

	MODULO CORTE (KN/MM2)	H (M)	RIGIDEZ HORIZONTAL (KN/MM)	NUMERO DE AISLADORES	AREA TOTAL	AREA POR AISLADOR	DIAMETRO EN M.	RIGIDEZ DISPOSITIVO (KN/MM)
AREA DEL AISLADOR (Pu)	0.8	0.223	45.543	40	12.71	0.3177	0.636	1.139

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.12 Diámetro del dispositivo

Se determino el diametro de cada dispositivo con el Periodo objetivo (Td) que es igual a 3 s, Modulo de corte Cizallamiento (G) que es igual a 0.8 kN/mm y la Altura del Caucho (tr) que es igual a 0.22 m, usando las siguientes formulas:

- $$Kh = P U_{max} \left( \frac{2\pi}{TD} \right)^2$$
- $$Kh = \frac{G \times A}{tr} \rightarrow A = \frac{tr \times Kh}{G}$$
- $$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

**Tabla 46. Diámetro de cada dispositivo**

DISPOSITIVOS		CARGAS ULTIMAS	RIGIDEZ HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO	AREAS SECCIONAL DEL DISPOSITIVO	DIAMETRO DEL ELASTOMERO	ELECCION DEL DISPOSITIVO - TENSA
POSICION DEL DISPOSITIVO		EDIFICIO SALUD (Ton)	Kh (03 Niveles) en kN/mm	Areas (m2)	d (m)	DIAMETRO ELEGIDO
DISPOSITIVO EN ESQUINA	DISP_AIS_01	99.26	0.435	0.121	0.393	0.45
DISPOSITIVO EXCENTRICOS	DISP_AIS_02	200.75	0.881	0.246	0.559	0.55
DISPOSITIVO CENTRICOS	DISP_AIS_03	403.75	1.771	0.494	0.793	0.80

Fuente: Elaboración Propia

Como especifica la tabla las se utilizaron para el cálculo las cargas halladas en la carga ultima por área de servicio junto con las formulas dadas, así se obtuvieron 3 diámetros para cada dispositivo según su posición, como se observó el diámetro del dispositivo en esquina resulto ser 0.45m por lo que no se usara debido a que es

muy pequeño y en su lugar se utilizara el diámetro siguiente que es del dispositivo excéntrico o perimetral.

#### 4.3.7 Propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas, se necesitaron el desplazamiento máximo igual 0.353 m que ya se había determinado, el amortiguamiento que es igual a 0.1 (10%) para aisladores elastómeros de alto amortiguamiento) y el desplazamiento de fluencia ( $D_y$ ) que es igual a cero, porque es un valor de desplazamiento muy pequeño, también se tiene en cuenta las siguientes ecuaciones:

##### 4.3.7.1 Calculo de la energía disipada

$$WD = 2\pi \times K_{eff} \times DD^2 \times \beta$$

$$WD = 2\pi \times 0.58108 \times 0.353^2 \times 0.1$$

$$WD = 45.40 \text{ KN.m}$$

##### 4.3.7.2 Hallando la fuerza característica (q)

$$Q = \frac{WD}{4 \times (DM - DY)}$$

$$Q = \frac{45.40}{4 \times (0.353 - 0)}$$

$$Q = 32.19 \text{ KN}$$

##### 4.3.7.3 Primera aproximación de valores de k2 Rigidez post fluencia

$$K_2 = K_{eff} - \frac{Q}{DD}$$

$$K_2 = 0.58 \times 1000 - \frac{32.19}{0.353}$$

$$K_2 = 489.80 \text{ KN/m}$$

##### 4.3.7.4 Primera aproximación de valores de Rigidez Inicial k1

Se asume que K2 es un 10% de K1

$$K1 = 4898 \text{ KN/m}$$

#### 4.3.7.5 Calculando desplazamiento de fluencia (iterativo)

$$Dy = \frac{Q}{(K1 - K2)}$$

$$Dy = \frac{32.19}{(4898 - 489.8)}$$

$$Dy = 0.0073 \text{ m}$$

#### 4.3.7.6 Hallando la fuerza característica (Q), conociendo el desplazamiento de fluencia

$$Q = \frac{WD}{4 \times (DM - DY)}$$

$$Q = \frac{45.40}{4 \times (0.353 - 0.0073)}$$

$$Q = 32.87 \text{ KN}$$

#### 4.3.7.7 Hallando la rigidez post fluencia final K2

$$K2 = Keff - \frac{Q}{DM}$$

$$K2 = 0.58 - \frac{32.87}{0.353}$$

$$K2 = 487.87 \text{ Kn/m}$$

$$K2 = 0.49 \text{ Kn/mm}$$

#### 4.3.7.8 Hallando la rigidez inicial del dispositivo K1

$$K1 = \frac{Q}{Dy} + K2$$

$$K1 = \frac{32.87}{0.0073} + 0.49$$

$$K1 = 4989.29 \text{ KN/m}$$

#### 4.3.7.9 Fuerza de fluencia $Fy$

$$Fy = Q + (K2 \times Dy)$$

$$Fy = 32.87 + (487.87 \times 0.0073)$$

$$Fy = 36.43 \text{ KN}$$

$$Fy = 3.7123 \text{ Ton}$$

#### 4.3.7.10 Ratio de Rigidez (relación Rigidez Post Fluencia/Rigidez Inicial)

$$\frac{K2}{K1} = \frac{4989.29}{487.87} = 0.09778$$

#### 4.3.7.11 Rigidez Inicial $k1$ en mm

$$K1 = 4989.29 \text{ KN/m}$$

$$K1 = 4.99 \text{ KN/mm}$$

#### 4.3.7.12 Periodo Real

$$TD = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{KH}}$$

$$TD = 2\pi \sqrt{\frac{5298.79/9.81}{23.243}}$$

$$TD = 3.00104$$

#### 4.3.7.13 Frecuencia Angular rad/s

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

$$\omega = \frac{2\pi}{3.00104}$$

$$\omega = 2.0937$$

#### 4.3.7.14 Amortiguamiento Efectivo

$$C = \frac{WD}{\pi \times DD^2 \times \omega}$$

$$C = \frac{45.40}{\pi \times 0.353^2 \times 2.0937}$$

$$C = 55.50803 \text{ kN} \cdot \text{seg}/\text{m}$$

$$C = 0.0555080 \text{ kN} \cdot \text{seg}/\text{mm}$$

Con los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas para un dispositivo único se realizó una tabla de resume de cada una de las propiedades que se tomaron en cuenta al momento de modelar el dispositivo.

**Tabla 47.** *Propiedades mecánicas del dispositivo único*

Propiedades Mecánicas			Dispositivo Unico
Diametro			0.60 m
Rigidez Efectiva Lineal	Keff	KM/mm	0.58108
Rgidez Inicial	K1	KM/mm	4.99
Rigidez Post Fluencia	K2	KM/mm	0.49
Relacion R. Inicial/R. Post	K2/K1	ratio	0.09778
Fuerza de Fluencia	Ky	KN	36.43
Energia Disipada	WD	KN/mm	45.40
Amortiguamiento Efectivo	C	KN.seg/mm	0.055508

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la norma E.031 nos dice que se debe tener en cuenta también los factores modificatorios de las propiedades, donde nos indica que para un aislador de alto amortiguamiento el valor para el factor de modificación máximo es de 2 y para el factor de modificación mínimo es de 0.8.

- **Factor de Modificación Máximo (2.0):**

$$K_{eff} \times 2.0$$

$$0.58108 \text{ KN} \cdot \text{mm} \times 2.0$$

**1.16215 KN.mm**

- **Factor de Modificación Mínimo (0.8)**

$K_{eff} \times 0.8$

0.58108 KN.mm x 0.8

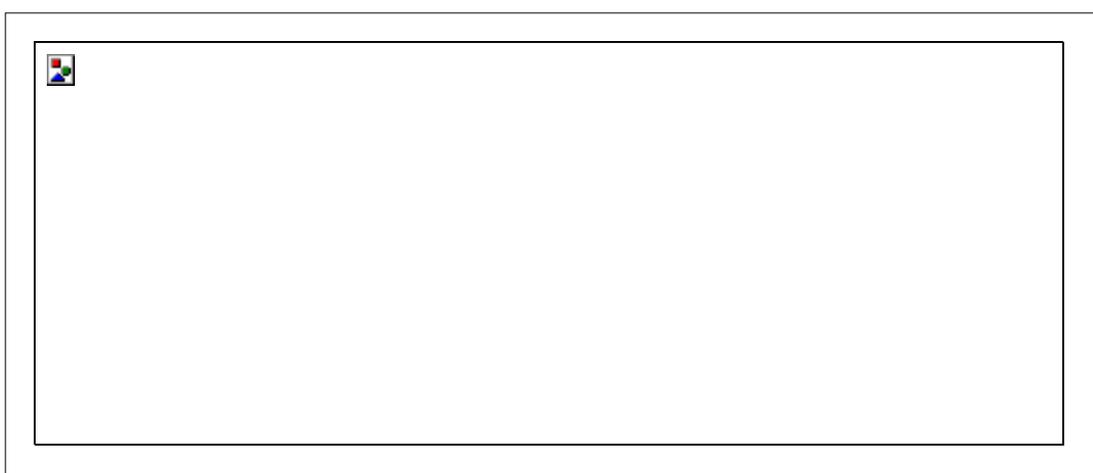
**0.46486 KN.mm**

Con los nuevos valores de rigidez horizontal efectiva se determina las propiedades mecánicas para cada rigidez, con el mismo procedimiento realizado anteriormente.

**Tabla 48.** *Propiedades mecánicas por cada factor de modificación*

Propiedades Mecánicas			Dispositivo Factor Max	Dispositivo Factor Min
Diametro			0.60 m	0.60 m
Rigidez Efectiva Lineal	Keff	KM/mm	1.16215	0.46486
Rgidez Inicial	K1	KM/mm	9.98	3.99
Rigidez Post Fluencia	K2	KM/mm	0.98	0.39
Relacion R. Inicial/R. Post	K2/K1	ratio	0.09778	0.09778
Fuerza de Fluencia	Ky	KN	72.86	29.14
Energia Disipada	WD	KN/mm	90.81	36.32
Amortiguamiento Efectivo	C	KN.seg/mm	0.1110161	0.0444064

Fuente: Elaboración propia



**Figura 38.** Ubicación de cada dispositivo

Fuente: Elaboración Propia

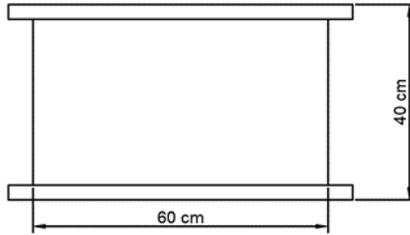


Figura 39. Dispositivo único

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.8 Espectro de diseño y espectro máximo considerado

Para este trabajo se investigación se consideraron el Sismo de Diseño y el Sismo Máximo Considerado con  $R = 1$  que se puede visualizar en la siguiente grafica que también incluye el Sismo Máximo Considerado con  $R= 2$

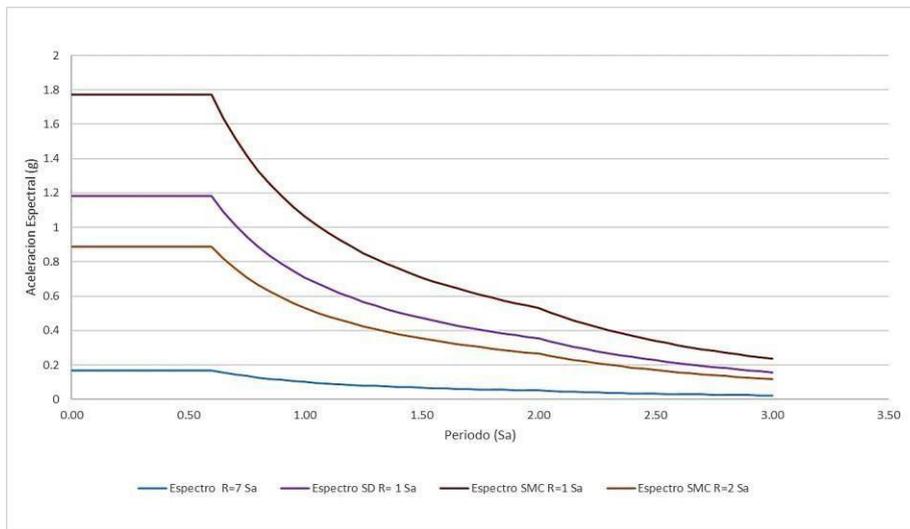


Figura 40. Espectro del sismo de diseño y máximo considerado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Distorsión inelástica para un sismo de diseño en X

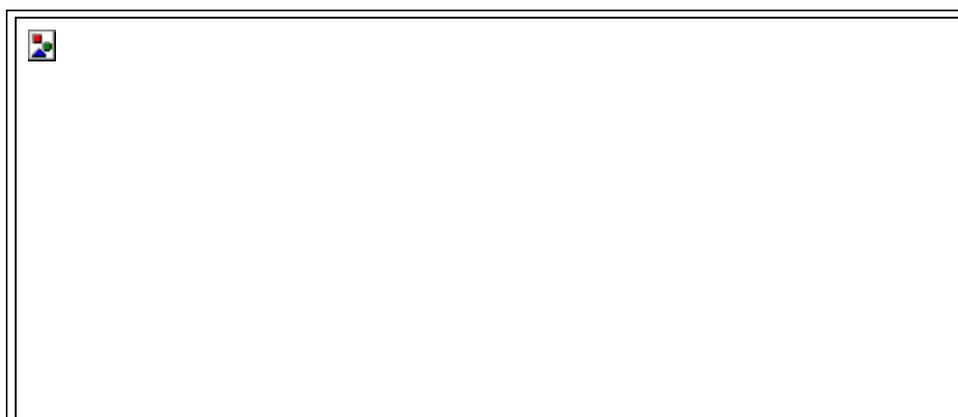
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX INELASTICO R1- SD								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo_SD_XX_Max	249.916	78.608	0.001374	3990	4.502	0.0011
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo_SD_XX_Max	245.414	74.554	0.001346	3910	6.062	0.0016
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo_SD_XX_Max	239.352	70.091	0.001314	3910	7.18	0.0018
Nivel de Base	Diafragma_Rigido Base	Sismo_SD_XX_Max	232.172	68.069	0.001279			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50. Distorsión inelástica para un sismo de diseño en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY INELASTICO R1- SD								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo_SD_YY Max	85.818	212.313	0.001993	3990	6.972	<b>0.0017</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo_SD_YY Max	85.021	205.341	0.001976	3910	7.698	<b>0.0020</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo_SD_YY Max	83.947	197.643	0.001955	3910	2.741	<b>0.0007</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	Sismo_SD_YY Max	82.671	194.902	0.001932			

Fuente: Elaboración propia



*Figura 41. Distorsiones para un sismo de diseño*

Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo que la distorsión en la dirección X y Y en el sismo de diseño para la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025.

**Tabla 51. Distorsión inelástica para un sismo máximo considerado en X**

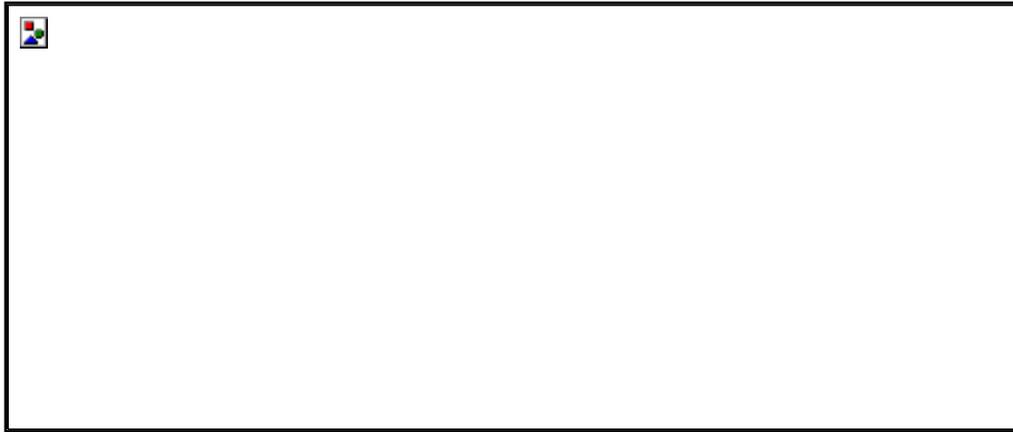
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - XX INELASTICO R1- SMC								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo_SMC_XX_R1_Max	429.001	98.338	0.001335	3990	3.985	<b>0.0010</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo_SMC_XX_R1_Max	425.016	93.975	0.001321	3910	5.37	<b>0.0014</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo_SMC_XX_R1_Max	419.646	89.289	0.001306	3910	6.378	<b>0.0016</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	Sismo_SMC_XX_R1_Max	413.268	88.214	0.001289			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 52. Distorsión inelástica para un sismo máximo considerado en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - YY INELASTICO R1- SMC								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	Sismo_SMC_YY_R1_Max	128.7	318.404	0.002989	3990	10.454	<b>0.0026</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	Sismo_SMC_YY_R1_Max	127.505	307.95	0.002963	3910	11.544	<b>0.0030</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	Sismo_SMC_YY_R1_Max	125.894	296.406	0.002932	3910	4.11	<b>0.0011</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	Sismo_SMC_YY_R1_Max	123.981	292.296	0.002898			

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 42. Distorsiones para un sismo máximo considerado*

Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo que la distorsión en la dirección X y Y en el sismo máximo considerado para la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025.

**Tabla 53. Participación de masa**

Modal Participating Mass Ratios		
Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	3.142
Modal	2	3.119
Modal	3	2.659
Modal	4	0.34
Modal	5	0.32
Modal	6	0.275
Modal	7	0.124

Modal	8	0.121
Modal	9	0.084
Modal	10	0.063
Modal	11	0.062
Modal	12	0.041

Fuente: Programa Etabs

Comparamos los resultados también de los periodos y aceleraciones obtenidos de los factores de modificación máximo con una rigidez horizontal de **1.16215** KN/mm y mínimo con una rigidez horizontal de **0.49486** KN/mm, con el mismo procedimiento ya realizado, cuyos resultados fueron graficados en los siguientes gráficos:



*Figura 43.* Periodo en cada modo para cada caso de rigidez

Fuente: Elaboración Propia

Con el grafico se representa que los resultados de los periodos para cada caso, donde se obtuvo que para una rigidez horizontal de 1.16215 KN/mm se tuvo un periodo de 2.292 s y para una rigidez horizontal de 0.49486 KN/mm se tuvo un periodo de 3.577 s, porque lo que se puede decir que mientras más rigidez horizontal tenga al aislador el periodo disminuirá.

#### 4.3.9 Espectro escalamiento

Para calcular el espectro de escalamiento, primero se tomó el espectro elástico obtenido inicialmente y se dividió la aceleración entre 6 que es el factor R, así se

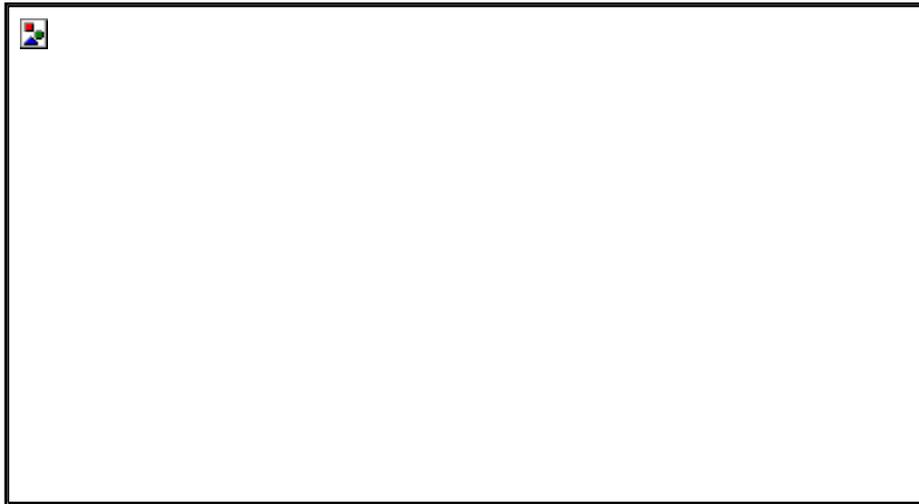
obtuvo el espectro inelástico para un sismo de diseño, donde la norma nos indica que se tiene que trabajar con el espectro inelástico para un sismo máximo considerado, para esto se multiplico el sismo de diseño por 1.5. Finalmente, para el escalamiento se multiplico por 9.8 para visualizar el escalamiento, donde luego en el programa Etabs se dividió entre 9.8 para conservar el valor de g.

**Tabla 54. Espectro de escalamiento**

INELASTICO SMC=SD*1.5		*g
T	Sa	
0.00	1.7719	17.3750
0.05	1.77	17.3750
0.10	1.77	17.3750
0.15	1.77	17.3750
0.20	1.77	17.3750
0.25	1.77	17.3750
0.30	1.77	17.3750
0.35	1.77	17.3750
0.40	1.77	17.3750
0.45	1.77	17.3750
0.50	1.77	17.3750
0.55	1.77	17.3750
0.60	1.77	17.3750
0.65	1.64	16.0385
0.70	1.52	14.8929
0.75	1.42	13.9000
0.80	1.33	13.0313
0.85	1.25	12.2647
0.90	1.18	11.5833
0.95	1.12	10.9737
1.00	1.06	10.4250
1.05	1.01	9.9286
1.10	0.97	9.4773
1.15	0.92	9.0652
1.20	0.89	8.6875
1.25	0.85	8.3400
1.30	0.82	8.0192
1.35	0.79	7.7222
1.40	0.76	7.4464
1.45	0.73	7.1897
1.50	0.71	6.9500
1.55	0.69	6.7258
1.60	0.66	6.5156
1.65	0.64	6.3182
1.70	0.63	6.1324
1.75	0.61	5.9571
1.80	0.59	5.7917
1.85	0.57	5.6351
1.90	0.56	5.4868
1.95	0.55	5.3462
2.00	0.53	5.2125
2.05	0.51	4.9613
2.10	0.48	4.7279
2.15	0.46	4.5105
2.20	0.44	4.3079
2.25	0.42	4.1185
2.30	0.40	3.9414

2.35	0.39	3.7755
2.40	0.37	3.6198
2.45	0.35	3.4736
2.50	0.34	3.3360
2.55	0.33	3.2065
2.60	0.31	3.0843
2.65	0.30	2.9690
2.70	0.29	2.8601
2.75	0.28	2.7570
2.80	0.27	2.6594
2.85	0.26	2.5669
2.90	0.25	2.4792
2.95	0.24	2.3959
3.00	0.24	2.3167

Fuente: Elaboración propia

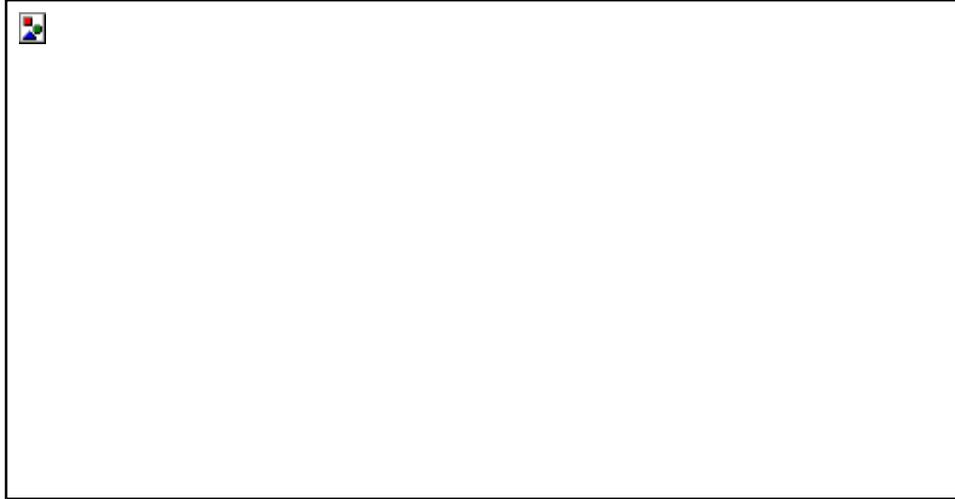


*Figura 44.* Espectro escalamiento

Fuente: Elaboración Propia

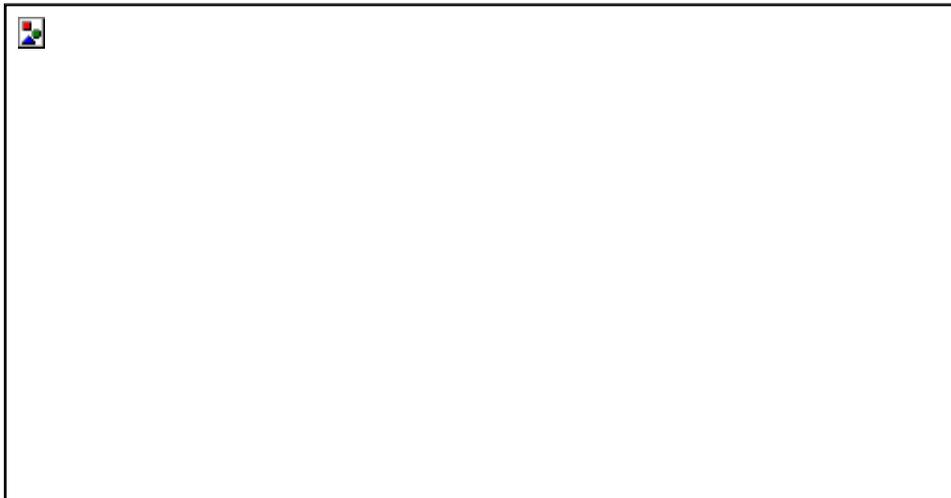
El espectro escalamiento se guarda en un blog de notas, luego se usó el programa SeismoMatch para el escalamiento, donde primero se cargó el espectro escalamiento que pasara hacer nuestro espectro objetivo.

Se escalaron 7 sismo en su dirección EW y NS para cada sismo, estos fueron escogidos por su similitud con el lugar en estudio, estos sismos nos servirán para el análisis tiempo historia



*Figura 45. Espectro escalamiento en Seismomatch*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 46. Escalamiento de sismo*

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.10 Análisis tiempo historia**

##### **4.3.10.1 Registros sísmicos para el análisis de respuesta en el tiempo**

Para el análisis de respuesta en el tiempo se utilizaron tres registros sísmicos todos escalados a las aceleraciones consideradas para el diseño, por lo tanto, se considerará en cualquier caso la respuesta máxima del análisis. Se realizó el procedimiento de escalamiento.

**Tabla 55. Sismos registrados**

Registro sísmico	Fecha	Magnitud (Mw)	Duración (s)
LIMA	Octubre 17, 1966	8.1	66
ICA	Agosto 15, 2007	7.0	218
ICA	Septiembre 25, 2013	6.9	150

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 47. Sismo Lima 1996 EW*

Fuente: Elaboración Propia



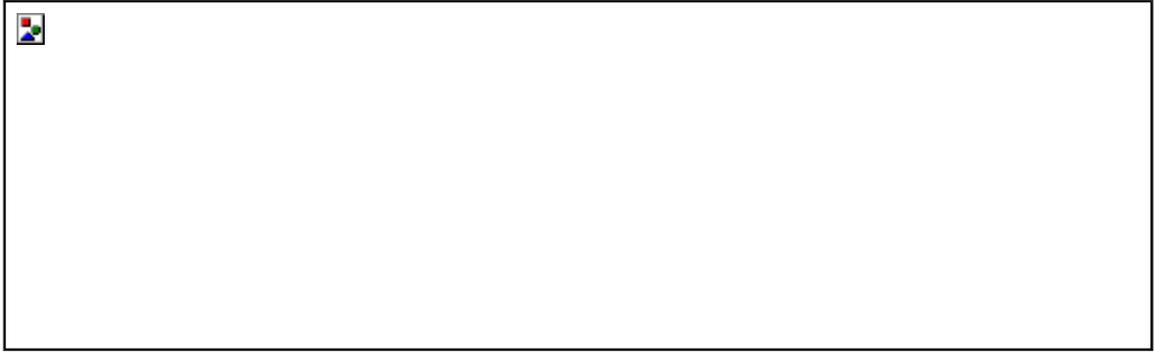
*Figura 48. Sismo Lima 1996 NS*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 49. Sismo Lima 1974 EW*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 50. Sismo Lima 1974 NS*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 51. Sismo Ica 2007 EW*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 52. Sismo Ica 2007 NS*

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.10.2 Resultados sísmicos

**Tabla 56.** Distorsiones para el sismo Lima 1966 EW en X

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1966 EW - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Nivel3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_1966_EW_XX	275.533	83.863	0.00067	3990	2.391	<b>0.0006</b>
Nivel2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_1966_EW_XX	273.142	81.948	0.000656	3910	3.294	<b>0.0008</b>
Nivel1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_1966_EW_XX	269.848	79.759	0.000646	3910	4.011	<b>0.0010</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_1966_EW_XX	<b>265.837</b>	78.547	0.000644			<b>0.0000</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 57.** Distorsiones para el sismo Lima 1966 EW en Y

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1966 EW - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_1966_EW_YY	84.386	291.053	0.003421	3990	7.337	<b>0.0018</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_1966_EW_YY	83.602	283.716	0.003401	3910	8.303	<b>0.0021</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_1966_EW_YY	82.536	275.413	0.003381	3910	4.033	<b>0.0010</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_1966_EW_YY	81.257	<b>271.38</b>	0.003356			

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 53.* Distorsiones para el sismo Lima 1966 EW

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección EW para sismo de Lima del año 1966 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0021.

**Tabla 56. Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en X**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1966 NS - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rígido_03	SISMO_LIMA_1966_NS_XX	359.955	107.777	0.000338	3990	2.981	<b>0.0007</b>
Story2	Diafragma Rígido_02	SISMO_LIMA_1966_NS_XX	356.974	106.367	0.00033	3910	3.927	<b>0.0010</b>
Story1	Diafragma Rígido_01	SISMO_LIMA_1966_NS_XX	353.047	104.637	0.000321	3910	4.796	<b>0.0012</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rígido_Base	SISMO_LIMA_1966_NS_XX	<b>348.251</b>	103.069	0.00031			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 57. Distorsiones para el sismo Lima 1996 EW en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1966 NS - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rígido_03	SISMO_LIMA_1966_NS_YY	108.205	361.205	0.002658	3990	5.026	<b>0.0013</b>
Story2	Diafragma Rígido_02	SISMO_LIMA_1966_NS_YY	107.329	356.179	0.00262	3910	6.155	<b>0.0016</b>
Story1	Diafragma Rígido_01	SISMO_LIMA_1966_NS_YY	106.12	350.024	0.002626	3910	5.304	<b>0.0014</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rígido_Base	SISMO_LIMA_1966_NS_YY	104.636	<b>344.72</b>	0.00263			

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 54. Distorsiones para el sismo Lima 1966 NS**

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección NS para sismo de Lima del año 1966 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0016.

**Tabla 58. Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW en X**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 EW - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_1974_EW_XX	237.472	71.789	0.000574	4100	2.821	<b>0.0007</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_1974_EW_XX	234.651	70.265	0.000561	4600	3.696	<b>0.0008</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_1974_EW_XX	230.955	68.457	0.000548	4600	4.237	<b>0.0009</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_1974_EW_XX	<b>226.718</b>	67.075	0.000545			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 59. Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - LIMA 1974 EW - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_1974_EW_YY	69.909	233.92	0.002763	4100	5.682	<b>0.0014</b>
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_1974_EW_YY	69.071	228.238	0.002738	4600	4.109	<b>0.0009</b>
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_1974_EW_YY	67.967	224.129	0.002708	4600	4.378	<b>0.0010</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_1974_EW_YY	66.696	<b>219.751</b>	0.002675			

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 55. Distorsiones para el sismo Lima 1974 EW**

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección EW para el sismo de Lima del año 1974 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0014.

**Tabla 60. Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS en X**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 NS - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rígido_03	SISMO_LIMA_1974_NS_XX	216.536	67.544	0.00056	4100	2.371	<b>0.0006</b>
Story2	Diafragma Rígido_02	SISMO_LIMA_1974_NS_XX	214.165	65.51	0.000546	4600	3.151	<b>0.0007</b>
Story1	Diafragma Rígido_01	SISMO_LIMA_1974_NS_XX	211.014	63.242	0.000536	4600	3.682	<b>0.0008</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rígido_Base	SISMO_LIMA_1974_NS_XX	<b>207.332</b>	62.187	0.000543			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 61. Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 NS - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rígido_03	SISMO_LIMA_1974_NS_YY	63.499	228.737	0.003029	4100	8.069	<b>0.0020</b>
Story2	Diafragma Rígido_02	SISMO_LIMA_1974_NS_YY	62.959	220.668	0.002995	4600	8.82	<b>0.0019</b>
Story1	Diafragma Rígido_01	SISMO_LIMA_1974_NS_YY	62.211	211.848	0.00296	4600	2.763	<b>0.0006</b>
Nivel de Base	Diafragma_Rígido_Base	SISMO_LIMA_1974_NS_YY	61.292	<b>209.085</b>	0.002929			

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 56. Distorsiones para el sismo Lima 1974 NS**

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección NS para el sismo de Lima del año 1974 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0020.

**Tabla 62. Distorsiones para el sismo Ica 2007 EW en X**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2007 EW - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2007_EW_XX	341.379	104.336	0.00064	4100	3.154	0.0008
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2007_EW_XX	338.225	102.175	0.000618	4600	4.26	0.0009
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2007_EW_XX	333.965	99.717	0.000605	4600	5.047	0.0011
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2007_EW_XX	328.918	98.208	0.00061			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 63. Distorsiones para el sismo ICA 2007 EW en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA – ICA 2007 EW - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2007_EW_YY	104.682	359.676	0.003321	4100	7.55	0.0018
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2007_EW_YY	103.676	352.126	0.003292	4600	8.633	0.0019
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2007_EW_YY	102.348	343.493	0.003258	4600	5.091	0.0011
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2007_EW_YY	100.782	338.402	0.00322			

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 57. Distorsiones para el sismo Ica 2007 EW*

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección EW para el sismo de Ica del año 2007 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0019.

**Tabla 64. Distorsiones para el sismo ICA 2007 NS en X**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2007 NS - XX								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2007_NS_XX	257.71	76.794	0.000681	4100	2.941	0.0007
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2007_NS_XX	254.769	75.503	0.000673	4600	3.853	0.0008
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2007_NS_XX	250.916	74.008	0.000665	4600	4.422	0.0010
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2007_NS_XX	246.494	72.678	0.000659			

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 65. Distorsiones para el sismo ICA 2007 NS en Y**

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2007 NS - YY								
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion
			mm	mm	rad	mm	mm	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2007_NS_YY	73.2	256.54	0.003526	4100	8.968	0.0022
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2007_NS_YY	72.358	247.572	0.00349	4600	9.803	0.0021
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2007_NS_YY	71.257	237.769	0.003474	4600	3.237	0.0007
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2007_NS_YY	70.005	234.532	0.003465			

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 58. Distorsiones para el sismo Ica 2007 NS**

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo que la distorsión en la dirección EW para el sismo de Ica del año 2007 la estructura con aisladores cumple con la normativa E.031 de no exceder 0.0035, y con la normativa Hazus en no exceder 0.0025, siendo la máxima distorsión 0.0022.

### 4.3.10.3 Resultado modal

El análisis modal permite identificar los modos de vibración fundamentales de la estructura, así como el periodo y la masa participante asociado a cada uno de ellos. Este análisis permite advertir eventuales efectos de torsión, tomando como referencia formas modales encontradas y las masas participativas asociadas a éstas.

**Tabla 66.** *Participación de masa*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	3.142	0%	94%
Modal	2	3.119	95%	94%
Modal	3	2.659	95%	95%
Modal	4	0.34	95%	95%
Modal	5	0.32	95%	95%
Modal	6	0.275	95%	95%
Modal	7	0.124	95%	95%
Modal	8	0.121	95%	100%
Modal	9	0.084	100%	100%
Modal	10	0.063	100%	100%
Modal	11	0.062	100%	100%
Modal	12	0.041	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia



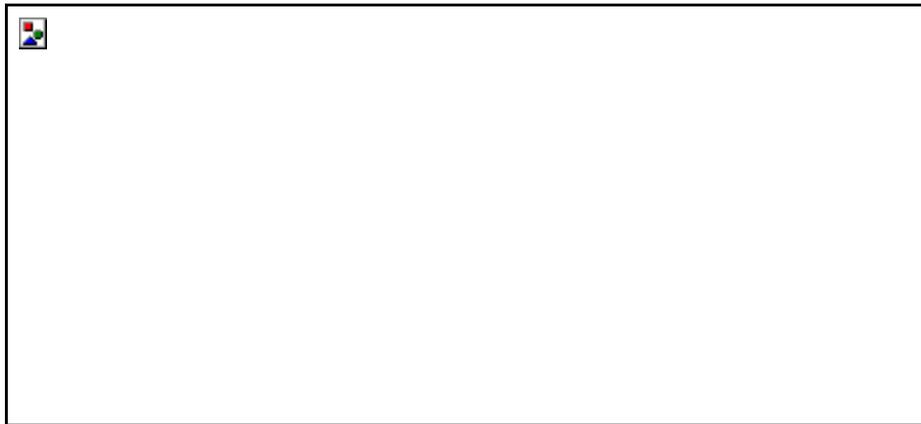
*Figura 59.* Participación de la aceleración en cada modo

Fuente: Elaboración Propia

El periodo vario para cada modo, donde en el primer modo con un valor de 3.142s no vario para cada caso de sismo, y la participación de la masa se encontró en un 95%, muy cercano al 100% lo que nos evidencia que prácticamente no ocurrió efectos de torsión.

#### 4.3.10.4 Aceleraciones por cada sismo

Se observó también las aceleraciones para cada caso de sismo en el análisis tiempo-historia, donde estas van aumentando según el nivel de piso y son diferentes según la intensidad del sismo como se pueden observar en las siguientes figuras:



*Figura 60.* Participación de la aceleración en X para cada sismo

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 61.* Participación de la aceleración en Y para cada sismo

Fuente: Elaboración Propia

También es importante notar que en el análisis espectral las aceleraciones son casi uniformes en todos los pisos del edificio, pero hay una amplificación bastante grande de las aceleraciones del edificio aislado cuando se realiza un análisis de respuesta en el tiempo. Esto ocurre por la no linealidad del aislador mismo al realizar el análisis tiempo historia. De todas formas, se ve que las aceleraciones no exceden 0.2g.

#### 4.3.11 Desempeño sísmico

##### 4.3.11.1 Espectros de Demanda Sísmica

El espectro de demanda se obtuvo con los parámetros dispuestos en la NTP E.030, detallados en la tabla 6 de esta sección de resultados, en conjunto según las recomendaciones de ATC-40, sirvió para realizar la conversión del espectro base en un espectro de sismo de servicio, diseño y máximo. En los espectros de demanda se ha obviado el empleo del factor “R” obteniendo la reducción de esta a través de valores de un 0.5 del ZUCS para sismo de servicio, 1.0 del ZUCS para sismo de diseño y 1.25 del ZUCS para sismo máximo

**Tabla 67.** *Espectros de demanda sísmica*

Espectro de Demanda de Servicio		Espectro de Demanda de Diseño		Espectro de Demanda Máximo	
Sa	Sd	Sa	Sd	Sa	Sd
0.59	0	1.18	0	1.77	0
0.59	0	1.18	0.01	1.77	0.01
0.59	0.01	1.18	0.03	1.77	0.04
0.59	0.03	1.18	0.07	1.77	0.1
0.59	0.06	1.18	0.12	1.77	0.18
0.59	0.09	1.18	0.19	1.77	0.28
0.59	0.13	1.18	0.27	1.77	0.4
0.59	0.18	1.18	0.37	1.77	0.55
0.59	0.24	1.18	0.48	1.77	0.72
0.59	0.3	1.18	0.61	1.77	0.91
0.59	0.37	1.18	0.75	1.77	1.12
0.59	0.45	1.18	0.91	1.77	1.36
0.59	0.54	1.18	1.08	1.77	1.62
0.55	0.58	1.09	1.17	1.64	1.75
0.51	0.63	1.01	1.26	1.52	1.89
0.47	0.67	0.95	1.35	1.42	2.02
0.44	0.72	0.89	1.44	1.33	2.15
0.42	0.76	0.83	1.53	1.25	2.29
0.39	0.81	0.79	1.62	1.18	2.42
0.37	0.85	0.75	1.71	1.12	2.56
0.35	0.9	0.71	1.8	1.06	2.69
0.34	0.94	0.68	1.89	1.01	2.83
0.32	0.99	0.64	1.97	0.97	2.96
0.31	1.03	0.62	2.06	0.92	3.1
0.3	1.08	0.59	2.15	0.89	3.23
0.28	1.12	0.57	2.24	0.85	3.37
0.27	1.17	0.55	2.33	0.82	3.5
0.26	1.21	0.53	2.42	0.79	3.64
0.25	1.26	0.51	2.51	0.76	3.77

0.24	1.3	0.49	2.6	0.73	3.9
0.24	1.35	0.47	2.69	0.71	4.04
0.23	1.39	0.46	2.78	0.69	4.17
0.22	1.44	0.44	2.87	0.66	4.31
0.21	1.48	0.43	2.96	0.64	4.44
0.21	1.53	0.42	3.05	0.63	4.58
0.2	1.57	0.41	3.14	0.61	4.71
0.2	1.62	0.39	3.23	0.59	4.85
0.19	1.66	0.38	3.32	0.57	4.98
0.19	1.71	0.37	3.41	0.56	5.12
0.18	1.75	0.36	3.5	0.55	5.25
0.18	1.8	0.35	3.59	0.53	5.39
0.17	1.8	0.34	3.59	0.51	5.39
0.16	1.8	0.32	3.59	0.48	5.39
0.15	1.8	0.31	3.59	0.46	5.39
0.15	1.8	0.29	3.59	0.44	5.39
0.14	1.8	0.28	3.59	0.42	5.39
0.13	1.8	0.27	3.59	0.4	5.39
0.13	1.8	0.26	3.59	0.39	5.39
0.12	1.8	0.25	3.59	0.37	5.39
0.12	1.8	0.24	3.59	0.35	5.39
0.11	1.8	0.23	3.59	0.34	5.39
0.11	1.8	0.22	3.59	0.33	5.39
0.1	1.8	0.21	3.59	0.31	5.39
0.1	1.8	0.2	3.59	0.3	5.39
0.1	1.8	0.19	3.59	0.29	5.39
0.09	1.8	0.19	3.59	0.28	5.39
0.09	1.8	0.18	3.59	0.27	5.39
0.09	1.8	0.17	3.59	0.26	5.39
0.08	1.8	0.17	3.59	0.25	5.39
0.08	1.8	0.16	3.59	0.24	5.39
0.08	1.8	0.16	3.59	0.24	5.39

Fuente: Elaboración Propia



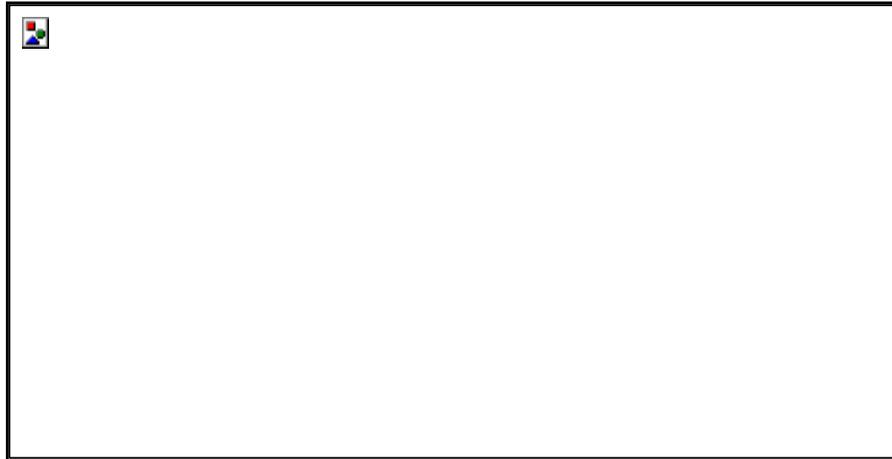
Figura 62. Espectros de demanda sísmica

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.11.2 Mecanismos de Rotulas Plásticas

Para la incorporación de rotulas en las vigas y columnas se realizaron de acuerdo a las tablas del ASCE 41-13, para vigas se empleó la tabla 10-7 -Concrete Beams - Flexure asignándole los valores de la rótula tipo flexión (M3), y en el caso de las

columnas se empleó la tabla 10-8 - Concrete Columns asignándole la rótula de tipo fuerza axial y momento acoplado (P-M2-M3). Las rotulas son modeladas como puntos específicos, de tal modo que la deformación plástica, sea desplazamiento o rotaciones ocurren donde se le fue asignada la articulación. La distancia limitada en la que se asignaron las rotulas plásticas, para este caso fueron a un 15 % y 85% de la distancia de las vigas y columnas tanto en las direcciones X e Y.



*Figura 63. Formulación de rotulas plásticas*

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.11.3 Curva de Capacidad**

Producto de aplicar las cargas incrementales calculadas en el análisis estático (distribución de fuerzas en altura) mediante el push-over en cada dirección de la estructura hasta el colapso, y la obtención final de las rotulas plásticas en los elementos de la estructura, viene a ser la curva de capacidad en ambos sentidos de la estructura, que nos brindó información valiosa de comportamiento de la estructura en un rango inelástico, la curva presenta en las abscisas el desplazamiento y en las ordenadas la cortante basal, como en la figura siguiente:



*Figura 64.* Curva de capacidad en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

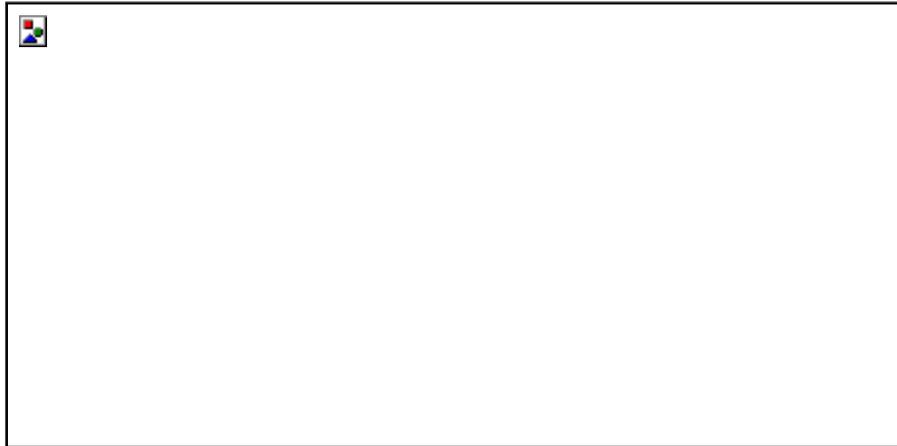


*Figura 65.* Curva de capacidad en la dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.11.4 Espectro Capacidad**

Las curvas de espectros de capacidad que se muestran en las siguientes figuras, se obtuvieron empleando pautas del método “espectro-capacidad” para ambos sentidos de análisis.



*Figura 66.* Espectro capacidad en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

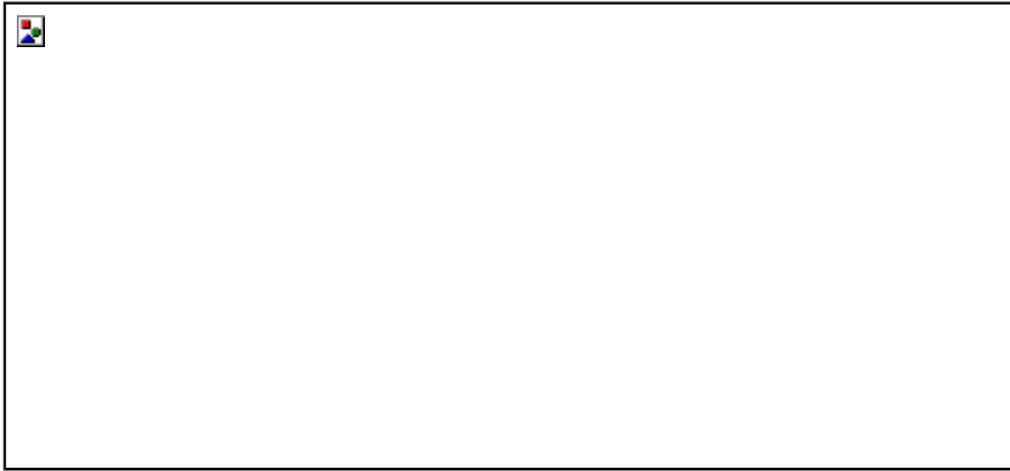


*Figura 67.* Espectro capacidad en la dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

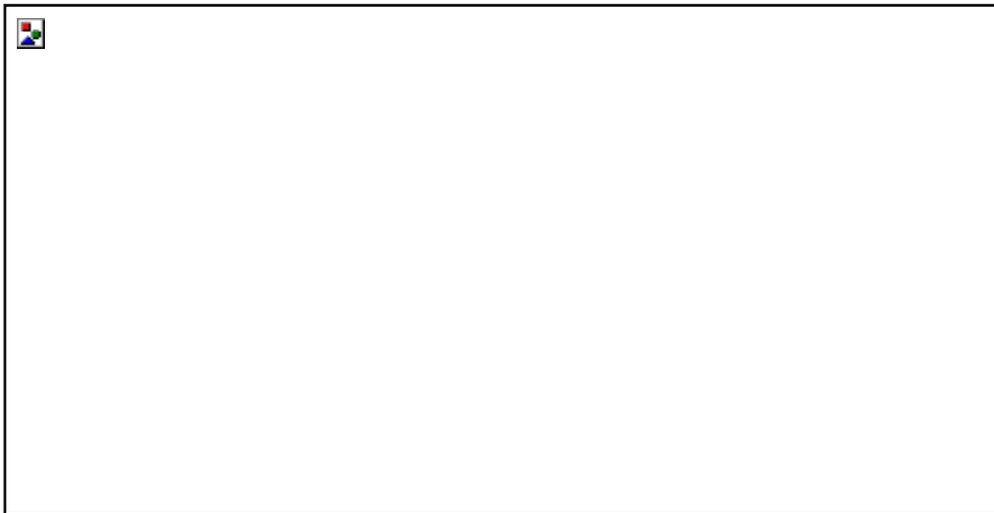
#### **4.3.11.5 Seccionamiento del Espectro de Capacidad**

Los niveles de desempeño son definidos según a lo dado por FEMA y Visión 2000 en Operacional, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención del Colapso. En tal sentido se efectuó la división según los parámetros presentados por Visión 2000. Para la dirección en X, de la curva Bi-lineal el desplazamiento de fluencia  $D_y$  es igual a 2.23 cm y el desplazamiento máximo  $D_u$  es 5.88, por lo tanto, los deslizamientos para los niveles de desempeños son los siguientes:



*Figura 68.* Seccionamiento del espectro capacidad en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 69.* Seccionamiento del espectro capacidad en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.3.11.6 Punto de Desempeño**

El resultado que se obtiene luego seguir de las pautas del método “espectro capacidad” es el punto de desempeño del edificio, esta es dada al intersecar las dos curvas de espectro, la de capacidad y demanda, las figuras siguientes presentan el punto de desempeño en ambos sentidos

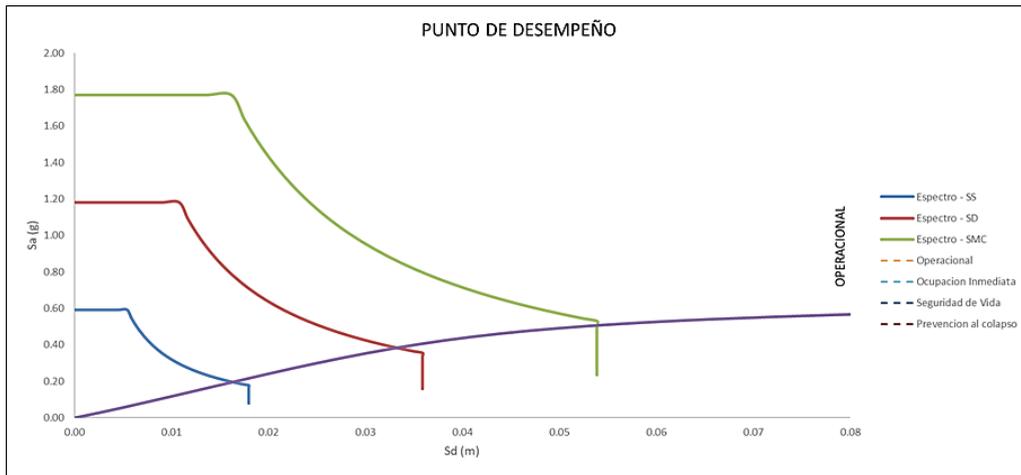


Figura 70. Ubicación del punto desempeño en la dirección X.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 70 se puede visualizar que en la dirección X para un sismo de servicio, un sismo de diseño y un sismo máximo considerado presenta un nivel de desempeño de operacional para caso nivel de sismo.

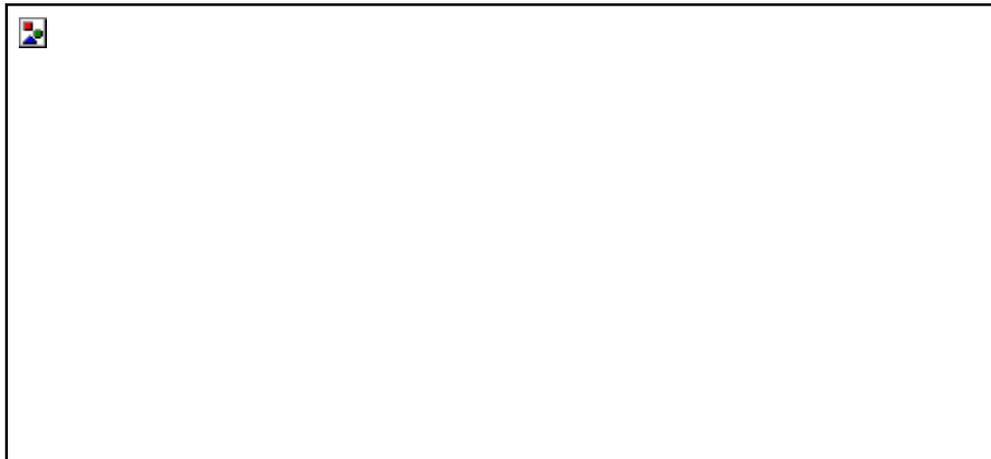


Figura 71. Ubicación del punto desempeño en la dirección Y.

Fuente. Elaboración propia

En la figura 71 se puede observar que en la dirección Y para un sismo de servicio, un sismo de diseño y un sismo máximo considerado presenta un nivel de desempeño de operacional para caso nivel de sismo.

## V. DISCUSIÓN

En este capítulo del proyecto de investigación se comparará con algunos antecedentes elegidos que tengan relación con las variables de este trabajo de investigación.

### 5.1 Las máximas derivas del bloque D

De acuerdo con los resultados obtenidos para nuestro primer objetivo específico “Calcular las máximas derivas del bloque D del hospital teniendo en cuenta la implementación de aisladores elastómeros de alto rendimiento en el Hospital Regional de Ica” Se determinó que los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento mejoran las derivas máximas obtenidas en comparación con las derivas máximas obtenidas para la estructura con base fija, por lo que coincide con el autor Calderón Salazar, Blanca (2018) en su tesis titulada “Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del pabellón de un hospital tipo II-1, Lima 2018” en la que se determinó que las derivas máximas en la superestructura en la dirección X e Y se redujeron en 86%.

**Tabla 68.** *Máxima deriva en la dirección X*

Descripción	Derivas en X		
	Base fija	Base aislada	% Disminucion
<b>Nivel 3</b>	0.006	0.001	80%
<b>Nivel 2</b>	0.006	0.002	72%
<b>Nivel 1</b>	0.003	0.002	35%

Fuente: elaboración propia

**Tabla 69.** *Máxima deriva en la dirección Y*

Descripción	Derivas en Y		
	Base fija	Base aislada	% Disminucion
<b>Nivel 3</b>	0.012	0.003	78%
<b>Nivel 2</b>	0.011	0.003	73%
<b>Nivel 1</b>	0.005	0.001	80%

Fuente: elaboración propia

De la tesis se obtuvo las derivas máximas mediante los diferentes análisis empleados tanto para la estructura con los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento base fija, donde las derivas obtenidas en el nivel 2 y 3 para la dirección Y son mayores que 0.007 por lo que no cumplieron con los lineamientos dados en la norma E.030.

## 5.2 Nivel desempeño sísmico del Bloque D

De acuerdo con los resultados obtenidos para nuestro segundo objetivo específico “Determinar el nivel desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica con el uso aisladores sísmicos alto amortiguamiento” se determinó que con la incorporación de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento la estructura tuvo un mejor desempeño sísmico para un sismo ocasional, raro y muy raro, lo que coincide con el autor Yucra Alaya, Maddeley (2018) en su tesis titulada “Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú” en la que se demostró que la estructura hospitalaria alcanza el nivel de desempeño de Ocupación Inmediata sometiéndose a un sismo máximo.

**Tabla 70.** Matriz de nivel de desempeño para edificaciones esenciales

	Periodo de retorno	NIVELES DE DESEMPEÑO			
		Operacional	Ocupacion Inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion al Colapso
<b>Niveles de Peligro Sismico</b>	43 años (Frecuente)				
	72 años (Ocasional)				
	474 años (Raro)				
	970 años (Muy raro)				

Fuente: adaptación de visión 200

**Tabla 71.** Matriz de nivel de desempeño en base fija

	Periodo de retorno	NIVELES DE DESEMPEÑO			
		Operacional	Ocupacion Inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion al Colapso
<b>Niveles de Peligro Sismico</b>	72 años (Ocasional)				
	474 años (Raro)				
	970 años (Muy raro)				

Fuente: elaboración propia

**Tabla 72. Matriz de nivel de desempeño en base aislada**

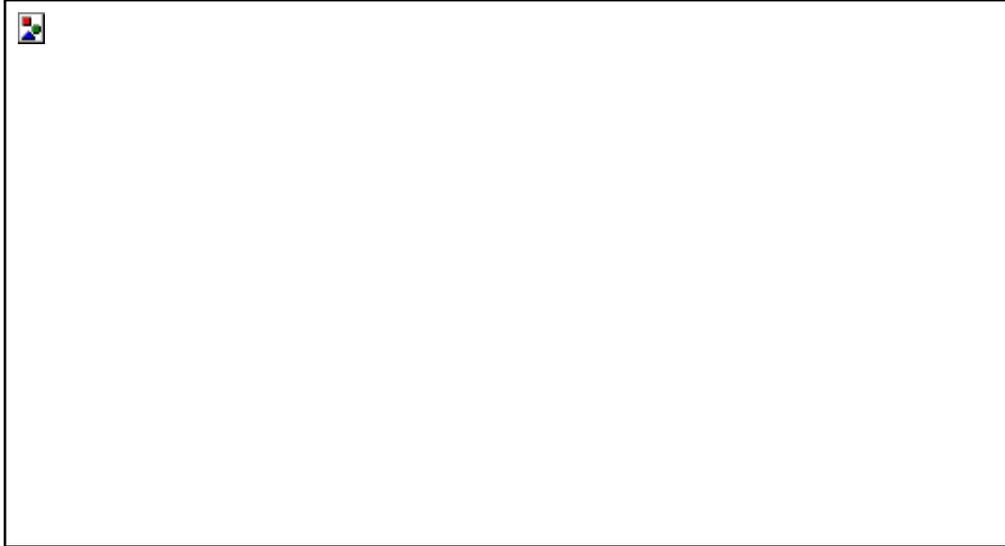
	Periodo de retorno	NIVELES DE DESEMPEÑO			
		Operacional	Ocupacion Inmediata	Seguridad de Vida	Prevencion al Colapso
<b>Niveles de Peligro Sismico</b>	72 años (Ocasional)				
	474 años (Raro)				
	970 años (Muy raro)				

Fuente: elaboración propia

De la tesis se obtuvo que según lo establecido por Fema y visión 2000, la estructura con la base fija cumplen con los niveles de desempeño para las estructuras esenciales dado por las normativas, por lo contrario, para la estructura con base aislada presenta un nivel de desempeño Operacional para en cada caso de sismo.

### 5.3 Respuesta estructural del Bloque D

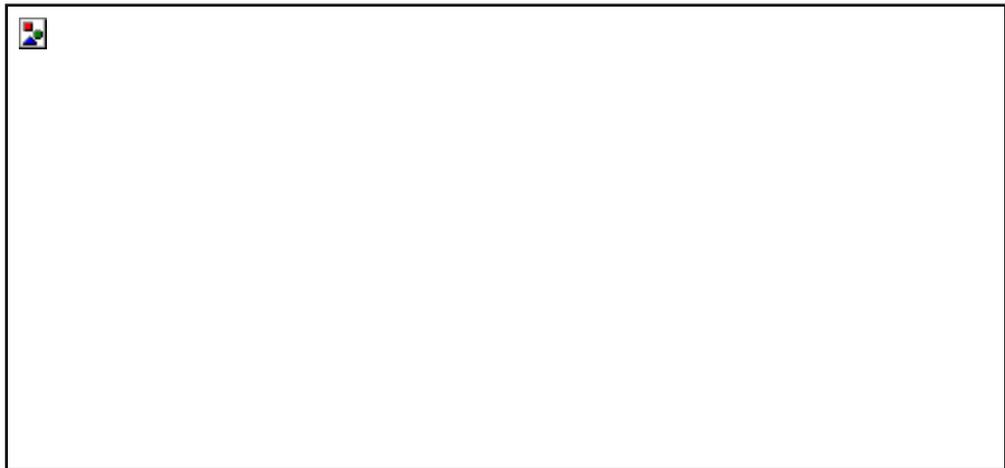
Según los resultados obtenidos para nuestro tercer objetivo específico “Evaluar la respuesta estructural del Bloque D del Hospital Regional de Ica ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento” se determinó que la aceleración en la estructura con aislamiento sísmico es significativamente mayor en comparación con la aceleración en la estructura con base fija, por lo que en la estructura con aisladores se disminuye las fuerzas laterales y las aceleraciones producidas por los sismos, esto confirma el autor Calderón Salazar, Blanca (2018) en su tesis titulada “Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del pabellón de un hospital tipo II-1, Lima 2018” en la que se obtuvo que el sistema de aislamiento sísmico incrementa el periodo efectivo de la estructura al contrario con la estructura de base aislada, también donde la masa participativa en la estructura aislada es casi constante del 99% en ambas direcciones y también las aceleraciones son reducidas en 77%.



*Figura 72.* Periodos obtenidos en base fija y en base aislada

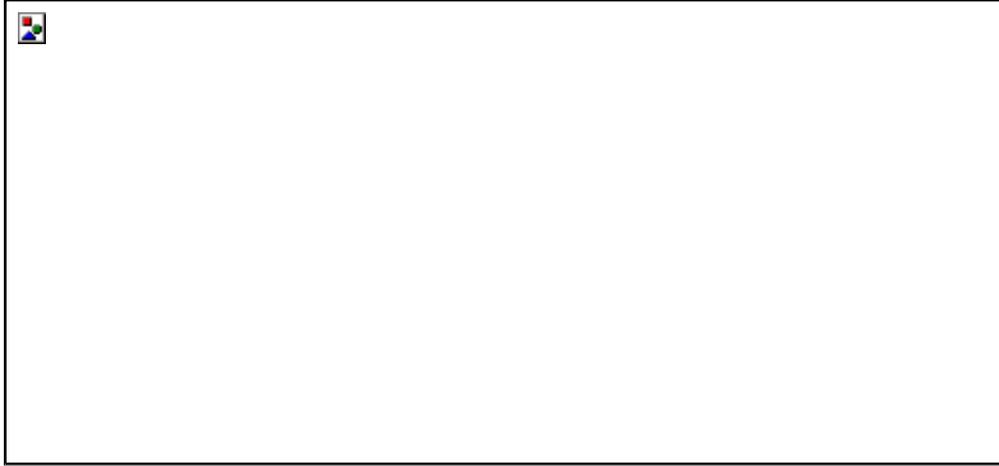
Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la figura 72 se observa que el periodo obtenido en la base aislada es considerablemente mayor en comparación con la estructura con base fija, de tal manera que se puede decir que los aisladores aumentan los periodos en la estructura, por lo que los aisladores disminuyen las fuerzas laterales producidas por los sismos, al contrario de la estructura de base fija que tiene un periodo pequeño por lo que recibe mayores fuerzas laterales.



*Figura 73.* Porcentaje de masa participativa en la dirección X.

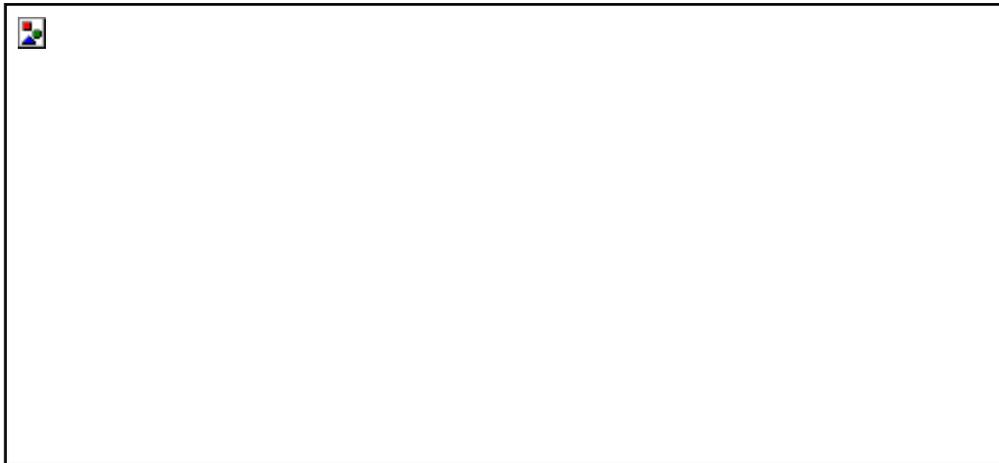
Fuente. Elaboración propia



*Figura 74.* Porcentaje de masa participativa en la dirección Y.

Fuente. Elaboración propia

Como se muestran en las figuras 73 y 74 el porcentaje de masa participativa desde los primeros modos en la estructura aislada es de más del 94% lo que cumple con lo que indica la norma ya que es más del 90% de la masa participativa, por otro lado, la estructura con base fija los primeros modos tienen una masa participativa a partir del 57% lo que no cumpliría con lo que indica la norma E.030.



*Figura 75.* Aceleraciones máximas obtenidas en la base fija y base aislada.

Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la figura 75 la aceleración máxima obtenida en la estructura aislada disminuye en un 96% de la aceleración máxima obtenida en la estructura con base fija, por lo que la estructura aislada estaría recibiendo menores esfuerzos sísmicos.

## VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones para esta investigación en relación a los objetivos propuestos inicialmente son los siguientes:

- Se determinó que las derivas máximas obtenidas para la estructura con aisladores cumplen con lo el limite admisible de la norma E.031 y en comparación de la estructura de baje fija las derivas se vieron reducidas en diferentes porcentajes, teniendo una reducción promedio del 70% en las derivas lo que permite que la estructura se comporte como un sólido rígido verticalmente y horizontalmente sea más flexible.
- Se determinó que el nivel de desempeño para la estructura aislada con los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento para los tres niveles de amenaza sísmica tiene un desempeño operacional por lo que la estructura presentaría daños despreciables o nulo, y las instalaciones continuarían prestando sus servicios y funciones después del sismo.
- Se determinó y verifico la respuesta estructural donde la estructura con la base aislada se ve un incremento considerable del periodo por lo que se logra flexibilizar la estructura, también se vio una disminución del 96% en la aceleración en comparación con la base fija, por lo que los aisladores disminuyen las fuerzas sísmicas e incrementan la vibración de la estructura.
- Por ultimo luego de evaluar el desempeño sísmico del bloque D del Hospital Regional de Ica se vio que en comparación con el sistema de base fija, se presenta una disminución de derivas y aceleraciones, así como un aumento del periodo y de la masa participativa lo que evidencio que la incorporación de aisladores tiende a aumentar la regularidad sísmica de la estructura en comparación. En conclusión, los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento si influyen en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica por lo que se presenta un buen desempeño sísmico, manteniéndose en un nivel operacional en cada caso de sismo, es decir las actividades de los ocupantes de la edificación no se verán interrumpidos luego de un sismo.

## VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que da la investigadora de este trabajo de investigación son:

- Las derivas máximas que se obtuvieron con la incorporación de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento estuvieron por debajo del valor de 0.0035 por lo que cumple con la norma E.031, por lo que se recomienda que las derivas se evalúen según diferentes normas internacionales como la HAZUS que propone un valor admisible para las derivas de 0.0025.
- Para el desempeño sísmico debido a que la norma peruana no tiene parámetros para poder determinar el nivel de desempeño sísmico de la estructura se recomienda investigar las diferentes normas americanas como: ASCE 7 - 10, HAZUS, VISION 2000, FEMA.
- Se recomienda que para tener una respuesta estructural favorable en una estructura aislada evaluar cada caso de rigidez en los aisladores ya que esta determinara el aumento o disminución de periodo y la aceleración estructural.
- Finalmente, la implementación de aisladores está avanzando cada día más en nuestro país por la inclusión de la reciente norma E.031 "Aislamiento sísmico" aunque aún está muy detrás de otros países es por ello se recomienda hacer más evaluaciones con los aisladores implementándolos también en estructuras como las edificaciones multifamiliares por la gran cantidad de personas que albergan, pero que sin embargo aún no está contemplado en nuestra normativa.

## REFERENCIAS

- PRETELL, Raul. Análisis sismo resistente utilizando aisladores sísmicos en un edificio multifamiliar de 9 pisos en la Urb. San andrés distrito de Trujillo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25162>
- YUCRA, Maddeley. Evaluación del desempeño sísmico de hospitales aislados en el Perú. Tesis (Grado académico de magister en Ingeniería civil). Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/11891>
- MOSCOSO, Joel. Evaluación del desempeño de edificaciones hospitalarias Prefabricadas con aislamiento sísmico en el Perú. Tesis (Grado académico de magister en Ingeniería civil). Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú, 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14990>
- ALEMAN, Luis y NARANJO, Luis. Diseño por desempeño de elementos estructurales de hormigón armado mediante los códigos FEMA, utilizando ETABS. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Sangolqui, 2011. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3885/1/T-ESPE-032558.pdf>
- *Protección antisísmica mageba –preservación fiable de estructuras*. [en línea]. New York: mageba-group. Fecha de publicación: Enero del 2020. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.mageba-group.com/mx/es/>
- Carlos Genatios, Marianela Lafuente. Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras [en línea]. Caracas: Editor CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, 2016 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2020]. Capítulo 3. Aislamiento Sísmico. Disponible en: [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com) ISBN: 978-980-422-056-2

- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020. 304 pp. [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2020]. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/Título%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma Técnica de Edificación E.031 Aislamiento Sísmico. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020. 335 pp. [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/259580-043-2019-vivienda>
- REIDAR MARRS, Nicholas. Seismic Performance Comparison of a fixed - Base versus a Base - Isolated office building. Thesis (Master of Science in Architecture with as Specialization in Architectural Engineering). California, United States: The Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2013
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS 2008 Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI Chapter 17). Estados Unidos.
- Alvarado - Veras, M. A. (2016). Análisis estático no lineal: Aplicación de métodos avanzados a un edificio típico de la República Dominicana. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya - Escuela Técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos de Barcelona.
- HERRERA, Marcos. Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso. Tesis (Título en Ingeniería Civil) Piura: Universidad de Piura, 2018. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3246/ICI\\_247.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3246/ICI_247.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- AOKI, Yoshitsugu, OHASHI, Yuji, entre otro. Target Seismic Performance Levels In Structural Desing for Buildings. Artículo Disponible en: <http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/0652.pdf>
- HERNÁNDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, María. Metodología de la investigación. 5°. Ed. México: McGraw-Hill, 2010. 4 pp. ISBN:9786071502919
- APPLIED, Technology Council. Next-Generation Performance Based Seismic Desing Guidelines. Disponible en: <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1600-20490-1237/fema445.pdf>
- SILGADO, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513 -1974). Instituto de Geología y Minería. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 3, 130 pp.
- Structural Engineers Association of California Structural (SEAOC), Vision 2000- Report on performance based seismic engineering of buildings, California, 1995. Universidad de Mendoza [en línea], Argentina [fecha de consulta: 29 de junio de 2019] disponible en: <http://www.um.edu.ar/es>
- ROMERO, Auris; LIZ, Mary. Análisis del desempeño sismico en estructuras de instituciones educativas del Sector de Azapampa, Distrito de Chilca, Huancayo-2016. 2017.
- SEAONC. (2004). State of the Art Technologies Base Isolation and Energy Dissipators Protection of Nonstructural Elements and Contents: SGH Consulting Engineers.
- SINISTERRA BONILLA, Helmer, et al. Determinación del desempeño sísmico para edificios en pórticos de concreto reforzado diseñados bajo la norma de diseño sísmo resistente CCCSR 84. 2017.
- NÚÑEZ PALACIOS, Alba Beatriz. Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia. 2018. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.

- ÁVILA, Chávez; DENISSE, Xenxia. Evaluación por desempeño mediante un análisis no lineal estático del módulo 1, del bloque A, del Hospital Daniel Alcides Carrión, de la provincia de Huancayo, Región Junín. 2017.
- ORTIZ, Estefany. Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado “Limburg Platz” de la ciudad de Quito, para garantizar la seguridad de los ocupantes. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2012. Disponible en: <file:///C:/Users/Williams/Downloads/Tesis%20Lucia.pdf>
- SALCEDO, Yuler. Desempeño sísmico por el método push over de un edificio construido en la ciudad de Barranquilla bajo la norma NSR-10. Barranquilla. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Barranquilla: Universidad de la Costa, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. Disponible en: <http://repositorio.cuc.edu.co/jspui/bitstream/11323/248/1/1032418668.pdf>
- MARTINEZ, William. Disipadores de fluido viscoso en el modelo estructural de un edificio público y su influencia en la respuesta sísmica. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2018. 184 pp.
- CHENET, Manuel. Estrategia de internacionalización considerando la marca y su influencia en la complacencia de los estudiantes de las escuelas de negocio de Lima. Tesis (doctor en administración, mención en dirección estratégica). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2017. 261 pp. Disponible en: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2992>
- COHEN, Néstor y GOMEZ, Gabriela. Metodología de la investigación, ¿para qué? Buenos Aires: Editorial Teseo, 2019. 277 pp. ISBN: 9789877231908
- TORO JARAMILLO, Iván Darío y PARRA RAMIREZ, Rubén Darío. Método y conocimiento: metodología de la investigación. 1a ed. Medellín: Universidad EAFIT, 2006. 387pp. ISBN: 9588281113
- PROAÑO SARANGO, Jhonatan Santiago. Análisis y diseño sísmico de un edificio en acero con Aisladores Sísmicos, modelamiento en el Etabs. Tesis. Quito: Universidad Central del Ecuador. 2014. 272pp.

- OVIEDO, Juan Andrés y DUQUE, María del Pilar, Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. Revista EIA, (6):105-120, 2006. ISSN: 1794-1237
- MUÑOZ GUEVARA, Joseph Jonathan. Análisis y diseño de una estructura hospitalaria con aisladores sísmicos en la ciudad de Arequipa. Tesis. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. 2013. 159pp.
- MARTINEZ COLAN, Andrés Ignacio y MELGAR CUEVA, Carlos Jesús. Análisis, comportamiento y diseño de edificaciones con Aisladores de Péndulo Friccional. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015. 118pp.
- INEI. Compendio estadístico Perú 2014. INEI. [en línea]. Capítulo 6. [Fecha de consulta: 14 de diciembre del 2020]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1173/cap06/cap06.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/cap06/cap06.pdf)
- NDECI. Guía para la protección de establecimientos de salud ante desastres naturales. INDECI. [en línea]. Capítulo 2. [Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2016]. Disponible en: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc41/doc41\\_2.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc41/doc41_2.pdf)
- FEDERACION INTERAMERICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. Aislación Sísmica y Disipación [en línea]. 2003. [Fecha de consulta: 29 de diciembre del 2020]. Disponible en: <http://www.fiic.la/LXV°/02000NSEJ0e/020DIRECTIVO%20PANAMA/DE LALLERA%203.pdf>.
- DUNN ARIAS, Kevin Martín. Rehabilitación estructural de la Facultad de Ingeniería mediante Aisladores Sísmicos. Tesis. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2013. 261 pp.
- C1P - UNI. Informe de Sismo de Puno [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 18 de diciembre del 2016]. Disponible en: [http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/2016/Sismo\\_Puno\\_01Dic2016a.pdf](http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/2016/Sismo_Puno_01Dic2016a.pdf)

- BENAVENTE VIACAVA, José y TRAVERSO TACURI, Iván. Comparación del análisis y diseño de un edificio de concreto armado de siete pisos con y sin aislamiento en la base. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú .2013. 63 pp.
- ARIAS, Fidas G. El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6aed. Caracas: Editorial Episteme. 2012. 146 pp. ISBN: 9800785299
- AGUIRRE AMEZ, Yuriko Yuly y HUALLANCA PARRA, Luis Felipe. Influencia de la esbeltez en el comportamiento estructural de edificios con aislamiento en la base. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016. 68 pp.
- KELLY, T. (2001). "In-Structure Damping and Energy Dissipation", Design Guidelines Published by Holmes Consulting Group, Wellington. New Zealand
- SHIMAZAKI K., y Sozen, & M. A. (1984). Seismic Drift Of Reinforced Concrete Structures, Technical Report, Hazama-Gumi, Tokyo,1984, 145-165. Obtenido de [https://datacenterhub.org/dv\\_dibbs/view/1491:dibbs/experiments\\_reports\\_explorer/?filter=files.exp\\_id%7C334870220%7C%7Cfiles.column\\_type%7Creports](https://datacenterhub.org/dv_dibbs/view/1491:dibbs/experiments_reports_explorer/?filter=files.exp_id%7C334870220%7C%7Cfiles.column_type%7Creports)
- RUIZ García, & y Miranda E. (2003). Inelastic Displacement Ratios For Evaluation Of Existing Structures, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, 32 (8), 1237-1258. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.271>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

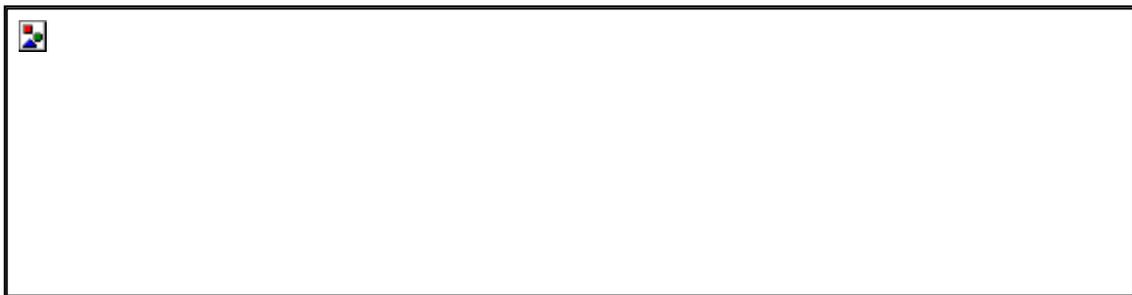
Título: “Análisis del desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica con aisladores elastómeros de alto amortiguamiento-2020”

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Desempeño sísmico	(Humburger, 1997, p.9).El desempeño se expresa numéricamente en términos de la proporción de daño en una edificación afectada por un movimiento telúrico y el impacto que ocasionan estos daños en las actividades que se darán luego al evento.	El desempeño sísmico se evaluará según los resultados , analizando si la estructura podrá seguir brindando el servicio al ser sometido a un sismo.	Espectro sísmico	Espectro de demanda sísmica	Nominal
				Espectro de capacidad	
			Operatividad del edificio	Curva de capacidad	
				Demanda sísmica	
Aisladores elastómeros de alto amortiguamiento	(Mendez, 2013, p.13). El aislador elastomérico de alto amortiguamiento se conforma en capas alternas de material elastómero y láminas de acero vulcanizado. Este apoyo ofrece un alto grado de amortiguación, de hasta el 16%, a causa de la utilización de un compuesto elastomérico desarrollado que ofrece mayor capacidad de amortiguación y de movimiento, también una alta resistencia al desgaste mecánico.	Los aislantes Elastoméricos de alto amortiguamiento, serán evaluados por su respuesta estructural, desplazamiento y fuerza en la base, con los indicadores correspondientes como cálculos de ingeniería sísmica, reacción de la estructura, espectro de respuesta; factor zona, factor suelo y peso de la edificación.	Nivel de amortiguamiento	Diseño	Nominal
				Capacidad portante	
			Periodo efectivo	Espectro de diseño	
				Usando aislador	
				Sin uso de aislador	
			Capacidad de carga	Carga permanente	
				Carga vivas	
Carga estáticas					

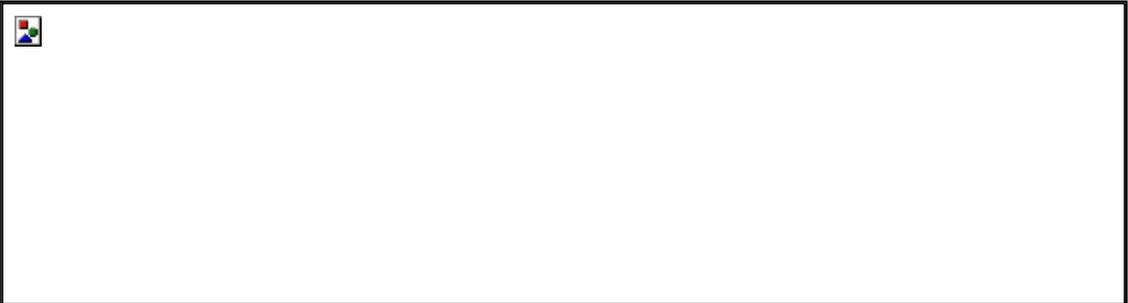
## ANEXO 2. Matriz de consistencia

Problemática	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología	
Problema general	Objetivo específico	Hipótesis general	Variable independiente				
¿De qué manera los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento influirán en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica - 2020?	Analizar de qué manera los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento influyen en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica - 2020.	Los aisladores elastómeros de alto amortiguamiento si influyen en el desempeño sísmico del Hospital Regional de Ica - 2020	Desempeño sísmico	Espectro sísmico	Espectro de demanda sísmica	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo	
					Espectro de capacidad		
				Operatividad del edificio	Curva de capacidad		<b>Tipo:</b> Aplicada
					Derivas		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	Nivel de amortiguamiento	Diseño	<b>Nivel:</b> Explicativa	
* ¿De qué manera influirá uso de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento en las máximas derivas del bloque D del Hospital Regional de Ica?	*Calcular las máximas derivas del bloque D del hospital teniendo en cuenta la implementación de aisladores elastómeros de alto rendimiento en el Hospital Regional de Ica.	*El uso de aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento si influyen en las derivas máximas del Bloque D del Hospital Regional de Ica.	Aisladores sísmicos elastómeros de alto amortiguamiento	Periodo efectivo	Capacidad portante	<b>Diseño:</b> Cuasi experimental	
					Espectro de diseño		
					Usando aislador		
*¿Cuál es el nivel desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica con el uso de aisladores sísmicos de alto amortiguamiento?	*Determinar el nivel desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica con el uso de aisladores sísmicos alto amortiguamiento	*El nivel del desempeño sísmico del Bloque D del Hospital Regional de Ica es favorable con el uso aisladores sísmicos de alto amortiguamiento.			Sin uso de aislador		
*¿Cuál es la respuesta estructural del Bloque D del Hospital Regional de Ica ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento?	*Evaluar la respuesta estructural del Bloque D del Hospital Regional de Ica ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento	*La respuesta estructural del Bloque D del Hospital Regional de Ica, es favorable ante un sismo con el uso de aisladores elastómeros de alto amortiguamiento.		Capacidad de carga	Carga permanente		
					Carga vivas		
					Carga estáticas		

**ANEXO 3. Registros sísmicos Ica-2013 y Lima 2013**



**ANEXO 4. Registros sísmicos Arequipa -2017 y Arequipa - 2018**



## ANEXO 5. Distorsiones del Sismo Lima 2013

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA_2013 EW - XX															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_2013_EW_XX	15.46	5.10	0.000091	1	25.1454	10.7	14.3	410	0.6	0.0002	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_2013_EW_XX	14.81	4.70	0.000087	4	27.9512	10.7	10.3	460	0.86	0.0002	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_2013_EW_XX	13.95	4.24	0.000081	5	30.8144	10.7201	6.4	460	1.00	0.0002	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_2013_EW_XX	12.94	3.91	0.000075	6	30.4	10.7	2.3						

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - LIMA 2013 EW - YY -0.36g															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_2013_EW_YY	4.35	14.823	0.000354	1	25.145	10.7	14.3	410	0.99	0.0002	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_2013_EW_YY	4.20	13.827	0.000336	4	27.951	10.7	10.3	460	1.12	0.0002	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_2013_EW_YY	3.96	12.702	0.000315	5	30.814	10.720	6.4	460	0.93	0.0002	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_2013_EW_YY	3.67	11.76	0.000292	6	30.4	10.7	2.3						

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 2013 NS - XX -0.48g															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_2013_NS_XX	5.39	1.73	0.000034	1	25.145	10.7	14.3	410	0.3	0.0001	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_2013_NS_XX	5.05	1.53	0.000032	4	27.951	10.7	10.3	460	0.45	0.0001	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_2013_NS_XX	4.60	1.31	0.000025	5	30.814	10.720	6.4	460	0.53	0.0001	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_2013_NS_XX	4.07	1.14	0.000027	6	30.4	10.7	2.3						

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 2013 NS - YY															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus	
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_LIMA_2013_NS_YY	1.54	5.12	0.000113	1	25.145	10.7	14.3	410	0.61	0.0001	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_LIMA_2013_NS_YY	1.44	4.50	0.000106	4	27.951	10.7	10.3	460	0.68	0.0001	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_LIMA_2013_NS_YY	1.30	3.82	0.000096	5	30.814	10.720	6.4	460	0.44	0.0001	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_LIMA_2013_NS_YY	1.15	3.37	0.000096	6	30.4	10.7	2.3						

## ANEXO 6. Distorsiones del Sismo Ica 2013

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2013 EW - XX																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2013_EW_XX	81.72	24.92	0.00011	1	25.145	10.7	14.3	410	1.08	0.000	0.00	0.002	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2013_EW_XX	80.64	24.36	0.00010	4	27.951	10.7	10.3	460	1	0.000	0.00	0.002	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2013_EW_XX	79.14	23.66	0.00010	5	30.814	10.720	6.4	460	1.81	0.000	0.00	0.002	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2013_EW_XX	77.33	23.04	0.00009	6	30.4	10.7	2							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - ICA 2013 EW - YY																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2013_EW_YY	24.80	84.08	0.00065	1	25.145	10.7	14.3	410	1.92	0.000	0.00	0.002	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2013_EW_YY	24.50	82.16	0.00063	4	27.951	10.7	10.3	460	2.34	0.000	0.00	0.002	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2013_EW_YY	24.08	79.81	0.00060	5	30.814	10.720	6.4	460	1.93	0.000	0.00	0.002	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2013_EW_YY	23.55	77.88	0.00058	6	30.4	10.7	2							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2013 NS - XX																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2013_NS_XX	56.31	16.72	0.0000	1	25.145	10.7	14.3	410	0.65	0.000	0.00	0.002	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2013_NS_XX	55.62	16.67	0.00007	4	27.951	10.7	10.3	460	0.99	0.000	0.00	0.002	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2013_NS_XX	54.62	16.53	0.00007	5	30.814	10.720	6.4	460	1.27	0.000	0.00	0.002	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2013_NS_XX	53.35	16.17	0.00007	6	30.4	10.7	2							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO ICA 2013 NS - YY																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_ICA_2013_NS_YY	16.63	54.77	0.00048	1	25.145	10.7	14.3	410	0.00	0.0000	0.005	0.0025	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_ICA_2013_NS_YY	16.45	54.77	0.00047	4	27.951	10.7	10.3	460	0.28	0.0001	0.005	0.0025	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_ICA_2013_NS_YY	16.15	54.49	0.00045	5	30.814	10.720	6.4	460	1.06	0.0002	0.005	0.0025	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_ICA_2013_NS_YY	15.84	53.42	0.00044	6	30.4	10.7	2							

## ANEXO 7. Distorsiones del Sismo Arequipa 2017

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO AREQUIPA 2017 EW - XX																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_XX	32.948	10.418	0.000099	1	25.1454	10.72	14.33	4100	0.88	0.0002	0.005	0.0025	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_XX	32.065	9.853	0.000095	4	27.9511	10.72	10.32	4600	1.13	0.0002	0.005	0.0025	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_XX	30.928	9.209	0.00009	5	30.8144	10.7201	6.43	4600	1.21	0.0003	0.005	0.0025	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_XX	29.71	8.802	0.000085	6	30.46	10.72	2.5							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - AREQUIPA 2017 EW - YY																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_YY	9.697	32.558	0.000438	1	25.1454	10.72	14.33	4100	1.63	0.0004	0.005	0.0025	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_YY	9.421	30.922	0.000419	4	27.9511	10.72	10.32	4600	1.90	0.0004	0.005	0.0025	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_YY	9.06	29.013	0.000396	5	30.8144	10.7201	6.43	4600	1.40	0.0003	0.005	0.0025	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2017_EW_YY	8.647	27.608	0.000372	6	30.46	10.72	2.5							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO AREQUIPA 2017 NS - XX																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_XX	18.433	5.287	0.000079	1	25.1454	10.72	14.33	4100	0.29	0.0001	0.005	0.0025	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_XX	18.138	5.216	0.000077	4	27.9511	10.72	10.32	4600	0.48	0.0001	0.005	0.0025	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_XX	17.655	5.121	0.000074	5	30.8144	10.7201	6.43	4600	0.70	0.0002	0.005	0.0025	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_XX	16.948	4.901	0.000072	6	30.46	10.72	2.5							

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO AREQUIPA 2017 NS - YY																
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z	Altura	Desplazamiento Relativo	Distorsion	Norma	Criterios	Verificacion	
			mm	mm	rad		m	m	m	mm	mm		E031	Hazus		
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_YY	5.222	16.158	0.000384	1	25.1454	10.72	14.33	4100	0.37	0.0001	0.005	0.0025	OK	
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_YY	5.141	15.785	0.000373	4	27.9511	10.72	10.32	4600	0.04	0.0000	0.005	0.0025	OK	
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_YY	5.005	15.745	0.000362	5	30.8144	10.7201	6.43	4600	0.69	0.0002	0.005	0.0025	OK	
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2017_NS_YY	4.806	15.046	0.00035	6	30.46	10.72	2.5							

**ANEXO 8. Distorsiones del Sismo Lima 1974**

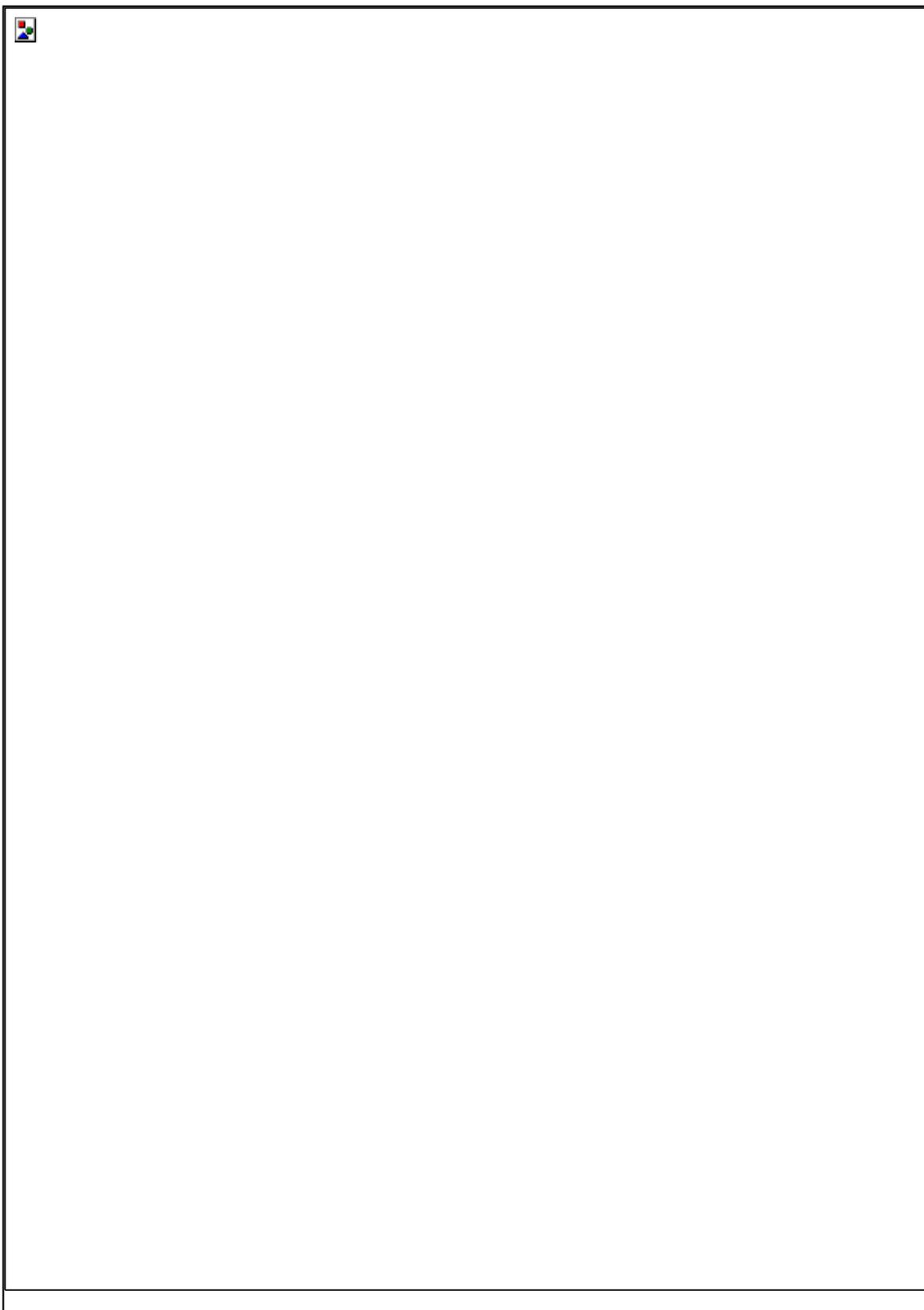
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 EW - XX															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X m	Y m	Z m	Altura mm	Desplazamiento Relativo mm	Distorsion	Norma E031	Criterios Hazus	Verificacion
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_XX	283.51	87.76	0.00068	1	25.1454	10.72	14.3	4100	2.3	0.0007	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_XX	280.71	85.49	0.00066	4	27.9512	10.72	10.3	4600	3.76	0.0008	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_XX	276.95	82.92	0.00065	5	30.8144	10.7201	6.4	4600	4.44	0.0010	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_XX	272.50	81.57	0.00065	6	30.46	10.72	2.5						

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - LIMA 1974 EW - YY															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X m	Y m	Z m	Altura mm	Desplazamiento Relativo mm	Distorsion	Norma E031	Criterios Hazus	Verificacion
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_YY	84.28	295.26	0.00374	1	25.1454	10.72	14.31	4100	9.201	0.0022	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_YY	83.41	286.06	0.00370	4	27.9512	10.72	10.32	4600	10.19	0.0022	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_YY	82.24	275.87	0.00366	5	30.8144	10.7201	6.41	4600	4.324	0.0009	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2018_EW_YY	80.88	271.54	0.00361	6	30.46	10.72	2.5						

DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 NS - XX															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X m	Y m	Z m	Altura mm	Desplazamiento Relativo mm	Distorsion	Norma E031	Criterios Hazus	Verificacion
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_XX	310.23	95.71	0.00065	1	25.1454	10.72	14.31	4100	2.699	0.0007	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_XX	307.53	93.44	0.00064	4	27.9512	10.72	10.32	4600	3.702	0.0008	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_XX	303.83	90.83	0.00063	5	30.8144	10.7201	6.41	4600	4.483	0.0010	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_XX	299.34	89.35	0.00063	6	30.46	10.72	2.5						

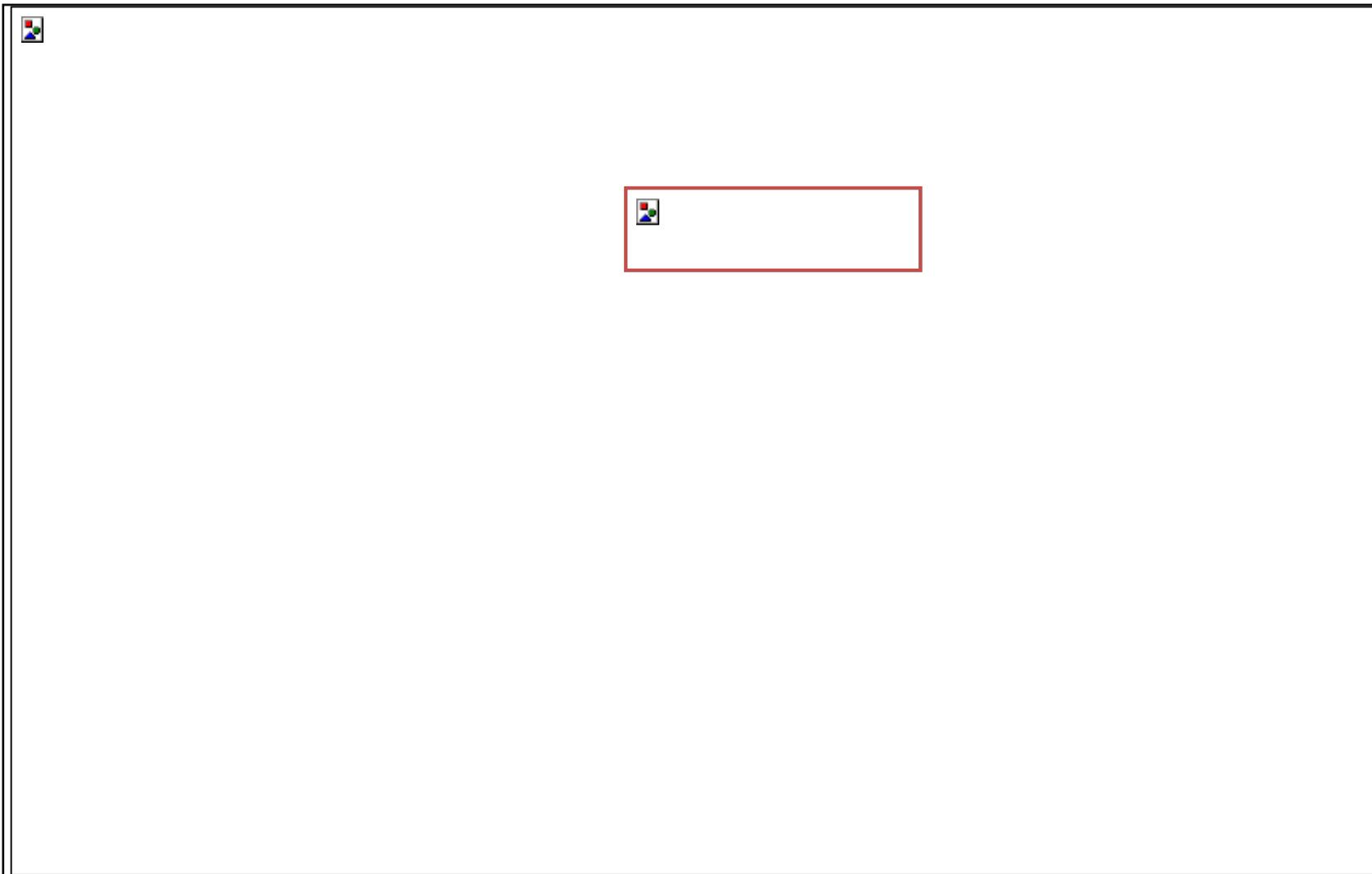
DESPLAZAMIENTOS EN EL CENTRO DE MASA - SISMO LIMA 1974 NS - YY															
Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X m	Y m	Z m	Altura mm	Desplazamiento Relativo mm	Distorsion	Norma E031	Criterios Hazus	Verificacion
Story3	Diafragma Rigido_03	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_YY	93.15	320.92	0.00338	1	25.1454	10.72	14.3	4100	8.55	0.0021	0.005	0.0025	OK
Story2	Diafragma Rigido_02	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_YY	92.27	312.36	0.00336	4	27.9512	10.72	10.3	4600	9.73	0.0021	0.005	0.0025	OK
Story1	Diafragma Rigido_01	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_YY	91.07	302.62	0.00334	5	30.8144	10.7201	6.4	4600	4.97	0.0011	0.005	0.0025	OK
Nivel de Base	Diafragma_Rigido_Base	SISMO_AREQUIPA_2018_NS_YY	89.65	297.64	0.00331	6	30.46	10.72	2.5						

**ANEXO 9.** *Solicitud de acceso a la información*

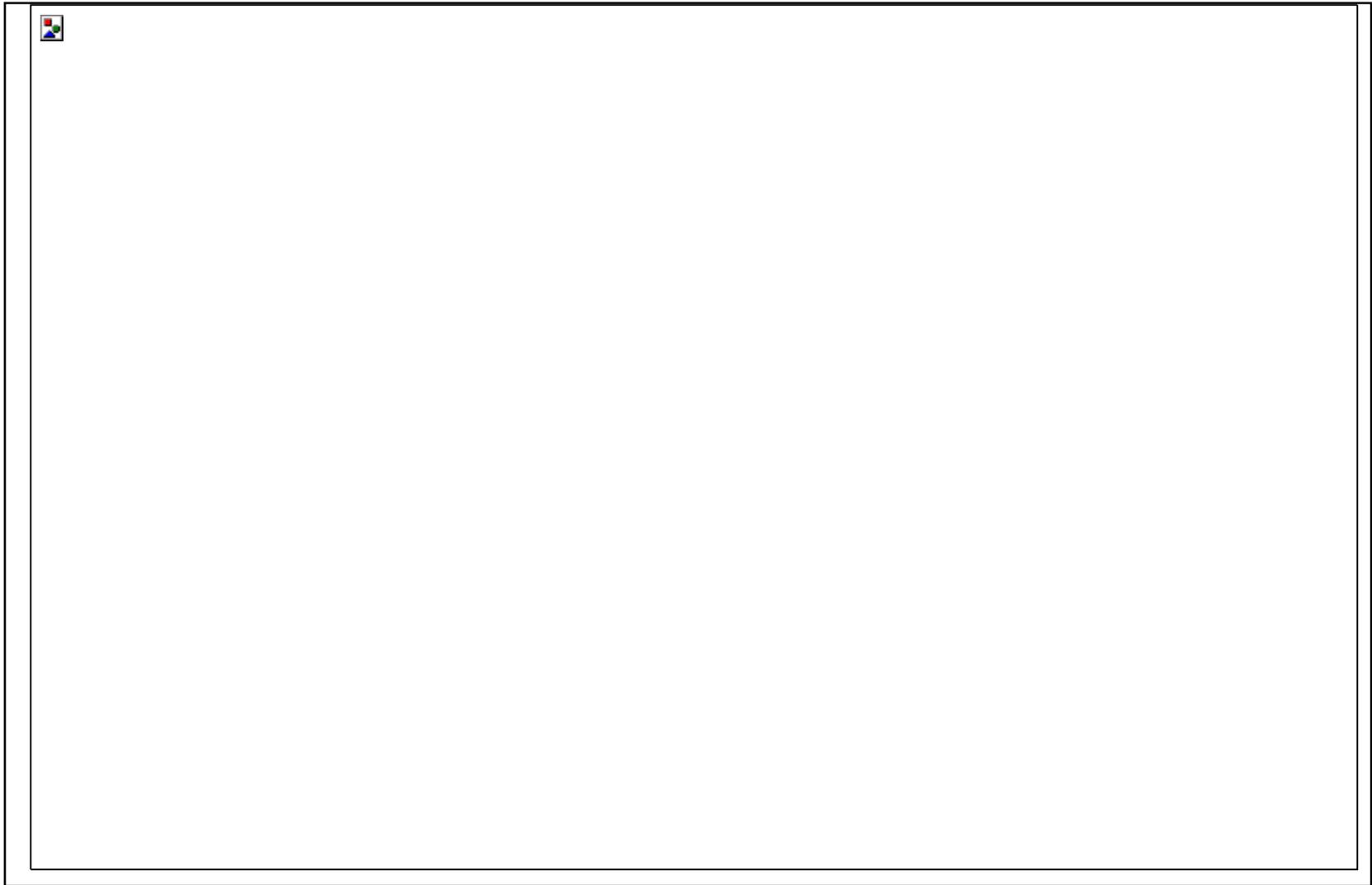




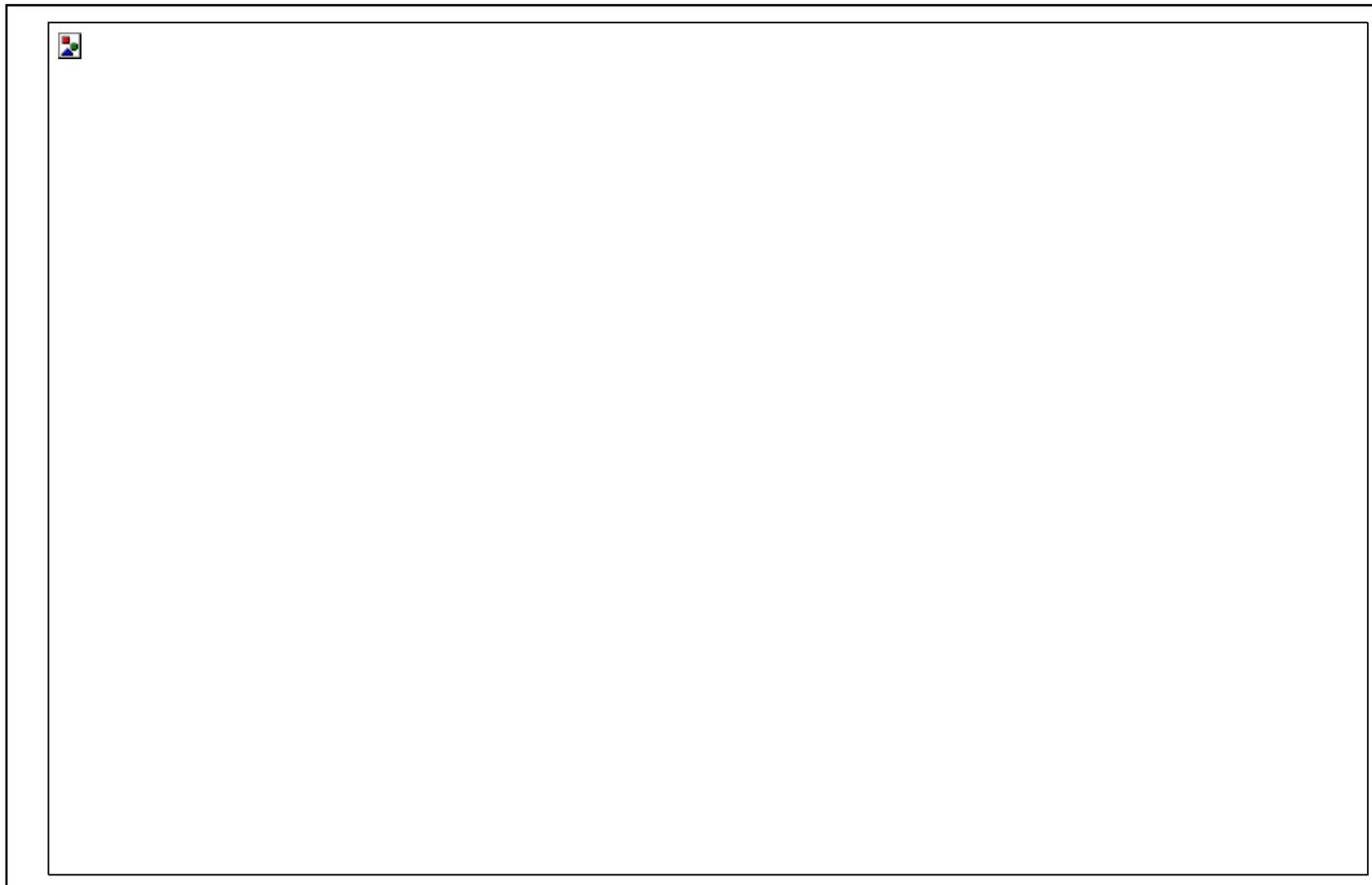
**ANEXO 10. Plano de ubicación**



**ANEXO 11. *Plano estructural del nivel 1***



**ANEXO 12.** *Plano estructural del nivel 2*



**ANEXO 13.** *Plano estructural del nivel 3*

