



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote - 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Quiroz Baltazar, Anibal Nilo (ORCID: 0000-0003-3166-8858)

**ASESOR:**

Mgtr. Muñoz Arana, José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

CHIMBOTE – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Esta presente tesis está dedicada primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Baltazar Carrasco Francisca y padre Quiroz Santamaría Modesto por haberme dado la existencia; y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

A mi abuela Paula Santamaría que me cuida desde el cielo gracias por todas las enseñanzas que me inculco desde niño y mi abuelo por tanto amor que me trasmite, ellos son mi mayor motivación para seguir adelante.

## **Agradecimiento**

Agradezco al Arquitecto Nahin Collazos por el apoyo constante, y haberme brindado sus conocimientos valiosos con respecto al aislamiento Sismico

Al Mgtr. Ing. Moncada Saucedo por haber confiado en mí y haberme brindado su apoyo como asesor temático.

A Mgtr. Ing. Muñoz Arana como asesor metodólogo gracias por la paciencia y el conocimiento brindado

A Dr. Cerna Chávez Rigoberto, como asesor metodólogo.

Gracias a ustedes he logrado concluir con éxito la presente tesis.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	iv
Índice de gráficos .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2 Variables y operacionalización .....	15
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	18
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos .....	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES .....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS .....	68



## Índice de tablas

Tabla 1: parámetros para la estructura con base fija .....	21
Tabla 2: parámetros obtenidos para la estructura con base aislada .....	22
Tabla 3: Propiedades físicas de los aisladores .....	23
Tabla 4: Propiedades físicas de los aisladores según el catálogo de tensa.....	24
Tabla 5: Propiedades nominales de los aisladores .....	25
Tabla 6: Propiedades para el límite inferior .....	26
Tabla 7: Propiedades para el límite superior .....	27
Tabla 8: Masa participativa.....	28
Tabla 9: Cortantes y desplazamientos para un sismo de diseño con $R = 6$ .....	29
Tabla 10: Derivas para un sismo de diseño con $R = 6$ .....	32
Tabla 11: “Aceleración de entrepiso” con un sismo de diseño .....	34
Tabla 12: periodo base fija y base aislada con las tres propiedades .....	36
Tabla 13: Cortantes y desplazamientos para las propiedades límite inferior .....	37
Tabla 14: Cortantes y desplazamientos para las propiedades nominales.....	37
Tabla 15: Cortantes y desplazamientos para las propiedades límite superior .....	38
Tabla 16: Derivas con un sismo de diseño para las tres propiedades .....	38
Tabla 17: Derivas con un sismo máximo considerado para las tres propiedades	40
Tabla 18: Derivas con un sismo máximo considerado para las tres propiedades	41
Tabla 19: Aceleraciones de entrepiso con un sismo máximo $R1, R2, R6$ .....	43
Tabla 20: Derivas máximas con propiedades nominales .....	44
Tabla 21: Derivas máximas con propiedades límite inferior .....	45
Tabla 22: Derivas máximas con propiedades límite superior .....	45
Tabla 23: Aceleraciones de entre piso con un análisis tiempo Historia.....	46
Tabla 24: Límites de comportamiento según FEMA 356-ATC58.....	49

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Cortante en la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6 .....	30
Gráfico 2: Cortante en la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6.....	30
Gráfico 3: Desplazamiento en la estructura aporticado, muros y aislada en X con R=6.....	31
Gráfico 4: Desplazamiento en la estructura aporticado, muros y aislada en Y con R=6.....	31
Gráfico 5: Derivas obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6 .....	33
Gráfico 6: Derivas obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6 .....	33
Gráfico 7: Aceleraciones obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6 .....	35
Gráfico 8: Aceleraciones obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6 .....	35
Gráfico 9: Periodos obtenidos para la estructura aporticado, muros y base aislada .....	36
Gráfico 10: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo de diseño en X con R=6 .....	39
Gráfico 11: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo de diseño en Y con R=6 .....	39
Gráfico 12: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo máximo considerado en X con R=2 .....	40
Gráfico 13: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo máximo considerado en Y con R=2 .....	41
Gráfico 14: Derivas obtenidas para las tres propiedades para el 100% del sismo máximo en X con R=1 .....	42
Gráfico 15: Derivas obtenidas para las tres propiedades para el 100% del sismo máximo considerado en Y con R=1.....	42
Gráfico 16: Aceleraciones de entrepiso con un sismo máximo para R6, R2, R1 en X,Y .....	44
Gráfico 17: Aceleraciones de entrepiso generado con el sismo de Ancash_1970_ en EW_XX.....	47
Gráfico 18: Diagrama de histeresis .....	47
Gráfico 19: Balance energético .....	48

## RESUMEN

Se empleó una investigación de tipo aplicada, cuantitativa y diseño no experimental, transversal, correlacional, para determinar la influencia de un sistema de aislamiento sísmico en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020, para la muestra se tomó como referencia una edificación hospitalaria denominada de tipo 2 para la presente tesis con un área de 1680 m<sup>2</sup> y cinco niveles ubicada en la zona 4 según el mapa de zonificación de Perú, la edificación se realizó desde el pre dimensionamiento de los elementos estructurales hasta la etapa de análisis y diseño sísmico, de una edificación con base fija luego se incorporó un sistema de aislamiento sísmico, y se verificó que tanto influye en la respuesta dinámica de la estructura, como instrumento de recolección de datos se empleó una ficha técnica elaborada por el Tesista y validadas por juicio de expertos, los resultados indican que un sistema de aislamiento sísmico disminuye las derivas, las fuerzas cortantes, las aceleraciones de entrepiso, y reduce la energía de entrada en un 80% por otro lado incremento el desplazamiento y el periodo fundamental de la estructura con base fija de 0.561 segundos en modo 1 a 2.893 segundos con las propiedades límite inferior de los dispositivos,

**Palabras claves:** aisladores sísmicos, análisis dinámico, análisis tiempo historia, amortiguamiento efectivo.

## ABSTRACT

It was used an applied research, quantitative and non-experimental design, cross-sectional, correlational to determine The seismic isolation system influence in the dynamic response of a hospital building type 2 - New Chimbote – 2020, for the sample it was taken as reference a hospital building called type 2, for this thesis, with a 1680 m<sup>2</sup> area and five levels located in zone 4 according to the zoning map of Peru, the building was made from the pre-dimensioning of the structural elements to the analysis and seismic design stage, of a fixed-base building, then a seismic isolation system was incorporated, and it was verified to what extent it influences on the dynamic response of the structure, as a data collection instrument it was used a technical data form elaborated by the Thesis Researcher and validated by experts, the outcomes show that a seismic isolation system decreases drifts, shear forces, mezzanine accelerations, and reduces the input energy by 80%, on the other hand, it increases the displacement and the fundamental period of the structure with a fixed base from 0.561 seconds in mode 1 to 2.893 seconds with the devices lower limit properties.

**Keywords:** seismic isolators, dynamic analysis, time history analysis, effective damping.

## I. INTRODUCCIÓN

En los sismos ocurridos en países como Chile (2010), Japón (2011) y México (2017) se ha visto que diversas edificaciones han colapsado como producto de los terremotos. Lo preocupante de estas fallas estructurales y colapsos, es que estas edificaciones fueron construidas mediante pórticos y muros estructurales y diseñadas mediante los parámetros normativos sísmo resistente como es la norma E-030 de diseño sismorresistente (Ranghieri y Ishiwatari, 2014, p. 38).

A raíz de estos desastres muchos países como Japón, Rusia, y Estados Unidos comenzaron a desarrollar e incorporar dispositivos de protección sísmica como aisladores y disipadores a las nuevas edificaciones con la finalidad de mitigar estos daños que generan la muerte de muchas personas, además genera daños en los elementos estructurales.

Al igual que en estos países, el Perú es un país que se encuentra en el cinturón del fuego, por lo tanto, el riesgo frente a movimientos sísmicos es alto y permanente. A ello se le debe añadir el largo silencio sísmico en el país particularmente en la capital de Perú, Lima que, según los antecedentes históricos a nivel mundial y nacional, las principales pérdidas se conciben en edificaciones convencionales, edificaciones que albergan gran cantidad de vidas humanas como los centros educativos, viviendas, centros de salud y departamentos.

A diferencia de las edificaciones convencionales, las estructuras de mayor importancia son diseñadas para que soporten sin desventaja, los movimientos sísmicos y delimiten los daños en el contenido de la edificación durante sismos de gran intensidad y así no generen perjuicios, e impidan el colapso durante terremotos de gran magnitud protegiendo el contenido y la vida de sus habitantes (Barmo, 2014, p. 2).

Sin embargo, las edificaciones convencionales no son tan eficientes al permitir el daño en el contenido como muebles y sistemas complementarios como agua y electricidad, cubiertas frágiles como vidrios y otros, esta filosofía de

diseño no está situada a que no se originen perjuicios en las estructuras y sus contenidos, en casos excesivos, toman incluso restringir o impedir el uso de una edificación después de haberse ocurrido un sismo.

En el caso de edificaciones esenciales y con contenidos de gran valor, tales como estructuras hospitalarias, clínicas etcétera el objetivo de la norma E-030 de advertir el colapso estructural no es lo requerido, ya que se pretende cuidar que los servicios continúen funcionando durante o rápidamente después de haberse dado un sismo de gran intensidad, en algunos casos, puede ser una exigencia del dueño o negociante, obtener que la estructura tenga mayor desempeño ante terremotos de gran magnitud mayor al que propone el reglamento E,030, 2018 que es salvaguardar la vida humana, (Zayas, 2017, p. 1).

Esto se pueden alcanzar incorporando dispositivos de protección sísmica ya que de no ser así llevaría a posibles colapsos de las estructuras como lo sucedido en otros países.

El diseño sismo resistente en los últimos eventos sísmicos no ha garantizado un comportamiento adecuado, presentándose colapsos, como lo sucedido, en el sismo de México del 2017 cerca de 200 edificaciones fueron demolidas, el sismo de Ica del 2007 dejo casi el 90% de las estructuras inhabitables esto genero gastos económicos en la reconstrucción de los bienes inmuebles que quedaron destruidos y a la rehabilitación de los que quedaron afectados.

En las estructuras hospitalarias es necesario mejorar el desempeño estructural mediante dispositivos de protección sísmica como los aisladores sísmicos conformado por un sistema de aislamiento, aplicando las normativas nacionales e internacionales y la filosofía de funcionalidad continúa sometiendo a la estructura a un análisis estático, dinámico e historia de respuesta (Piscal y López, 2019, p. 63).

En la actualidad con el desarrollo de la tecnología ya vienen implementando este tipo de sistemas de protección sísmica en el Perú, aunque aún no se ha definido el impacto o influencia que tendría este tipo de sistema de aislamiento

sísmico ante la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 en la zona 4 donde se encuentra la ciudad de Nuevo Chimbote.

A raíz de ello se llegó a la siguiente formulación de problema ¿en qué medida un sistema de aislamiento sísmico influye en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020?

Por otro lado. Justificación de la investigación a nivel científica o académica permite validar las ideas propuestas y otros modelos desarrollados, contrastar con la norma E-031, permite incorporar tecnología modernas en las nuevas edificaciones y a nivel social, fomenta la construcción de edificaciones más seguras, disminuir el riesgo, promueve la ingeniería sísmica y estructural, y permite edificaciones dentro de la filosofía de la funcionalidad continua

Las consideraciones expuestas conllevaron a determinar el siguiente objetivo general. Determinar en qué medida un sistema de aislamiento sísmico influye en la respuesta dinámica de una edificación de salud – Nuevo Chimbote 2020 y como objetivo específico.

Definir y desarrollar los parámetros de la norma E-030, 2018 y E-031, 2018 para el análisis y diseño sísmico de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote 2020, determinar las propiedades físicas y mecánicas de los aisladores elastoméricos para el aislamiento sísmico de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020, determinar los parámetros de control según la Norma E-030 y E-031, 2018 para la edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote - 2020, determinar el nivel de desempeño de la edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote 2020.

Con respecto a hipótesis, un sistema de aislamiento influye en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020, incrementando el amortiguamiento en un rango aproximado de 15% a 30% por ende, aumenta el periodo en un rango de tres veces mayor al periodo de una estructura con base fija y disminuyen las aceleraciones, derivas, y fuerzas cortantes dando un mayor desempeño de la estructura ante los movimientos sísmicos.

## II. MARCO TEÓRICO

Los sistemas de aislamiento sísmico en la actualidad se vienen estudiando con mayor profundidad por los investigadores de la rama de ingeniería sísmica y estructural esto generó gran interés por los alumnos de pregrado de la ingeniería civil como es el caso de.

Zagal (2019), en la tesis: “análisis de la influencia de aisladores sísmicos en la respuesta estructural aporticado” tuvo como objetivo analizar una estructura aporticado y medir la influencia de los aisladores sísmicos en la respuesta estructural. Para lo cual empleó la investigación de tipo correlacional llegando a concluir que el periodo de la edificación sin aislador es de 0.885 segundos y presenta derivas de 0.0053 en el sentido X y 0.0054 en el sentido Y asimismo se presentó mayor desplazamiento en el sentido X llegando a un desplazamiento de 53.36 cm mientras que la estructura con el sistema de aislamiento se redujo el desplazamiento en un 88% en la dirección “Y” y 70% en la dirección “X” las derivas con el sistema de aislamiento sísmico fueron de 0.0014 en el sentido “X” y en el sentido “Y” de 0.0005 de esta manera la edificación así como el contenido quedó más segura ante terremotos de gran magnitud.

Igualmente, Xavier (2014), en la tesis: “Análisis comparativo de comportamiento estructural en los edificios: hospitalización 2, C. obstetricia, C. quirúrgico, método tradicional (NEC-11, CEC 2002) Vs método con aislación sísmica de base (NCH-2745)”. Tuvo como objetivo realizar una comparación de respuesta estructural de una edificación aislada ante una convencional; Para ello empleó la investigación de tipo correlacional sometiendo a la edificación a un diseño sísmico, obteniendo como resultado que el periodo fundamental de la edificación, se reduce aplicando la norma chilena -11 en comparación con la norma ecuatoriana-2002, con respecto al inmueble de salud con el dispositivo incorporado es el esperado, para el aislador HDR y el mixto: tiene un periodo de 2,2 y 2,3 segundos correspondientemente la cual cercano al planteado primeramente de 2.00 segundos. Así mismo mediante estos dispositivos se logra reducir la cortante



basal, para la estructura común de 1932 ton y para la estructura con dispositivo Elastomérico de. 625 ton. representa una disminución de 68 % y 69% proporcionalmente.

Asimismo, Lema (2013), en la tesis: “Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en el ETABS”. Tuvo como objetivo comparar la respuesta de una edificación común y con aislamiento sísmico analizado en el software ETABS. Para ello empleo la investigación de tipo correlacional. Tomó como referencia una edificación de salud ya construida, como un sistema dual, el cual fue diseñado con la norma NEC 11 mientras que el modelo aislado incluye tres tipos de aisladores los cuales son HDR, LRB y FPS; para luego comparar la respuesta estructural. Se empleó como instrumento el software ETABS obteniendo como resultado. desplazamientos horizontales de 0.02 m, el período de 0.77 segundos, y una disminución en las derivas de entrepiso de 0.00380 a 0.00170, logrando una reducción en derivas de 21%, y la aceleración disminuye de 0.11 m/seg<sup>2</sup>, asimismo la aceleración en la estructura convencional quedó con 1.43 m/seg<sup>2</sup>. El cortante basal para el caso del edificio tradicional llega a 1790.61 Ton, mientras que para el caso del edificio aislado llega a un valor de 660.09 Ton, lo que implica un factor de reducción de 2.71. Llegando a concluir que la que la incorporación de este dispositivo en la edificación de salud mejoro el desempeño estructural, así como en el contenido y además económicamente a largo plazo podría ser considerablemente menor.

Por otro lado. Soriano (2014). En la tesis: “Comparación de la respuesta estructural del pabellón de la Universidad Privada del Norte con la base aislada mediante dispositivos Elastomericos y base fija” tuvo como objetivo. Comparar la respuesta estructural del pabellón A de la Universidad Privada del Norte con la base aislada mediante dispositivos Elastomericos y base fija; Para ello empleo la investigación de tipo correlacional obteniendo como resultado una disminución de 50% en las derivas y un 71% en cortante basal, así mismo el periodo paso de 0.29 segundos a 2.00 segundos, esto implica que la estructura queda con mayor seguridad dando un mayor desempeño a

sismos de gran magnitud por lo tanto, el autor concluye que, la respuesta del pabellón A de la UPN. Ofrece mayor seguridad con la base aislada. Así mismo.

Janampa (2018). En la tesis: "Diseño del sistema de aislamiento sísmico de un edificio hospitalario usando dispositivos HDR" Tuvo como objetivo estudiar el comportamiento dinámico del edificio aislado y los procedimientos para su análisis (elástico e inelástico) y diseño de los modelos de comportamiento de los dispositivos de aislamiento. Para ello empleo la investigación de tipo correlacional enfocándose en los aisladores HDR para el análisis propuso un edificio representativo ubicado en Perú obteniendo como resultado un desplazamiento (25.1 cm) la aceleración oscila entre un 22% entre el análisis espectral lineal 0.14g y en el análisis time history 0.18g. Las derivas obtenidas por el modelo elástico fueron menores a las derivas de la edificación común. Llegando a lograr en el análisis espectral lineal 0.0024 y time history 0.0027. así mismo el desplazamiento máximo de los dispositivos fueron de 31.1 cm, la diferencia entre las dos edificaciones aislada y no aislada fue de 18.0%. Por lo tanto, el autor concluye que el sistema de aislamiento sísmico da mayor desempeño a la estructura permitiendo cuidar la vida de los ocupantes y del contenido.

Por otra parte. Korswagen, Arias y Huaranga (2015). En la tesis: "Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú". Se planteó como objetivo analizar y diseñar una edificación con aislamiento sísmico y realizar una comparación entre los dos modelos para proponer pautas para determinar la factibilidad de dichos sistemas de protección sísmica. Para ello, empleo la investigación tipo correlacional llegando a concluir que la elevación y la esbeltez de una estructura son medidas restrictivas para la implementación con aisladores sísmico de una edificación. Asimismo, el periodo natural de la superestructura es un parámetro de la eficiencia en la aislación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior un sistema de aislamiento, primordialmente se fundamenta en separar la superestructura de la subestructura con dispositivos que son rígidos en sentido vertical y flexibles en el sentido horizontal y poseen grandes deformaciones laterales generadas por

el sismo por ende la edificación queda aislada de las aceleraciones del suelo, particularmente estos dispositivos son incorporados en la base de la edificación, pero existen casos donde se han instalado en la parte superior de los sótanos (Eguren, 2012, p. 3).

Para Falconi, Almazán, Dechent, y Suarez (2016), La implementación de dichos dispositivos amplifica el amortiguamiento de la estructura llevando a un periodo mucho mayor que el periodo de una edificación con base fija en consecuencia baja las aceleraciones por lo que las fuerzas inducidas sobre la edificación se reducen considerablemente. (p. 23).

Este tipo de dispositivos son destinado para dar mayor desempeño a una edificación ya sea estructural o no estructural además se puede implementar en diferentes tipos de estructuras ya sea nueva o construida que necesitan de soporte. a diferencia que las metodologías comunes de protección de edificaciones, el aislamiento basal reduce las aceleraciones a márgenes que pueda ser resistida por las edificaciones ya existentes, de gran valor patrimonial o edificaciones de categoría A1 esenciales y entre otras (Flores y Cahuata, 2015, p. 2).

En cuanto a la ecuación del movimiento. Eguren, Ricse y Huamaní (2012, p. 16), para sistemas de un grado de libertad la cual indica que la teoría lineal fue explicada en detalle por Kelly (1990). para ello se toma una edificación de un nivel idealizada donde propone como un cuerpo rígido con una masa "m" sobre un interfaz de aislamiento la cual cuenta con una rigidez "Kb" y un amortiguamiento "Cb".

Asi mismo. Eguren et al. (2012) la segunda idealización es tomar la edificación con dos grados de libertad donde se toma una masa "m" localizada en el primer nivel de la estructura y otra masa "mb" localizada en la base del edificio además la estructura por encima del sistema de aislamiento posee una rigidez "Ks" y amortiguamiento "Cs" y el sistema de aislamiento posee una rigidez "Kb" y amortiguamiento "Cb" (p. 17).

Este modelo matemático se puede idealizar como un sistema de masa y resorte ya que esta es más sencilla de solucionar desde el punto de vista matemático, cabe mencionar que esta proximidad es permitida y puede ser estimada correcta simplemente para los asuntos en que el periodo de la edificación de base fija es considerablemente mínimo que el periodo de la edificación aislada.

No obstante Molinares (2012), la ecuación del movimiento se puede representar mediante la matriz de masa  $M$ , la matriz de amortiguación  $C$ , y la matriz de rigidez  $K$ , para una estructura de base convencional, el desplazamiento relativo  $U$ , de cada grado de libertad con respecto al suelo está dado por  $m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = Mr\ddot{u}_g$  donde  $r$  = vector de una cada grado de libertad al movimiento del suelo, cuando este modelo estructural se superpone a un sistema de aislamiento de base con masa  $m_b$ , rigidez  $k_b$ , y amortiguación,  $c_b$ , (p. 89). En cuanto a clases de sistemas de protección

Para Aguiar, Vergara, Guaygua y Monge (2014, p. 36), existen diferentes clases de sistemas de protección sísmica como vienen a ser los sistemas pasivos, activos, híbridos y semiactivos, los dispositivos pasivos no requieren de una fuente externa de potencia y se mantienen estáticos mientras no se produzca movimientos en la estructura en la actualidad son los más utilizados dentro de ellos existen tipos de sistemas pasivos, como los aisladores y disipadores.

Por otro lado. Aguiar et al. (2014) menciona que los sistemas activos son métodos que incluyen sensores de movimiento, técnicas que controlan y procesan información, este tipo de métodos controlan el comportamiento estructural en tiempo real, detectan el movimiento y aplican la fuerza necesaria para evitar la que energía sísmica ingrese a la estructura, las alteraciones externas y el comportamiento de la edificación es calculada a través de sensores, principalmente acelerómetros los cuales son colocados en partes seleccionadas de la edificación (p.36).

Asi mismo. Molinares (2011, p. 62), indica que los sistemas activos funcionan mediante un algoritmo de control, que procesa el tiempo real y calcula las

fuerzas requeridas para que la estructura se oponga al sismo, este tipo de dispositivos requieren de un origen externa continua para su operación durante un movimiento Sismico

Para Molinares (2011, p. 62), los sistemas híbridos son sistemas mixtos ya que es la combinación de dos sistemas, pasivos y activos, con este tipo de sistemas se tiene más ventajas, si en caso uno llegara a fallar el otro sistema sigue ejerciendo funciones de control,

Además. Laverde (2017), señala que este tipo de dispositivos de protección sísmica, al igual que los sistemas activos también pueden ser monitoreados en un periodo existente del comportamiento estructural, sin embargo, los dispositivos activos no oponen resistencia de control de manera directa sobre la estructura, si no este tipo de dispositivo varía las propiedades mecánicas de la estructura en global. (p. 46).

Dando un mayor énfasis a los sistemas pasivos como los aisladores elastomericos de bajo amortiguamiento LDRB, con núcleo de plomo LRB, de alto amortiguamiento HDRB y su aplicación en la construcción civil.

En los finales de la década de los 70' empezaron a construir edificaciones en Japón. Durante los años 1985 y 1994 la cantidad de edificaciones aisladas comenzó a crecer alrededor de diez edificaciones anualmente. En el año 1978 se construye el viaducto de Toe-toe en North Island, en Nueva Zelanda la primera estructura echa con aisladores de núcleo de plomo LRB (Valerio, 2015, p. 19).

En este aspecto. Rivas (2020), detalla que los dispositivos LRB con núcleo de plomo son similares al HDRB aislador de alto amortiguamiento, y cuentan con láminas de caucho intercaladas con placas de acero la diferencia es que se incorpora un núcleo de plomo en el centro del aislador la cual incrementa la rigidez vertical el amortiguamiento y la capacidad de disipación de energía (p. 9).

En cambio, los dispositivos elastoméricos HDRB de alto amortiguamiento, la amortiguación se aumenta mediante la adición de bloque de carbono ultrafino, aceites o resinas y otros rellenos patentados, la amortiguación de se incrementa en un rango de 10% - 15%, pero a la vez son sensibles a cambios de temperatura además muestran mayor rigidez horizontal en los primeros ciclos de prueba por lo habitual se inmoviliza luego del tercer ciclo de carga. Al igual que los aisladores con núcleo de plomo, estos dispositivos tienen la posibilidad de disipación de energía presentando diagramas de histeresis, también son sencillos de elaborar (Díaz, 2015, p. 7).

En conclusión, los aisladores sísmicos mencionados tienen en común las propiedades mecánicas o también denominadas propiedades nominales de acuerdo a los códigos de análisis,

En tal sentido. Piscal y López (2018, p. 313), detallan las siguientes propiedades nominales que comprenden los siguientes términos, en el diagrama histerético, de fuerza desplazamiento, la rigidez inicial ( $K_1$ ), rigidez post fluencia ( $K_d$ ), rigidez efectiva ( $K_{eff}$ ), fuerza de fluencia ( $F_y$ ), desplazamiento de fluencia ( $d_y$ ), fuerza característica  $Q$ , fuerza máxima en el sentido positivo y negativo, desplazamiento en el sentido positivo y negativo, finalmente se tiene la energía disipada por ciclo ( $E_{ciclo}$ ) una vez determinada estas propiedades es necesario calcular el amortiguamiento efectivo requerido así como el periodo real de la estructura y la frecuencia angular,

Además, la rigidez efectiva es propiedad del dispositivo en su máximo desplazamiento bilineal, en el sentido horizontal la cual se calcula para cada ciclo de carga, la rigidez inicial es cuando el dispositivo se encuentra estático sin sufrir deformaciones, el desplazamiento máximo está relacionado a los parámetros de la zona, suelo, periodo objetivo, uso es decir a la pseudo aceleración máxima para un sismo máximo considera (Flores y Cahuata, 2015, p. 38).

Cabe indicar que cada dispositivo de protección sísmica sea de la familia de pasivos, activos, híbridos o semi activos son particulares en su comportamiento, forma, tamaño y la ubicación en la estructura,

Por ejemplo, los dispositivos elastomericos como los aisladores sísmicos por lo general se ubican en la base de las edificaciones, si en caso la edificación cuente con un sótano se ubica en la parte superior del sótano en el nivel cero de la estructura por lo tanto estos dispositivos requieren de una losa, ya sea aligerada o maciza denominado como nivel base, piso técnico o diafragma rígido (Aguiar y Pazmiño, 2018, p. 243).

En efecto para el análisis de las estructuras se emplean dos tipos de filosofías la del diseño por sismo resistencia que es salvaguardar la vida humana, garantizar la estabilidad de los servicios fundamentales y disminuir los perjuicios a la edificación según la E030,2018 mientras la filosofía por funcionalidad continua busca que después de haber ocurrido un terremoto de gran magnitud las edificaciones aisladas sigan funcionando, sin presentar fallas en la estructura y en los contenidos, esto es aplicable para estructuras primordiales como vienen a ser los centros de salud hospitales y clínicas (Zayas, 2017, p. 3).

En este sentido la edificación por encima del sistema de aislamiento sísmico corresponden diseñarse para oponer resistencia las fuerzas laterales como el viento al igual que una edificación con base fija y en cuestión de que la rigidez del dispositivo de aislamiento no sea lo necesario para impedir movimientos en la base debido al viento se tendrá que suministrar un sistema de limitación de desplazamientos, las edificaciones aisladas conviene permanecer libre de desplazamientos ante sismos de pequeña magnitud (Zayas, 2017, p. 10).

De este modo El RNE, Norma E-031, (2018. P. 71). indica que el sistema de aislamiento sísmico debe ser diseñado para resistir por lo menos el desplazamiento máximo, para ello previamente se tendrá que definir la carga última de acuerdo a las combinaciones definidas en la normativa, La carga vertical impuesta a cada dispositivo según indica la norma E-031, 2018 de aislamiento sísmico la norma detalla tres combinaciones, carga vertical promedio  $100\% CM + 50\% CV$ , carga vertical máximo  $125\% (CM + CV) + 100\% (CSH + CSV) + 20\% CN$ , carga vertical mínima  $90\% CM - 100\% (CSH + CSV)$  donde:  $CSV = 50\% (150\% ZS) CM$

La estructura dependiendo de las características y dispositivos incorporados presenta una respuesta dinámica, como se indicó los dispositivos LRB y HDRB tienen la capacidad de disipar energía sísmica a diferencia de los dispositivos LDRB, de bajo amortiguamiento que solo tienen la capacidad de desplazamiento, por ende si la estructura es aislada mediante solo dispositivos LDRB de bajo amortiguamiento la respuesta dinámica varía a diferencia de una edificación aislada mediante dispositivos de plomo LRB, de alto amortiguamiento HDRB o la combinación de estos dos últimos dispositivos.

Asimismo, DIAZ et al. (2019) menciona que la respuesta dinámica de una estructura está relacionada a muchos factores como masa, rigidez, amortiguamiento etcétera. toda edificación sometida a fuerzas sísmicas genera una respuesta dinámica ya sea en el rango lineal elástica o no lineal, (p. 7).

Además, Paulay et al. (1992) indica que depende de la configuración estructural, altura y el sistema constructivo una edificación rígida de muros estructurales tiende a oponer mayor resistencia al desplazamiento laterales por ende las derivas son bajas a comparación de una edificación aperturado que es más flexible y es más vulnerable a los desplazamientos y fallas estructurales generándose rotulas plásticas en la estructura. (p. 9).

Por otro lado, los sistemas de protección sísmica optimizan la respuesta dinámica de las estructuras proporcionando a las edificaciones a un mayor desempeño sísmico, tales como los aisladores, adicionan amortiguamiento y periodo considerado a la estructura de este modo el control de la respuesta dinámica de una estructura se puede determinar mediante parámetros establecidos en las normativas (Auersch, Romero y Galvin, 2014, p. 256).

En este aspecto las normativas nacionales e internacionales proporcionan parámetros a tener en cuenta en un análisis y diseño sísmico de cualquier edificación, mediante estos parámetros se deduce el comportamiento dinámico de una estructura en el caso de las normativas nacionales como la E-030 y E-031, uno de los parámetros de mayor importancia son las derivas,



Por esta razón Aguiar y Del Castillo (2019), las derivas de entrepiso indican que tanto se mueve la estructura y el daño que tendrá después de un evento sísmico, es decir si la estructura presenta derivas grandes por encima de lo mencionado en las normativas la estructura va presentar daños que en algunos casos es imposible de repararse, la deriva es la relación del desplazamiento relativo entre la altura de entrepiso y afectado por un 0.75 del factor de reducción sísmica (p. 120).

Por otro lado, un sistema de aislamiento sísmico tiene como principio elevar el periodo de la estructura e incrementar el amortiguamiento por lo general el periodo de una edificación aislada es tres veces mayor al periodo de una estructura con base fija

En este aspecto. Caicedo (2014), da a conocer que el periodo de la edificación convencional, se puede interpretar como el tiempo la cual puede ser medida en segundo con respecto a la edificación el periodo es el tiempo que demora una edificación o estructura en vibrar de un lado a otro llamado como un ciclo de recorrido para dar a conocer con más detalle a esto se propone la edificación como un péndulo invertido de un grado de libertad la cual oscila de un lado a otro cuando es sometida a cargas laterales generados por el sismo o viento (p. 6).

De igual modo. Tena (2014), un sistema de aislamiento sísmico adiciona una flexibilidad lateral y como consecuencia alarga el periodo fundamental esto genera un efecto ventajoso a la estructura ya que lleva a la estructura a una zona de bajas aceleraciones además proporciona amortiguamiento a raíz de ello las fuerzas inerciales que actúan en el centro de masa de la estructura son menores (p. 3).

Sobretudo cortante mínima es uno de los parámetros requeridos por la norma E-030, 2018 donde dice que la cortante dinámica tiene que ser superior a 80% de la cortante estática si en caso la edificación fuera regular. En caso contrario si la edificación es irregular la cortante dinámica será mayor o igual al 90% de la cortante estática, cuando no se cumpla dichos parámetros se tendrá que escalar las fuerzas (RNE, noma E-030 2018, p. 25).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, ya que se obtuvo resultados cuantitativos. La investigación se considera como aplicada debido a que se proyecta resolver un problema cotidiano de las zonas sísmicas con mayor aceleración, en este aspecto.

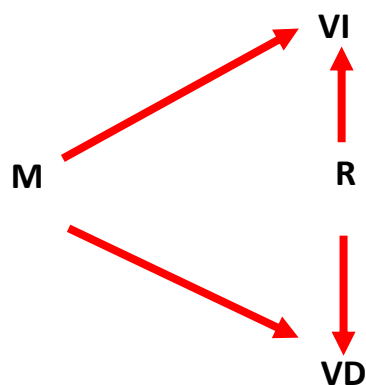
Nuño (2016, p. 3), señala que la investigación aplicada está orientada a la aplicación de los conocimientos a inconvenientes concretos, buscando principalmente soluciones inmediatas antes que buscar desarrollar teorías sobre el tema investigado.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Es no experimental transversal. Hernández et al. (2014) respecto a la Investigación no experimental manifiestan que no se controlan ni manipulan las variables (p.120).

Es transversal debido a que se logró a determinar los objetivos en un tiempo determinado sin la necesidad de desarrollar teorías a largo plazo.

Es correlacional, Hernández et al. (2014) menciona que la investigación correlacional posee un valor explicativo, al saber que dos variables interactúan se aporta datos explicativos (p. 74).



**Donde:**

- **M = Muestra**

Edificación hospitalaria de tipo 2

- **VD = Variable dependiente**

Respuesta dinámica

- **R = Resultado**

- **VI = Variable independiente**

Sistemas de aislamiento sísmico

### **3.2 Variables y operacionalización**

#### **3.2.1 Variable: Sistema de aislamiento Sísmico**

##### **Definición conceptual:**

Para Whittaker y Kumar (2014, p. 569), un sistema de aislamiento está conformado por un conjunto de elementos estructurales como vigas, losas, capiteles y aisladores sísmicos que son flexibles en el sentido horizontal y altamente rígidos en el sentido vertical con gran capacidad de desplazamiento lateral, además Scheaua (2014, p. 67), menciona que son capaces de reducir el efecto directo de las acciones sísmicas.

##### **Definición operacional:**

Proceso en la cual se adiciona mayor amortiguamiento y periodo a la estructura mediante dispositivos de aislamiento sísmico con el fin de llevar a la edificación a zonas de baja aceleración sísmica.

**Dimensiones: diseño**

- Desplazamiento traslacional
- Compresión
- Rigidez del sistema
- Amortiguamiento
- Disipación de energía
- Balance energético

**Indicadores:**

- Desplazamientos laterales ( $D_m$ ,  $D_{tm}$ )
- Capacidad de carga axial
- Rigidez efectiva, rigidez inicial, post fluencia
- % amortiguamiento efectivo
- Lazo Histerético
- Energía de entrada, energía cinética, energía potencial

**Escala de medición:** nominal

**3.2.2 Variable: Respuesta dinámica****Definición conceptual:**

Es el desempeño de una edificación frente a una fuerza sísmica, está relacionada a muchos factores como masa, rigidez, amortiguamiento. toda edificación sometida a fuerzas sísmicas genera una respuesta en el rango lineal o no lineal, esto también depende de la configuración estructural, altura sistema constructivo así como la característica de zona, uso, y suelo.

**Definición operacional:**

La respuesta estructural se evaluó mediante los valores obtenidos del análisis estático, y dinámico dichos indicadores fueron las aceleraciones, derivas, desplazamientos, cortantes, balance energético y periodos,

**Dimensiones:**

- Deformación de la estructura
- Vibración de la estructura
- Distorsion
- Energía sísmica
- Fuerzas Sísmicas

**Indicadores:**

- Desplazamiento (cm)
- Periodos
- Derivas
- Aceleraciones  $Z4=0.45g$
- Cortantes

**Escala de medición:** nominal

**3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis****3.3.1 Población**

Se tomó como población una edificación hospitalaria de tipo 2

### **3.3.2 Muestra**

Edificación hospitalaria de tipo 2

### **3.3.3 Unidad de análisis**

Edificación hospitalaria de tipo 2

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

### **3.4.1 Técnica**

Como técnica se aplicó el análisis documental

### **3.4.2 Instrumento**

Para la técnica de análisis documental se empleó como instrumento la ficha técnica donde se extrajeron todos los parámetros necesarios de las normativas, libros etcétera. Que posteriormente se usó para el ingreso de dichos parámetros e información al software de análisis no lineal.

### **3.4.3 Validez y confiabilidad de los instrumentos**

Se validó a través de juicio de expertos, la cual consistió en que tres profesionales especialistas en el tema, validaron los instrumentos.

## **3.5. Procedimientos**

- Se procedió a realizar el plano arquitectónico
- Se realizó la estructuración del plano arquitectónico
- Una vez realizada la estructuración se procedió a pre dimensionar los elementos estructurales como, vigas, columnas, losas (maciza y aligerado), muros etcétera.
- Se definió los parámetros normativos y para un primer análisis se definió la estructura como aporticado y se realizó el análisis con base fija con el

fin de verificar que la estructura cumpla con las derivas que exige la norma E-031, 2018 obteniendo resultados muy elevados

- Se realizó un segundo análisis con la estructura rigidizada con muros de concreto armado y se llegó a obtener resultados requeridos por la norma E-030, 2018
- Se realizó el Metrado de cargas de la edificación, para determinar las cargas muertas y las cargas vivas
- Una vez realizada el Metrado de cargas se procedió a ejecutar las combinaciones de cargas para determinar la carga ultima con lo cual se determinará el peso que cargará cada dispositivo de aislamiento
- Luego se procedió a determinar las propiedades físicas del dispositivo para lo cual se empleó la ecuación del desplazamiento traslacional, y ecuaciones extraídas de las normativas y/o bibliografías
- Luego se procedió a calcular las propiedades mecánicas para lo cual se empleó los catálogos de empresas fabricantes de aisladores como la empresa Italiana Tensa.
- También se calculó las propiedades mecánicas para el límite inferior y límite superior aplicando los factores de modificación de propiedades
- Se pasó a incrementar una losa o diafragma rígido en la base de la edificación también se incorporó los capiteles y pedestales
- Se realizó el análisis dinámico con el sismo de diseño, sismo máximo considerado con un espectro elastico  $R=1$  y  $R=2$
- Luego se recopiló los registros sísmicos registrados a lo largo de la historia, para realizar un análisis tiempo historia
- Se procedió a filtrar los sismos recopilados con el fin de corregir las señales para ello se empleó el software seísmo signal
- Luego se procedió a escalar los registros sísmicos a un espectro elástico

- Se procedió a ingresar los Parametros requeridos al software como las propiedades nominales de los aisladores, tanto para el límite inferior y superior
- Luego se procedió a realizar el análisis dinámico y tiempo historia correspondientes
- Se pasó a verificar la respuesta dinámica de la estructura como las derivas, periodos, masa participativa cortantes y desplazamientos, y aceleración de entre piso.
- Luego se procedió a comparar los Parametros obtenidos de los análisis Sismico de las edificaciones con base fija y base aislada

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se realizó mediante software de análisis no lineal como el Etabs, SeismoSignal, para el filtrado de señales acelerometricas SeismoMatch, para el escalado del sismo a un espectro objetivo de tipo elástica, Excel, para el procesamiento de datos mediante tablas y gráficos, el software Matlab para el cálculo de las propiedades de los aisladores con núcleo de plomo LRB las propiedades de los aisladores HDRB de alto amortiguamiento se realizó manualmente.

### **3.7. Aspectos éticos**

- Responsabilidad académica

Se tuvo en cuenta el derecho de autor de todos los trabajos realizados nacionales e internacionales las cuales fueron citadas como tal teniendo en cuenta todas las obligaciones legales como investigador



#### IV. RESULTADOS

##### 4.1 Parámetros definidos según la Norma E - 030, 2018

**Tabla 1:** *parámetros para la estructura con base fija*

PARÁMETROS		APORTICADO	MUROS
	Termino	Valor	Valor
Zona	Z4	0.45	0.45
Uso	U	1	1
Coeficiente Sismico en X	Cx	1.77	2.5
Coeficiente Sismico en Y	Cy	1.81	2.5
Exponente K en X	Kx	1.1745	1.029
Exponente K en Y	Ky	1.1645	1.0305
Factor de suelo	S2	1.05	1.05
Parametros de sitio	Tp	0.6	0.6
Parametros de sitio	TL	2	2
Factor de reducción sísmica	R	8	6
Peso Sismico	Tn	8227.6	8737.9
Irregularidad en altura	la	1	1
Irregularidad en planta	lp	1	1
Gravedad	g (m/s <sup>2</sup> )	9.81	9.81
Periodo en X	Tx	0.849	0.558
Periodo en Y	Ty	0.829	0.561

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** los parámetros como Zona, Uso, Factor de suelo, Parametros de sitio se definieron de la norma E-030, 2018 para ambas estructuras, pero el coeficiente sísmico en X, Y, exponente K en ambos sentidos ortogonales, Factor de reducción sísmica R, peso Sismico, irregularidad en altura y en planta y el periodo en ambos sentidos ortogonales de la estructura se obtuvieron mediante cálculo para ambas edificaciones, se puede apreciar en anexo capítulo 04 y capítulo 05

#### 4.1.2 Parámetros definidos según la Norma E - 031, 2018

**Tabla 2:** *parámetros obtenidos para la estructura con base aislada*

BASE AISLADA		
Parámetros	Termino	Valor
Zona	Z4	0.45
Sismo máximo considerado	SMC	0.675
Uso	U	1
Coeficiente Sismico en X	Cx	2.5
Coeficiente Sismico en Y	Cy	2.5
Exponente K en X	Kx	1.029
Exponente K en Y	Ky	1.0305
Factor de suelo	S2	1.05
Parametros de sitio	Tp	0.6
Parametros de sitio	TL	2
Factor de reducción sísmica	R	1
Factor de reducción sísmica	R	2
Factor de reducción sísmica	R	6
Peso Sismico	Tn	10621.89
Irregularidad en altura	la	1
Irregularidad en planta	lp	1
Gravedad	g (m/s <sup>2</sup> )	9.81
Carga vertical promedio	Tn	10663.25
Carga vertical máxima	Tn	20754.657
Carga vertical mínima	Tn	2779.249
Carga muerta	Tn	8926.34
Carga viva	Tn	3473.82
Registros Sísmicos	Año	Magnitud
Ancash	1970	7.8
Ica	2007	7.9
Lima	1966	8.1
Lima	1974	8.1

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** a la misma estructura de base fija con un sistema estructura de muros se tomó para el aislamiento sísmico por cumplir con todos los requisitos de diseño sismo resistente por ende se todos los datos obtenidos de la estructura, como Zona, Uso, Coeficiente sísmico en ambos sentidos, Exponente K de igual manera, factor de reducción sísmica  $R = 6$  para generar el espectro de diseño con el que se sometió a la estructura en un análisis lineal con fines comparativos y por ultimo indicar la estructura no presento irregularidades por ende se le asignó un factor igual a la unidad.

Los parámetros obtenidos con respecto a la estructura con base aislada, como factor de reducción sísmica igual a la unidad y dos se determinó de acuerdo a la norma, E-031, 2018, y los parámetros como peso Sismico y las combinaciones de carga, como carga vertical promedio con el que se diseñó los dispositivos, carga vertical máxima y carga vertical mínima se determinó con las ecuaciones definidas en la norma E-031, 2018 del mismo modo la carga muerta y a carga viva se determinó con un Metrado de los elementos estructurales, el cálculo de los Parametros mencionado se puede verificar en anexo a partir del capítulo 06 del mismo modo se puede verificar más información de los registros sísmicos

#### 4.2 Propiedades físicas de los aisladores

**Tabla 3:** *Propiedades físicas de los aisladores*

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AISLADOR				
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Unidades
Rigidez horizontal del Dispositivo (Keff)	1.21	0.60	0.60	Mpa.m
Altura de caucho	0.18	0.18	0.18	M
Area del Dispositivo	0.27	0.13	0.13	m <sup>2</sup>
Diámetro del Aislador	0.58	0.41	0.41	m
Desplazamiento Maximo	0.35	0.35	0.35	M
Desplazamiento total Maximo	0.43	0.43	0.43	M
Modulo de Corte	0.80	0.80	0.80	Mpa
Porcentaje de amortiguamiento	0.15	0.15	0.15	-----
Cantidad de aisladores	22	8	16	Unidades

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Con los datos obtenidos se procedió a buscar dispositivos que tengan las mismas propiedades y características del catálogo de la empresa tensa, empresa italiana actualmente cuenta con 50 sedes en diferentes países,

El diámetro de los depósitos como el de Tipo A se redondeó a 600 mm y el de tipo B y C se redondeó a 550 mm las propiedades físicas obtenidos son:

**Tabla 4:** *Propiedades físicas de los aisladores según el catálogo de tensa*

PROPIEDADES FÍSICAS		TIPO A	TIPO B	TIPO C
	UNIDAD	333.23 Tn	166.61 Tn	166.61 Tn
Catalogo Tensa				
Diámetro	mm.	600	550	550
Altura total incluyendo chapas	mm.	337	337	337
Tamaño de Chapas	mm.	650x650	600x600	600x600
Espesor total de Goma	mm	175	175	180
Factor de Forma S		29.5	27	25.7
Rigidez Vertical Kv	Kn/mm	1687	1320	1687
Rigidez Horizontal Efectiva Keff	Kn/mm	1.29	1.09	1.94
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292	292	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	350	300	453
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	6800	5700	5400
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2750	2000	1900
Diámetro del Plomo	mm			190
Tensión de fluencia del plomo	Kg/cm2			89

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** las propiedades físicas de los aisladores de tipo A y B se obtuvo del catálogo de tensa teniendo en cuenta las propiedades calculadas el de tipo C de cálculo por separado para la misma carga del tipo B debido a que son dispositivos excéntricos

#### 4.2.1 Propiedades Nominales de los aisladores elastomericos

**Tabla 5:** Propiedades nominales de los aisladores

PROPIEDADES NOMINALES			TIPO A	TIPO B	TIPO C
		<b>Carga</b>	<b>333.23 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>
		UNID			
Vertical (u1)					
Rigidez Vertical (Effective stiffness)	$K_V$	Kn/mm	1687	1320	1687
Propiedades lineales (u2,u3)					
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{Eff}$	Kn/mm	1.29	1.09	1.94
Amortiguamiento efectivo (Effective Damping)	$c$	Kn.seg/mm	0.15	0.13	0.34
Propiedades no lineales (u2,u3)					
Rigidez inicial (Stiffness)	$k_1$	Kn/mm	10.16	8.59	10.83
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_Y$	Kn	123.30	104.18	270.72
Relación R.inc/R. Post	$k_2/K_1$	ratio	0.096	0.096	0.09
Energía disipada	$w_d$	(Kn. mm)	152.51	128.87	217.84
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.98	0.824	0.93

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Se tiene las propiedades nominales de los aisladores de alto amortiguamiento y núcleo de plomo se puede apreciar que la rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo del núcleo de plomo es mayor a los de alto amortiguamiento esto debido al plomo incrustado en el aislador, los cálculos obtenidos se pueden verificar en anexo, capítulo 06

**Tabla 6:** Propiedades para el límite inferior

PROPIEDADES PARA LÍMITE INFERIOR			TIPO A	TIPO B	TIPO C
		<b>Carga</b>	<b>333.23 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>
		UNID			
Vertical (u1)					
Rigidez Vertical (Effective stiffness)	$K_V$	Kn/mm	1687	1320	1687
Propiedades lineales (u2,u3)					
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{Eff}$	Kn/mm	1.03	0.87	1.55
Amortiguamiento efectivo (Effective Damping)	c	Kn.seg/mm	0.14	0.12	0.22
Propiedades no lineales (u2,u3)					
Rigidez inicial (Stiffness)	$k_1$	Kn/mm	8.13	6.87	7.73
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_Y$	Kn	98.64	83.35	193.22
Relación R.inc/R. Post	$k_2/K_1$	ratio	0.096	0.096	0.126
Energía disipada	$w_d$	(Kn. mm)	122.01	103.09	181.94
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.78	0.659	0.97

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** las propiedades para el límite inferior son menores a las propiedades nominales esto debido a los factores de modificación de propiedades, se aprecia que la rigidez efectiva y el amortiguamiento efectiva disminuyen considerablemente, los cálculos obtenidos se pueden verificar en anexo, capítulo 06

**Tabla 7: Propiedades para el límite superior**

PROPIEDADES PARA LÍMITE SUPEIOR			TIPO A	TIPO B	TIPO C
		<b>Carga</b>	<b>333.23 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>	<b>166.61 Tn</b>
		UNID			
Vertical (u1)					
Rigidez Vertical (Effective stiffness)	$K_V$	Kn/mm	1687	1320	1687
Propiedades lineales (u2,u3)					
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{Eff}$	Kn/mm	2.58	2.18	2.53
Amortiguamiento efectivo (Effective Damping)	$c$	Kn. seg/mm	0.24	0.20	0.30
Propiedades no lineales (u2,u3)					
Rigidez inicial (Stiffness)	$k_1$	Kn/mm	20.33	17.18	11.39
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_Y$	Kn	246.60	208.37	284.67
Relación R.inc/R. Post	$k_2/K_1$	ratio	0.096	0.096	0.131
Energía disipada	$w_d$	(Kn. mm)	305.02	257.73	210.69
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	1.95	1.648	1.49

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** se puede observar que los datos obtenidos son mayores a las propiedades nominales esto debido al incremento de la rigidez efectiva esto afecta directamente a la respuesta dinámica de la estructura, disminuyendo los desplazamiento y periodo dando como resultado el incremento en derivas, los cálculos obtenidos se pueden verificar en anexo, capítulo 06.

### 4.3 Masa participativa - Parámetros de control

**Tabla 8:** Masa participativa

<b>APORTICADO</b>						
MASA PARTICIPATIVA						
Caso	Modo	Periodo (sg)	X	Y	Sum X	Sum Y
Modo	1	0.849	0.873	0	87%	0%
Modo	2	0.829	0	0.862	87%	86%
Modo	3	0.808	0.001	0	87%	86%
Modo	4	0.273	0.091	0	96%	86%
Modo	5	0.262	0	0.096	96%	96%
<b>MUROS ESTRUCTURALES</b>						
MASA PARTICIPATIVA						
Caso	Modo	Periodo (sg)	X	Y	Sum X	Sum Y
Modo	1	0.561	0	0.78	0%	78%
Modo	2	0.558	0.78	0	78%	78%
Modo	3	0.42	0	0	78%	78%
Modo	4	0.153	0.14	0	92%	78%
Modo	5	0.153	0	0.15	92%	93%
<b>PROPIEDADES LÍMITE INFERIOR</b>						
MASA PARTICIPATIVA						
Caso	Modo	Periodo (sg)	X	Y	Sum X	Sum Y
Modo	1	2.893	0.9865	0.0049	99%	0%
Modo	2	2.892	0.0049	0.9941	99%	100%
Modo	3	2.542	0.0077	5.16E-06	100%	100%
<b>PROPIEDADES NOMINALES</b>						
MASA PARTICIPATIVA						
Caso	Modo	Periodo (sg)	X	Y	Sum X	Sum Y
Modo	1	2.602	0.978	0.0133	98%	1%
Modo	2	2.601	0.0132	0.9852	99%	100%
Modo	3	2.285	0.0074	6.41E-06	100%	100%
<b>PROPIEDADES LÍMITE SUPERIOR</b>						
MASA PARTICIPATIVA						
Caso	Modo	Periodo (sg)	X	Y	Sum X	Sum Y
Modo	1	2.049	0.0009	0.9951	0%	100%
Modo	2	2.047	0.9853	0.0009	99%	100%
Modo	3	1.879	0.0102	0.00002376	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** los periodos obtenidos tanto para el límite inferior, superior y nominal son mayores a los periodos obtenidos para la edificación aporticado y muros estructurales y se cumple que los dos primeros modos de vibración son traslacional, además se cumple con el 90% de la masa participativa.



### 4.3.1 Cortante y desplazamiento con sismo de diseño - Control

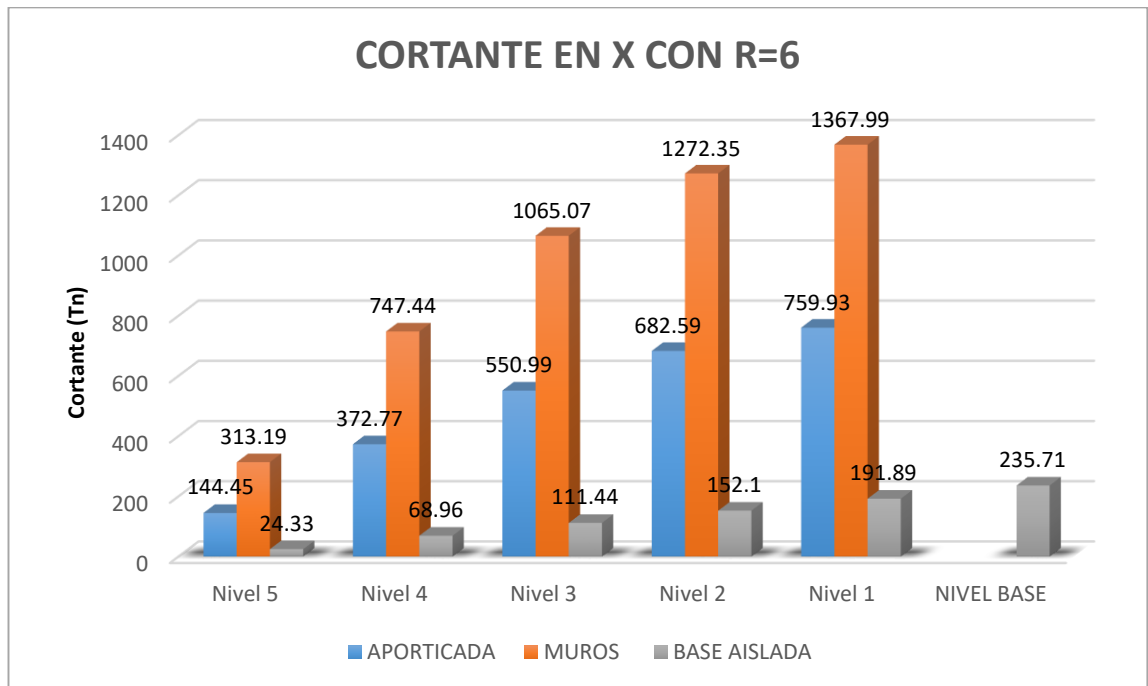
**Tabla 9:** Cortantes y desplazamientos para un sismo de diseño con  $R = 6$

NIVEL	APORTICADO			
	CORTANTE (Tn)		DESPLAZAMIENTO (cm)	
	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	144.45	150.73	2.59	2.79
Nivel 4	372.77	383.25	2.41	2.58
Nivel 3	550.99	563.8	2.03	2.15
Nivel 2	682.59	695.37	1.45	1.51
Nivel 1	759.93	769.65	0.74	0.73
NIVEL	MUROS ESTRUCTURALES			
	CORTANTE (Tn)		DESPLAZAMIENTO (cm)	
	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	313.19	317.9	2.3	2.48
Nivel 4	747.44	755.24	1.91	2.04
Nivel 3	1065.07	1071.69	1.42	1.5
Nivel 2	1272.35	1278.37	0.86	0.9
Nivel 1	1367.99	1375.74	0.33	0.35
NIVEL	BASE AISLADA NOMINALES			
	CORTANTE (Tn)		DESPLAZAMIENTO (cm)	
	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	24.33	24.79	4.07	4.4
Nivel 4	68.96	69.98	4.02	4.35
Nivel 3	111.44	112.77	3.96	4.27
Nivel 2	152.1	153.59	3.88	4.18
Nivel 1	191.89	193.50	3.78	4.07
NIVEL BASE	235.71	237.54	3.66	3.93

Fuente: Elaboración propia

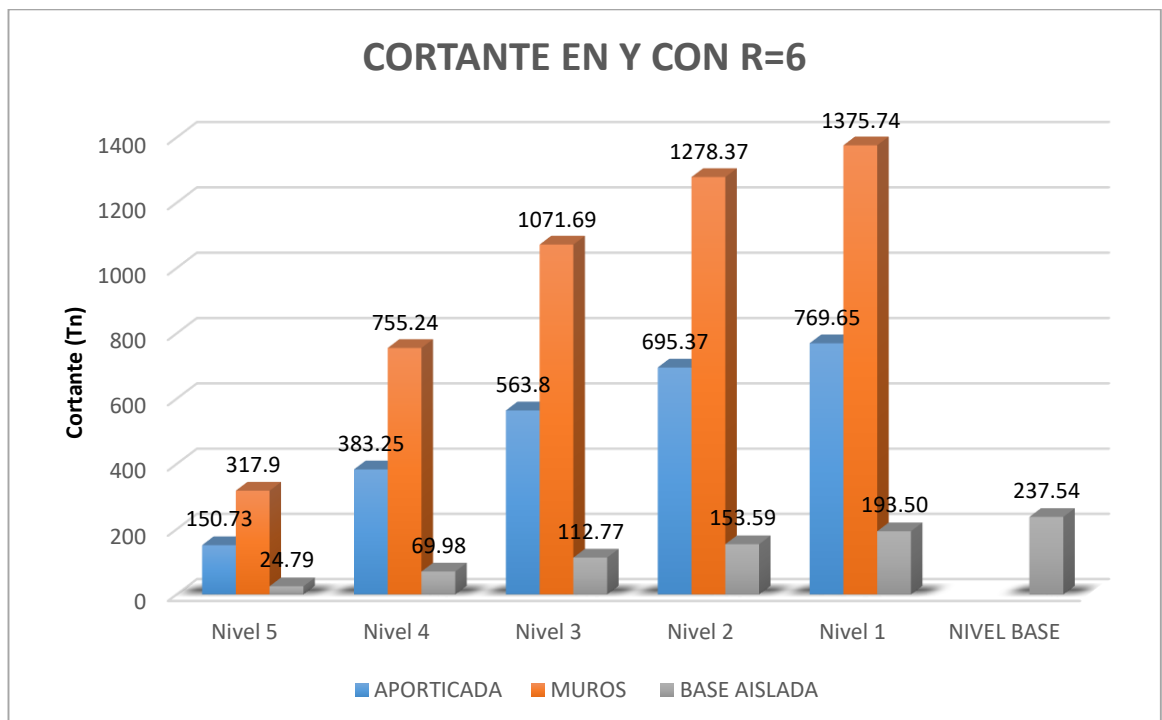
**Interpretación:** como se puede estimar en la estructura con base aislada se redujo las cortantes en todos los niveles y en ambos sentidos de análisis, pero a la vez incremento los desplazamientos, cabe señalar que los desplazamientos en la estructura aislada son homogéneos a diferencia de la base fija los desplazamientos se incrementan en cada nivel, esto solo se generó con fines comparativos ya que el análisis de una estructura aislada se verifica con un sismo máximo considerado.

**Gráfico 1: Cortante en la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6**



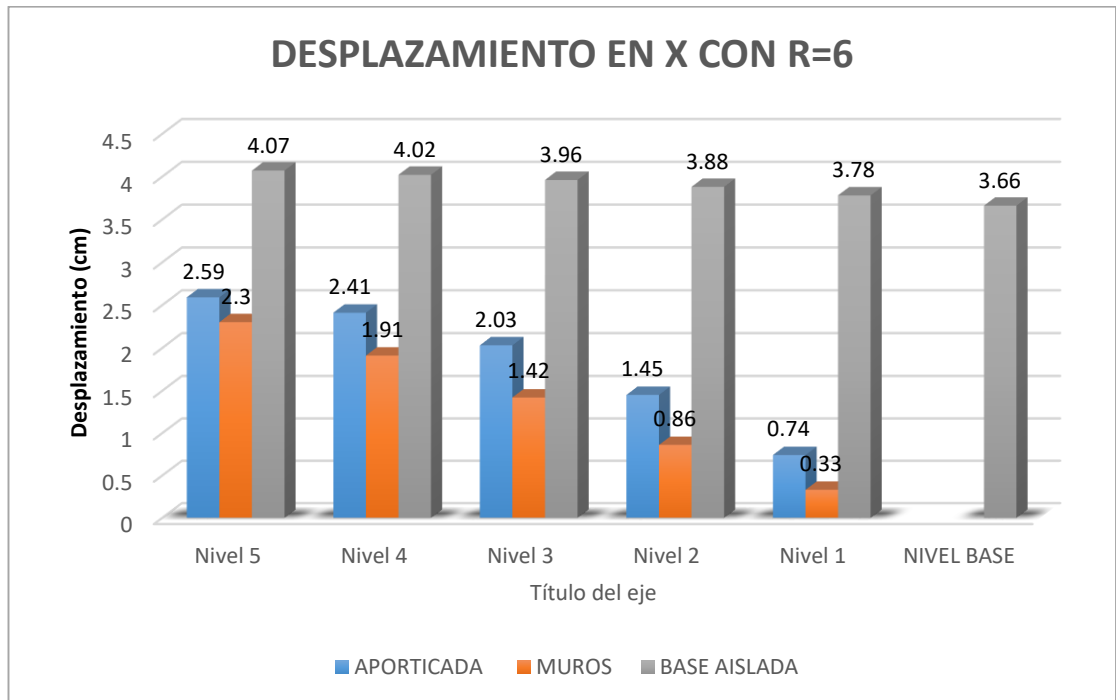
*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 2: Cortante en la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6**



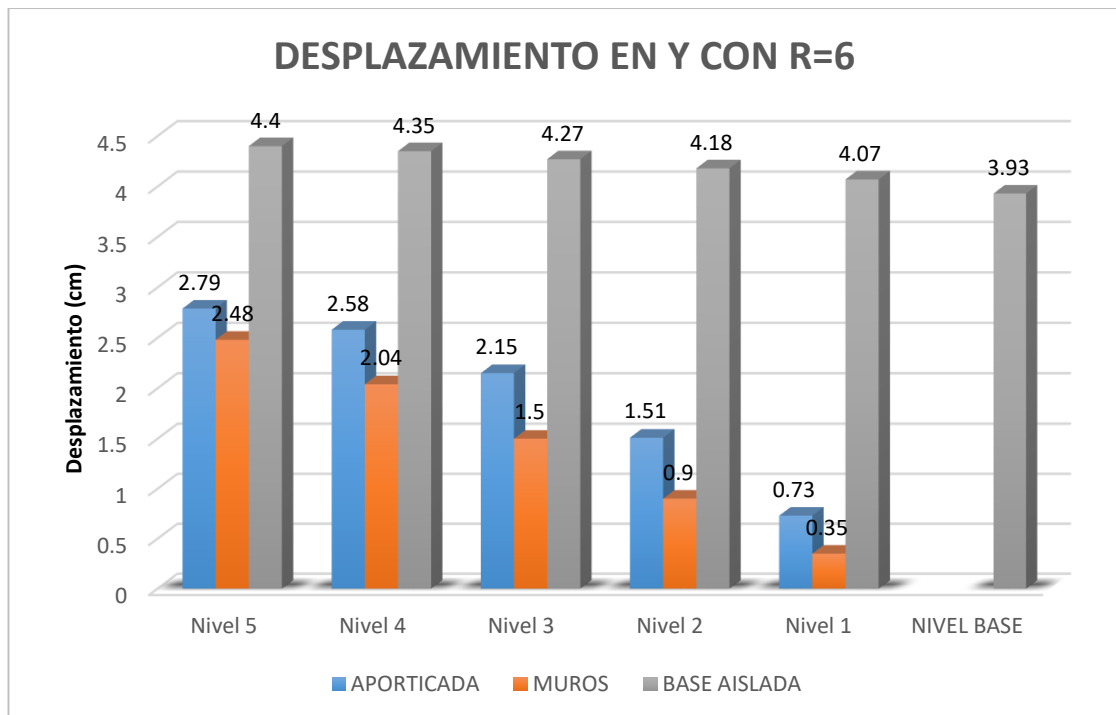
*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 3: Desplazamiento en la estructura aporticado, muros y aislada en X con R=6**



*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 4: Desplazamiento en la estructura aporticado, muros y aislada en Y con R=6**



*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3.1 Derivas (Control)

**Tabla 10:** Derivas para un sismo de diseño con  $R = 6$

NIVEL	DERIVAS_SISMO DE DISEÑO					
	APORTICADO		M. ESTRUCTURALES		BASE AISLADA_NOMINALES	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	0.002	0.003	0.005	0.005	0.0005	0.0006
Nivel 4	0.005	0.006	0.006	0.006	0.0007	0.0007
Nivel 3	0.008	0.008	0.007	0.007	0.0009	0.0009
Nivel 2	0.01	0.01	0.007	0.007	0.0011	0.0011
Nivel 1	0.009	0.008	0.004	0.004	0.0012	0.0012

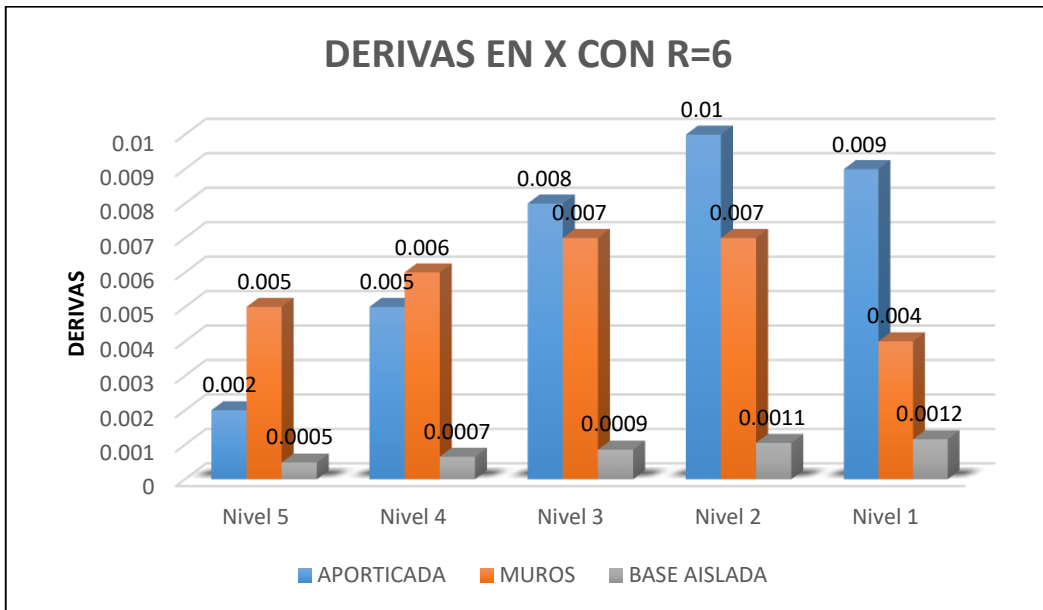
Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** en el grafico se puede apreciar que las derivas obtenidas para la edificacion aporticado sobrepasan el 0.007 requerido por la norma E-030, 2018 por lo tanto se puede concluir que la estructura no puede ser diseñada como aporticado a diferencia de la estructura de muros que si cumple con el 0.007 de deriva la misma estructura de muros con el sistema de aislamiento Sismico presenta derivas de 0.001 se llegó a reducir casi en su totalidad lo cual indica que la estructura con base aislada no va colapsar

Cabe indicar que esta deriva es con el fin de determinar la influencia del sistema de aislamiento Sismico para la misma estructura y con el mismo caso de carga, pero a la vez mencionar que un sistema de aislamiento Sismico se evalúa con un sismo máximo considerado y un análisis tiempo historia.

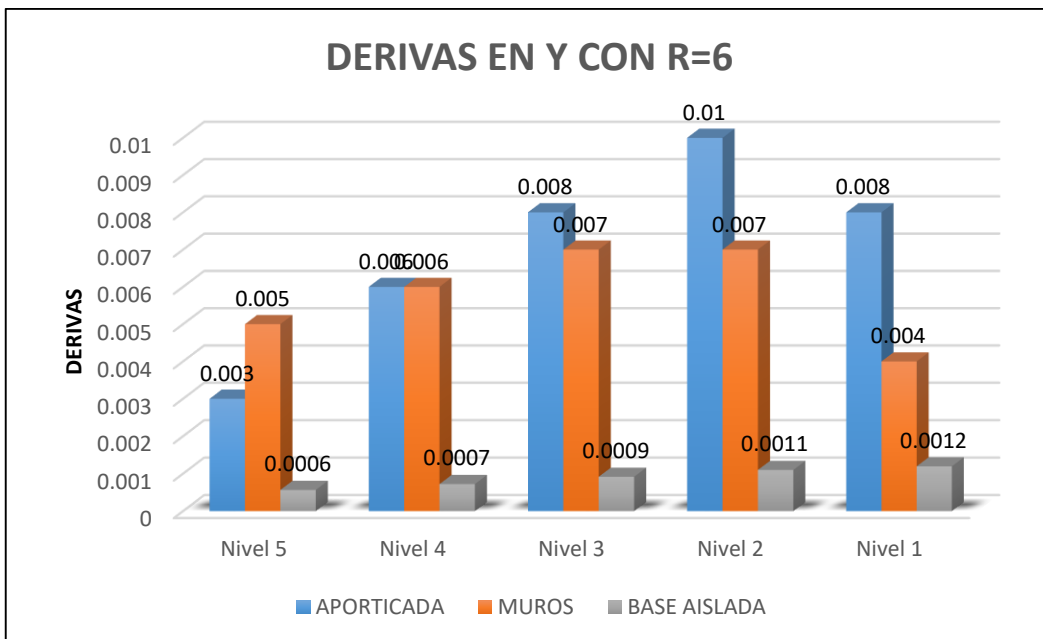
A continuación, se parecía en forma de grafico las derivas obtenidas para la edificacion aporticado, muros estructurales y con base aislada para el mismo caso de carga (sismo de diseño con  $R=6$ )

**Gráfico 5: Derivas obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6**



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 6: Derivas obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6**



Fuente: elaboración propia

### 4.3.1 Aceleración de entrepiso con R=6 - Control

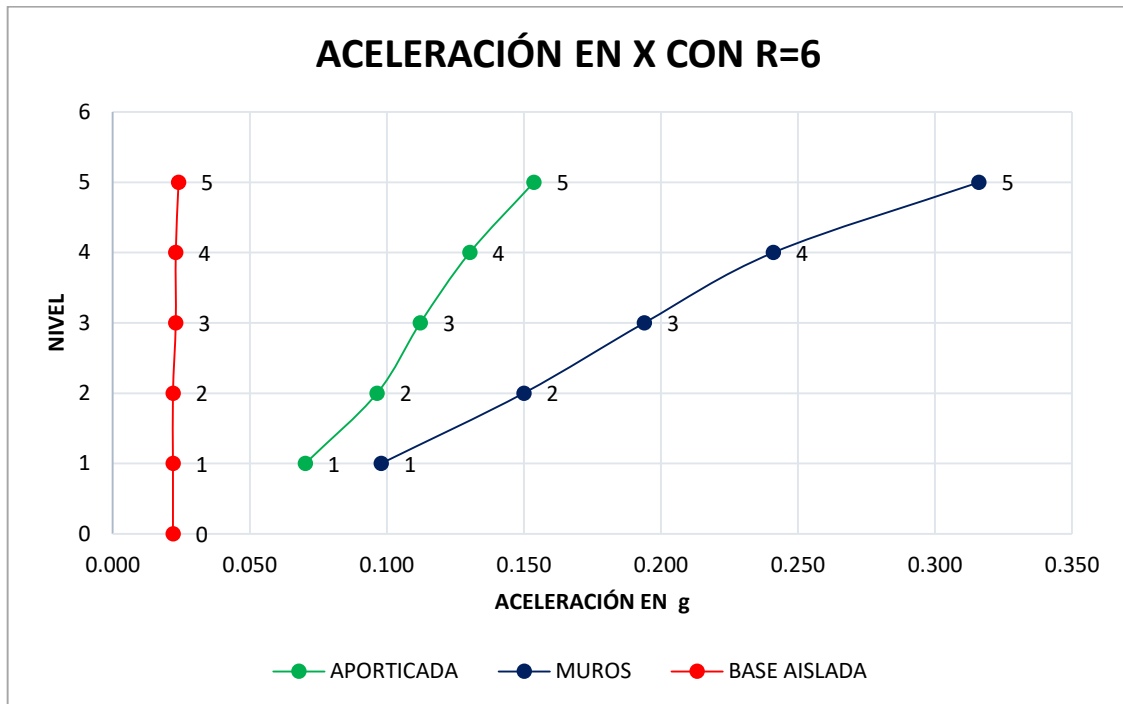
**Tabla 11:** *Aceleración de entrepiso con un sismo de diseño*

ACELERACIÓN DE ENTREPISO_SISMO DE DISEÑO							
NIVEL	CASO	APORTICADO		MUROS		BASE AISLADA_NOMINAL	
		XX	YY	XX	YY	XX	YY
NIVEL 5	SiS_DIN_XX_YY Max	0.154	0.160	0.316	0.32	0.024	0.024
NIVEL 4	SiS_DIN_XX_YY Max	0.130	0.133	0.241	0.242	0.023	0.023
NIVEL 3	SiS_DIN_XX_YY Max	0.112	0.114	0.194	0.193	0.023	0.022
NIVEL 2	SiS_DIN_XX_YY Max	0.096	0.097	0.15	0.151	0.022	0.022
NIVEL 1	SiS_DIN_XX_YY Max	0.070	0.069	0.098	0.099	0.022	0.022
NIVEL BASE	SiS_DIN_XX_YY Max	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.023

Fuente: Elaboración propia

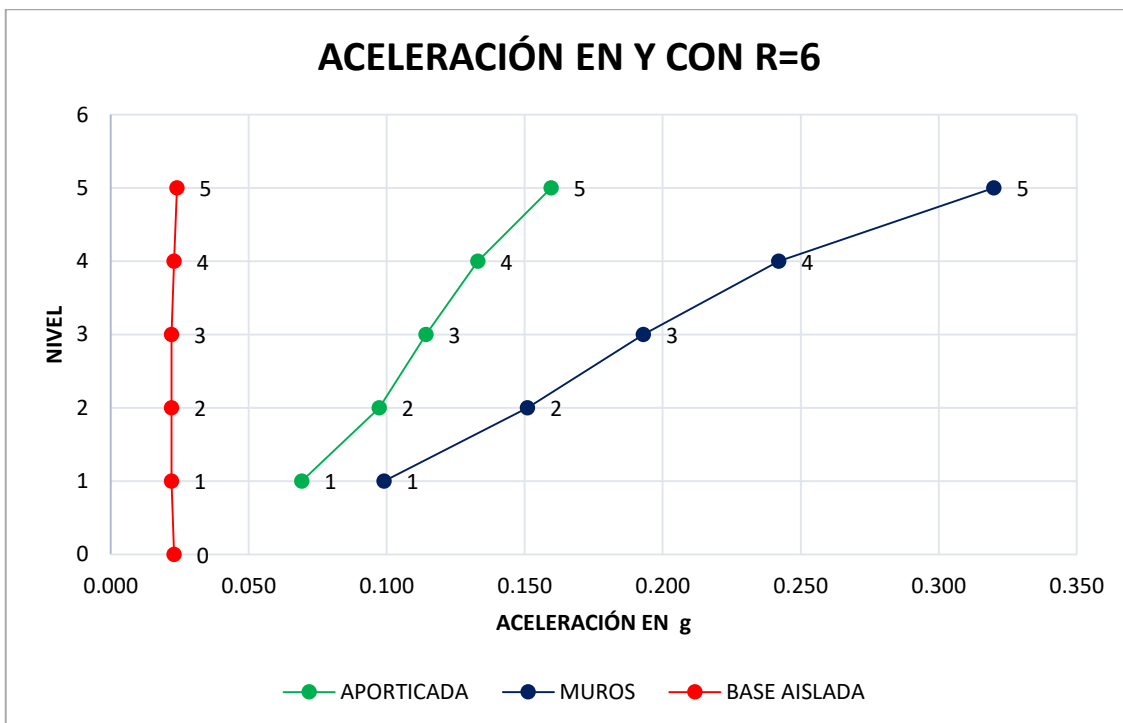
**Interpretación:** se puede observar que la aceleración en la edificación con base aislada es muy elevada incluso pasando el 0.3 g lo cual indica que durante un sismo todo el contenido de la estructura podría colapsar a diferencia de la edificación con base aislada la aceleración disminuye lo cual indica que cuando se presente un sismo el contenido seguirá sin daño

**Gráfico 7: Aceleraciones obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en X con R=6**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 8: Aceleraciones obtenidas para la estructura aporticado, muros y base aislada en Y con R=6**



Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1 Periodo fundamental y efectivo - control

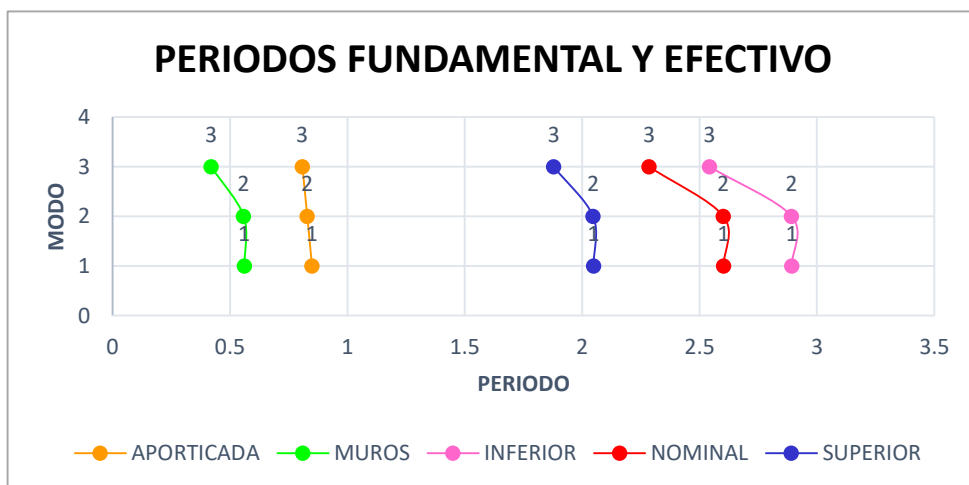
Tabla 12: periodo base fija y base aislada con las tres propiedades

PERIODOS					
CASO	BASE FIJA		BASE AISLADA_CON PROPIEDADES		
	APORTICADO	MUROS	INFERIOR	NOMINAL	SUPERIOR
MODO 1	0.849	0.561	2.893	2.602	2.049
MODO 2	0.829	0.558	2.892	2.601	2.047
MODO 3	0.808	0.42	2.542	2.285	1.879

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** se puede verificar que el periodo de la estructura aporticado es mayor al de muros estructurales esto es debido que la estructura es más flexible al rigidizar la estructura con muros de concreto armado se llevó a obtener periodos menores con respecto a la edificación con base aislada se llegó a obtener periodos elevados mayor a 2 segundos según la norma el periodo de la edificación con base aislada como mínimo será 3 veces el periodo de la base fija pero menor a 5 segundos, como se puede apreciar se cumple

Gráfico 9: Periodos obtenidos para la estructura aporticado, muros y base aislada



Fuente: Elaboración propia



## 5. CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS CON UN SMC - CONTROL

**Tabla 13:** Cortantes y desplazamientos para las propiedades límite inferior

FACTOR DE REDUCCIÓN	CASO	INFERIOR	
		XX	YY
R = 6	CORTANTE (Tn)	204.51	206.27
	DESPLAZAMIENTO (cm)	4.33	4.68
R = 2	CORTANTE (Tn)	919.95	920.04
	DESPLAZAMIENTO (cm)	19.47	20.87
R = 1	CORTANTE (Tn)	1839.91	1840.09
	DESPLAZAMIENTO (cm)	38.94	41.74

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** en la tabla se puede observar las cortantes y desplazamientos máximos para el sismo de diseño con R=1 y para el sismo máximo considerado con R = 2 y R = 1 mientras el valor de R disminuye el sismo será más fuerte por lo tanto los desplazamientos y las cortantes se incrementan.

**Tabla 14:** Cortantes y desplazamientos para las propiedades nominales

FACTOR DE REDUCCIÓN	CASO	NOMINAL	
		XX	YY
R = 6	CORTANTE (Tn)	235.71	237.54
	DESPLAZAMIENTO (cm)	4.07	4.4
R = 2	CORTANTE (Tn)	1062.41	1061.99
	DESPLAZAMIENTO (cm)	18.32	19.67
R = 1	CORTANTE (Tn)	2124.17	2123.32
	DESPLAZAMIENTO (cm)	36.63	39.33

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** a diferencia de los valores obtenidos para el desplazamiento y cortante con las propiedades de límite inferior, para las propiedades nominales se incrementan debido a la rigidez efectiva de los aisladores a mayor rigidez se presentan mayores fuerzas cortantes y el desplazamiento disminuye.

**Tabla 15:** Cortantes y desplazamientos para las propiedades límite superior

FACTOR DE REDUCCIÓN	CASO	SUPERIOR	
		XX	YY
R = 6	CORTANTE (Tn)	418.14	421.05
	DESPLAZAMIENTO (cm)	4.64	5.06
R = 2	CORTANTE (Tn)	1882.24	1879.52
	DESPLAZAMIENTO (cm)	20.89	22.57
R = 1	CORTANTE (Tn)	3763.8	3758.31
	DESPLAZAMIENTO (cm)	41.77	45.14

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** como se puede apreciar las cortantes máximas se obtienen con las propiedades límite superior este a raíz de que las propiedades del límite superior presentan mayor rigidez efectiva por lo tanto se incrementa la fuerza cortante, en el cuadro solo se aprecia los datos máximos obtenidos. En anexo capítulo 06 se puede verificar para todos los niveles para las propiedades nominales, inferior y superior.

## 5.1 DERIVAS CON UN SISMO DE DISEÑO - CONTROL

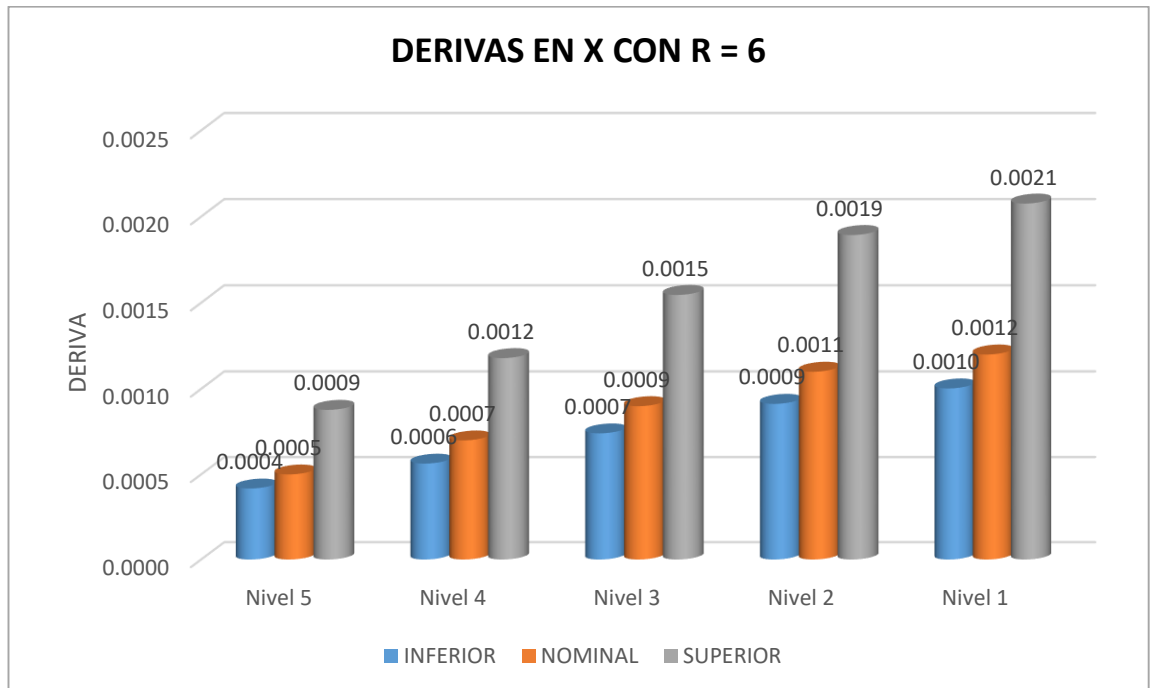
**Tabla 16:** Derivas con un sismo de diseño para las tres propiedades

NIVEL	MODAL ESPECTRAL R = 6					
	INFERIOR		NOMINAL		SUPERIOR	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0009	0.0010
Nivel 4	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0012	0.0013
Nivel 3	0.0007	0.0008	0.0009	0.0009	0.0015	0.0017
Nivel 2	0.0009	0.0010	0.0011	0.0011	0.0019	0.0020
Nivel 1	0.0010	0.0010	0.0012	0.0012	0.0021	0.0022

Fuente: elaboración propia

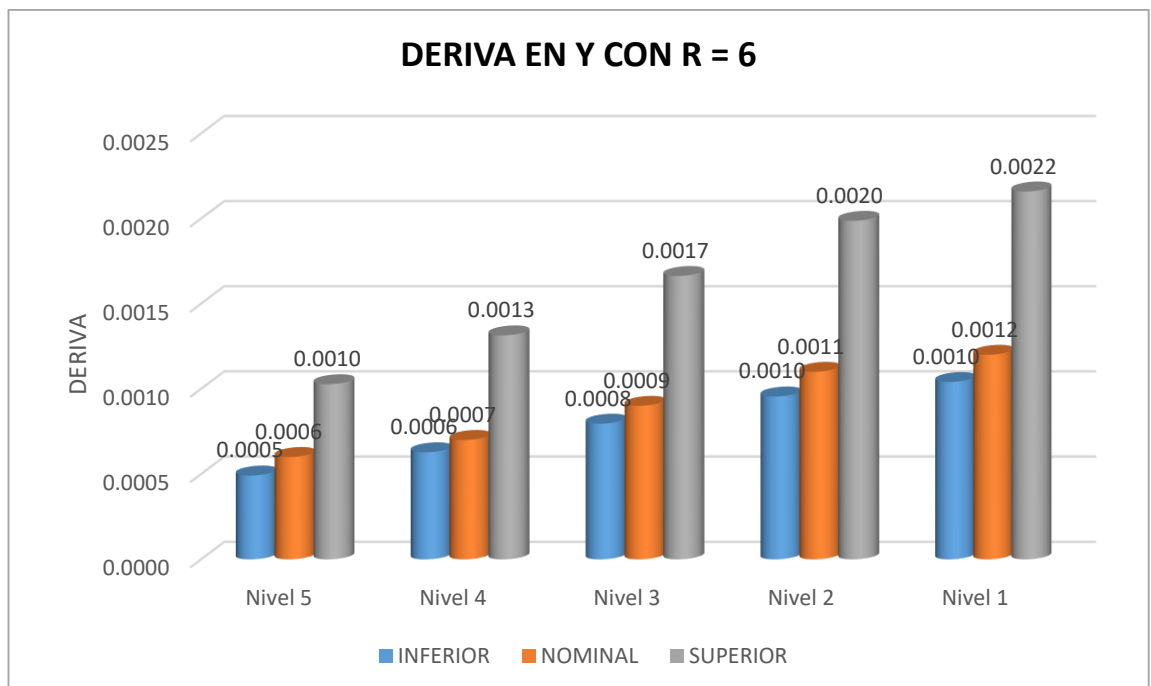
**Interpretación:** se puede apreciar que para las propiedades límite inferior las derivas se mantienen muy por debajo de la deriva máxima permitida 0.0035 por la E-031, 2018 así mismo para las propiedades nominales y límite superior se mantiene dentro de lo permitido. A continuación, se presenta dos gráficos para un mayor entendimiento de lo mencionado.

**Gráfico 10: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo de diseño en X con R=6**



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 11: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo de diseño en Y con R=6**



Fuente: elaboración propia

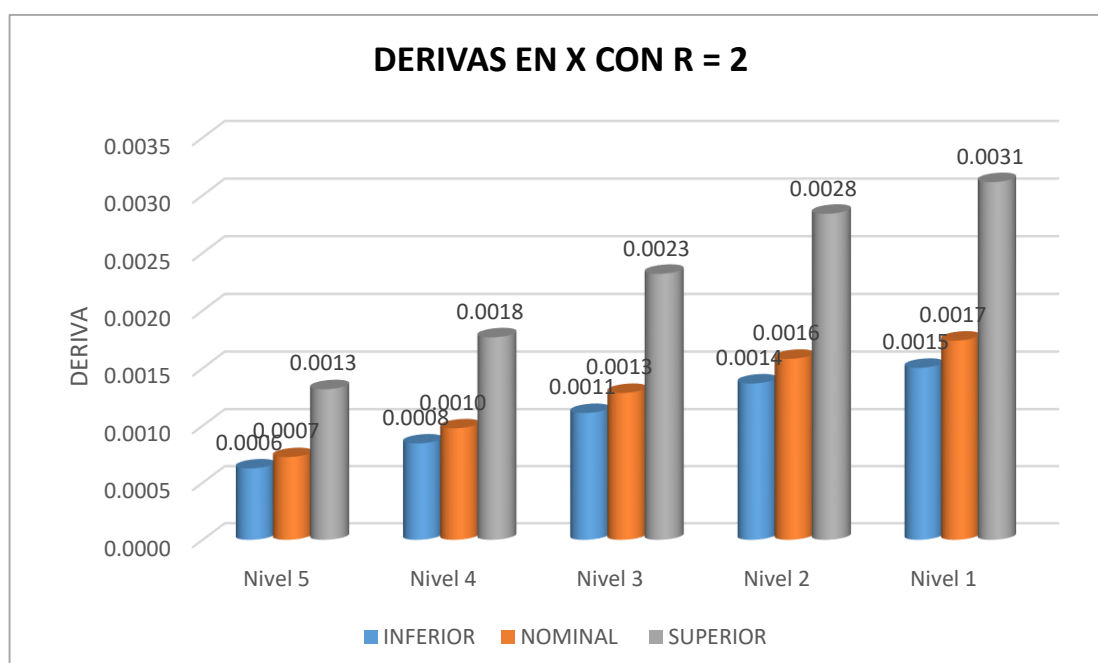
**Tabla 17:** Derivas con un sismo máximo considerado para las tres propiedades

NIVEL	MODAL ESPECTRAL R = 2					
	INFERIOR		NOMINAL		SUPERIOR	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0013	0.0015
Nivel 4	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0018	0.0020
Nivel 3	0.0011	0.0012	0.0013	0.0014	0.0023	0.0025
Nivel 2	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0028	0.0030
Nivel 1	0.0015	0.0015	0.0017	0.0018	0.0031	0.0032

Fuente: elaboración propia

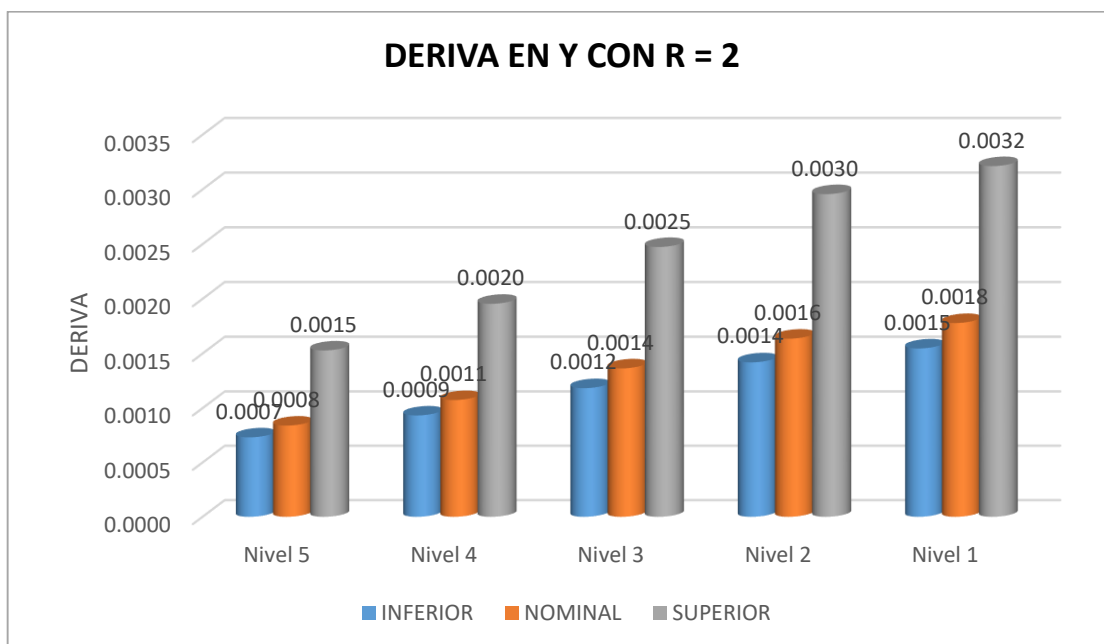
**Interpretación:** se puede apreciar que las derivas se incrementan, esto debido a que se está tomando el 50% del sismo máximo considerado debido a que el valor de R (factor de coeficiente Sismico) es igual a dos

**Gráfico 12:** Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo máximo considerado en X con R=2



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 13: Derivas obtenidas para las tres propiedades con un sismo máximo considerado en Y con R=2**



Fuente: elaboración propia

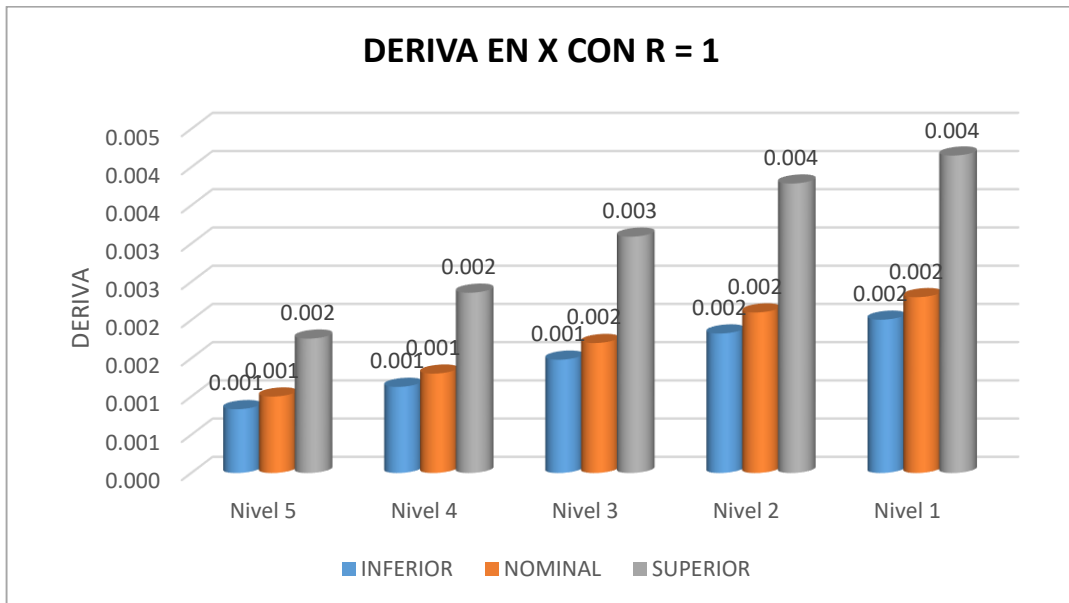
**Tabla 18: Derivas con un sismo máximo considerado para las tres propiedades**

NIVEL	MODAL ESPECTRAL R = 1					
	INFERIOR		NOMINAL		SUPERIOR	
	XX	YY	XX	YY	XX	YY
Nivel 5	0.0008	0.0010	0.0010	0.0011	0.0018	0.0020
Nivel 4	0.0011	0.0012	0.0013	0.0014	0.0024	0.0026
Nivel 3	0.0015	0.0016	0.0017	0.0018	0.0031	0.0033
Nivel 2	0.0018	0.0019	0.0021	0.0022	0.0038	0.0039
Nivel 1	0.0020	0.0021	0.0023	0.0024	0.0042	0.0043

Fuente: elaboración propia

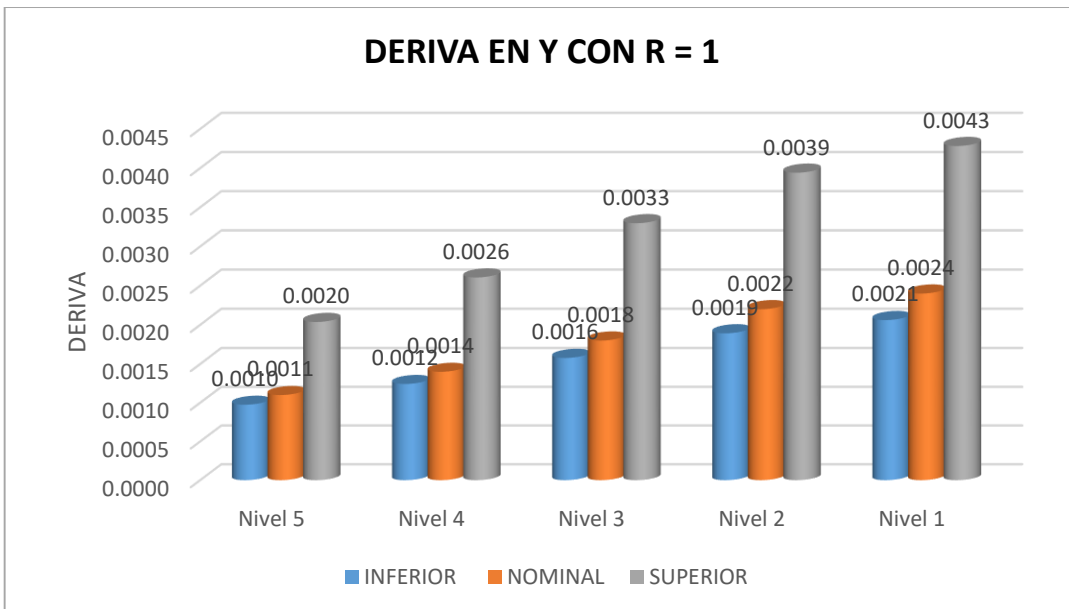
**Interpretación:** se puede apreciar que las derivas para el límite superior se incrementaron, esto es debido a que se tomó el 100% del sismo máximo considerado

**Gráfico 14: Derivas obtenidas para las tres propiedades para el 100% del sismo máximo en X con R=1**



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 15: Derivas obtenidas para las tres propiedades para el 100% del sismo máximo considerado en Y con R=1**



Fuente: elaboración propia

## 5.2 ACELERACIONES CON UN SMC (CONTROL)

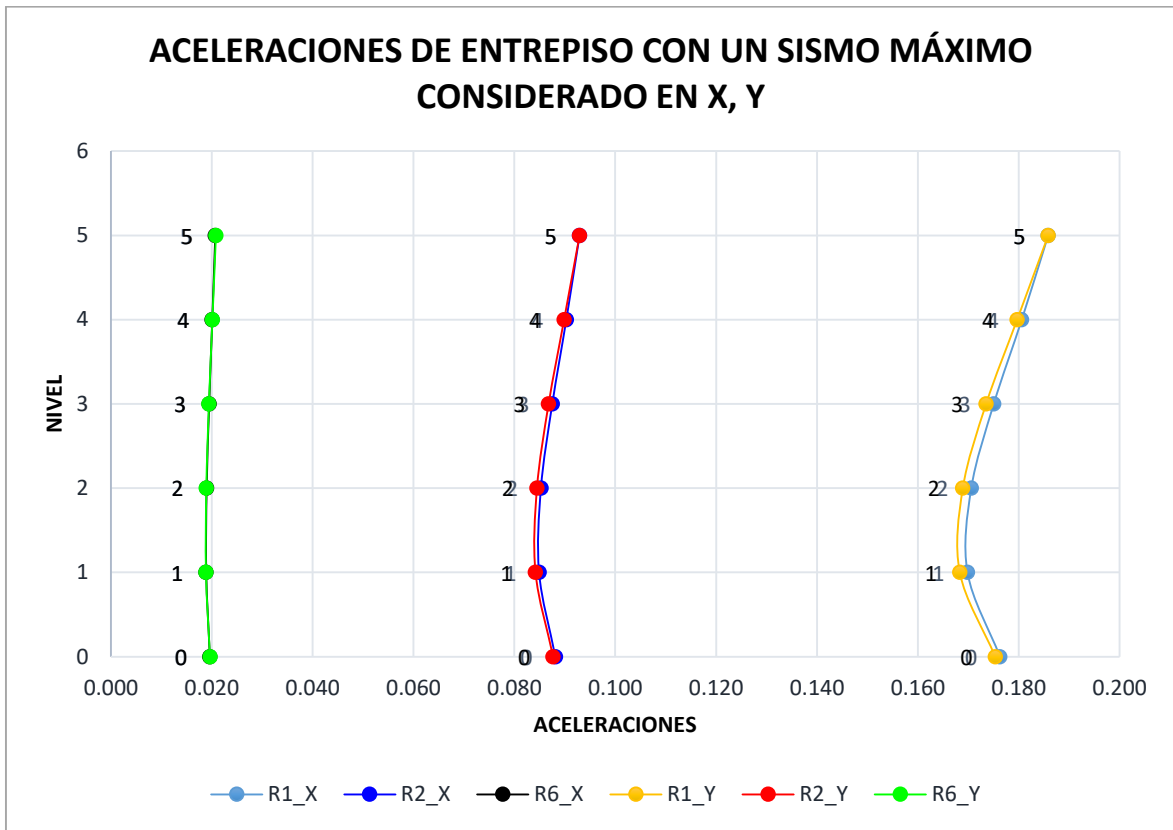
**Tabla 19:** Aceleraciones de entrepiso con un sismo máximo R1, R2, R6

ACELERACIÓN DE ENTREPISO			
NIVEL	CASO	XX	YY
5	SMC_R1_XX_YY Max	0.186	0.186
4	SMC_R1_XX_YY Max	0.181	0.180
3	SMC_R1_XX_YY Max	0.175	0.174
2	SMC_R1_XX_YY Max	0.171	0.169
1	SMC_R1_XX_YY Max	0.170	0.168
0	SMC_R1_XX_YY Max	0.176	0.175
ACELERACIÓN DE ENTREPISO			
NIVEL	CASO	XX	YY
5	SMC_R2_XX_YY Max	0.093	0.093
4	SMC_R2_XX_YY Max	0.090	0.090
3	SMC_R2_XX_YY Max	0.088	0.087
2	SMC_R2_XX_YY Max	0.085	0.084
1	SMC_R2_XX_YY Max	0.085	0.084
0	SMC_R2_XX_YY Max	0.088	0.088
ACELERACIÓN DE ENTREPISO			
NIVEL	CASO	XX	YY
5	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.021	0.021
4	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.020	0.020
3	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.019	0.019
2	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.019	0.019
1	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.019	0.019
0	S_DIN_R6_XX_YY Max	0.020	0.020

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** se puede verificar que las aceleraciones de entrepiso para un sismo de diseño y un sismo máximo considerado con un R2 y R1 las aceleraciones se mantienen por debajo de 0.4 g la máxima permitida por FEMA 356-ATC58, Tabla N° 24

Gráfico 16: Aceleraciones de entrepiso con un sismo máximo para R6, R2, R1 en X,Y



Fuente: elaboración propia

## 6. DERIVAS CON UN ANALISIS TIEMPO HISTORIA (FNA)

Tabla 20: Derivas máximas con propiedades nominales

PROPIEDADES NOMINALES					
DERIVAS MAXIMA_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA					
SISMO	AÑO	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
ANCASH	1974	0.0020	0.0020	0.0019	0.0019
ICA	2007	0.0016	0.0016	0.0019	0.0020
LIMA	1970	0.0018	0.0019	0.0010	0.0009
LIMA	1966	0.0019	0.0016	0.0017	0.0017

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 21:** *Derivas máximas con propiedades límite inferior*

PROPIEDADES LIMITE INFERIOR					
DERIVAS MAXIMA_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA					
SISMO	AÑO	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
ANCASH	1970	0.0021	0.0021	0.0017	0.0016
ICA	2007	0.0014	0.0014	0.0020	0.0020
LIMA	1974	0.0014	0.0014	0.0007	0.0010
LIMA	1966	0.0019	0.0014	0.0017	0.0016

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22:** *Derivas máximas con propiedades límite superior*

PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR					
DERIVAS MAXIMA_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA					
SISMO	AÑO	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
ANCASH	1970	0.0029	0.0032	0.0024	0.0025
ICA	2007	0.0043	0.0045	0.0023	0.0024
LIMA	1974	0.0025	0.0027	0.0025	0.0024
LIMA	1966	0.0034	0.0045	0.0028	0.0027

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** las derivas obtenidas para un análisis tiempo historia, teniendo en cuentas las tres propiedades límite inferior, nominal y superior para los tres casos y en ambos componentes del sismo se obtuvo derivas dentro de lo permitido por la norma E-031, 2018 donde indica que la deriva máxima para un análisis tiempo historia es de 0.005, para ello se empleó cuatro registros sísmicos como se indica en la tabla anterior.

## 6.1 ACELERACIONES CON UN ANÁLISIS TIEMPO HISTORIA (FNA)

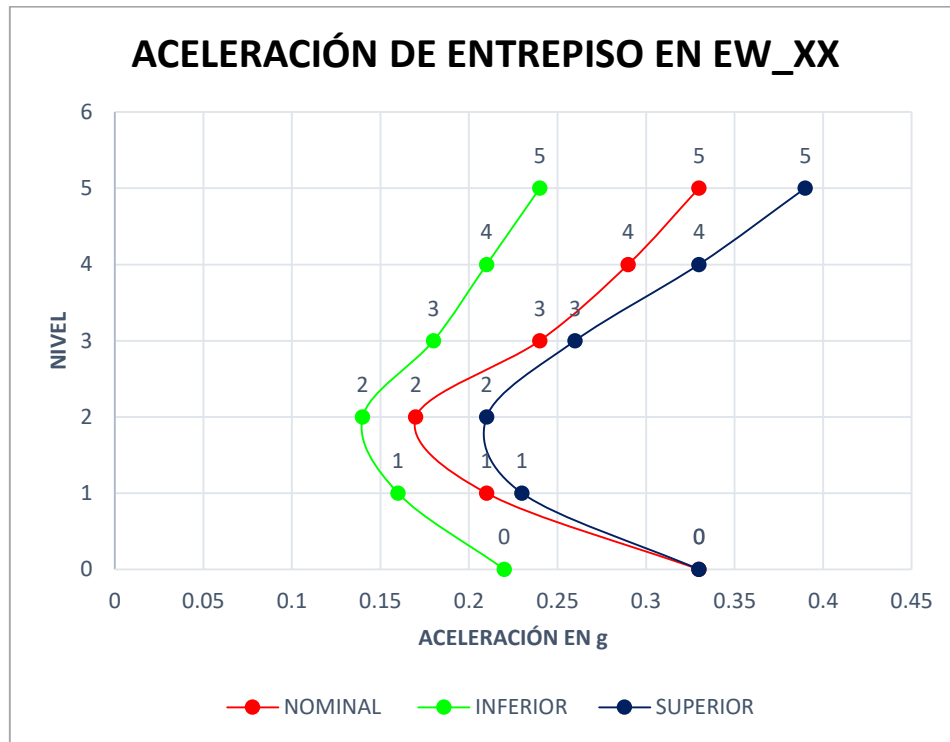
**Tabla 23:** Aceleraciones de entre piso con un análisis tiempo Historia

PROPIEDADES NOMINALES			
NIVEL	CASO	UX - m/sec <sup>2</sup>	G
NIVEL 5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	3.20	0.33
NIVEL 4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.82	0.29
NIVEL 3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.32	0.24
NIVEL 2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	1.66	0.17
NIVEL 1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.10	0.21
NIVEL BASE	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	3.24	0.33
PROPIEDADES LÍMITE INFERIOR			
NIVEL	CASO	UX - m/sec <sup>2</sup>	G
NIVEL 5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.33	0.24
NIVEL 4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.09	0.21
NIVEL 3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	1.78	0.18
NIVEL 2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	1.36	0.14
NIVEL 1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	1.53	0.16
NIVEL BASE	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.16	0.22
PROPIEDADES LÍMITE SUPERIOR			
NIVEL	CASO	UX - m/sec <sup>2</sup>	G
NIVEL 5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	3.79	0.39
NIVEL 4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	3.27	0.33
NIVEL 3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.59	0.26
NIVEL 2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.03	0.21
NIVEL 1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	2.27	0.23
NIVEL BASE	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	3.24	0.33

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** como se puede apreciar la aceleración de entrepiso se mantiene menor a 0.4 g para las tres propiedades inferior, superior y nominal

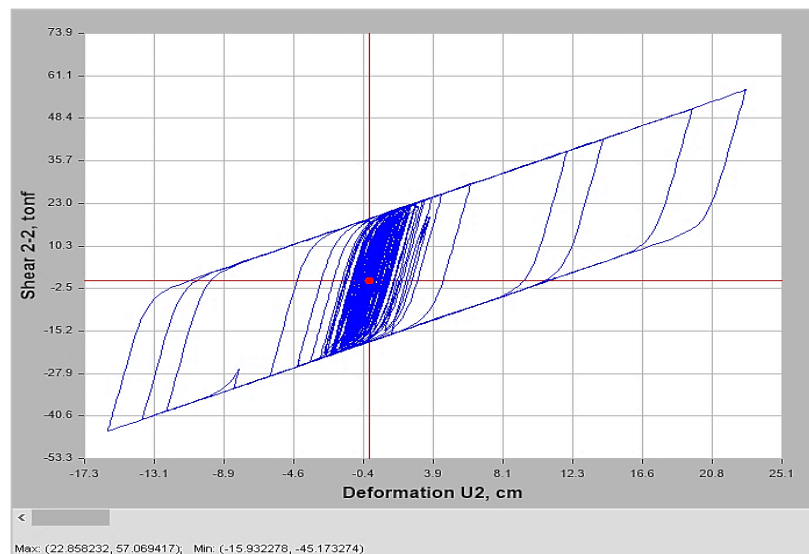
Gráfico 17: Aceleraciones de entrepiso generado con el sismo de Ancash\_1970\_en EW\_XX



Fuente: Elaboración propia

## 6.2 DIAGRAMA DE HYSTERESIS DEL DISPOSITIVO K1 PRODUCIDO POR SISMO DE ICA\_2007\_EW\_0.51G\_XX

Gráfico 18: Diagrama de histeresis



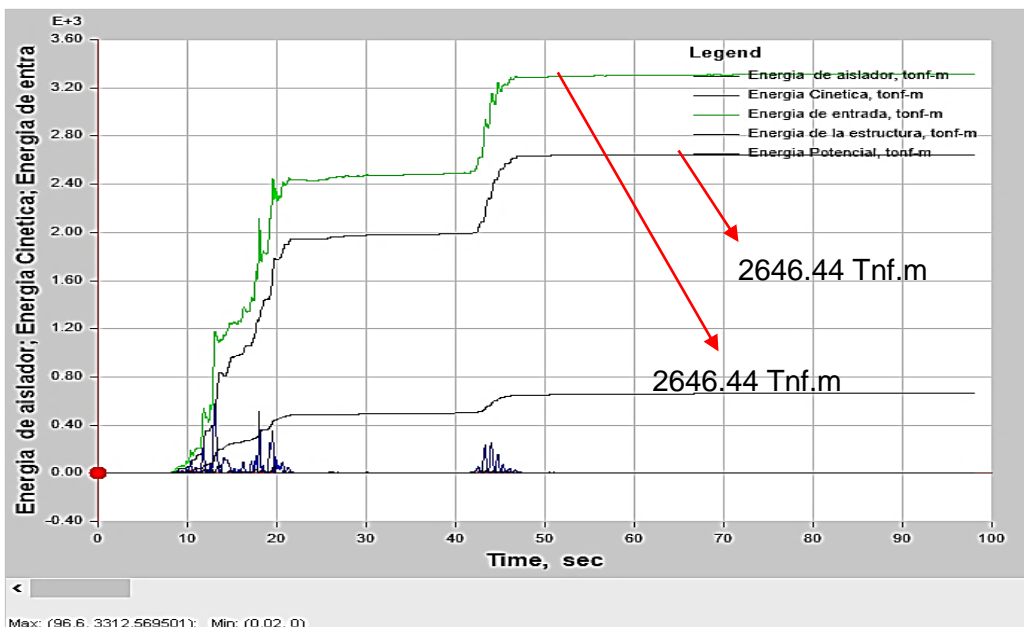
Fuente: Etabs V.16

**Interpretación:** se puede apreciar que el diagrama de hysteresis tiene la forma adecuada y presenta un desplazamiento máximo de 22.86 cm con una fuerza de 57.1 tnf en el lado positivo y en el lado negativo presenta un desplazamiento máximo de -15.9 cm con una fuerza de -45.17 tnf

Cabe indicar que estos desplazamientos y fuerzas son solo en el dispositivo K10 con el sismo de ICA\_2007 en su componente Este o este (EW) en el sentido XX, cada aislador presenta un diagrama de hysteresis y se puede apreciar en anexo capítulo 06

### 6.3 BALANCE ENERGÉTICO PARA ANCASH\_1970\_EW\_XX

Gráfico 19: Balance energético



Fuente: Etabs V.16

- Energía de entrada = 3312.57 Tnf.m
- Energía disipada por los aisladores 2646.44 Tnf.m

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{2646.44 \text{ Tnf.m}}{3312.57 \text{ Tnf.m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = 80$$

**Interpretación:** Se puede apreciar que del 100 % de la energía que ingresa a la estructura el 80% será disipada por el sistema de aislamiento Sísmico, se puede apreciar en balance energético evaluado para diferentes sismos en la parte de anexos capítulo 06

## 7. NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA EDIFICACION HOSPITALARIA DE TIPO 2

**Tabla 24:** *Limites de comportamiento según FEMA 356-ATC58*

Component	Category	Type	Performance Levels			
			Immediate occupancy	Life Safety		Collapse Prevention
Structural	Plastic Hinges	Plastic Rotation ( )	0.003	0.018		0.024
		Drift	Max inter - story Drift %	0.7	2.5	
	Residual Drift %		0.1	1		5
	Non-Structural	Floor Acceleration		Operational	Immediate occupancy	Life Safety
Ceiling Systems			0.6	0.75	0.9	1.25
Desktop Computers			0.5	0.75	1.1	1.6
Tall File cabinet			0.4	0.6	0.8	1.3

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Se verifica el nivel de desempeño para los componentes estructurales y no estructurales, con respecto a la no estructural nos indica que si la aceleración es menor a 0.5g las computadoras, los equipos como rayos X tomografía, resonancia magnética etcétera. No sufrirán daño y los equipos de almacenamiento como archivadores altos que sirven para guardar libros, roperos etcétera. La aceleración máxima es de 0.4g y como se puede apreciar las aceleraciones obtenidas con un análisis tiempo historia en el cuadro N° 22 se verifica que las aceleraciones máximas no llegan a 0.4 g

“La aceleración media espectral de piso se limita a 0.4g o 0.6g. Para estructuras que cumplen con estos criterios, la mayoría de componentes y equipos en la mayoría de instalaciones mantendrán su capacidad de funcionar después de un terremoto” (Zayas, 2017, p. 1).

Con respecto a las derivas máximas la norma E-031, 2018 indica 0.005 con lo cual según la filosofía de diseño es para una funcionalidad continua las derivas obtenida con un análisis tiempo historia son menores a 0.005 en ambos sentidos de análisis y se puede apreciar en el cuadro N° 21, 22 y 23

Con respecto al objetivo general un sistema de aislamiento Sismico influye de manera positiva en la respuesta dinámica de la estructura hospitalaria de tipo 2 Nuevo Chimbote – 2020 propuesta para la presente tesis, es decir redujo las derivas, las fuerzas cortantes, la aceleración de entrepiso, he incremento los desplazamientos y el periodo de la estructura, de las propiedades nominales, límite inferior y superior con las propiedades límite inferior es la más adecuada para la estructura debido a que se logró menor cortante, derivas, aceleración de entrepiso a diferencia de las propiedades límite superior que es la más crítica debido a que genera mayor cortante, derivas y aceleración de entrepiso para la presente edificación hospitalaria propuesta.

## V. DISCUSIÓN

Con el pasar de los años los sismos que se presentan a nivel local y nacional han sido frecuentes y cada vez más intensos por tal motivo la ingeniería sísmica y estructural han evolucionado las formas de construir y diseñar nuevas edificaciones aplicando nuevas metodologías de diseño así mismo la norma peruana de diseño Sísmico E-030 ha sufrido muchas modificaciones dentro de ello a partir del año 2016 exige que todas las edificaciones del sector salud ya sea hospitales o clínicas de categoría A1 deben ser diseñadas con sistemas de aislamiento Sísmico, y a partir del 2018 se incorpora la nueva norma de aislamiento Sísmico denominado como la norma E-031 la presente tesis opta por realizar un análisis y diseño Sísmico con el fin de verificar que tanto influye los sistemas de protección sísmica como los aisladores elastoméricos en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria catalogada como esencial para lo cual se desarrolló cinco modelos matemáticos de la estructura dando como inicio un modelo estructural a base de pórticos, muros estructurales, para este último sistema estructural se desarrolló tres modelos matemáticos teniendo en cuenta las propiedades de los aisladores sísmicos tanto para el límite inferior, nominal y límite superior dichas propiedades se puede verificar en la tabla N° 5, 6 y 7, los principales hallazgos obtenidos para los cinco modelos matemáticos son.

Comenzando con el modelo estructural aporticado se procedió a realizar un análisis estático para determinar las irregularidades de la estructura obtenido como resultado que la estructura propuesta no presenta irregularidades en planta ni en altura además se encontró que el periodo de la estructura en modo 1 es de 0.849 segundos con los datos obtenidos se procedió a definir los parámetros propios de la estructura aporticado para proceder con el análisis dinámico modal espectral, se empleó los Parámetros obtenidos pasando a verificar que la cortante dinámica es mayor a un 80% de la cortante estática como indica la norma E-030, 2018, luego se verificó que el porcentaje de la masa participativa cumpla con el 90% que pide la norma E-030, 2018 logrando dicho valor en el modo 4 para el sentido X y en el modo 5 para el sentido Y estos datos se puede verificar en la tabla N° 8, luego se pasó a

verificar las cortantes y desplazamientos esto con el fin de verificar si la estructura con base aislada disminuye o incrementa dichos valores y por último se verifico si la estructura aporticado cumple con las derivas requeridas de 0.007 según la norma E-030, 2018 llegando a obtener que las derivas sobrepasan, por tal motivos se optó por rigidizar la estructura a base de muros de concreto armado, al adicionar los muros se modifica el sistema estructural para ello se verifico el porcentaje de cortante basal que absorben los muros que según la norma indica que la estructura es de muros estructurales cuando absorbe como mínimo el 70% de corte basal para ello fue necesario realizar otro análisis estático con el nuevo modelo matemático y se verifico que el corte basal que absorben los muros en sentido X es de 79.95% y en sentido Y es de 76.89% hasta este punto se pudo deducir que el factor de reducción sísmica tendrá un valor de 6 como indica la norma E-030, 2018, pero esto puede variar si la estructura presenta irregularidades en planta y en altura para ello se verifico nuevamente si la estructura presenta irregularidades llegando a obtener como resultado que la estructura es regular ya confirmado dichos valores se procedió a obtener el periodo real de la estructura asistido por el software ETABS llegando a obtenerse un valor de 0.561 en modo 1 dicho valor de puede verificar en la tabla N° 8 a comparación del periodo de la estructura aporticado disminuye esto debido a que el nuevo modelo es más rígido. Confirmado dichos datos se procedió a calcular el factor de reducción Sísmica y a desarrollar el espectro para un análisis dinámico modal espectral, pasando a verificar la cortante mínima para el sentido X dando como resultado que la cortante dinámica es igual a un 80% de la cortante estática y en el sentido Y la cortante dinámica es de 79.33% por lo tanto fue necesario realizar el escalamiento de fuerzas internas con esto se llegó a obtener que la cortante dinámica en el sentido Y es igual a 80% de la cortante estática dichos valores se puede observar en anexo capítulo 2 luego se verifico que el porcentaje de masa participativa cumpla con lo requerido de 90% en el modo 4 se llegó a cumplir para el sentido X y en el modo 5 para el sentido Y dichos valores se puede verificar en la tabla N° 8 igualmente se verifico las cortantes y desplazamientos de entrepiso a diferencia de la estructura aporticado las cortantes se incrementaron debido a la mayor masa al adicionar muros de



concreto en esto se basa la segunda ecuación de newton fuerza es igual a masa por aceleración a mayor masa mayor es la fuerza pero a la vez los desplazamientos disminuyen dichos datos se puede observar en la tabla N° 9 y por último se verifico las derivas para el segundo modelo rigidizado se llegó a obtener derivas dentro de lo permitido por la norma E-030, 2018 la cual es de 0.007 tabla N° 10 por lo tanto se empleó el segundo modelo para el aislamiento Sismico sin modificar las propiedades de los elementos estructurales ni las características

Con respecto a la estructura con base aislada primero se realizó un cálculo de propiedades físicas y nominales luego la rigidez efectiva de las propiedades nominales se multiplico con el factor de modificación de propiedades definidas en la norma E-031, 2018 y con los resultados se procedió a realizar nuevos cálculos de propiedades para los limites inferior y superior las propiedades obtenidas se puede ver en la tabla N° 4, 5, 6, y 7

Luego se pasó a realizar un análisis dinámico modal espectral del modelo matemático con propiedades límite inferior, para generar el espectro de pseudo aceleración se empleó los datos obtenidos como el periodo el factor de reducción Sísmica etcétera. de la edificación con base fija de muros estructurales primero se evaluó la estructura con un sismo de diseño es el mismo sismo que se empleó para el análisis de la estructura con base fija cabe indicar que esto se realizó con fines comparativos de la respuesta dinámica, luego se pasó a definir un sismo con un factor de reducción sísmica igual a dos y con un factor de aceleración Sísmica multiplicado por 1.5 lo cual se interpreta como un sismo máximo considerado el espectro desarrollado para 3 segundos se empleó para el análisis dinámico y se verifico que el porcentaje de masa participativa cumpla con el 90% requerido por la norma E-030, 2018 según los resultados obtenidos para el límite inferior en el sentido X se cumple en el primer modo y para el sentido Y se cumple en el segundo modo dichos datos se puede observar en la tabla N° 8 además se verifico que las cortantes obtenidas con un sismo de diseño son mucho menores a las cortantes que se generan en la estructura de muros con base fija y se puede verificar en la tabla N° 9, pero los desplazamientos se incrementaron cabe

indicar que la estructura se desplaza como un cuerpo rígido y los desplazamientos de entrepiso son homogéneos a diferencia de los desplazamientos obtenidos con la estructura convencional o base fija los desplazamientos se incrementan en cada nivel esto genera que las derivas aumenten a diferencia de la base aislada se llegó a obtener derivas mucho menores a lo requerido, con el sismo de diseño cabe recalcar que este control con el sismo de diseño se realizó con fines comparativos las derivas que se tomó en cuenta son las obtenidas con un sismo máximo considerado con  $R=1$  y con un análisis tiempo historia, además de las derivas se evaluó las aceleraciones de entre piso y según la Limites de comportamiento de FEMA 356-ATC58 para asegurar los componentes no estructurales se debe obtener aceleraciones menores a 0.4 g y se cómo se puede apreciar la tabla N° 21 realizada para un sismo de diseño se cumple y en la tabla N° 22 para un análisis tiempo historia también llegó a cumplir con las aceleraciones de entre piso esto indica que los componentes no estructurales como equipos de rayos X resonancia magnética, tomografía etcétera. Se van a mantener sin sufrir daño cuando se presente un sismo, del mismo modo se pudo verificar el porcentaje de energía sísmica que observe el sistema de aislamiento sísmico para el sismo de Ancash\_1970\_ en los componentes este o este aplicado en el sentido XX, ver en la figura N° 14 se llegó a determinar que el 80% de la energía sísmica serán absorbidas por el sistema de aislamiento sísmico y solo el 20% serán absorbidas por los muros y pórticos , cabe mencionar que se evaluó el balance energético para las propiedades nominales, límite inferior y superior y se verifico el porcentaje de energía que absorbe el sistema de aislamiento para cada sismo se puede ver en anexos a partir del capítulo 6

Del mismo modo se realizó un análisis modal espectral con un sismo de diseño y con un sismo máximo considerado tomando valores de 2 y 1 para el factor de reducción sísmica (R) cabe indicar que para en el análisis tiempo historia se empleó cuatro registros sísmicos de Ancash 1970, Lima 1974, Lima 1966, Ica 2007, previamente se realizó una corrección de línea base y el filtrado de señales que no corresponden al sismo luego se realizó el escalamiento a un espectro objetivo definido con los parámetros obtenidos, el

escalamiento se realizó para un periodo mínimo y un periodo máximo calculados para el límite inferior y límite superior estos datos se puede ver en anexo capítulo 6 Ítem 7.2

A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis alternativa general que indica que un sistema de aislamiento sísmico influye en la respuesta dinámica de una estructura hospitalaria disminuyendo las derivas, aceleraciones, fuerzas cortantes, he incrementa el periodo y los desplazamientos logrando que la estructura tenga mayor desempeño ante movimientos sísmicos

Estos resultados tienen una relación con lo que sustenta Zagal (2019) en una edificación aporticado, señala que las derivas con base fija son de 0.0053 en sentido X y de 0.0054 en sentido Y con sistema de aislamiento sísmico disminuye a 0.0014 en X y 0.0005 en sentido Y en el presente estudio se logró unas derivas máximas de 0.007 en ambos sentidos de análisis en la estructura de muros con base fija y con sistema de aislamiento se llegó a obtener derivas máximas de 0.001 en ambos sentidos de análisis para un sismo de diseño con las propiedades de límite inferior y de 0.002 para un sismo máximo considerado con  $R=1$  para las propiedades de límite inferior por otro lado Xavier (2014) en una edificación de hospitalización llego a obtener periodo de 2.2 segundos para la estructura con base aislada y logro disminuir las cortantes de 1932 Tn a 625 Tn esta investigación también concuerda con los datos obtenidos, para la estructura aislada se llegó a obtener periodo de 2.893 para las propiedades límite inferior, de 2.602 para las propiedades nominales y de 2.049 para las propiedades de límite superior cabe indicar que el periodo con base fija fue de 0.849 para la estructura aporticado y de 0.561 para muros estructurales como se puede apreciar el periodo se incrementó tres veces mayor que el de la base fija, las cortantes de redujo de 1367.99 Tn a 235.71 Tn en sentido X 1375.74 Tn a 237.4 Tn en sentido Y para un sismo de diseño y propiedades nominales.

Lema (2013) en una edificación común con un sistema estructural dual donde empleo tres tipos de dispositivos dos elastomericos como HDR, LRB y

también los aisladores de péndulo de fricción (FPS) en el presente estudio se empleó dispositivos de alto amortiguamiento como HDRB de dos tipos denominados como tipo A y Tipo B y con núcleo de plomo (LRB) como Tipo C en su investigación Lema (2013) llegó a obtener derivas de 0.001 para la estructura aislada mientras que con base fija fue de 0.0038 así mismo logró a reducir las cortantes de 1790.61 Tn a 660.08 Tn y las aceleraciones de entrepiso para el sistema convencional fue de 1.43 m/s<sup>2</sup> mientras que para la estructura con base aislada fue de 0.11 m/s<sup>2</sup>, la presente investigación tiene concordancia con estos datos obtenidos ya que también se llegó a reducir las derivas, cortantes y aceleraciones y se llegó a incrementar el periodo y desplazamiento de la estructura

Con lo referente a la metodología empleada para lograr los objetivos avala muchas investigaciones realizada a nivel nacional y mundial ya que las ecuaciones, formulas y modelos empleados son las mismas que se encuentran en las normativas nacionales y americanas y los cálculos obtenidos son las más cercanas a lo que podría pasar en la realidad, no obstante, existen debilidades uno de ellos es que no se sabe cómo será exactamente los sismos que ocurrirán en el futuro, y la no concordancia con lo definido en las normas podría modificar las respuesta dinámica de cualquier estructura diseñada con las normativas vigentes,

La relevancia de la presente investigación en relación con el contexto científico social, permite validar las ideas propuestas y otros modelos desarrollados, concede contrastar con la normativa vigente, la E031, 2018 y permite la incorporación de nuevas tecnologías de protección sísmica en las nuevas edificaciones. con respecto a la sociedad puede fomentar la construcción de edificaciones más seguras, disminuir el riesgo sísmico, igualmente puede promover y motivar a todos los jóvenes seguidores de la rama de ingeniería sísmica y estructural a diseñar e implementar tecnologías modernas en las nuevas edificaciones dentro de la funcionalidad continua.

## VI. CONCLUSIONES

1. Una edificación flexible como aporticado no cumplió con los requerimientos de la norma E-030, 2018 con respecto a derivas por lo tanto se rigidizo la estructura mediante muros estructurales y se llegó a determinar los parámetros como zona, uso, coeficiente de amplificación sísmica, periodo real de la estructura peso sísmico etcétera. Y se realizó el control de derivas, periodo, cortante dinámico y estático desplazamientos de entepiso y el porcentaje de corte basal que observen los muros según la norma E-030, 2018 (Tabla N° 1) luego se definió todos los parámetros necesarios para el análisis sísmico de la edificación con la base aislada (Tabla N° 2)
2. Se definió las propiedades físicas de los aisladores de acuerdo a la ubicación del dispositivo es decir para dispositivos céntricos y excéntricos para ello se empleó el 100% de la carga muerta y 50% de la carga viva como indica la norma E-031, 2018 con ello el diámetro del dispositivo del dispositivo de tipo A, tipo B y tipo C resulto 0.58m. 0.41m, y 0.41m respectivamente tabla N° 3 con los datos obtenidos se pasó a seleccionar dispositivos con las mismas características del catálogo de la empresa tensa, para ello fue necesario redondear el diámetros de los dispositivos a 0.60 m, 0.50 m y 0.50 m respectivamente, luego con los datos obtenidos se definió las propiedades nominales y nominales para límite inferior y superior con los factores de modificación de propiedades indicados en la norma E-031, 2018. Tabla N° 5, 6 y 7
3. Al realizar el control de periodo, derivas, desplazamientos, cortantes, y aceleraciones de entepiso se verifico que todos los Parametros mencionado cumplen de manera satisfactoria y se mantienen por debajo del máximo permitido en la norma E-030 y E-031. 2018
4. El desempeño según el límite de comportamiento propuesta por FEMA 356-ATC58 los contenidos como equipos, materiales etcétera. de una edificación hospitalaria de tipo 2 no sufrirán daño debido a que la

aceleración de entrepiso es menor a 0.4g es decir se cumple la filosofía de la norma E-031, 2018 que es la funcionalidad continua.

5. En la investigación realizada con el fin de determinar en qué medida un sistema de aislamiento sísmico influye en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 en nuevo Chimbote se llegó a la conclusión general de que un sistema de aislamiento modifica la respuesta dinámica de una estructura es decir los periodos y los desplazamientos se incrementan y las cortantes, derivas, aceleraciones de entrepiso se reducen, esto genero un efecto muy favorable a la estructura además se verifico que el sistema de aislamiento absorbe el 80% de la energía sísmica

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda (a las entidades correspondientes) que también se incorpore sistema de aislamiento Sísmico en otras estructuras como universidades, centros comerciales, departamentos edificaciones multifamiliares, etcétera. ya que contienen gran cantidad de vidas humanas y el colapso de dichas edificaciones generaría la muerte de muchas personas, según los hallazgos obtenidos con un sistema de aislamiento sísmico se asegura el colapso de la estructura y los componentes no estructurales además se asegura la vida humana.
2. Se recomienda a las universidades públicas o privadas incorporar nuevos cursos relacionados con la ingeniería sísmica y estructural aplicando nuevas metodologías de análisis y diseño
3. Se recomienda a las entidades y a los ingenieros estructurales no emplear estructuras muy flexibles como aporticado para edificaciones aisladas debido a que si el sistema de aislamiento sísmico falla por cualquier motivo toda la energía sísmica podría ingresar a la estructura y como se verifico que el sistema estructural aporticado no cumple con las derivas requeridas por la norma E-030, 2018, se podría generar el colapso de la edificación.
4. Se recomienda a los proyectistas o a los diseñadores que la rigidez efectiva de los dispositivos no sea muy elevada, ya que esto genera que no haya mucha disipación de energía y no sería factible económicamente y estructuralmente implementar dispositivos muy rígidos.
5. Se recomienda (a las entidades correspondientes) incorporar las aceleraciones máximas permisible y mínimas en la norma E-031 para estructuras hospitalarias esenciales de categoría A1

## REFERENCIAS

AGUIAR, Roberto, et al. Análisis sísmico de una estructura con aisladores FPS de primera y segunda generación y elastoméricos con núcleo de plomo. Revista internacional de Ingeniería de estructuras, 2014, vol. 19, no 1 [en línea]. Ecuador 2014 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8904/1/AC-C-ESPE-048140.pdf>

AGUIAR, Roberto; DEL CASTILLO, Fernando. Que Significa Una Deriva De Piso Inelástica Ligeramente Superior Al Dos Por Ciento. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2019, vol. 24, no 1, p. 109-121. 1 [en línea]. Ecuador 2019 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/viewFile/1168/803>

AGUIAR, Roberto; PAZMIÑO, Esteban. DETALLES CONSTRUCTIVOS DEBIDO A LOS AISLADORES SISMICOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS ESPE, EN ECUADOR. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras [en línea]. Ecuador 2019 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/595>

AUERSCH, Lutz; ROMERO, A.; GALVÍN, Pedro. Respuesta dinámica de edificaciones producida por campos de ondas incidentes considerando la interacción suelo-estructura. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 2014, vol. 30, no 4, p. 256-263. [en línea]. España 2014 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.09.001>

BARMO, Alaa, et al. The behavior of multi-story buildings seismically isolated system hybrid isolation (friction, rubber and with the addition of rotational friction dampers). Open Journal of Earthquake Research, 2014, vol. 4, no 01, p. 1. [en



línea]. Syria 2014 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=52406&#abstract>

CAICEDO, Mauricio Domínguez. Períodos de vibración de las edificaciones. Revista Arquitectura e Ingeniería, 2014, vol. 8, no 2, p. 1. [en línea]. Colombia 2014 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6335113.pdf> ISSN: 1990-8830

CHOPRA, Anil. Dinámica de estructuras. [en línea]. 4.a ed. California: Pearson education, 2014. [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en [https://issuu.com/gustavochochongalcivar/docs/p\\_\\_ginas\\_desde220599291-dinamica-de](https://issuu.com/gustavochochongalcivar/docs/p__ginas_desde220599291-dinamica-de) ISBN: 978-607-32-2239-6

CONSTANTINO, M., and SYMANS, M. 1993. "Seismic Response of Structures with Supplemental Damping", Journal of Structural Design of Tall Buildings, Vol. 2, [en línea]. Colombia 2014 USA.1993. [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1002/tal.4320020202> ISBN: 1062-8002

DIAZ, Sebastián Andrés Antonio. caracterización numérica de la respuesta mecánica del elastómero hd-812 utilizado en aisladores sísmicos. 2015. Tesis (doctoral). Santiago: Universidad de Santiago de Chile. 2015. Disponible en <https://www.academia.edu/download/47170961/tesis1.pdf>

DIAZ-GUZMAN, F., et al. Respuesta dinámica de un edificio considerando el efecto de interacción suelo-estructura. Monograph Series in Earthquake Engineering, editor AH Barbat, 2012. [en línea]. España 2012. [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/28512>

ISBN: 978-84-939640-1-6

EGUREN, Paul Alexander Korswagen; RICSE, Arias; HUAMANÍ, Huaranga. Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú. 2012. Tesis (Doctoral). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Civil. Disponible

en

[https://www.academia.edu/download/35408494/KORSWAGEN\\_ARIAS\\_HUARINGA\\_AISLADORES\\_SISMICOS\\_PERU.pdf](https://www.academia.edu/download/35408494/KORSWAGEN_ARIAS_HUARINGA_AISLADORES_SISMICOS_PERU.pdf)

FALCONÍ, R. Aguiar, et al. Aisladores de base elastoméricos y FPS. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, [en línea]. Ecuador 2016 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11675/1/Aisladores%20de%20base%20elastomericos%20y%20fps.pdf> ISBN:

978-9978-301-25-8

FARZAD, Naeim y JAMES, Kelly. Design of seismic isolated structures: Canada, 1999. 289 pp. ISBN:

0-471-14921-7

FEMA. 2003. "NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures", Reports N°. 450 prepared by the Building Seismic Safety Council, Washington, D.C. USA.

FLORES RAMOS, Henry; CAHUATA CORRALES, Fernando. Análisis y diseño estructural de edificaciones con aisladores sísmicos y análisis comparativo de respuesta sísmica y costos con la edificación convencional. 2015. Tesis (pre grado) Arequipa: universidad nacional de san Agustín Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/110>

HERNADEZ, Roberto et al Metodología de la investigación 6ta ed. Perú, D.F.: C.P. 01376, México 2014, pp. 634 ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNADEZ, Roberto et al Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Vol. 9. Perú. D.F.: Mc Graw Hill Education 2018, pp. 92 – 95 ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714

ISMAIL, Mohammed. Aislamiento sísmico de estructuras, parte II un caso práctico con el aislador RNC. Hormigón y Acero, 2018, vol. 69, no 286. [en línea]. Spain 2018 [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6335113.pdf> ISSN:0439-5689

JANAMPA Salas, Brayan. Diseño del sistema de aislamiento sísmico de un edificio hospitalario usando dispositivos HDR. Tesis (Pre grado) Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú Facultad De Ciencias E Ingeniería, 2018. 111 pp. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13234>

KELLY, T. 2001. "In-Structure Damping and Energy Dissipation", Design Guidelines Published by Holmes Consulting Group, Wellington. New Zealand. KLEMBEZYC, A., and MOSHER, M. 2001. ISBN: 0-471-14921-7

KLEMBEZYK, Alan R.; MOSHER, Michael W. Applications of Hermetically Sealed Fluid Dampers for Low Level, Wide Bandwidth Vibration Isolation. En Proceedings of the 69th Shock and Vibration Symposium 1998 [en línea]. North Tonawanda [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en <http://taylordevices.eu/pdfs/51-Applications.pdf> ISBN: 14120-0748716-0800

LAVERDE, Laverde; LUCIA, Lorendys. Sistemas Modernos De Protección Sísmica En Edificaciones. 2017. Tesis (Doctoral). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Civil. Disponible en <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/36500/1/169056.pdf>

LEMA Toapanta Edith. Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en el ETABS. Tesis (Pre grado) Quito: Universidad Central del Ecuador, 2015. 185 pp. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1412>

MOLINARES AMAYA, Nelson. Sistemas de control pasivos y activos de aislamiento de base para edificios sometidos a acciones sísmicas. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, [en línea]. 2011, vol. 14, no 14, p. 60-92. [Fecha de consulta: 27 de Julio de 2020]. Disponible en <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/2377>

MOYA Heredia, Juan. Análisis comparativo de comportamiento estructural en los edificios: hospitalización 2, C. obstetricia, C. quirúrgico, método tradicional (NEC-11, CEC 2002) Vs método con aislación sísmica de base (NCH-2745). Tesis (Pre grado) Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2015. 120 pp. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3025>

NUÑO, A. Metodología de la Investigación. 2016. Disponible en [http://www.academia.edu/download/62366662/Metodologiadelainvestigacion\\_nuno20200314-90511-1rgo8z5.pdf](http://www.academia.edu/download/62366662/Metodologiadelainvestigacion_nuno20200314-90511-1rgo8z5.pdf)

PAULAY, Thomas; PRIESTLEY, MJ Nigel. Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. [en línea]. Canadá Paulay, T., 1923. [Fecha de consulta 26 junio 2020]. Disponible en

[https://www.academia.edu/download/51966691/Seismic\\_Design\\_of\\_Reinforced\\_Concrete\\_and\\_Masonry\\_Building.pdf](https://www.academia.edu/download/51966691/Seismic_Design_of_Reinforced_Concrete_and_Masonry_Building.pdf)  
ISBN 0-471-54915-0

Perú. Reglamento nacional de edificaciones. 22 de enero del 2018, N° 003-2018-Vivienda. 823 pp.

PISCAL AREVALO, Carlos Mario; LOPEZ ALMANSA, Francisco. Comparación de las dos metodologías de análisis y diseño más recientes de ASCE 7, para el análisis de su posible empleo en edificaciones con aislamiento sísmico de base en Colombia. [en línea]. 2019, vol. 37, no 1, p. 57-70. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020]. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/189872>  
ISSN: 2145-9371

PISCAL ARÉVALO, Carlos Mario; LÓPEZ ALMANSA, Francisco. Propuesta para la futura norma de aislamiento sísmico de edificaciones en Colombia. Revista DYNA, Medellín, [en línea] Octubre - diciembre, 2018, vol. 85, no 207, p. 306-315. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020]. Disponible en <http://hdl.handle.net/2117/130770>  
ISSN: 0012-7353

RANGHIERI, Federica; ISHIWATARI, Mikio (ed.). Learning from megadisasters lessons from the Great East Japan Earthquake. The World Bank, [en línea]. Washington Mikio: Ishiwatari, editors 2014 [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020]. Disponible <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-1-4648-0153-2>  
ISBN: 978-1-4648-0154-9

RIVAS, Daniel Enrique Portillo. Desempeño sísmico de aisladores con núcleo de plomo en puentes con pilas flexibles de hormigón armado. 2020. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en <https://oatd.org/oatd/record?record=oai\oa.upm.es\58769>

SCHEAUA, Fănel. Considerations on functional parameters of dry friction seismic isolation systems. [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020]. Disponible en <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-1-4648-0153-2>

ISSN 1224-5615

SORIANO Cacho, José. Comparación De La Respuesta Estructural Del Pabellón De La Universidad Privada Del Norte Con Aisladores Sísmicos Elastomericos Y Sin Aisladores Sísmicos. Tesis (Pre grado) Cajamarca: Universidad privada del Norte, 2014. 219 pp. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/4917>

TENA COLUNGA, Arturo, et al. estudio de la factibilidad de aislamiento sísmico pendular para subestaciones encapsuladas ubicadas en terrenos blandos del valle de México. revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil, [en línea]. 2014, vol. 14. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020]. Disponible en

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=15350088&AN=108287091&h=HrRY1Tt5LsobEwLF54tA7h%2FNqZX%2BnOVnd%2FiDfQ04IGYBibtU%2Bh%2BqaN4ao9jkocFAuWmjBgJ9kcFZhxNE%2F3cKbA%3D%3D&crl=c> ISSN:1535-0088

VALERIO ZACARIAS, Jacob Jonatan. Análisis comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos. 2015. Tesis (Maestría). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80231/TFM-Jacob%20Valerio.pdf>

VILLARREAL, Genner. Análisis de estructuras con el programa Lira 9.0. 1.a ed. Lima: Asamblea nacional de rectores, 2009. 109 pp. [Fecha de consulta: 19 de

junio de 2020]. Disponible en <http://www.academia.edu/download/33408260/20090724-Lira.pdf>

WHITTAKER, Andrew S.; KUMAR, Manish. Seismic isolation of nuclear power plants. Nuclear Engineering and Technology, [en línea]. U.S.A. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S173857331530098X>

ZAYAS, Victor; AMERICANA, S.; CIVILES, D. I. Estándar de Aislamiento sísmico para la Funcionalidad Continua. En I Congreso Internacional de Estructuras de Edificación. [en línea]. Lima [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en <http://www.coinesed.com.pe/wp-content/uploads/2017/04/Estandar-de-Aislamiento-Sismico.pdf>

ZAGAL CORONEL, Dennys Adrian. Análisis de la influencia de disipadores de energía en la respuesta modal de estructuras aporricadas de hormigón armado. 2019. Tesis (Licenciatura). Machala: Universidad Técnica de Machala. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15026>

**ANEXOS**



## MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Sistema de Aslamiento sísmico	un sistema de aislamiento está conformado por un conjunto de elementos estructurales como vigas, losas, capiteles y aisladores sísmicos que son flexibles en el sentido horizontal y altamente rígidos en el sentido vertical con gran capacidad de desplazamiento lateral, Whittaker y Kumar (2014, p. 569)	proceso en la cual se adiciona mayor amortiguamiento a la estructura mediante dispositivos de aislamiento sísmico con el fin de llevar a la edificación a mayor desempeño sísmico	Desplazamiento de diseño	Desplazamiento traslacional (DM, DTM)	Nominal
			Compresión	Capacidad de carga axial	Nominal
			Rigidez del sistema	Rigidez efectiva, rigidez inicial, post fluencia	Nominal
			Amortiguamiento	% amortiguamiento efectivo	razón
			Disipación de energía	Diagrama de hysteresis	Nominal
			Balance energético	Energía de entrada, Energía cinética, Energía potencial	Nominal

**OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Respuesta dinámica</b>	<p>Es el desempeño de una edificación frente a una fuerza sísmica, está relacionada de muchos factores como masa, rigidez, amortiguamiento etc. toda edificación sometida a fuerzas sísmicas generan una respuesta no lineal, esto también depende de la configuración estructural, altura Chopra (2014)</p>	<p>La respuesta estructural se evaluará mediante los valores obtenidos del análisis estático, dinámico y tiempo historia dichos valores serán las aceleraciones, las derivas, los desplazamientos, los periodos, la cortante estática y dinámica de la edificación de salud todo ello con los parámetros establecidos en las normativas nacionales e internacionales</p>	Deformación de la estructura	Desplazamiento (cm)	Nominal
			Vibración de la estructura	Periodos	Nominal
			Distorsion	Derivas	Nominal
			Energía sísmica	Aceleraciones $Z4= 0.45g$	Nominal
			Fuerzas Sísmicas	Cortantes	Nominal

# INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## 1. DATOS GENERALES

### 1.1. TÍTULO

**“Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote - 2020”**

### 1.2. AUTOR

Quiroz Baltazar Anibal Nilo

### 1.3. ASESOR

Mgtr. Muñoz Arana José Pepe

### 1.4. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

### 1.5. UBICACIÓN GENERAL

Región: Ancash

Provincia: Santa

Distrito: Nuevo Chimbote

### 1.6. DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA

Ancho = 52.5 m

Largo = 35.0 m

## 2. PARAMETROS ESTRUCTURALES

### 2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

---

#### 2.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

##### 2.1. COLUMNAS

Básicamente las columnas son elementos estructurales que trabajan a compresión, pero debido a su ubicación también soportan solicitaciones de flexo compresión, corte y torsión para el presente proyecto de investigación se tiene tres tipos de columnas

Las esquinadas, excéntricas y las céntricas las dimensiones de cada columna se determinarán con la siguiente ecuación, donde se va tener en cuenta la carga muerta y la carga viva por metro cuadrado el área tributaria y el número de pisos

Cabe indicar que el área mínima de una columna es de 1000 cm<sup>2</sup> según el ACI en zonas altamente sísmicas como es la costa (Z4) de Perú donde se proyecta la edificación hospitalaria

##### 2.1.1. COLUMNAS ESQUINADAS

Este tipo de columnas son las que soportan menos carga que las columnas excéntricas y céntricas, esto debido a la poca área tributaria y la ubicación, y se calculara con la siguiente ecuación

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

Donde:

P = Peso

A = Área tributaria

N = Número de pisos

### 2.1.2. COLUMNAS EXCÉNTRICAS

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

Donde:

P = Peso

A = Área tributaria

N = Número de pisos

### 2.1.3. COLUMNAS CÉNTRICAS

Las columnas céntricas son las que soportan mayor carga debido a la ubicación y área y a diferencia de las otras dos columnas anteriores el factor que multiplica a la resistencia del concreto será 0.45 el procedimiento de cálculo es el mismo

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

Donde:

P = Peso

A = Área tributaria

N = Número de pisos

## 2.2. VIGAS

Para el pre dimensionamiento de las vigas se tendrá en cuenta los siguientes factores de sobre carga. La categoría de la edificación es A1 – esencial según la norma E-030, 2018

Por lo tanto, se cuenta con una carga critica de 400 kg/m<sup>2</sup> por tal motivo el pre dimensionamiento de las vigas se realizará con el factor “10” y el ancho de la viga se tomará la mitad del peralte calculado

Factores para pre dimensionamiento de vigas	
Ws/c en kg/m <sup>2</sup>	$\alpha$
$S/C \leq 200$	12
$200 < S/C \leq 350$	11
$350 < S/C \leq 600$	10
$600 < S/C \leq 750$	9

Fuente: elaboracion propia

### 2.2.1. VIGA EN EL SENTIDO X

Para el pre dimensionamiento de las vigas se aplicará la siguiente ecuación en ambos sentidos de la estructura (X, Y) y el factor que divide a la longitud más crítica en la dirección de cálculo será 10 de acuerdo al cuadro anterior y la sobrecarga

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

Donde:

L = longitud más crítica en el sentido X

h = peralte de la viga

b = base o ancho de la viga

### 2.2.2. VIGA EN EL SENTIDO Y

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

Donde:

L = longitud más crítica en el sentido Y

h = peralte de la viga

b = base o ancho de la viga

## **2.3. LOSAS**

Para el presente proyecto de investigación se optó por 2 tipos de losas, las aligeradas y las losas macizas, se considerará losa aligerada del primer al quinto nivel y losa maciza en el interfaz de aislamiento las dimensiones se calcularán con las ecuaciones que se detallan a continuación

### **2.3.1. LOSA ALIGERADA**

Se considera losa aligerada en dos direcciones

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

Donde:

L = Luz mas critica en el sentido de analisis

### **2.3.2. LOSA MACIZA**

El espesor de la losa maciza se determinará con la siguiente ecuación

$$e = \frac{L}{40}$$

Donde

L = longitud critica

e = Espesor

## **2.4. MUROS DE CORTE**

Con respecto al espesor del muro se determinará a criterio del Tesista teniendo en cuenta el espesor recomendado es de 20 cm en las zonas sísmicas como es la ciudad de nuevo Chimbote, donde se plantea la edificación hospitalaria

$$M_{Corte} = 0.30 \text{ m}$$

## 2.5. DATOS DE CONCRETO (CAPITELES)

Para capiteles y pedestales se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones las dimensiones de estos elementos para un pre diseño para edificaciones menores a cinco niveles considerar un mínimo de 1.0 m<sup>2</sup>, para edificios menores a 10 niveles considerar un mínimo de 1.20 m<sup>2</sup> y para edificaciones menores a 15 niveles considerar un mínimo de 1.5 m<sup>2</sup>, debido a que el presente proyecto de investigación consta de una edificación de 5 niveles se tomará las dimensiones de 1.0m x 1.0m

$$\text{Capitel} = 1.00 \text{ mx}100 \text{ m}$$

## 3. PARAMETROS PARA EL MODELACIÓN

### 3.1. NORMAS APLICADAS

1. Norma E – 031 aislamiento Sismico
2. Norma E – 030 diseño sismo resistente
3. Norma E – 020 cargas

### 3.2. PARAMETROS PARA EL MODELAMIENTO MATEMÁTICO

Propiedades de los materiales para el modelamiento de la estructura con base fija y base aislada

#### CONCRETO

- Concreto  $F'c =$
- Módulo de elasticidad =
- Poisson  $U =$
- Peso por unidad de volumen =

#### ACERO

- Acero =
- Módulo de elasticidad =
- Peso por unidad de volumen =



## **4. CARGAS SEGÚN LA NORMA (E-020)**

### **4.1. CARGAS MUERTAS Y CARGAS VIVAS SEGÚN (E-020, 2018)**

#### **4.1.1. CARGA VIVA SEGÚN USO:**

Las cargas se asignarán de acuerdo a la norma E-020 (Cargas) teniendo en cuenta lo que indica en el capítulo 3 artículo 6.1

- Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio =
- Cuartos =
- Corredores y escaleras =

#### **4.1.2. TABIQUERÍA MÓVIL:**

Según la E-020 (Cargas) en el capítulo 3 artículo 6.2 menciona que la tabiquería móvil se incluye como carga viva repartida por metro cuadrado

- Tabiquería móvil =

#### **4.1.3. CARGA VIVA DE TECHO:**

La carga viva en el techo se considerará de acuerdo a la norma E-020 de cargas, capítulo 3 Artículo 7.1

- Carga viva de techo =

#### **4.1.4. CARGA MUERTA (ACABADOS)**

- Acabado =

#### **4.1.5. CARGA DE NIEVE EN TECHO**

- nieve =

## 5. PARAMETROS SÍSMICOS

### 5.1. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO (FUERZAS EQUIVALENTES)

#### MÉTODOS DE ANÁLISIS

En este punto se da a conocer algunos conceptos básicos de diseño Sismico las cuales serán ejecutadas en el desarrollo de la tesis para el análisis de la edificación propuesta

#### 5.1.1. ANÁLISIS ESTÁTICO (FUERZAS HORIZONTALES QUIVALENTES)

Son las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas laterales actuantes en el centro de masa de cada nivel de la edificación, este tipo de análisis solo se aplica para edificaciones regulares y menores a 10 pisos o 30.0 m de altura en la presente tesis se realizará este tipo de análisis solo con fines de comparación para ello se tendrá que calcular

El cortante basal las fuerzas actuantes en cada nivel con las ecuaciones que se detallan a continuación, cabe indicar que el objetivo principal de un análisis estático es determinar las fuerzas horizontales equivalentes actuantes en el centro de masa de la estructura.

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

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde

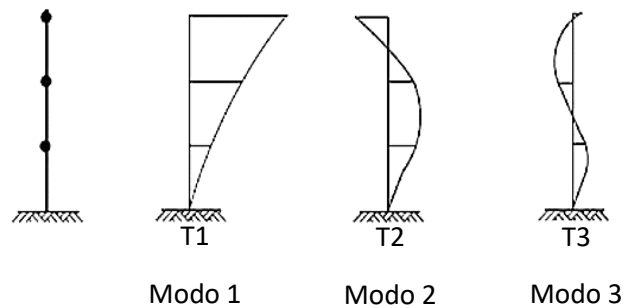
V = cortante basal

Fi = fuerza lateral

### 5.1.2. ANÁLISIS DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL)

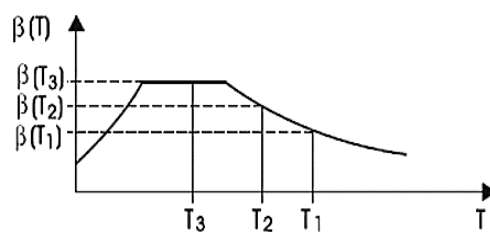
Para realizar este tipo de análisis es necesario definir cada losa de entrepiso como un diafragma rígido por lo tanto se tendrá tres grados de libertad por nivel, dos en sentido traslacional en X, Y y una rotación en el eje Z, luego con un análisis espectral de superposición modal se determinan las fuerzas máximas probables además en cada nivel se tendrá un centro de masa, y rigidez los pasos para realiza un análisis modal espectral son las siguientes:

#### PASO 1 MODELO DINÁMICO DE UNA ESTRUCTURA



En cada modo se tendrá un periodo y cada uno de ellos tendrá diferentes periodos y frecuencias, y en base a cada modo se tendrá un espectro de diseño como se puede apreciar a continuación

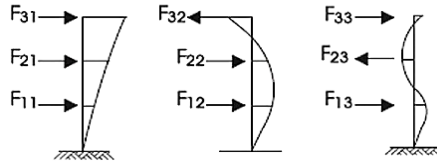
#### PASO 2 ESPECTRO DE DISEÑO



Como se podrá apreciar en la horizontal tenemos los periodos obtenidos en cada modo y en la vertical tenemos las aceleraciones las cuales son fuerzas horizontales que actúan en el centro de masa del cada nivel

### PASO 3 RESPUESTA MODAL

Como se podrá apreciar se obtiene las fuerzas laterales producto del espectro de diseño



### PASO 4 RECUESTRO DE MOMENTOS, NORMALES, CORTANTES EN CADA MODO

Por ejemplo, momento flector en la base de un pilar, como se puede apreciar en el siguiente grafico se obtendrá los momentos flectores para modo 1, modo2 y modo 3 y la cantidad de modos que se tenga, en este punto es necesario detallar que para el presente proyecto de investigación se tiene una edificación de cinco niveles por lo tanto se tendrá un 15 modo



### PASO 5: MOMENTO FLECTOR RESULTANTE

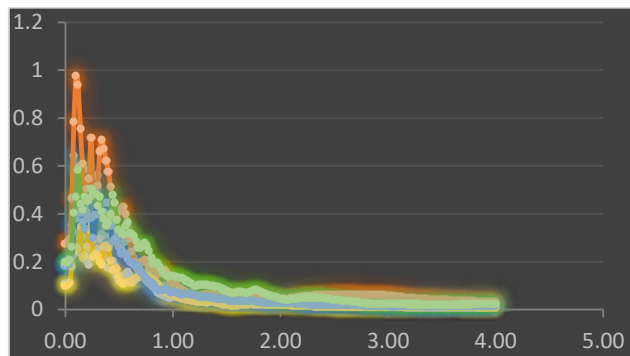
En este último paso se obtendrá los momentos flectores, cortantes en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo desplazamientos totales y relativos. Utilizando métodos que nos menciona la norma E-030 en el sub artículo 29.3.2. la cual es la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo (CQC)

$$\sqrt{M^2_{1b} + M^2_{2b} + M^2_{3b}}$$

#### 5.1.3. ESPECTRO DE RESPUESTA

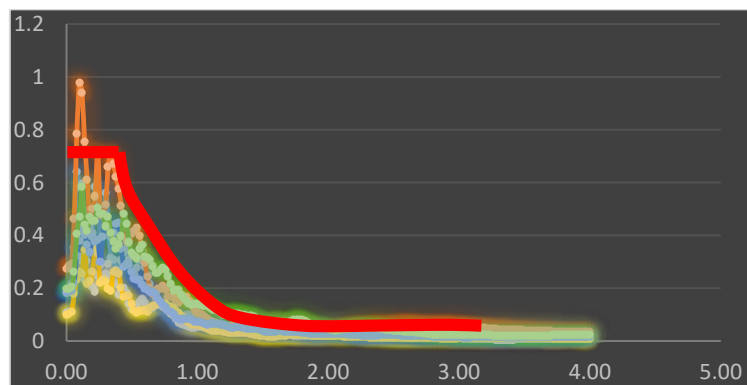
Un espectro de respuesta describe las máximas respuestas de estructuras idealizadas como un grado de libertad sometidas a la acción de un movimiento

Sismico que podría ser los registros acelerometricos, a continuación, se puede apreciar un espectro de respuesta de seis registros sísmicos



Fuente Propia

#### 5.2.4. ESPECTRO DE DISEÑO



Fuente Propia

Como se puede apreciar un espectro de diseño es la envolvente de los espectros sísmicos de respuesta de una gran cantidad de sismos cuyos efectos han sido sentidos en dicha zona del espectro de respuesta en caso de Perú se toma la media con un amortiguamiento del 5%

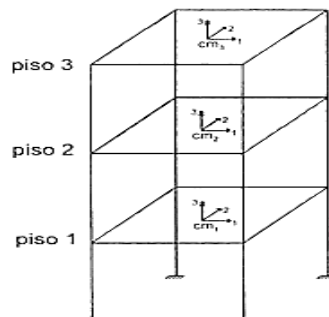
Un espectro de diseño se divide en dos tipos como vienen a ser los espectros elásticos e inelásticos, para el diseño modal espectral se emplean el espectro inelástico el factor que interviene entre estos dos espectros es el factor de reducción sísmica que va depender de sistema estructural y las irregularidades que tiene la edificación, según la norma E-030 el espectro de diseño se puede determinar con la siguiente ecuación

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

### 5.2.5. DIAFRAGMA RÍGIDO

Se le denomina diafragma rígido al piso, techo, membrana u cualquier otro sistema que transfieren las cargas laterales hacia los elementos verticales como columnas y muros

Además, se considera diafragma rígido debido a que las deformaciones en el plano de la losa son despreciables en relación a las deformaciones laterales que sufre la estructura, asimismo en un diafragma rígido se considera solo tres grados de libertad las dos primeras son traslaciones en horizontal y el tercer es rotacional en el eje Z



### 5.2.6. PESO SISMICO

Según el RNE (Norma E-030 2018 Artículo 26) la estimación de peso Sismico dependerá de la categoría de la edificación, para la presente tesis se tiene una edificación de Categoría A1 esencial.

Por lo tanto, el porcentaje de la carga viva que se tomara es el 50% de acuerdo a la siguiente tabla con la excepción de la carga viva de techo la cual se tomara solo el 25%. y con respecto a la carga muerta se tomará el 100%

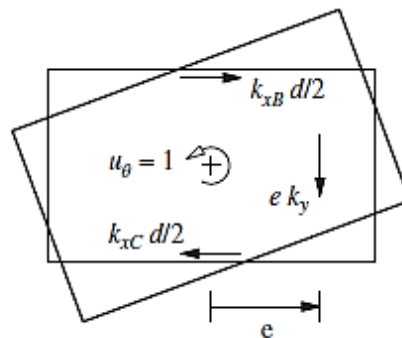
Categoría de la edificación	Porcentaje de carga Viva
A,B	50%
C	25%
Deposito	80%
Azotea, Techo	25%
Tanques, silos	100%

Fuente RNE (Norma – E030)

$$P = 100\% (CM) + 50\% (CV)$$

### 5.2.7. CENTRO DE RIGIDEZ

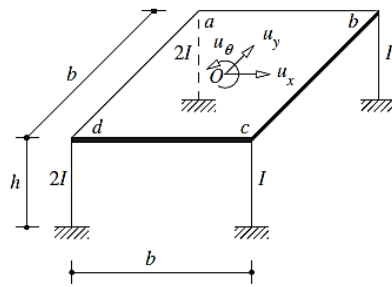
El centro de rigidez es el punto en planta donde la edificación se genera traslación cuando se le aplica una fuerza lateral



Fuente: Anil K. Chopra P.398

### 5.2.8. CENTRO DE MASA

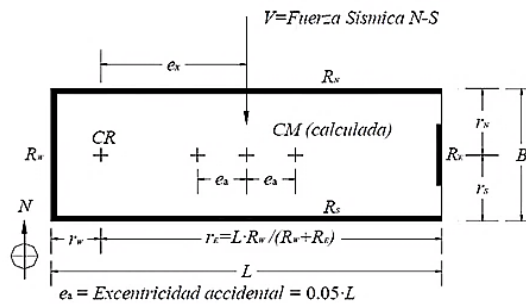
Es el punto en planta donde se concentra la mayor masa, además es el punto donde se aplica la fuerza lateral, producto de la fuerza lateral aplicado en el centro de masa el centro de rigidez y el haber una excentricidad se produce lo que es la torsión en el centro de rigidez



Fuente: Anil K. Chopra P.398

### 5.2.9. EXCENRICIDAD ACCIDENTAL

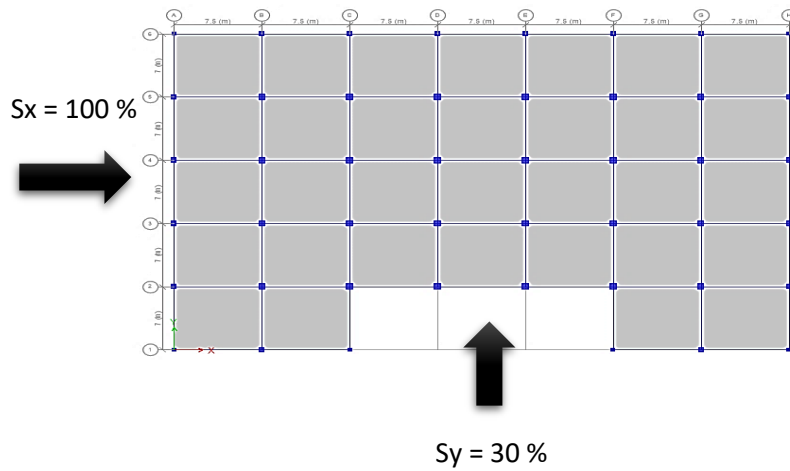
Toda fuerza sísmica actúa en el centro de masa de cada nivel y a producto de esta fuerza se puede generar una rotación en el centro de rigidez por lo tanto debe considerarse una excentricidad a la estructura, la Norma E-031 nos menciona que se debe asignar una excentricidad accidental en cada una de las direcciones ortogonales la cual será un 5% de la longitud del diafragma



### 5.2.10. EFECTOS DIRECCIONALES

La aceleración adquirida de acuerdo a cada dirección ortogonal se deberá combinar de acuerdo a la norma E-031 sub artículo 26.2.3 donde nos menciona que se debe tomar el 100% en la dirección de análisis más el 30% en la dirección perpendicular





### 5.3. DATOS RESUMIDOS EN TABLAS

Tabla 1 Elementos estructurales

Elemento Estructural	Dimensiones
Columna esquinada	
Columna excéntrica	
Columna Céntrica	
Losa Aligerada	
Losa Maciza	
Muros de Corte	
Viga Peraltada en X	
Viga Peraltada en Y	
Capiteles	

Fuente: elaboracion propia

Tabla 2 Propiedades de los materiales

Tipo	Concreto
Resistencia del concreto ( $F'c$ )	
Módulo de elasticidad	
Poisson	
Secciones de las vigas	
Secciones de las columnas	
Secciones de los muros	

Fuente: elaboracion propia

Tabla 3 Propiedades físicas de los aisladores

PROPIEDADES FISICAS	UND	DISPOSITIVOS
Diámetro	(mm)	
Altura total incluyendo chapas	(mm)	
Tamaño de Chapas	(mm)	
Espesor del Caucho	(mm)	
Factor de Forma S	(mm)	
Rigidez Vertical $K_v$	(kN/mm)	
Rigidez Horizontal Efectiva $K_{eff}$	(kN/mm)	
Desplazamiento diseño (EN 1998)	(mm)	
Carga de Diseño Horizontal	(mm)	
Carga Estática Vertical Máxima	(kN)	
Carga Sísmica Vertical Máxima	(kN)	

Fuente: elaboracion propia

Tabla 4 Propiedades de los aisladores

PROPIEDADES DEL DISPOSITIVO		UND	DISPOSITIVOS		
			Tipo A	Tipo B	Tipo C
Rigidez Vertical	$K_v$	kN/mm			
Rigidez Efectiva Lineal	$K_{eff}$	kN/mm			
Rigidez Inicial	$K_1$	kN/mm			
Rigidez Post fluencia	$K_2$	kN/mm			
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio			
Fuerza de Fluencia	$F_y$	kN			
Energía Disipada	$W_D$	kN/mm			
Módulo de corte del plomo GP		Mpa			
Esfuerzo de corte del plomo TPY		kN/mm <sup>2</sup>			

Fuente: elaboracion propia

Tabla 5 Parametros sísmicos

Parametros	Valor según E-030
Z=	
U=	
C=	
S=	
R=	

Fuente: elaboracion propia

Tabla 6 Combinación de carga

CASOS DE CARGAS	COMBINACION	RESULTADO
Carga vertical promedio	1.0 CM + 0.5 CV	
Carga vertical máxima	1.25 (CM + CV) + 1.0 (CSH + CSV) + 0.2 CN	
Carga vertical mínima	0.9 CM – 1.0 (CSH + CSV)	

Fuente: elaboracion propia

Tabla 8 Parametros E-031

Caso	Ecuación	Resultado
Desplazamiento traslacional	$D_M = \frac{S_{aM} T^2 M}{4\Pi^2 B_M}$	
Periodo efectivo	$T_M = 2\Pi \sqrt{\frac{P}{K_M g}}$	
Desplazamiento Total	$D_{TM} = D_M \left[ 1 + \left\{ \frac{y}{p^2 t} \right\} \left\{ \frac{12e}{b^2 + d^2} \right\} \right]$	
Razón entre el periodo traslacional efectivo del sistema de aislamiento y el periodo rotacional efectivo	$p_T = \frac{1}{r_a} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{X_i^2 + Y_i^2\}}{N}}$	

Fuente: elaboracion propia

OFICINA ACADEMICA DE INVESTIGACION

Estimado Validador:

Me es grato dirigirme a usted a fin de solicitarle su inapreciable colaboración como experto para validar la ficha técnica el cual será aplicado a la presente TESIS seleccionada, por cuanto considero con sus observaciones y subsecuentes aportes serán de utilidad

El presente instrumento tiene como finalidad recoger información directa para investigación que se realiza en los actuales momentos, titulado:

**“Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación de hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020”**

Esto como objeto de presentarla como requisito para obtener:

EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Para efectuar la validación del instrumento, usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional del actor que corresponda al instrumento. Por otra parte, se le agradece cualquier sugerencia relativa a redacción, contenido pertinencia y congruencia u otro aspecto que se considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

YO SEGUNDO FRANCISCO MONCADA SAUCEDO titular  
del DNI N° 06110234 de profesión  
Ejerciendo actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO En  
la institución

USP - UCV

Por medio de la presente hago constatar que he revisado con fines de Validación del instrumento (ficha técnica), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulada: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020", de autoría íntegra del sr. Quiroz Baltazar Anibal Nilo.

Luego de hacer las Observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Ítem			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Relación de Ítem			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia				

En Nuevo Chimbote a los 20 días del mes de DICIEMBRE 2019



Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Marque con una equis "X" el aspecto cualitativo que le parece que cumpla cada ítem, según los criterios que a continuación se detallan.

E = EXCELENTE / B = BUENO / M = MEJORAR / X = ELIMINAR / C = CAMBIAR

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia En las casillas de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia

N°	ITEM	E	B	M	X	C	OBSERVACIONES
1	Datos generales		X				
2	Parametros estructurales		X				
3	Parametros para el modelación	X					
4	Cargas	X					
5	Parametros sísmicos	X					

Evaluated por:

Nombre y Apellido: SEGUNDO FRANCISCO Moncada Saucedo

DNI: 061102341

FIRMA: 

OFICINA ACADEMICA DE INVESTIGACION

Estimado Validador:

Me es grato dirigirme a usted a fin de solicitarle su inapreciable colaboración como experto para validar la ficha técnica el cual será aplicado a la presente TESIS seleccionada, por cuanto considero con sus observaciones y subsecuentes aportes serán de utilidad

El presente instrumento tiene como finalidad recoger información directa para investigación que se realiza en los actuales momentos, titulado:

**“Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación de hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020”**

Esto como objeto de presentarla como requisito para obtener:

EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Para efectuar la validación del instrumento, usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional del actor que corresponda al instrumento. Por otra parte, se le agradece cualquier sugerencia relativa a redacción, contenido pertinencia y congruencia u otro aspecto que se considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Mario Roberto Oblizqui Iglesias titular  
del DNI N° 41037024 de profesión Ingeniero Civil Ejerciendo  
actualmente como Docente Tiempo Parcial En la institución  
Universidad Cesar Vallejo-

Por medio de la presente hago constatar que he revisado con fines de Validación del instrumento (ficha técnica), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulada: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020", de autoría íntegra del sr. Quiroz Baltazar Anibal Nilo.

Luego de hacer las Observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítem			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Relación de ítem			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Nuevo Chimbote a los 19 días del mes de Julio  
del 2020

Mario Oblizqui  
Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Marque con una equis "X" el aspecto cualitativo que le parece que cumpla cada ítem, según los criterios que a continuación se detallan.

E = EXCELENTE / B = BUENO / M = MEJORAR / X = ELIMINAR / C = CAMBIAR

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En las casillas de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

N°	ITEM	E	B	M	X	C	OBSERVACIONES
1	Datos generales		X				
2	Parametros estructurales		X				
3	Parametros para el modelación		X				
4	Cargas		X				
5	Parametros sísmicos		X				

Evaluated por:

Nombre y Apellido: Mario Roberto Orlqui Iglesias

DNI: 41037424 FIRMA: Mario Orlqui

OFICINA ACADEMICA DE INVESTIGACION

Estimado Validador:

Me es grato dirigirme a usted a fin de solicitarle su inapreciable colaboración como experto para validar la ficha técnica el cual será aplicado a la presente TESIS seleccionada, por cuanto considero con sus observaciones y subsecuentes aportes serán de utilidad

El presente instrumento tiene como finalidad recoger información directa para investigación que se realiza en los actuales momentos, titulado:

**“Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación de hospitalaria de tipo 2 – Nuevo Chimbote -2020”**

Esto como objeto de presentarla como requisito para obtener:

EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Para efectuar la validación del instrumento, usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional del actor que corresponda al instrumento. Por otra parte, se le agradece cualquier sugerencia relativa a redacción, contenido pertinencia y congruencia u otro aspecto que se considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo ATILIO RUBEN LOPEZ CARRANZA titular  
del DNI N° 32965940 de profesión INGENIERO CIVIL Ejerciendo  
actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO En la institución

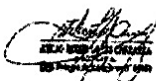
UCV

Por medio de la presente hago constatar que he revisado con fines de Validación del instrumento (ficha técnica), para efecto de recopilar información necesaria para realizar el trabajo de investigación titulada: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020", de autoría íntegra del sr. Quiroz Baltazar Anibal Nilo.

Luego de hacer las Observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Ítem			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Relación de Ítem				X
Claridad y precisión			X	
Pertinencia				X

En Nuevo Chimbote a los 02 días del mes de JULIO  
del 2020



Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Marque con una equis "X" el aspecto cualitativo que le parece que cumpla cada ítem, según los criterios que a continuación se detallan.

E = EXCELENTE / B = BUENO / M = MEJORAR / X = ELIMINAR / C = CAMBIAR

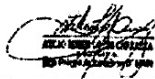
Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En las casillas de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

N°	ITEM	E	B	M	X	C	OBSERVACIONES
1	Datos generales	X					
2	Parametros estructurales		X				
3	Parametros para el modelación	X					
4	Cargas	X					
5	Parametros sísmicos		X				

Evaluado por:

Nombre y Apellido: ATILIO RUBEN LOPEZ CARRANZA

DNI: 32965940

FIRMA:  \_\_\_\_\_

**TABLA 1  
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS**

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500) Ver 6.4
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Bibliotecas</b>	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes	
fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Hoteles</b>	
Cuartos	2,0 (200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0 (500)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Industria</b>	Ver 6.4
<b>Instituciones Penales</b>	
Celdas y zona de habitación	2,0 (200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Lugares de Asamblea</b>	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos móviles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Oficinas (*)</b>	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Teatros</b>	
Vestidores	2,0 (200)
Cuarto de proyección	3,0 (300) Ver 6.4
Escenario	7,5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	5,0 (500) Ver 6.4
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Viviendas</b>	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

(\*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil

## 6.2. Carga Viva Concentrada

a) Los pisos y techos que soporten cualquier tipo de maquinaria u otras cargas vivas concentradas en exceso de 5,0 kN (500 kgf) (incluido el peso de los apoyos o bases), serán diseñados para poder soportar tal peso como una carga concentrada o como grupo de cargas concentradas.

b) Cuando exista una carga viva concentrada, se puede omitir la carga viva repartida en la zona ocupada por la carga concentrada.

## 6.3. Tabiquería Móvil

El peso de los tabiques móviles se incluirá como carga viva equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, con un mínimo de 0,50 kPa (50 kgf/m<sup>2</sup>), para divisiones livianas móviles de media altura y de 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>) para divisiones livianas móviles de altura completa.

Cuando en el diseño se contemple tabiquerías móviles, deberá colocarse una nota al respecto, tanto en los planos de arquitectura como en los de estructuras.

## 6.4. Conformidad

Para determinar si la magnitud de la carga viva real es conforme con la carga viva mínima repartida, se hará una aproximación de la carga viva repartida real promediando la carga total que en efecto se aplica sobre una región rectangular representativa de 15 m<sup>2</sup> que no tenga ningún lado menor que 3,00 m.

## Artículo 7.- CARGA VIVA DEL TECHO

Se diseñarán los techos y las marquesinas tomando en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas a continuación.

**7.1. Carga Viva.** - Las cargas vivas mínimas serán las siguientes:

a) Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a la horizontal, 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>).

b) Para techos con inclinación mayor de 3°, con respecto a la horizontal 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>) reducida en 0,05 kPa (5 kgf/m<sup>2</sup>), por cada grado de pendiente por encima de 3°, hasta un mínimo de 0,50 kPa (50 kgf/m<sup>2</sup>).

c) Para techos curvos, 0,50 kPa (50 kgf/m<sup>2</sup>).

d) Para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente, 0,30 kPa (30 kgf/m<sup>2</sup>), excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve, en cuyo caso se aplicará lo indicado en el Artículo 11.

e) Cuando se trate de malecones o terrazas, se aplicará la carga viva correspondiente a su uso particular, según se indica en la Tabla 1.

f) Cuando los techos tengan jardines, la carga viva mínima de diseño de las porciones con jardín será de 1,0 kPa (100 kgf/m<sup>2</sup>). Excepto cuando los jardines puedan ser de uso común ó público, en cuyo caso la carga viva de diseño será de 4,0 kPa (400 kgf/m<sup>2</sup>).

El peso de los materiales del jardín será considerado como carga muerta y se hará este cómputo sobre la base de tierra saturada.

Las zonas adyacentes a las porciones con jardín serán consideradas como áreas de asamblea, a no ser que haya disposiciones específicas permanentes que impidan su uso.

g) Cuando se coloque algún anuncio o equipo en un techo, el diseño tomará en cuenta todas las acciones que dicho anuncio o equipo ocasione.

## Artículo 8.- CARGA VIVA PARA ACERAS, PISTAS, BARANDAS, PARAPETOS Y COLUMNAS EN ZONAS DE ESTACIONAMIENTO

### 8.1. Aceras y Pistas

a) Todas las aceras y pistas o porciones de las mismas que no se apoyen sobre el suelo se diseñarán para una carga viva mínima repartida de 5,0 kPa (500 kgf/m<sup>2</sup>).

Cuando estén sujetas a la carga de rueda de camiones, intencional o accidental, se diseñarán tales tramos de aceras o pistas para la carga vehicular máxima que se pueda imponer. Ver 9.3.

b) Los registros de inspección, las tapas de registro y las rejillas, serán diseñados para las cargas prescritas en el inciso anterior.



- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.

b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.

c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

**1.4 Concepción Estructural Sismorresistente**

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

**1.5 Consideraciones Generales**

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

**1.6 Presentación del Proyecto**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.

f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si estas se requieren conforme al Capítulo 9.

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

**2.1 Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

**ZONAS SÍSMICAS**



**FIGURA N° 1**

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

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

**2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio**

**2.2.1 Microzonificación Sísmica**

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación

de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

### 2.2.2 Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

### 2.3 Condiciones Geotécnicas

#### 2.3.1 Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $N_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $N_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

#### a. Perfil Tipo $S_0$ : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

#### b. Perfil Tipo $S_1$ : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$  entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $N_{60}$  mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

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

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$  entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $N_{60}$ , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

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

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

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

#### e. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo  $S_4$  cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Perfil	$\bar{V}_s$	$N_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

#### 2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice  $i$  se refiere a uno cualquiera de los  $n$  estratos con distintas características,  $m$  se refiere al número de estratos con suelos granulares y  $k$  al número de estratos con suelos cohesivos.

#### a. Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, $\bar{V}_s$

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$



donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $n$  estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b. Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $\bar{N}_{60}$**

El valor  $\bar{N}_{60}$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $m$  estratos con suelo granular y  $\bar{N}_{60}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c. Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $\bar{S}_u$**

El valor  $\bar{S}_u$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $\bar{S}_u$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

**Consideraciones Adicionales:**

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_L$ )**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_p$  y  $T_L$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

SUELO ZONA	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)**

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

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

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

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

$T$  es el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

**3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$ .

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:  - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.  Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

**3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_g$ )**

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente  $R_g$  que corresponda.

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

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos  $S_3$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

**3.5 Regularidad Estructural**

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente  $R$  de reducción de fuerzas sísmicas.

**Estructuras Regulares** son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1,0.

**Estructuras Irregulares** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

**3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a$ ,  $I_p$ )**

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores  $I_a$  o  $I_p$  para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{cm}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{cm}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{cm}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

### 3.7 Restricciones a la Irregularidad

#### 3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

#### 3.7.2 Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

#### 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, $R$

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

#### 3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

"Minimum Design Loads for Building and Other Structures", ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

#### 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las solicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

#### 4.2 Modelos para el Análisis

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.



Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

#### 4.3 Estimación del Peso ( $P$ )

El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

#### 4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

#### 4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

##### 4.5.1 Generalidades

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

##### 4.5.2 Fuerza Cortante en la Base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

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

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

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

#### 4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel  $i$ , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde  $n$  es el número de pisos del edificio,  $k$  es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para  $T$  menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$ .
- Para  $T$  mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

#### 4.5.4 Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

Donde:

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}}$$

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

#### 4.5.5 Excentricidad Accidental

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel ( $F_i$ ) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

a) En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental ( $M_{ti}$ ) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel ( $e_i$ ), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

#### 4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a  $2/3 Z \cdot U \cdot S$ .

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

#### 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

##### 4.6.1 Modos de Vibración

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

##### 4.6.2 Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los  $2/3$  del espectro empleado para las direcciones horizontales.

##### 4.6.3 Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) podrá determinarse

usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 \beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05  
 $\omega_i$ ,  $\omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

#### 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

#### 4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

#### 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

##### 4.7.1 Registros de Aceleración

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental),

el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ .

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de  $C$ , definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considerará:

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

#### 4.7.2 Modelo para el Análisis

El modelo matemático deberá representar correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

El comportamiento de los elementos será modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y tomará en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

La resistencia de los elementos será obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5 % del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

#### 4.7.3 Tratamiento de Resultados

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30 %.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre  $R = 2$ , empleándose las normas aplicables a cada material.

### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

#### 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $0,75 R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

#### 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la

fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Material Predominante	$(\Delta_r / h_{et})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

#### 5.3 Separación entre Edificios (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de  $s/2$  que le corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

#### 5.4 Redundancia

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

#### 5.5 Verificación de Resistencia Última

En caso se realice un análisis de la resistencia última se podrá utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

### CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

#### 6.1 Generalidades

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.



- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

### 6.2 Responsabilidad Profesional

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos serán responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

### 6.3 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección ( $F$ ) asociada a su peso ( $P_e$ ), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $a_i$  es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $F_i$  es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 4.5 y  $P_i$  el peso de dicho nivel.

Los valores de  $C_1$  se tomarán de la Tabla N° 12.

Para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza  $F$  se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rigidamente al piso.	1,5

### 6.4 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza  $F$  calculada con el numeral 6.3 será menor que  $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$ .

### 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

### 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

### 6.7 Otras Estructuras

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no deberá ser menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de  $C_1$  mínimo de 3,0.

### 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplicarán por 0,8.

## CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

### 7.1 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

### 7.2 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

### 7.3 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

### 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo  $S_3$  y  $S_4$  y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.

Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas solicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15 % de la carga vertical que soportan.

## CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las estructuras dañadas por sismos deben ser evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del diseño sismorresistente señalada en el Capítulo 1.

El MVCS para cumplir con la supervisión del cumplimiento de la Ley y de sus Reglamentos, prevista en el numeral 10 del artículo 4 de la Ley, realiza acciones de control, inspección, fiscalización y revisión respecto de las obligaciones, prohibiciones y demás aspectos que las referidas normas regulan.

#### Artículo 87.- Denuncia informativa ante INDECOP

Con la finalidad de interponer acciones ante la Comisión de Eliminación de Barreras Burocráticas del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOP, el MVCS presenta una denuncia informativa ante la Secretaría Técnica de la referida Comisión señalando, como mínimo, la barrera burocrática, la entidad que la impone, los hechos y el medio a través del cual se materializa.

#### Artículo 88.- Opinión vinculante

88.1 El MVCS emite opinión vinculante acerca de las normas técnicas y legales que regulan las materias de habilitaciones urbanas y de edificaciones, las cuales son de obligatorio cumplimiento por parte de los administrados y de las entidades de la administración pública y constituyen fuente del procedimiento administrativo.

88.2 La solicitud de opinión vinculante puede ser formulada por entidades de la administración pública, así como por personas naturales o jurídicas; deben ser genéricas, claras y precisas, correspondiendo indicar la disposición legal y/o norma que requiere ser objeto de análisis y deben contener el sustento técnico y legal respectivo en el cual se indique su análisis y posición. En caso se formulen varias consultas, las mismas deben estar relacionadas entre sí. No se consideran consultas, las referidas a asuntos concretos o específicos.

88.3 El MVCS emite opinión vinculante cuando considera necesario aclarar o interpretar normas técnicas y/o legales en materias de habilitaciones urbanas y edificaciones; cuando advierta que los actores de los procesos de habilitaciones urbanas y edificaciones aplican criterios diferentes o de forma errónea las normas sobre dichas materias; o, cuando exista la necesidad de cambiar o modificar una opinión vinculante. Asimismo, emite opinión vinculante sobre proyectos normativos de las entidades de la administración pública, en sus tres niveles de gobierno, en materias de habilitaciones urbanas y edificaciones, a fin de validar que concuerden y no distorsionen las normas técnicas y/o legales vigentes sobre las referidas materias.

88.4 La opinión vinculante que emite el MVCS puede ser utilizada por cualquier administrado en cualquier procedimiento administrativo, cuando así resulte necesario, por cuanto no está supeditado a administrados o procedimientos administrativos particulares.

#### Artículo 89.- Concordancia con el RNE

El RNE es el único marco normativo que establece los criterios y requisitos mínimos de calidad para el diseño, producción y conservación de las edificaciones y habilitaciones urbanas, su aplicación es obligatoria a nivel nacional por lo que las normas técnicas de carácter regional, provincial o distrital deben guardar concordancia con su regulación y, de ser el caso, adecuarse a la misma.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

##### Primera.- Recepción de aportes o de redención

Las entidades receptoras de los aportes obligatorios y gratuitos o, de ser el caso, de su redención en dinero, tienen un plazo de seis (06) meses para establecer los procedimientos a los que se refiere el numeral 16.12 del artículo 16 del Reglamento.

##### Segunda.- Determinación de montos por derecho de revisión

Los Colegios Profesionales, las instituciones con funciones específicas y, las que designan delegados de servicios públicos, tienen un plazo de seis (06) meses para determinar los montos por los derechos de revisión de proyectos, regulados en el numeral 9.5 del artículo 9 del Reglamento.

#### Tercera.- Aplicación de la Ley N° 29566

En los casos que la Municipalidad respectiva, no pueda realizar la verificación de la copia literal a través del portal institucional de la SUNARP, se procede de acuerdo con lo previsto en la Única Disposición Complementaria de la Ley N° 29566, Ley que modifica diversas disposiciones con el objeto de mejorar el clima de inversión y facilitar el cumplimiento de obligaciones tributarias, en los procedimientos administrativos de aprobación automática; y, en los procedimientos administrativos de evaluación previa.

#### Cuarta.- Remisión de información

Dentro del plazo de quince (15) días calendario, posteriores al vencimiento de cada trimestre, las Municipalidades Distritales remiten a la Municipalidad Provincial respectiva, para su conocimiento, las copias de los siguientes documentos: FUHU de las licencias de la habilitación urbana y de la recepción de obras; así como, del respectivo plano de trazado y lotización y, de la memoria descriptiva, de acuerdo a lo establecido en el artículo 19 de la Ley.

La copia de los documentos antes citados son remitidos a las entidades públicas titulares de las áreas de aportes y a la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales para su conocimiento y registro.

#### Quinta.- Información sobre Licencias

El MVCS en un plazo de seis (06) meses regula el procedimiento para que las Municipalidades remitan la información estadística señalada en el artículo 15 de la Ley.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

##### Única.- Participación de los delegados de CAPECO

Los representantes de CAPECO ante la Comisión Técnica para Habilitaciones Urbanas continúan ejerciendo sus funciones en la revisión de los proyectos presentados hasta la culminación del periodo para el cual fueron acreditados o hasta la culminación de los procedimientos administrativos iniciados en dicho periodo.

1823291-1

### Decreto Supremo que aprueba la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" y la incorpora al Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones

DECRETO SUPREMO  
N° 030-2019-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA se aprueba el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, norma rectora en el territorio nacional que establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de habilitaciones urbanas y edificaciones, así como por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA se aprueban sesenta y seis (66) Normas Técnicas comprendidas en el referido índice;

Que, el artículo 15 de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado por Resolución Ministerial N° 355-2018-VIVIENDA, dispone que los nuevos establecimientos de salud públicos y privados de nivel



### CAPÍTULO V PROCEDIMIENTO DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES

Artículo 19.- Características de deformación del sistema de aislamiento sísmico

Artículo 20.- Desplazamientos laterales considerados para el diseño

Artículo 21.- Fuerzas laterales mínimas requeridas para el diseño

Artículo 22.- Distribución vertical de la fuerza

Artículo 23.- Límites de la distorsión angular de entrepiso o deriva

### CAPÍTULO VI PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DINÁMICO

Artículo 24.- Modelo estructural de la edificación

Artículo 25.- Descripción de procedimientos

Artículo 26.- Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos

### CAPÍTULO VII REVISIÓN DEL DISEÑO

Artículo 27.- Criterios para la revisión del diseño

### CAPÍTULO VIII ENSAYOS

Artículo 28.- Validación de propiedades de los aisladores

Artículo 29.- Ensayos de cualificación

Artículo 30.- Ensayos de los aisladores prototipo

Artículo 31.- Secuencia y ciclo de los ensayos de los aisladores prototipo

Artículo 32.- Ensayos dinámicos de los aisladores prototipo

Artículo 33.- Aisladores prototipo cuyas propiedades dependen de cargas bidireccionales

Artículo 34.- Carga vertical máxima y mínima de los aisladores prototipo

Artículo 35.- Ensayos de prototipos de unidades similares

Artículo 36.- Determinación de las características fuerzas - deformación

Artículo 37.- Verificación de la calidad de los ensayos

Artículo 38.- Ensayos de aisladores de obra

Artículo 39.- Criterios de aceptación para cada aislador de obra ensayado

Artículo 40.- Ensayo de deslizadores de obra

Artículo 41.- Criterios de aceptación para cada deslizador de obra ensayado

Artículo 42.- Criterio de aceptación para el sistema de aislamiento sísmico

### ANEXO I. FACTORES EXTREMOS MODIFICATORIOS DE LAS PROPIEDADES

### ANEXO II. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS AISLADORES ELASTOMÉRICOS

### ANEXO III. SECUENCIA Y CICLOS PARA ENSAYOS DE PROTOTIPOS

## CAPÍTULO I

### DISPOSICIONES GENERALES

#### Artículo 1.- Objeto

La presente Norma Técnica establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones con cualquier tipo de sistema de aislamiento sísmico, así como las disposiciones aplicables de los ensayos necesarios para validar el comportamiento de los dispositivos del sistema de aislamiento sísmico.

#### Artículo 2.- Finalidad

Mejorar el desempeño sísmico de las edificaciones, proteger su estructura y contenido y buscar su operatividad continua.

#### Artículo 3.- Ámbito de aplicación

La presente Norma Técnica es de cumplimiento obligatorio en todo el territorio nacional, para las edificaciones con sistemas de aislamiento sísmico incluyendo aquellas indicadas en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, es aplicable en todo aquello que no contradiga las disposiciones de la presente norma técnica.

#### Artículo 4.- Definiciones

Para efectos de la aplicación de la presente Norma Técnica se entiende por:

**4.1 Aislador:** Elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo solicitaciones sísmicas.

**4.2 Amortiguamiento efectivo:** Valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada en la respuesta cíclica del sistema de aislamiento sísmico, expresado como fracción del amortiguamiento crítico.

**4.3 Desplazamiento traslacional:** Desplazamiento lateral máximo en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, excluyendo el desplazamiento adicional generado por la torsión natural y accidental. El desplazamiento traslacional debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.

**4.4 Desplazamiento total:** Desplazamiento lateral máximo, incluyendo el desplazamiento adicional generado por el efecto de la torsión natural y accidental, que se requiere para verificar la estabilidad de los aisladores y del sistema de aislamiento sísmico, para determinar las separaciones entre estructuras, y para los ensayos de los aisladores prototipo. El desplazamiento total debe ser calculado separadamente con los límites inferior y superior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.

**4.5 Edificaciones sísmicamente aisladas:** Edificaciones que incluyen un sistema de aislamiento sísmico, el cual permite desacoplar las vibraciones horizontales del suelo con las de la estructura, disipando de forma pasiva la energía sísmica.

**4.6 Interfaz de aislamiento:** Zona o espacio generado por el sistema de aislamiento sísmico que está limitado en su parte superior por la superestructura, que está aislada, y en su parte inferior por la subestructura o cimentación, que se mueve rigidamente con el terreno.

**4.7 Nivel de base:** Primer nivel de la estructura aislada por encima de la interfaz de aislamiento, el cual incluye vigas, losas, capiteles y todos los elementos de conexión.

**4.8 Proyectista:** Ingeniero civil colegiado responsable del diseño estructural de la edificación y del sistema de aislamiento sísmico.

**4.9 Rigidez efectiva o secante:** El valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento sísmico, o en parte de él, dividido entre el correspondiente desplazamiento lateral.

**4.10 "Scragging":** Degradación temporal de las propiedades mecánicas de los aisladores elastoméricos, como resultado de acciones cíclicas.

**4.11 Sismo máximo considerado (SMC):** Sismo cuyo efecto sísmico se define como 1,5 veces el del sismo de diseño especificado en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**4.12 Sistema de aislamiento sísmico:** Conjunto de elementos estructurales que incluye los aisladores, así como todos los elementos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento sísmico, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones. Asimismo, incluye los sistemas de restricción contra viento, los dispositivos de disipación de energía y los sistemas de restricción de desplazamiento, siempre que estos elementos sean usados para satisfacer los requisitos mínimos de diseño de esta Norma Técnica. Ver figura N° 1.

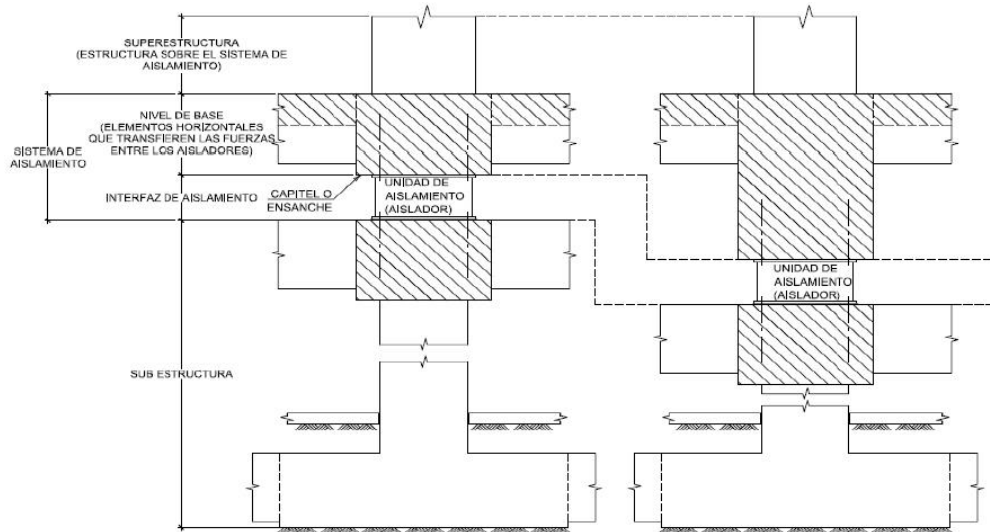


Figura N°1: Sistema de aislamiento sísmico

**4.13 Sistema de restricción de desplazamiento:**

Conjunto de elementos estructurales que controlan progresivamente el desplazamiento lateral de las estructuras sísmicamente aisladas.

**4.14 Sistema de restricción contra viento:**

Conjunto de elementos estructurales que restringen los desplazamientos de la estructura aislada cuando está sometida a cargas de viento. Puede estar incorporado en los aisladores o estar constituido por dispositivos independientes.

**Artículo 5.- Nomenclaturas**

N°	Nomenclatura	Significado
1	$B_M =$	Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% del amortiguamiento crítico y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo $\beta_M$ correspondiente al desplazamiento traslacional $D_M$ que se indica en la Tabla N° 5.
2	$b =$	Dimensión menor de la proyección en planta de la estructura, medida perpendicularmente a la dimensión mayor, $d$ , expresada en milímetros.
3	$C =$	Factor de amplificación sísmica definido en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.
4	$D_M =$	Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, determinado con la ecuación 6, expresada en milímetros.
5	$D'_M =$	Desplazamiento en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, determinado con la ecuación 16, expresada en milímetros.
6	$D_{TM} =$	Desplazamiento total de un elemento del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, que incluye la traslación en el centro de rigidez y la componente torsional, determinado con la ecuación 8, expresada en milímetros.
7	$d =$	Dimensión mayor de la proyección en planta de la estructura, expresada en milímetros.
8	$E_{diss} =$	Energía disipada en un aislador durante un ciclo completo de ensayo con carga reversible, para un rango de desplazamiento desde $\Delta^+$ hasta $\Delta^-$ , medida por el área encerrada en la curva fuerza - desplazamiento, expresada en kilonewton por milímetro (kN.mm).

N°	Nomenclatura	Significado
9	$e =$	Excentricidad obtenida como la suma de la distancia en planta entre el centro de masa de la estructura sobre la interfaz de aislamiento y el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, más la excentricidad accidental, tomada como 5% de la mayor dimensión en planta del edificio en dirección perpendicular a la de la fuerza sísmica considerada, expresada en milímetros.
10	$F^- =$	Mínima fuerza negativa en un aislador durante un ciclo de ensayo de un prototipo, correspondiente a la amplitud de desplazamiento $\Delta^+$ , expresada en kN.
11	$F^+ =$	Máxima fuerza positiva en un aislador durante un ciclo de ensayo de un prototipo, correspondiente a la amplitud de desplazamiento $\Delta^+$ , expresada en kN.
12	$F_i =$	Fuerza sísmica lateral en el nivel de base, determinada con la ecuación 13 del artículo 22, expresada en kN.
13	$F_i =$	Fuerza lateral en el nivel $i$ determinada con la ecuación 14 del artículo 22, expresada en kN.
14	$g =$	Aceleración de la gravedad (9 810 mm/s <sup>2</sup> ).
15	$h_i =$	Altura del nivel $i$ respecto al nivel de base, expresada en milímetros.
16	$K_M =$	Rigidez efectiva (secante) del sistema de aislamiento sísmico en el desplazamiento traslacional en la dirección de análisis, determinada con la ecuación 3 del artículo 13, expresada en kN.mm.
17	$K_{eff} =$	Rigidez efectiva (secante) de un aislador, determinada con la ecuación 17 del artículo 36, expresada en kN.mm.
18	$n =$	Número de pisos de la estructura sobre la interfaz de aislamiento.
19	$N =$	Número de aisladores.
20	$P =$	Peso de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, determinada en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, expresado en kN.
21	$P_i =$	Parte del peso $P$ que se ubica en o se asigna al nivel, expresada en kN.mm.
22	$P_s =$	Peso sísmico efectivo de la estructura sobre la interfaz de aislamiento, calculado en forma similar a $P$ pero sin incluir el nivel de base, expresado en kN.mm.
23	$r_s =$	Radio de giro del sistema de aislamiento sísmico, expresado en milímetros, el cual es igual a $\frac{1}{12}(b^4 + d^4)^{1/4}$ en sistemas de aislamiento con planta rectangular de dimensiones $b \times d$ .



12.2 Los promedios mínimo y máximo de la carga vertical aplicada a cada unidad tipo de aislador, deben ser calculados aplicando cargas sísmicas horizontales, debidas al SMC, y a las siguientes combinaciones de cargas:

a) Carga vertical promedio:

$$1,0 \text{ CM} + 0,5 \text{ CV}$$

b) Carga vertical máxima:

$$1,25 (\text{CM} + \text{CV}) + 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV}) + 0,2 \text{ CN}$$

c) Carga vertical mínima:

$$0,9 \text{ CM} - 1,0 (\text{CSH} + \text{CSV})$$

Donde:

CM : Carga muerta.

CV : Carga viva.

CSH : Carga sísmica horizontal.

CSV : Carga sísmica vertical = 0,5 (1,5 ZS) CM.

CN : Carga de nieve.

### Artículo 13.- Propiedades del sistema de aislamiento sísmico

Todos los componentes del sistema de aislamiento sísmico se clasifican y agrupan según el tipo y tamaño del aislador y de acuerdo al tipo y tamaño de los dispositivos de amortiguamiento suplementario, cuando estos últimos componentes formen parte del sistema de aislamiento sísmico. Los criterios que se debe cumplir son:

#### 13.1 Propiedades nominales de un aislador:

a) Las propiedades nominales de diseño de cada tipo de unidad de aislamiento están basadas en las propiedades promedio de tres ciclos del ensayo de los prototipos, definidos en el artículo 31 de la presente Norma Técnica.

b) La variación de las propiedades de la unidad de aislamiento con la carga vertical aplicada se establece en un solo ciclo de deformación representativo, promediando las propiedades determinadas al emplear las tres combinaciones de cargas verticales especificadas en el numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica en cada nivel de desplazamiento, cuando deba considerarse, según lo establece el artículo 31 de la presente Norma Técnica.

c) Si los valores medidos de rigidez efectiva y amortiguamiento efectivo de un aislador para la Carga vertical promedio indicada en el numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica difieren en menos de 15%, de aquellos basados en el promedio de los valores medidos para las tres combinaciones de cargas verticales definidas en el numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica, las propiedades de diseño nominal deben ser calculadas sólo para la combinación de Carga vertical promedio del numeral 12.2 del artículo 12 de la presente Norma Técnica.

#### 13.2 Propiedades límites de los componentes del sistema de aislamiento sísmico:

Las propiedades límites del sistema de aislamiento sísmico son calculadas para cada tipo de componente y deben incluir las variaciones relacionadas con:

a) Las mediciones en el ensayo del prototipo del artículo 31 (Secuencia y ciclos de los ensayos de los aisladores prototipo) de la presente Norma Técnica considerando la variación en las propiedades de la unidad de aislamiento prototipo, debido a la variación requerida en el ensayo de carga vertical, velocidad de carga de prueba o efectos de velocidad, efectos de calentamiento durante el movimiento cíclico, historia de carga, degradación temporal de las propiedades mecánicas con ciclos repetidos (scragging) y otras posibles fuentes de variación medidas en el ensayo del prototipo.

b) Las permitidas por las tolerancias de especificación de fabricación empleadas para determinar la aceptabilidad de la producción de los aisladores, como es requerido en el artículo 38 de la presente Norma Técnica.

c) Las debidas al envejecimiento y efectos ambientales incluyendo flujo plástico (creep), fluencia, fatiga, contaminación, temperatura de funcionamiento, duración de la exposición a esta temperatura, y el desgaste durante la vida de la estructura.

#### 13.3 Factores de modificación de las propiedades:

a) El diseño de estructuras sísmicamente aisladas, incluyendo la cimentación, sistema de aislamiento sísmico y la superestructura, debe considerar la posible influencia de la velocidad de carga y las variaciones en las propiedades del aislador durante la vida útil esperada de la estructura, incluyendo cambios debidos al envejecimiento, contaminación, exposición al ambiente y temperatura.

b) Los factores de modificación de las propiedades, máximo y mínimo ( $\lambda$ ) se utilizan para tener en cuenta la variación de los parámetros de diseño nominal de cada tipo de unidad de aislamiento por los efectos del calentamiento debido al movimiento dinámico cíclico, velocidad de carga, scragging y recuperación, variabilidad en las propiedades de producción, temperatura, envejecimiento, exposición ambiental y contaminación.

c) Cuando los datos de ensayo de cualificación de un fabricante específico, en concordancia con lo especificado en el artículo 29 (Ensayos de Cualificación) de la presente Norma Técnica, hayan sido aprobados por el ingeniero responsable del diseño estructural, y los valores de modificación ( $\lambda$ ) estén comprendidos en la Tabla N° 2, los valores para los factores de modificación de las propiedades ( $\lambda$ ) deben tomarse de la Tabla N° 2: Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase I.

d) Cuando los datos de los ensayos de cualificación, en concordancia con el artículo 29 (Ensayos de Cualificación) de la presente Norma Técnica, no hayan sido aprobados por el ingeniero responsable del diseño estructural, o los valores de modificación ( $\lambda$ ) estén comprendidos en la Tabla N°3, los valores para los factores de modificación de las propiedades ( $\lambda$ ) deben tomarse de la Tabla N° 3: Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase II.

e) Los factores de modificación de las propiedades ( $\lambda$ ) se calculan para cada tipo de unidad de aislamiento y cuando son aplicados a los parámetros de diseño nominal deben envolver la respuesta histerética para el rango de demandas de  $\pm 0,5 D_M$ , e incluyendo el desplazamiento máximo,  $\pm D_M$ . Se permite que los factores de modificación de propiedades para condiciones ambientales sean desarrollados a partir de datos que no necesitan satisfacer los requisitos de similitud del artículo 35 (Ensayos de prototipos de unidades similares) de la presente Norma Técnica.

f) Para cada tipo de aislador, el factor máximo de modificación de las propiedades,  $\lambda_{\text{max}}$ , y el factor mínimo de modificación de propiedad,  $\lambda_{\text{min}}$ , se establecerán a partir de la contribución de los factores de modificación de propiedad de acuerdo con la Ecuación 1 y 2, respectivamente:

$$\lambda_{\text{max}} = (1 + (0,75 * (\lambda_{(ac, \text{máx})} - 1))) * \lambda_{(tv, \text{máx})} * \lambda_{(fb, \text{máx})} \quad \dots\dots (1)$$

$$\lambda_{\text{min}} = (1 - (0,75 * (1 - \lambda_{(ac, \text{mín})}))) * \lambda_{(tv, \text{mín})} * \lambda_{(fb, \text{mín})} \quad \dots\dots (2)$$

Donde:

$\lambda_{(ac, \text{máx})}$  = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

$\lambda_{(ac, \text{mín})}$  = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

- $\lambda_{(T_{max})}$  = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y scragging.
- $\lambda_{(T_{min})}$  = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y scragging.
- $\lambda_{(F_{max})}$  = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.
- $\lambda_{(F_{min})}$  = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.

g) Los valores de  $\lambda$  proporcionados por el fabricante deben estar contenidos entre los valores extremos de los factores de modificación de las propiedades de los dispositivos clase I y clase II desarrollados a continuación:

g.1) Los dispositivos Clase I son aquellos cuyos factores de modificación de propiedades se encuentran sustentados mediante ensayos y estudios de investigación y los valores de modificación de sus propiedades se encuentran acotados por los valores indicados en la Tabla N° 2.

Los dispositivos de aislamiento sísmico son sometidos a la evaluación del proyectista, para lo cual requerirá los resultados de las pruebas de calificación, el análisis de los datos más recientes y los estudios científicos de respaldo que cuantifican los efectos del calentamiento debido al movimiento cíclico, la velocidad de carga, el scragging, la variabilidad e incertidumbre del proceso de producción de los dispositivos, la temperatura, el envejecimiento, la exposición ambiental y la contaminación. La metodología empleada para calcular los factores de modificación de propiedades debe seguir procedimientos y consideraciones consistentes con el documento ASCE 7-16.

Las pruebas de calificación deben ser efectuadas a los tipos de componentes, modelos, materiales y tamaños de aisladores que se utilizarán en la construcción. Las pruebas de calificación deben haberse efectuado en componentes producidos por el mismo fabricante que suministra los componentes que se utilizan en el dispositivo.

Cuando se usen especímenes a escala para los ensayos de calificación, la interpretación de los resultados debe considerar los factores de escalamiento y similitud entre el espécimen y la muestra que tiene la verdadera dimensión.

Cuando se usen especímenes a escala para los ensayos de calificación, la interpretación de los resultados debe considerar los factores de escalamiento y similitud entre el espécimen y la muestra que tiene la verdadera dimensión.

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación $\lambda_{max}$	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo Factor de Modificación $\lambda_{min}$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

(\*) Fuente: Valores indicados en los comentarios del Capítulo 17 de la ASCE 7-16

g.2) Los dispositivos Clase II son aquellos que no cumplan con los requisitos establecidos para la Clase

I y sus valores se encuentran acotados por los valores indicados en la Tabla N° 3.

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación $\lambda_{max}$	2.1	3.2	1.8	1.8	1.8	2.2	1.8
Máximo Factor de Modificación $\lambda_{min}$	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

(\*) Fuente: Valores indicados en los comentarios del Capítulo 17 de la ASCE 7-16

h) Los valores de modificación ( $\lambda$ ) que se deben emplear para cada uno de los dispositivos se deben tomar de las tablas N° 2 ó N° 3 según los dispositivos se hayan clasificado como clase I ó clase II respectivamente.

13.4 Límite superior y límite inferior del comportamiento fuerza-desplazamiento de los componentes del sistema de aislamiento sísmico:

a) Se debe desarrollar un modelo matemático correspondiente al límite superior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de cada tipo de componente del sistema de aislamiento sísmico.

b) El límite superior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento sísmico que son esencialmente dispositivos histeréticos (por ejemplo, los aisladores), se debe modelar utilizando los valores máximos de las propiedades del aislador, calculados utilizando los factores de modificación de las propiedades según el numeral 13.3 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

c) El límite superior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento sísmico que son esencialmente dispositivos viscosos (por ejemplo, amortiguadores viscosos suplementarios), se debe modelar de acuerdo con los requisitos del Capítulo 18 del ASCE 7-16 "Minimum Design Loads for Building and Other Structures" para este tipo de dispositivos.

d) Se debe desarrollar un modelo matemático del límite inferior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de cada tipo de componente del sistema de aislamiento sísmico.

e) El límite inferior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento sísmico que son esencialmente dispositivos histeréticos (por ejemplo, los aisladores) se debe modelar utilizando los valores mínimos de las propiedades del aislador calculados utilizando los factores de modificación de las propiedades según el numeral 13.3 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

f) El límite inferior del comportamiento histerético de los componentes del sistema de aislamiento sísmico que son esencialmente dispositivos viscosos (por ejemplo, amortiguadores viscosos suplementarios), se debe modelar de acuerdo con los requisitos del Capítulo 18 del ASCE 7-16 "Minimum Design Loads for Building and Other Structures" para este tipo de dispositivos.

13.5 Propiedades del sistema de aislamiento sísmico en el desplazamiento máximo:

a) La rigidez efectiva,  $K_M$ , del sistema de aislamiento sísmico para el desplazamiento traslacional,  $D_M$ , se debe calcular utilizando tanto el límite superior como el límite inferior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de una unidad de cada tipo de aislador, de acuerdo con la ecuación 3:



$$k_M = \frac{\sum |F_M^{+}| + \sum |F_M^{-}|}{2D_M} \quad \dots\dots\dots (3)$$

El amortiguamiento efectivo,  $\beta_M$ , del sistema de aislamiento sísmico para el desplazamiento traslacional,  $D_M$ , se debe calcular utilizando tanto el límite superior como el límite inferior del comportamiento histerético (fuerza-desplazamiento) de una unidad de cada tipo de aislador, de acuerdo con la ecuación 4:

$$\beta_M = \frac{\sum E_M}{2\pi k_M D_M^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Donde

$\sum E_M$  = Energía total disipada por el sistema de aislamiento sísmico durante un ciclo completo de respuesta al desplazamiento,  $D_M$  expresada en kN.mm.

$\sum |F_M^{+}|$  = Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento sísmico para un desplazamiento positivo igual al desplazamiento  $D_M$ , expresada en kN.

$\sum |F_M^{-}|$  = Sumatoria de los valores absolutos de las fuerzas en todos los aisladores del sistema de aislamiento sísmico para un desplazamiento negativo igual al desplazamiento  $D_M$ , expresada en kN.

13.6 Límite superior y límite inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico en el desplazamiento máximo:

El análisis del sistema de aislamiento sísmico y la estructura se realiza por separado para las propiedades del límite superior y del límite inferior, y el resultado del caso más desfavorable para cada parámetro de respuesta de interés es utilizado para el diseño. Además, el análisis debe cumplir con lo siguiente:

a) Para el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes, y para los propósitos de establecer fuerzas mínimas y desplazamientos mínimos para el análisis dinámico, las siguientes variables se calcularán de forma independiente para el límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico:

$K_M$  y  $\beta_M$  del numeral 13.5 (Ec. 3 y la Ec. 4),  $D_M$  del numeral 20.1 (Ec. 6),  $T_M$  del numeral 20.2 (Ec.7),  $D_{M1}$  del numeral 20.3 (Ec. 8),  $V_M$  del numeral 21.1 (Ec.10), y  $V_S$  y  $V_{ST}$  del numeral 21.2 (Ec. 11 y la Ec. 12)

b) Los límites de  $V_S$  establecidos en el numeral 21.3 del artículo 21 de la presente Norma Técnica, deben ser evaluados independientemente para el límite superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, prevaleciendo el requisito más desfavorable.

c) Para el procedimiento de fuerza lateral equivalente, y para los propósitos de establecer fuerzas de corte mínimas de entrepiso para el análisis espectral de respuesta, la distribución de fuerza vertical, indicada en el artículo 22 de la presente Norma Técnica, se determina separadamente para el límite superior y para el límite inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico. Esto requiere del cálculo independiente de  $F_1$ ,  $F_1'$ , y  $k$ , empleando las ecuaciones 13, 14 y 15.

### CAPITULO III

#### DEFINICIÓN DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO

##### Artículo 14.- Espectro del diseño

14.1 El espectro de diseño se debe obtener mediante un estudio de sitio o empleando las indicaciones de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

14.2 Cuando el espectro de diseño se obtenga aplicando los perfiles del suelo de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, se debe verificar que el periodo

fundamental del estrato  $T_s$ , obtenido mediante ensayos de micro trepidación corresponda con lo indicado en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4		
Suelo Tipo		$T_s$ (s)
S0	Roca dura	< 0,15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0,30
S2	Suelos intermedios	< 0,40
S3	Suelos blandos	< 0,60

14.3 Para periodos  $T_s$  mayores que 0,6 segundos es obligatorio efectuar un estudio de sitio.

14.4 Sólo cuando los estudios de micro trepidación confirmen el periodo del estrato, el espectro elástico de pseudo aceleraciones, correspondiente al sismo máximo considerado (SMC), se determina como:

$$S_{aM} = 1,5 ZUCS g \quad \dots\dots\dots (5)$$

Donde  $Z$ ,  $U$  y  $S$  son los parámetros definidos en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Para estructuras aisladas, el factor  $U$  es en todos los casos igual a 1.

El parámetro  $C$  es definido por las siguientes ecuaciones:

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

$$0,2 T_P < T < T_P \rightarrow C = 2,5$$

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

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

14.5 Cuando se desarrollen espectros para un sitio específico, no se pueden considerar ordenadas espectrales menores que las antes indicadas.

#### Artículo 15.- Registros de aceleración del suelo

15.1 Cuando se empleen procedimientos de respuesta tiempo-historia, el movimiento del terreno se define con un conjunto mínimo de siete registros, cada uno con dos componentes horizontales de aceleración, elegidos de eventos individuales y escalados, tal como se indica en los numerales 15.5 al 15.7 del artículo 15 de la presente Norma Técnica.

15.2 Los registros de aceleración deben ser obtenidos de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, mecanismos de fuente y condiciones locales de suelo sean consistentes con el SMC para el sitio.

15.3 Se permite escalar registros mediante el escalamiento de amplitudes o del ajuste de frecuencias hacia espectros definidos.

15.4 En el caso que no se cuente con la cantidad requerida de pares de componentes horizontales de movimientos de suelo, se permite el uso de registros simulados para completar el total requerido.

15.5 Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados separadamente para cada componente escalada, con 5% del amortiguamiento crítico. Cuando se usa escalamiento de amplitudes, se debe usar el mismo factor para cada componente.

15.6 Cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo se debe escalar de modo que en el rango de periodos entre  $0,75 T_{M1}$  calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, y  $1,25 T_{M1}$  calculado con el límite inferior, el promedio de los valores espectrales SRSS

obtenido para los distintos pares de registros empleados no sea menor que la ordenada dada por la ecuación 5 de la presente Norma Técnica.

15.7 Para registros espectro-compatibles, cada par de componentes horizontales se deben escalar de modo que en el rango de periodos entre  $0,2 T_M$ , calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, y  $1,25 T_M$ , calculado con el límite inferior, el espectro de respuesta del componente en la dirección de análisis no sea menor que el 90% de la correspondiente ordenada dada por la ecuación 5.

#### CAPÍTULO IV

##### SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA ESTRUCTURAS AISLADAS

###### Artículo 16.- Diseño de las estructuras sísmicamente aisladas

16.1 Las estructuras sísmicamente aisladas, excepto las definidas en el artículo 17 de la presente Norma Técnica, deben ser diseñadas usando los procedimientos dinámicos del capítulo VI de la presente Norma Técnica.

16.2 Cuando adicionalmente se utilicen amortiguadores de fluido viscoso en el sistema de aislamiento sísmico, debe usarse el procedimiento de análisis dinámico tiempo-historia, como se indica en el numeral 18.2 del artículo 18 de la presente Norma Técnica.

###### Artículo 17.- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

El procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes, establecido en el capítulo V de la presente Norma Técnica, se puede utilizar para el diseño de una estructura sísmicamente aislada, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, predominando la de mayor exigencia:

17.1 La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, o en la zona 3 sobre suelos del tipo S1 o S2, o en la zona 4 sobre suelos tipo S1.

17.2 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , será menor o igual a 5,0 s.

17.3 La estructura sobre la interfaz de aislamiento no debe tener más de 4 pisos ni más de 20 m de altura. Esta altura debe ser medida desde el nivel de base de la estructura.

17.4 El amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional,  $\beta_M$ , debe ser menor o igual a 30% del amortiguamiento crítico.

17.5 El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento sísmico, considerada con base fija.

17.6 La estructura por encima del nivel de aislamiento sísmico no debe tener ninguna de las irregularidades listadas en el numeral 8.1 del artículo 8 de la presente Norma Técnica.

17.7 El sistema de aislamiento sísmico debe satisfacer los siguientes criterios:

a) La rigidez efectiva del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional debe ser mayor que 1/3 de la rigidez efectiva, a un 20 % del desplazamiento máximo.

b) El sistema de aislamiento sísmico debe ser capaz de producir una fuerza de restitución lateral, tal como está especificado en el numeral 9.4 del artículo 9 de la presente Norma Técnica.

c) El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser como mínimo el desplazamiento total máximo,  $D_{TM}$ .

###### Artículo 18.- Análisis dinámico

Los procedimientos de análisis dinámicos desarrollados

en el Capítulo VI de la presente Norma Técnica se aplican conforme a las siguientes disposiciones:

###### 18.1 Análisis modal espectral

El análisis dinámico modal espectral puede ser usado en el diseño de estructuras sísmicamente aisladas, si se cumplen los criterios establecidos en los numerales 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 y 17.6 del artículo 17 de la presente Norma Técnica.

###### 18.2 Análisis tiempo – historia

El análisis tiempo – historia es permitido en el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y debe ser necesariamente desarrollado para el diseño de todas las estructuras sísmicamente aisladas que no cumplan los criterios del numeral 18.1 del artículo 18 de la presente Norma Técnica.

En todos los casos los resultados usados para el diseño de los elementos de la estructura no serán menores que los obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.

#### CAPÍTULO V

##### PROCEDIMIENTO DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES

###### Artículo 19.- Características de deformación del sistema de aislamiento sísmico

19.1 Los desplazamientos laterales de diseño mínimos y las fuerzas sobre las estructuras sísmicamente aisladas deben basarse en las características de deformación del sistema de aislamiento sísmico, los cuales deben incluir los efectos del sistema de restricción contra viento si es que ese sistema se usa para satisfacer los requisitos de diseño de esta Norma Técnica.

19.2 Las características de deformación del sistema de aislamiento sísmico se basan en ensayos de prototipos realizados conforme al capítulo VIII de la presente Norma Técnica e incorporan los factores de modificación de las propiedades según se especifica en el artículo 13 de la presente Norma Técnica.

19.3 El análisis del sistema de aislamiento sísmico y de la estructura se realiza por separado para las propiedades límite superior e inferior y se debe emplear para el diseño el resultado más desfavorable para cada parámetro de respuesta de interés.

###### Artículo 20.- Desplazamientos laterales considerados para el diseño

###### 20.1 Desplazamiento traslacional:

El sistema de aislamiento sísmico debe ser diseñado y construido para soportar, como mínimo, el desplazamiento máximo,  $D_M$ , determinado utilizando los límites superiores e inferiores de las propiedades, en la dirección más crítica para la respuesta horizontal, calculado con la ecuación 6:

$$D_M = \frac{S_{aM} T_M^2}{4\pi^2 B_M} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

$S_{aM}$  = Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo considerado, en  $\text{mm/s}^2$ , determinada como se indica en la ecuación 5.

$T_M$  = Periodo efectivo de la estructura sísmicamente aislada, asociado al desplazamiento traslacional  $D_M$  en la dirección de análisis, tal como se indica en la ecuación 7, expresada en segundos.

$B_M$  = Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% del amortiguamiento crítico y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo  $\beta_M$  correspondiente al desplazamiento traslacional  $D_M$  que se indica en la Tabla N° 5.



## CAPÍTULO VI

## PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DINÁMICO

**Artículo 24.- Modelo estructural de la edificación**

En el procedimiento de análisis dinámico, el modelo estructural de la edificación, que incluye el sistema de aislamiento sísmico, el sistema resistente a fuerzas sísmicas y otros elementos estructurales, debe encontrarse conforme a lo dispuesto por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y a los requerimientos siguientes:

## 24.1 Sistema de aislamiento sísmico:

a) El sistema de aislamiento sísmico se modela usando las características de deformación desarrolladas de acuerdo a los requerimientos del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

b) Los desplazamientos y fuerzas laterales deben ser calculados de forma separada para las propiedades límite superior e inferior del sistema de aislamiento sísmico tal como se define en el numeral 13.4 del artículo 13 de la presente Norma Técnica.

c) El sistema de aislamiento sísmico se debe modelar de forma detallada, de manera que permita:

- Considerar la distribución espacial de las unidades de aislamiento.

- Estimar la traslación en ambas direcciones horizontales y la torsión de la superestructura considerando la ubicación más desfavorable de la excentricidad de la masa.

- Evaluar los efectos del momento de volteo y el posible levantamiento de las unidades de aislamiento.

- Considerar los efectos de la carga vertical, las acciones bidireccionales y la velocidad de carga en caso que las relaciones de fuerza - deformación sean dependientes de una o más de estas variables.

d) El desplazamiento total ( $D_{TM}$ ) en el sistema de aislamiento sísmico, es calculado mediante un modelo matemático que incorpora el sistema resistente a fuerzas laterales y las características fuerza - deformación de los elementos no lineales del sistema de aislamiento sísmico.

## 24.2 Estructura aislada:

a) Se permite calcular el desplazamiento de cada nivel y las fuerzas de diseño en los elementos del sistema sismorresistente, mediante un modelo elástico lineal de la superestructura.

b) El análisis del sistema de aislamiento sísmico y de la estructura se realizará por separado para las propiedades límite superior e inferior y se usa para el diseño el resultado más crítico para cada parámetro de respuesta de interés.

**Artículo 25.- Descripción de procedimientos**

Los procedimientos de análisis dinámico modal espectral y análisis tiempo-historia se deben realizar de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y a los requerimientos siguientes:

## 25.1 Solicitud sísmica:

El sismo máximo considerado se debe usar para calcular las fuerzas laterales, los desplazamientos de la superestructura, el desplazamiento total del sistema de aislamiento sísmico, las fuerzas en las unidades de aislamiento, las fuerzas en sus conexiones y las fuerzas en el sistema de vigas que se ubican sobre y por debajo del sistema de aislamiento sísmico para resistir el efecto P-Delta.

## 25.2 Procedimiento modal espectral:

a) Para los modos de vibración asociados al aislamiento sísmico, se debe emplear el menor valor entre el amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico y el 30 % del amortiguamiento crítico.

b) Los valores de amortiguamiento modal para los otros modos deben ser seleccionados consistentemente con aquellos valores correspondientes a la estructura con base fija.

c) El análisis modal espectral de cada dirección debe efectuarse empleando el espectro al 100 % en la dirección de análisis más el 30 % en la dirección perpendicular.

d) En cada dirección de análisis, el desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe calcularse como la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales.

## 25.3 Análisis tiempo-historia:

a) Este procedimiento se debe desarrollar con un conjunto de pares de registros del movimiento del terreno que deben ser seleccionados y escalados según el artículo 15 de la presente Norma Técnica y lo señalado en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

b) Cada par de componentes del movimiento de terreno debe ser aplicado simultáneamente al modelo considerando la orientación y la ubicación de la excentricidad de la masa más desfavorable.

c) El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser calculado mediante la suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales en cada instante de tiempo.

d) Los parámetros de interés deben ser calculados para cada movimiento del terreno usado para el análisis tiempo-historia y el valor promedio de los parámetros de respuesta de interés debe ser empleado para el diseño.

e) Para zonas cercanas a una falla geológica, cada par de componentes horizontales se debe rotar para ubicarse en la dirección paralela y perpendicular a la falla, y aplicarse a la edificación en cada dirección. En otros casos, no es necesario aplicar las componentes en múltiples direcciones.

## 25.4 Excentricidad accidental de la masa:

a) La respuesta torsional ocasionada por la falta de simetría de masa y rigidez debe ser considerada en el análisis.

b) Cada una de las dos direcciones ortogonales de análisis debe considerar, por separado, la excentricidad accidental consistente en el desplazamiento del centro de masa de la posición calculada en una magnitud igual a 5% de la dimensión del diafragma.

**Artículo 26.- Fuerzas y desplazamientos laterales mínimos**

## 26.1 Sistema de aislamiento sísmico y elementos estructurales en la subestructura:

a) El sistema de aislamiento sísmico, la cimentación y todos los elementos estructurales de la subestructura deben ser diseñados usando todos los requerimientos apropiados para una estructura no aislada y las fuerzas obtenidas del análisis dinámico sin reducción.

b) Esta fuerza lateral de diseño para el sistema de aislamiento sísmico, la subestructura y la cimentación, no debe ser menor a 90% de  $V_b$  determinada con la ecuación 10.

c) El desplazamiento total del sistema de aislamiento sísmico debido al SMC, no debe ser menor que el 80 % de  $D_{TM}$  especificado en el numeral 20.3 del artículo 20 de la presente Norma Técnica pudiendo usar  $D'_M$  en lugar de  $D_M$ .

$$D'_M = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T_1}{T_M}\right)^2}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

$D_M$  = Desplazamiento traslacional en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección de análisis, correspondiente al SMC, como se indica en la ecuación 6, expresado en mm.

c) Para aisladores tipo deslizante, el diseño del aislador no debe tener un esfuerzo vertical o velocidad de deslizamiento mayor que el del prototipo probado anteriormente y usando el mismo material deslizante.

36.3 La anterior exención de pruebas de prototipo debe ser aprobada por el proyectista y el profesional revisor de acuerdo a lo indicado en el artículo 27 de la presente Norma Técnica.

#### Artículo 36.- Determinación de las características fuerzas - deformación

36.1 Las características fuerza - deformación del sistema de aislamiento sísmico deben estar basadas en las pruebas de carga cíclica del aislador, especificadas en los artículos del 30 al 35 de la presente Norma Técnica.

36.2 La rigidez efectiva de una unidad de aislador, debe ser calculada para cada ciclo de carga de acuerdo a:

$$k_{\text{eff}} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|} \quad \dots\dots (17)$$

Donde  $F^+$  y  $F^-$  son las máximas fuerzas positivas y negativas, en  $\Delta^+$  y  $\Delta^-$  respectivamente.

36.3 El amortiguamiento efectivo,  $\beta_{\text{eff}}$  de una unidad de aislador debe ser calculado para cada ciclo de carga por la ecuación:

$$\beta_{\text{eff}} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{\text{ciclo}}}{k_{\text{eff}}(|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2} \quad \dots\dots (18)$$

Nota: Donde la energía disipada por ciclo de carga  $E_{\text{ciclo}}$ , y la rigidez efectiva  $k_{\text{eff}}$  debe estar basada en las pruebas de desplazamiento de  $\Delta^+$  y  $\Delta^-$ .

36.4 La rigidez post-fluencia,  $k_{\text{pl}}$  de cada unidad de aislamiento se calcula para cada ciclo de carga utilizando los siguientes supuestos:

- Se asume un ciclo de prueba para tener unas características histeréticas bilineales con valores de  $k_e$ ,  $k_{pl}$ ,  $Q$ ,  $F_y$ ,  $K_{\text{eff}}$  y  $E_{\text{ciclo}}$  como se muestra en la Figura N° 2.
- El ciclo calculado tiene los mismos valores de rigidez efectiva,  $K_{\text{eff}}$ , y la energía disipada por ciclo de carga,  $E_{\text{ciclo}}$  que el ciclo de prueba.
- El valor asumido de  $k_e$  es mediante un ajuste visual a la rigidez elástica de la unidad de aislador durante la descarga inmediatamente después de  $D_M$ .

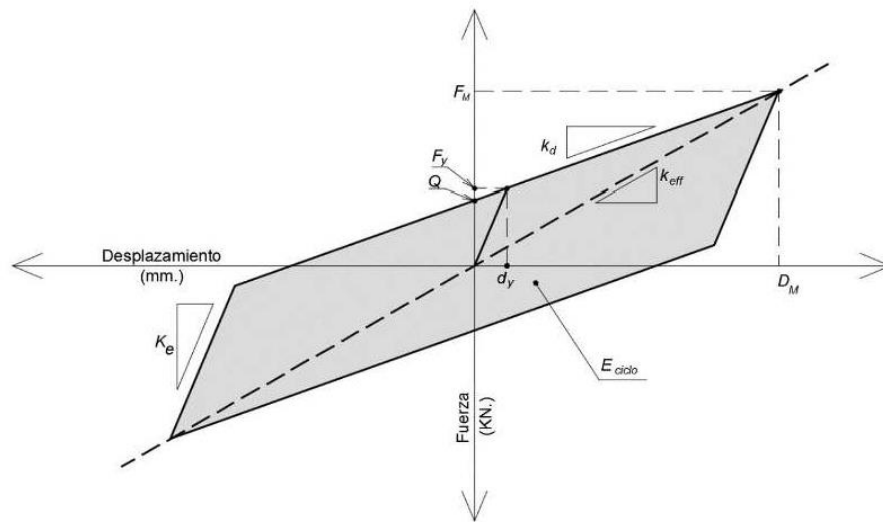


Figura N° 2: Propiedades nominales del modelo bilineal fuerza - deformación del aislador

36.5 Se permite utilizar diferentes métodos para ajustar los parámetros, tal como un ajuste de la recta de,  $k_{pl}$  directamente en la curva de histéresis y luego determinar  $k_e$  para que coincida con  $E_{\text{ciclo}}$ , o la definición de  $D_y$  y  $F_y$  por ajuste visual y luego determinar  $k_{pl}$  para que coincida con  $E_{\text{ciclo}}$ .

#### Artículo 37.- Verificación de la calidad de los ensayos

Los ensayos de los prototipos se consideran adecuados si se cumplen las condiciones siguientes:

37.1 La curva fuerza-deformación para todos los ensayos especificados en los artículos 30 al 34 de la presente Norma Técnica, es ascendente.

37.2 La rigidez media post-fluencia,  $k_{pl}$  y la energía disipada por ciclo,  $E_{\text{ciclo}}$ , para los tres ciclos de prueba especificados en el literal c) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica, para la carga vertical igual al promedio de la carga muerta más la mitad del promedio de la carga viva, incluyendo

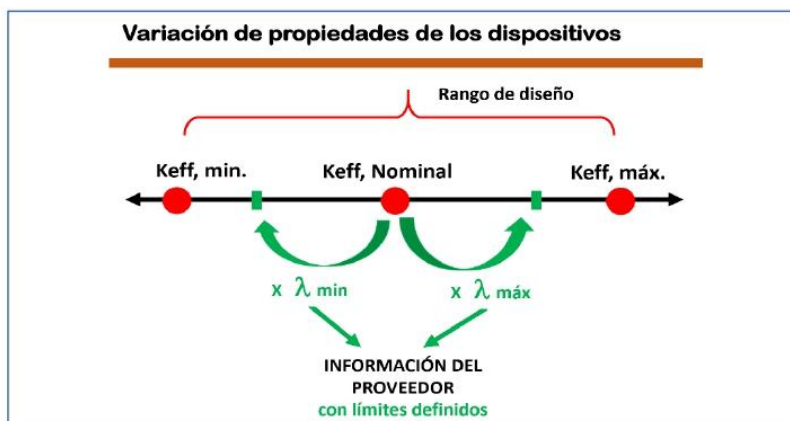
los efectos de temperatura y velocidad de carga de conformidad con el numeral 13.2 (propiedades límite de los componentes del sistema de aislamiento sísmico), del artículo 13 de la presente Norma Técnica, debe estar dentro del rango de los valores de diseño nominales definidas por el rango aislador individual admisible que son típicamente +/- 5% mayor que el  $\lambda_{(fb, \min)}$  y  $\lambda_{(fb, \max)}$  rango para el promedio de todos los aisladores.

37.3 Para cada incremento de desplazamiento de los ensayos especificados en los literales a) y b) del numeral 31.3 del artículo 31 de la presente Norma Técnica y para cada caso de carga vertical especificado en el artículo 31 de la presente Norma Técnica, se debe cumplir lo siguiente:

- Para cada muestra de ensayo el valor de la rigidez post-fluencia,  $k_{pl}$ , en cada uno de los ciclos de prueba en un desplazamiento igual, cae dentro del intervalo definido por  $\lambda_{(vs, \min)}$  y  $\lambda_{(vs, \max)}$  multiplicado por el valor nominal de la rigidez post-fluencia.



## ANEXO I

FACTORES EXTREMOS MODIFICATORIOS  
DE LAS PROPIEDADES

VALORES MÍNIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÁXIMO PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÍNIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	$u$ o $Qd$	$u$ o $Qd$	$K$	$Kd$	$Qd$	$Kd$	$Qd$
Factor Máximo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( $\lambda_{ae,max}$ )	1.21	1.65	1	1	1	1.2	1.2
Factor Máximo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( $\lambda_{tvs,max}$ )	1.2	1.3	1.03	1.03	1.3	1.5	1.3
Factor Máximo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( $\lambda_{fab,max}$ )	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
<b>Factor de Modificación Máximo Limite Superior:</b> $\lambda_{max} = [1 + 0.75(\lambda_{ae,max} - 1)] * \lambda_{tvs,max} * \lambda_{fab,max}$	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

VALORES MÁXIMOS DE LOS FACTORES DE MODIFICACIÓN MÍNIMO PARA PARA LOS DISPOSITIVOS CLASE I							
VALOR MÁXIMO PARA:	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
	$u$ o $Qd$	$u$ o $Qd$	$K$	$Kd$	$Qd$	$Kd$	$Qd$
Factor Mínimo para Envejecimiento y Efectos Ambientales ( $\lambda_{ae,min}$ )	1	1	1	1	1	1	1
Factor Mínimo para variaciones por temperatura, velocidad de carga, scragging ( $\lambda_{tvs,min}$ )	0.95	0.95	0.98	0.98	0.95	0.95	0.95
Factor Mínimo para verificar los ensayos de aisladores de obra- variaciones de fabricación ( $\lambda_{fab,min}$ )	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
<b>Factor de Modificación Mínimo Limite Inferior:</b> $\lambda_{min} = [1 - 0.75(\lambda_{ae,min} - 1)] * \lambda_{tvs,min} * \lambda_{fab,min}$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: Numeral C 17.2.8.4 de los comentarios al Capítulo 17 del ASCE 7-16.

# **CAPÍTULO 01 - GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## **1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL**

En el presente proyecto de investigación se realizará un análisis sísmico de una edificación de salud con sistemas de aislamiento sísmico, para detallar lo mencionado se cita la resolución ministerial N° 546 -2011/Minsa (Norma técnica de Salud) donde se especifica las diferentes categorías de establecimientos de salud según el nivel de atención que brinda, dicha norma técnica de salud N° 21 Minsa/dgsp-v.03 donde podemos encontrar los niveles de atención siendo estas:

Primer nivel de atención, segundo nivel de atención y tercer nivel de atención cada uno de ellos cuenta con diferentes categorías cabe mencionar que no todos los establecimientos de salud llevan sistemas de protección sísmica esto depende del nivel de atención y categoría, es por ello que para el presente proyecto se proyectara una edificación de salud de segundo nivel y/o categoría II-1 según Minsa para la presente tesis se tomara como tipo 2,

Esto debido a que desde el año 2016 la norma E – 030 exige a que los establecimientos de salud de segundo y tercer nivel sea pública o privada, debe llevar sistemas de protección sísmica como vienen a ser los aisladores sísmicos, elastomericos, deslizantes o los de triple péndulo de fricción.

En el presente proyecto se optará por los aisladores de tipo Elastomérico de alto amortiguamiento (HDRB), y núcleo de plomo (LRB) el sistema estructural para un primer análisis se plantea como aporticado,

Esto puede sufrir modificaciones durante el análisis, incorporando muros de concreto y pasando a ser una edificación dual o de muros estructurales, el análisis se realizará tomando en cuenta todos los parámetros exigidos por la norma E-030 y E-31 de aislamiento sísmico

la cual entro en vigencia en el año 2018, para lo cual se realizará un análisis estático, dinámico (modal espectral) y time – history para ejecutar este último análisis se empleará cuatro registros sísmicos las cuales serán filtrados y escalados a un espectro elástico con  $R = 1$ ,

Con respecto a las dimensiones de la edificación que se proyecta tiene un área de  $52.50 \text{ m} \times 35.0 \text{ m} = 1837.5 \text{ m}^2$ , tendrá cinco niveles la altura de entre piso son de 4.50 metros el primer nivel y de 4.0m los niveles 2,3,4 y 5 como ya se mencionó la categoría es II-1

Las funciones generales son: promoción, prevención, recuperación rehabilitación y gestión.

## **1.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA**

La edificación es de categoría A1 - Esencial según la norma E – 030 diseño sismo resistente y de categoría II-1 de segundo nivel de atención, según la norma técnica de salud (NTS) N° 021-MINSA/dgsp-v.03 para la presente tesis se tomará como tipo 2 y constará con la siguiente distribución arquitectónica por planta:

### **Primer Nivel**

- Upss Farmacia
- Upss emergencia
- Upss consulta externa

### **Segundo Nivel**

- Upss nutrición dietética
- Upss centro obstétrico
- Upss Patología clínica (laboratorio clínico)

### **Tercer Nivel**

- Upss diagnóstico por imágenes
- Upss centro quirúrgico

### **Cuarto Nivel**

- Upss hospitalización
- Upss centro de hemoterapia y banco de sangre

### **Quinto Nivel**

- Upss medicina de rehabilitación
- Upss central de esterilización

## **1.3. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL**

Para realizar la estructuración se tendrá en cuenta los parámetros de la norma E – 030 Artículo 21.1 donde nos indica que las edificaciones A1 y A2 en zonas 1,2,3 y 4 no se permite irregularidades en planta y en altura

Para lo cual se definirá caminos continuos, uniformes y directos para la transferencia de fuerzas verticales y horizontales a la cimentación evitando la discontinuidad, la interrupción de muros, antes de llegar a la cimentación, las aberturas grandes en elevación del muro, las preformaciones de los diafragmas horizontales,

No es conveniente también los cambios bruscos de resistencia o de rigidez en los pórticos, muros de corte, o en los diafragmas horizontales, ejemplos típicos de cambios de rigidez lo vemos en los pisos blandos que se producen en los edificios cuando la rigidez de un piso bajo es inferior a la de los niveles superiores, o cuando en un mismo nivel ocurren columnas de diferentes alturas,

#### **1.4. NORMAS APLICADAS**

4. Norma E – 031 aislamiento Sismico
5. Norma E – 030 diseño sismo resistente
6. Norma E – 020 cargas

#### **1.5. PARAMETROS PARA EL MODELAMIENTO MATEMÁTICO**

Propiedades de los materiales para el modelamiento de la estructura con base fija y base aislada

##### **CONCRETO**

1. Concreto  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
2. Módulo de elasticidad =  $15000 \times \sqrt{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 250998 \text{ kg/cm}^2$
3. Poisson  $U = 0.2$
4. Peso por unidad de volumen =  $2400 \text{ kg/m}^3$

##### **ACERO**

5. Acero =  $4200 \text{ kg/cm}^2$
6. Módulo de elasticidad =  $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2000000 \text{ kg/cm}^2$
7. Peso por unidad de volumen =  $7.849 \text{ Tn/m}^3$

#### **1.6. CARGAS MUERTAS Y CARGAS VIVAS SEGÚN (E-020, 2018)**

##### **1.6.1. CARGA VIVA SEGÚN USO:**

Según la E-020 (Cargas) indica en el capítulo 3 artículo 6.1 que las cargas vivas para un hospital son de acuerdo al uso que se le dará a cada habitación, cabe recalcar que estas cargas no adicionan la posible tabiquería móvil, para el presente proyecto de investigación se empleara la carga más desfavorable sienta esta como carga viva de  $400 \text{ kg/m}^2$

- Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio =  $300 \text{ kg/m}^2$
- Cuartos =  $200 \text{ kg/m}^2$
- Corredores y escaleras =  $400 \text{ kg/m}^2$

### **1.6.2. TABIQUERÍA MÓVIL:**

Según la E-020 (Cargas) en el capítulo 3 artículo 6.2 menciona que la tabiquería móvil se incluye como carga viva repartida por metro cuadrado

- Tabiquería móvil = 150 kg/m<sup>2</sup>

### **1.6.3. CARGA VIVA DE TECHO:**

La carga viva en el techo se considerará de acuerdo a la norma E-020 de cargas, capítulo 3 Artículo 7.1

- Carga viva de techo = 100 kg/m<sup>2</sup>

### **1.6.4. CARGA MUERTA (ACABADOS)**

- Acabado = 100 kg/m<sup>2</sup> = se aplicará =150 kg/m<sup>2</sup>

### **1.6.5. CARGA DE NIEVE EN TECHO**

- nieve = 40 kg/m<sup>2</sup>

## **CAPÍTULO 02 – CONCEPTOS BASICOS DE DISEÑO SISMICO**

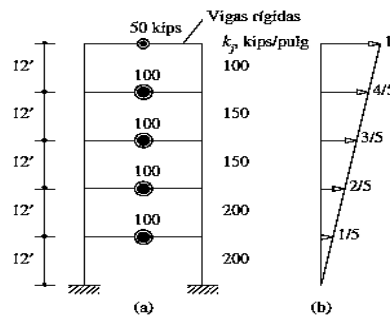
### **2.1. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

En este punto se da a conocer algunos conceptos básicos de diseño Sismico las cuales serán ejecutadas más adelante para el análisis de la edificación propuesta para el presente proyecto de investigación. Para el entendimiento del lector se procederá a detallar los conceptos básicos esto se puede apreciar mejor en la ejecución

## 2.2. ANÁLISIS ESTÁTICO (FUERZAS HORIZONTALES EQUIVALENTES)

Son las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas laterales actuantes en el centro de masa de cada nivel de la edificación, este tipo de análisis solo se aplica para edificaciones regulares y menores a 10 pisos o 30.0 m de altura en la presente tesis se realizará este tipo de análisis solo con fines de comparación para ello se tendrá que calcular

El cortante basal las fuerzas actuantes en cada nivel con las ecuaciones que se detallan a continuación, cabe indicar que el objetivo principal de un análisis estático es determinar las fuerzas Horizontales equivalentes actuantes en el centro de masa de la estructura.



Fuente: Anil K. Chopra P.342

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

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k}$$

Donde

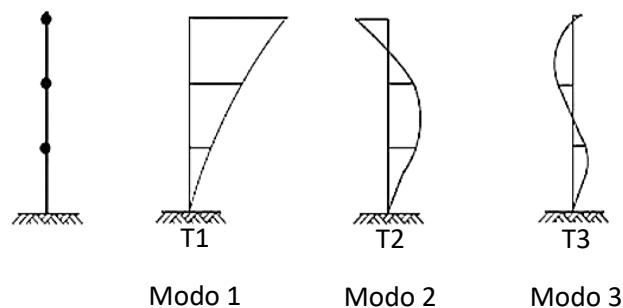
V = cortante basal

Fi = fuerza lateral

### 2.3. ANÁLISIS DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL)

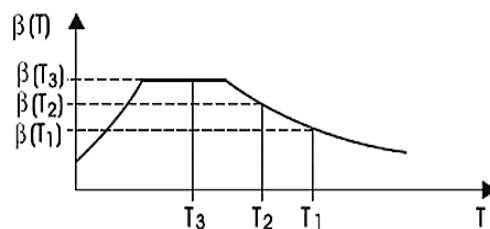
Para realizar este tipo de análisis es necesario definir cada losa de entrepiso como un diafragma rígido por lo tanto se tendrá tres grados de libertad por nivel dos en sentido traslacional en X, Y y una rotación en el eje Z, luego con un análisis espectral de superposición modal se determinan las fuerzas máximas probables además en cada nivel se tendrá un centro de masa, cortante y rigidez los pasos que realiza un análisis modal espectral son los siguientes:

#### PASO 1 MODELO DINÁMICO DE UNA ESTRUCTURA



En cada modo se tendrá un periodo y cada uno de ellos tendrá diferentes periodos y frecuencias, y en base a cada modo se tendrá un espectro de diseño como se puede apreciar a continuación

#### PASO 2 ESPECTRO DE DISEÑO

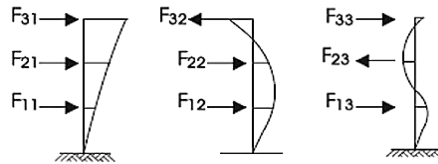


Como se podrá apreciar en la horizontal tenemos los periodos obtenidos en cada modo y en la vertical tenemos las aceleraciones las cuales son fuerzas horizontales que actúan en el centro de masa de cada nivel



### PASO 3 RESPUESTA MODAL

Como se podrá apreciar se obtiene las fuerzas laterales producto del espectro de diseño



### PASO 4 RECUESTRO DE MOMENTOS, NORMALES, CORTANTES EN CADA MODO

Por ejemplo, momento flector en la base de un pilar, como se puede apreciar en el siguiente grafico se obtendrá los momentos flectores para modo 1, modo2 y modo 3 y la cantidad de modos que se tenga, en este punto es necesario detallar que para el presente proyecto de investigación se tiene una edificación de cinco niveles por lo tanto se tendrá un 15 modo



### PASO 5: MOMENTO FLECTOR RESULTANTE

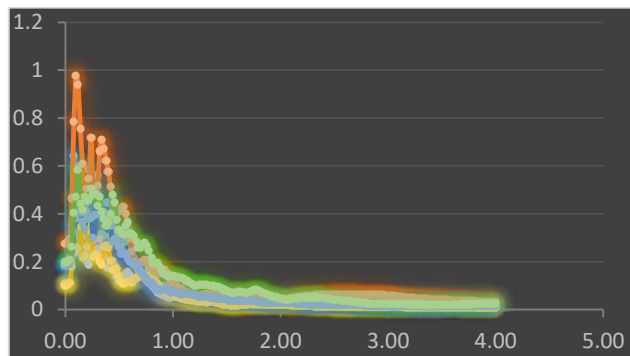
En este último paso se obtendrá los momentos flectores, cortantes en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo desplazamientos totales y relativos. Utilizando métodos que nos menciona la normE-030 en el sub artículo 29.3.2. la cual es la combinación cuadrática completa de los valore calculados para cada modo (CQC)

$$\sqrt{M^2_{1b} + M^2_{2b} + M^2_{3b}}$$

## 2.4. ESPECTRO DE RESPUESTA

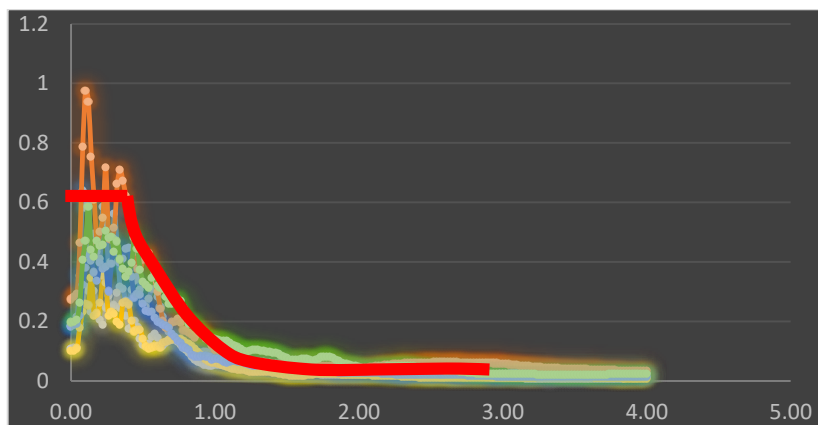
Un espectro de respuesta describe las máximas respuestas de estructuras idealizadas como un grado de libertad sometidas a la acción de un movimiento

Sismico que podría se los registros acelerometricos, a continuación, se puede apreciar un espectro de respuesta de seis registros sísmicos



Fuente Propia

## 2.5. ESPECTRO DE DISEÑO



Fuente Propia

Como se puede apreciar un espectro de diseño es la envolvente de los espectros sísmicos de respuesta de una gran cantidad de sismos cuyos efectos han sido sentidos en dicha zona del espectro de respuesta en caso de Perú se toma la media con un amortiguamiento del 5%

Un espectro de diseño se divide en dos tipos como vienen a ser los espectros elásticos e inelásticos, para el diseño modal espectral se emplean el espectro inelástico el factor que interviene entre estos dos espectros es el factor de reducción sísmica que va depender de sistema estructural y las

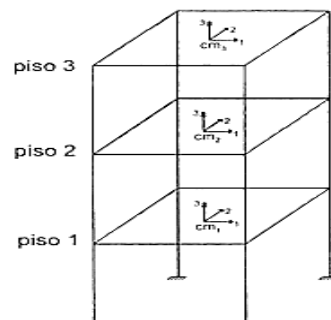
irregularidades que tiene la edificación, según la norma E-030 el espectro de diseño lo podemos determinar con el siguiente parámetro,

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

## 2.6. DIAFRAGMA RÍGIDO

Se le denomina diafragma rígido al piso, techo, membrana u cualquier otro sistema que transfieren las cargas laterales hacia los elementos verticales como columnas y muros

Además, se considera diafragma rígido debido a que las deformaciones en el plano de la losa son despreciables en relación a las deformaciones laterales que sufre la estructura, asimismo en un diafragma rígido se considera solo tres grados de libertad las dos primeras son traslaciones en horizontal y el tercer es rotacional en el eje Z



## 2.7. PESO SISMICO

Según el RNE (Norma E-030 2018 Artículo 26) la estimación de peso Sismico dependerá de la categoría de la edificación, para la presente tesis se tiene una edificación de Categoría A1 esencial.

Por lo tanto, el porcentaje de la carga viva que se tomara es el 50% de acuerdo a la siguiente tabla con la excepción de la carga viva de techo la cual se tomara solo el 25%. Y con respecto a la carga muerta se tomará el 100%

Tabla: 1 porcentaje de peso Sismico

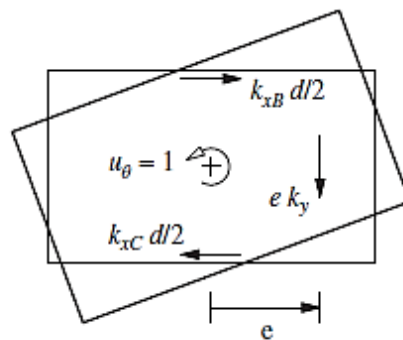
Categoria de la edificacion	Porcentaje de carga Viva
A,B	50%
C	25%
Deposito	80%
Azotea, Techo	25%
Tanques, silos	100%

Fuente RNE (Norma – E030)

$$P = 100\% (CM) + 50\% (CV)$$

## 2.8. CENTRO DE RIGIDEZ

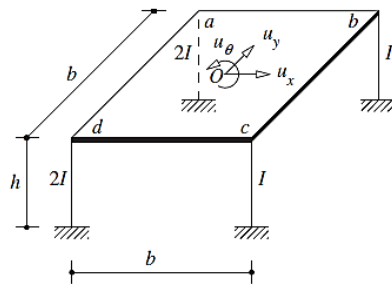
El centro de rigidez es el punto en planta donde la edificacion se genera traslación cuando se le aplica una fuerza lateral



Fuente: Anil K. Chopra P.398

## 2.9. CENTRO DE MASA

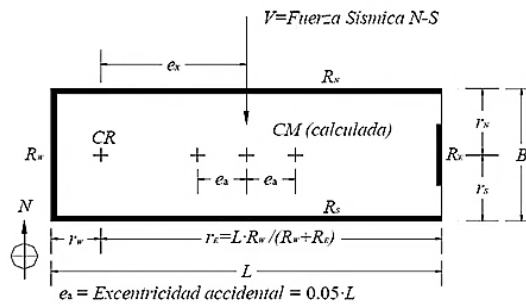
Es el punto en planta donde se concentra la mayor masa, además es el punto donde se aplica la fuerza lateral, producto de la fuerza lateral aplicado en el centro de masa el centro de rigidez y el haber una excentricidad se produce lo que es la torsión en el centro de rigidez



Fuente: Anil K. Chopra P.398

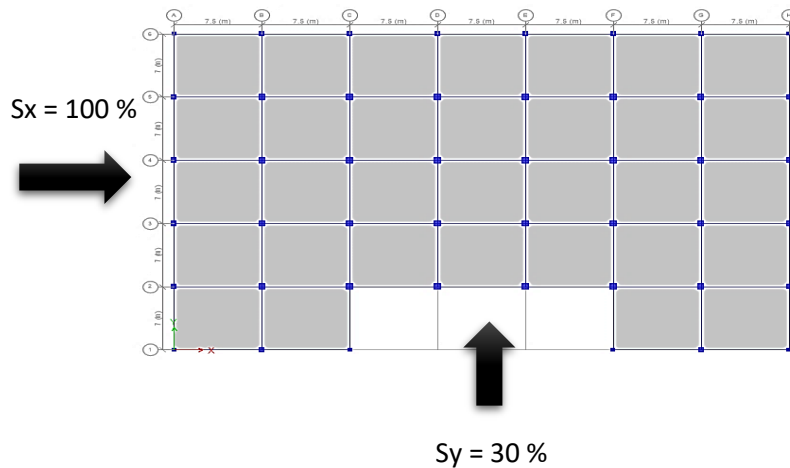
## 2.10. EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

Toda fuerza sísmica actúa en el centro de masa de cada nivel y a producto de esta fuerza se puede generar una rotación en el centro de rigidez por lo tanto debe considerarse una excentricidad a la estructura, la Norma E-031 nos menciona que se debe asignar una excentricidad accidental en cada una de las direcciones ortogonales la cual será un 5% de la longitud del diafragma



## 2.11. EFECTOS DIRECCIONALES

La aceleración adquirida de acuerdo a cada dirección ortogonal se deberá combinar de acuerdo a la norma E-031 sub artículo 26.2.3 donde nos menciona que se debe tomar el 100% en la dirección de análisis más el 30% en la dirección perpendicular



## CAPÍTULO 03 – PRE DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 3.1. COLUMNAS

Básicamente las columnas son elementos estructurales que trabajan a compresión, pero debido a su posición también soportan solicitaciones de flexo compresión, corte y torsión para el presente proyecto de investigación se tiene tres tipos de columnas

Las esquinadas, excéntricas y las céntricas las dimensiones de cada columna se determinarán con la siguiente ecuación, donde se va tener en cuenta la carga muerta y la carga viva por metro cuadrado el área tributaria y el número de pisos

Cabe indicar que el área mínima de una columna es de 1000 cm<sup>2</sup> según el ACI en zonas altamente sísmicas como es la costa de Perú donde se proyecta la edificación de salud

#### 3.1.1. COLUMNAS ESQUINADAS

Este tipo de columnas son las que soportan menos carga que las columnas excéntricas y céntricas, esto debido a la poca área tributaria y la ubicación

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

Donde:

P = Peso

A = Área tributaria

N = Número de pisos

P(Servicio) = P.A.N

Datos:

Se tiene un área tributaria de 3.75 m \* 3.50 m dando como resultado 13.13 m<sup>2</sup> para columna esquinada



Área = 13.13 m<sup>2</sup>

P = 1tn/m<sup>2</sup> (Concreto) + 0.5tn/m<sup>2</sup> (Carga Viva - Esencial) = 1.5 tn/m<sup>2</sup>

N = 5

f'c = 280 Kg/cm<sup>2</sup>

$$A_{col} = \frac{1.5tn/m^2 * 13.13m^2 * 5}{0.35 (280 kg/cm^2)}$$

Donde = 280 kg/cm<sup>2</sup> = 0.28 tn/cm<sup>2</sup>

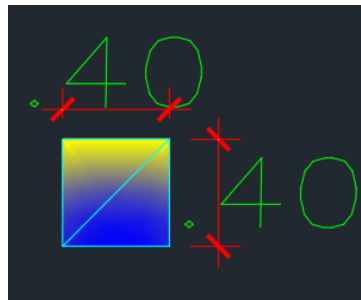
$$A_{col} = \frac{1.5 \text{tn/m}^2 * 13.13 \text{m}^2 * 5}{0.35 (0.28 \text{tn/cm}^2)}$$

$$A_{col} = 1004.84 \text{ cm}^2$$

Como ya se mencionó anteriormente según el ACI (American Concret Institute) recomienda que el área de las columnas en zonas sísmicas debería tener como mínimo 1000 cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar el área calculada está por encima de dicho valor el pre dimensionamiento final se determinara según el criterio del Tesista teniendo en cuenta el área calculada

$$A_{col} = 1004.84 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$$



### 3.1.2. COLUMNAS EXCÉNTRICAS

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

Donde:

P = Peso

A = Área tributaria

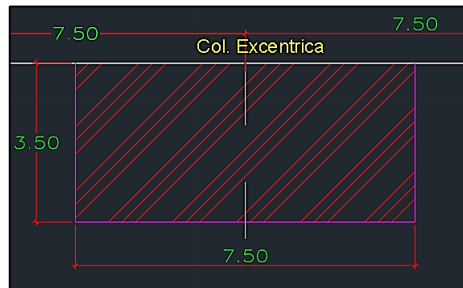
N = Número de pisos



P(Servicio) = P.A.N

Datos

Se tiene un área tributaria de 7.50 m \* 3.50 m dando como resultado 26.25 m<sup>2</sup> para columna excéntrica



Área = 26.25 m<sup>2</sup>

P= 1tn/m<sup>2</sup> (Concreto) + 0.5tn/m<sup>2</sup> (Carga Viva - Esencial) = 1.5 tn/m<sup>2</sup>

N = 5

f'c = 280 Kg/cm<sup>2</sup>

$$A_{col} = \frac{1.5 \text{tn/m}^2 * 26.25 \text{m}^2 * 5}{0.35 (280 \text{kg/cm}^2)}$$

Donde = 280 kg/cm<sup>2</sup> = 0.28 tn/cm<sup>2</sup>

$$A_{col} = \frac{1.5 \text{tn/m}^2 * 26.25 \text{m}^2 * 5}{0.35 (0.28 \text{tn/cm}^2)}$$

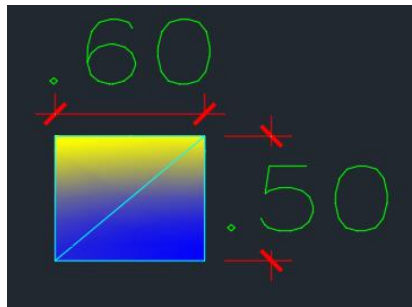
$$A_{col} = 2008.93 \text{ cm}^2$$

Como ya se mencionó anteriormente según el ACI (American Concret Institute) recomienda que el área de las columnas en zonas sísmicas debería tener como mínimo 1000 cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar el área calculada está

por encima de dicho valor el pre dimensionamiento final se determinara según el criterio del Tesista teniendo en cuenta el área calculada

$$A_{col} = 2008.93 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 60\text{cm} * 50\text{cm} = 3000 \text{ cm}^2$$



### 3.1.3. COLUMNAS CÉNTRICAS

Las columnas céntricas son las que soportan mayor carga debido a la ubicación y área y a diferencia de las otras dos columnas el factor que multiplica a la resistencia del concreto será 0.45 el procedimiento de cálculo es el mismo

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

Donde:

P = Peso

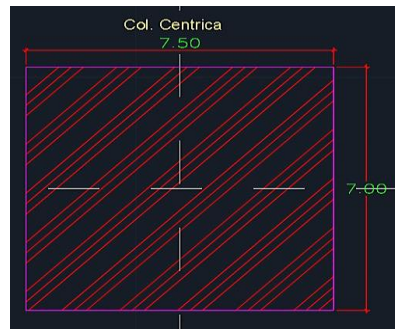
A = Área tributaria

N = Número de pisos

P(Servicio) = P.A.N

Datos

Se tiene un área tributaria de 7.50m \* 7.00 m dando como resultado 52.5 m<sup>2</sup> para columna céntricas



$$\text{Área} = 52.5 \text{ m}^2$$

$$P = 1 \text{ tn/m}^2 \text{ (Concreto)} + 0.5 \text{ tn/m}^2 \text{ (Carga Viva - Esencial)} = 1.5 \text{ tn/m}^2$$

$$N = 5$$

$$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{\text{col}} = \frac{1.5 \text{ tn/m}^2 * 52.5 \text{ m}^2 * 5}{0.45 (280 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$\text{Donde} = 280 \text{ kg/cm}^2 = 0.28 \text{ tn/cm}^2$$

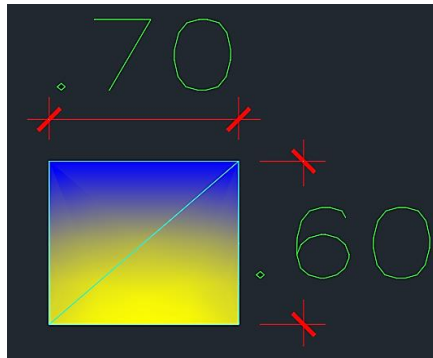
$$A_{\text{col}} = \frac{1.5 \text{ tn/m}^2 * 52.5 \text{ m}^2 * 5}{0.45 (0.28 \text{ tn/cm}^2)}$$

$$A_{\text{col}} = 4017.86 \text{ cm}^2$$

Como ya se mencionó anteriormente según el ACI (American Concret Institute) recomienda que el área de las columnas en zonas sísmicas debería tener como mínimo 1000 cm<sup>2</sup>, como se puede apreciar el área calculada está por encima de dicho valor el pre dimensionamiento final se determinara según el criterio del Tesista teniendo en cuenta el área calculada

$$A_{\text{col}} = 4017.86 \text{ cm}^2 > 1000 \text{ cm}^2$$

$$A_{col} = 70\text{cm} * 60\text{cm} = 4200 \text{ cm}^2$$



### 3.2. VIGAS

Para el pre dimensionamiento de las vigas se tendrá en cuenta los siguientes factores de sobre carga. La categoría de la edificación es A1 – esencial según la norma E-030

Por lo tanto, se cuenta con una carga critica de 400 kg/m<sup>2</sup> por tal motivo el pre dimensionamiento de las vigas se realizará con el factor “10” y el ancho de la viga se tomará la mitad del peralte calculado

Factores para pre dimensionamiento de vigas	
Ws/c en kg/m <sup>2</sup>	$\alpha$
S/C $\leq$ 200	12
200 < S/C $\leq$ 350	11
350 < S/C $\leq$ 600	10
600 < S/C $\leq$ 750	9

Fuente: elaboracion propia

#### 3.2.1. VIGA EN EL SENTIDO X

Para el pre dimensionamiento de las vigas se aplicará la siguiente ecuación en ambos sentidos de la estructura (X, Y) y el factor que divide a la longitud más crítica en la dirección de cálculo será 10 de acuerdo al cuadro anterior y la sobrecarga

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

Donde:

L = longitud más crítica en el sentido X

h = peralte de la viga

b = base o ancho de la viga

$$L_x = 7.50 \text{ m}$$

$$h = \frac{7.50\text{m}}{10} = 0.75 \text{ m}$$

$$h = 0.75 \text{ m}$$

Base

$$b = \frac{h}{2}$$

$$b = \frac{0.75}{2} = 0.38 \text{ m}$$

**Se Tomara**

$$b = 0.40 \text{ m}$$

### 3.2.2. VIGA EN EL SENTIDO Y

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

Donde:

L = longitud más crítica en el sentido Y

h = peralte de la viga

b= base o ancho de la viga

$$L_y = 7.00 \text{ m}$$

$$h = \frac{7.00\text{m}}{10} = 0.70 \text{ m}$$

$$h = 0.70 \text{ m}$$

Ancho

$$b = \frac{h}{2}$$

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

**Se Tomará**

$$\mathbf{b = 0.40 \text{ m}}$$

### **3.3. LOSAS**

Para el presente proyecto de investigación se optó por 2 tipos de losas, las aligeradas y las losas macizas, se considerará losa aligerada del primer al quinto nivel y losa maciza en el interfaz de aislamiento las dimensiones se calculan con las ecuaciones que se detallan a continuación

#### **3.3.1. LOSA ALIGERADA**

Se considera losa aligerada en dos direcciones

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

Donde:

L = Luz mas critica en el sentido de analisis

$$h_{L.Alig} = \frac{7.5}{25} = 0.3$$

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

Debido a la altura del aligerado se tomará 0.25 m debido a que a mucha altura esto le va generar mucha carga muerta a la estructura y también debido a las dimensiones de ladrillo que se tiene en el mercado siendo estas de 0.15 m, como máximo de 0.20 m cabe indicar que para el análisis la losa se definirá como un diafragma rígido por tal motivo no tiene función estructural más que transmitir las cargas a los elementos verticales, y debido a la luz más crítica de la estructura se propondrá una losa aligera en dos direcciones

### **3.3.2. LOSA MACIZA**

Para el caso de Perú el espesor de la losa maciza se determinará con el criterio 02 debido a que es la más usada por los ingenieros estructurales, y la que se encuentra en las bibliografías

$$e = \frac{L}{40}$$

Donde

L = longitud critica

e = Espesor

$$e = \frac{7.50 \text{ m}}{40}$$

$$e = 0.187 \text{ m}$$

$$e = 0.20 \text{ m}$$

### 3.4. MUROS DE CORTE

Con respecto a al espesor del muro se determinará a criterio del Tesista teniendo en cuenta el espesor recomendado de 20 cm en las zonas sísmicas como es la ciudad de nuevo Chimbote, donde se plantea la edificación de salud y además indicar que no según ingenieros especialistas en aislamiento Sismico y haber asistido a conferencias referentes al tema, no es tan recomendable usar placas o muros de corte en sistemas de aislamiento Sismico

Pero teniendo en cuenta la norma E-030 y E-031 donde nos indica que la estructura debe tener la rigidez necesaria pasando por un diseño sismo resistente, por tal motivo se realizó dos análisis primero como un sistema estructural a porticada

De acuerdo al primer análisis y haber realizado el control de drift (derivadas) desplazamientos, cortantes estaticas y dinamicas, periodos etcétera, si en caso no se llegara a cumplir con lo requerido por la normativa

Se procederá a rigidizar la estructura mediante muros de corte de 0.3m de espesor y se procederá a realizar otro análisis estático y dinámico

$$M_{\text{Corte}} = 0.30 \text{ m}$$

### 3.5. DADOS DE CONCRETO (CAPITELES)

Para capiteles y pedestales se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones las dimensiones de estos elementos para un pre diseño para edificaciones menores a cinco niveles considerar un mínimo de 1.0 m<sup>2</sup>, para edificios menores a 10 niveles considerar un mínimo de 1.20 m<sup>2</sup> y para edificaciones menores a 15 niveles considerar un mínimo de 1.5 m<sup>2</sup>, debido



a que el presente proyecto de investigación consta de una edificación de 5 niveles se tomará las dimensiones de 1.0m<sup>2</sup> x 1.0m<sup>2</sup>

**Capitel = 1.00 x100 m**

Cuadro resumen de las dimensiones de los elementos estructurales

Elemento Estructural	Dimensiones
Columna esquinada	40x40 cm
Columna excéntrica	60x50 cm
Columna Céntrica	70x60 cm
Losa Aligerada	20 cm
Losa Maciza	20 cm
Muros de Corte	30 cm
Viga Peraltada en X	75x40 cm
Viga Peraltada en Y	70x40cm
Capiteles	100x100 cm

Fuente: elaboracion propia

### **3.6. METRADO DE CARGAS (SISTEMA APORTICADO)**

El Metrado de cargas se realizará a nivel de entrepiso es decir se tomará la mitad de la altura del piso inferior más la mitad del piso superior, se tiene una edificación de cinco niveles las alturas son, el primer nivel de 4.5 m y de segundo a quinto nivel tiene 4 metros cada nivel, en el Metrado se considerará las cargas estructurales

Que comprende el peso propio de la estructura como columnas, vigas, losa y las cargas no estructurales que también está considerado como carga muerta debido a que siempre está presente en la vida útil de la estructura, pero no tiene ninguna función estructural

Estas son los acabados, las mayólicas el tarrajeo y la tabiquería, del mismo modo se considerará las cargas vivas según el uso de la edificación se considerará 400kg/m<sup>2</sup> y en la azotea de 100 kg/m<sup>2</sup> estos datos se puede apreciar más detallado en el capítulo 1 en el ítem 1.6,

Cabe indicar que los valores de las cargas no estructurales y cargas vivas se extrajeron del RNE (norma E.020, 2018 de cargas), una vez realizada el Medrado de cargas manual y obtenidas del software Etabs se realizara una comparación esto con el fin de verificar la exactitud del software, pero para los cálculos se empleara el obtenido por el software

### 3.7. PESO SISMICO OBTENIDO POR EL SOFTWARE

Nivel	Mass X (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Mass Y (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Peso Sismico (Tn)
5	96.3	96.3	944.4
4	185.4	185.4	1818.4
3	185.4	185.4	1818.4
2	185.4	185.4	1818.4
1	186.4	186.4	1827.9
<b>Total</b>			<b>8227.6</b>

Fuente: elaboracion propia

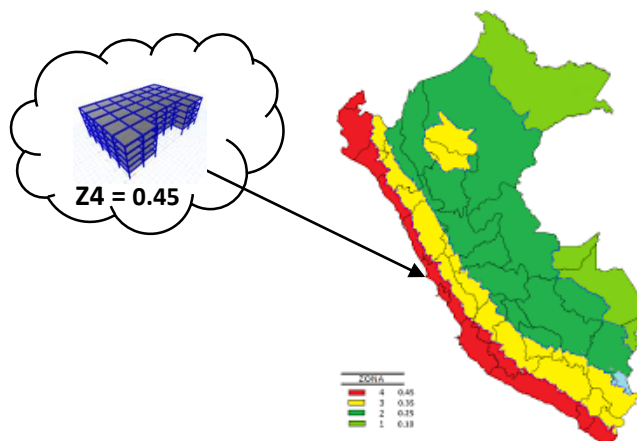
# CAPÍTULO 04 – ANALISIS - SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO

## 4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

Se procederá a realizar un análisis estático principalmente para determinar las fuerzas laterales equivalentes, determinar las irregularidades de la estructura, el periodo efectivo real y así determinar el coeficiente de reducción sísmica real con un periodo asistido por el software, etcétera. Para lo cual se extraerá los parámetros del RNE (Norma E-030, 2018) y se seguirá el procedimiento de la Norma E-030 Anexo 1

### 4.1.1 FACTOR DE ZONA

La presente investigación se aplicará en la ciudad de nuevo Chimbote, la cual según la norma E-030 2018 en el mapa de zonificación está catalogada como una zona 4 con un factor de aceleración máxima horizontal de 0.45 g



Fuente: RNE E-030, 2018, P.7

### 4.1.2. PERFIL DE SUELO (ART. 12, E-030 - 2018)

De acuerdo a los estudios realizados por Tavera (2014) "Zonificación sísmica geotécnica de la ciudad de nuevo Chimbote provincia del Santo departamento de Ancash" se llegó a determinar dos zonas sísmicas geotécnicas según la norma E-030 de diseño sismorresistente las mismas que corresponden a un

tipo de suelo de S2 y S4, por lo tanto, el presente estudio se aplicó en la Zona amarillo la cual corresponde a un tipo de suelo S2 con una velocidad de propagación de onda de corte  $V_s$  de 290 a 330 m/s

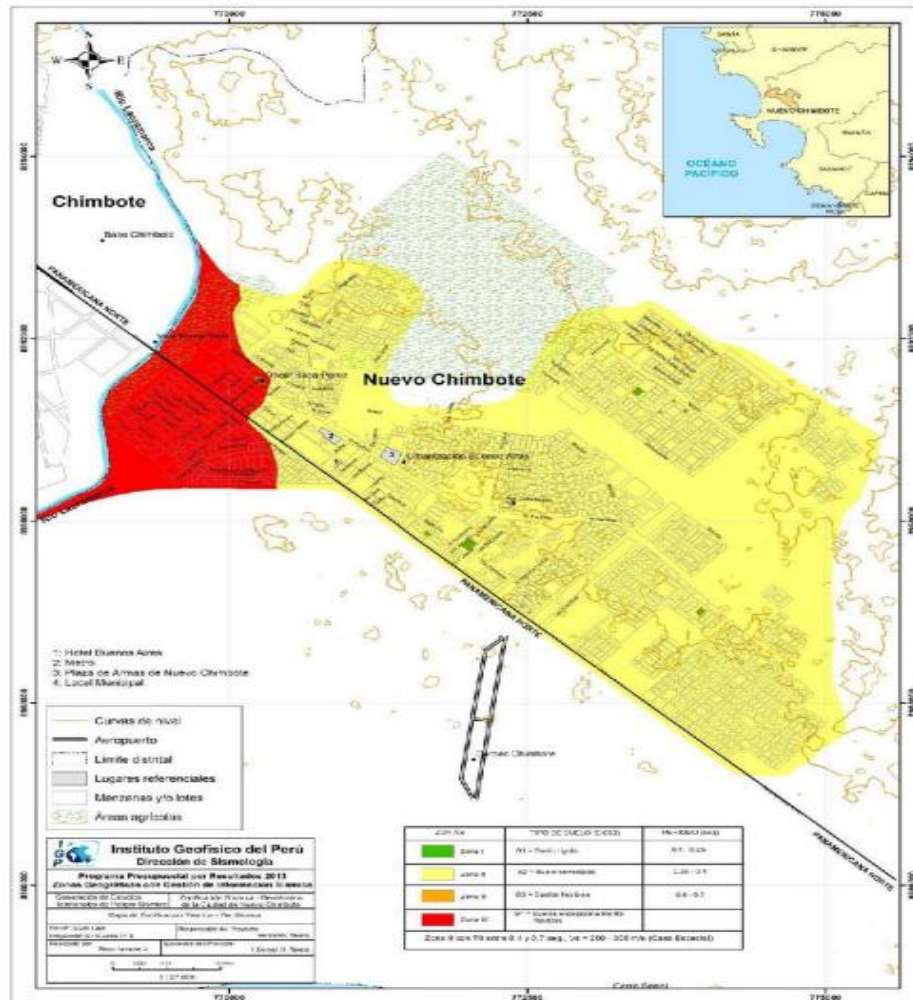


Figura 75: Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica para la ciudad de Nuevo Chimbote

Fuente: ZONIFICACIÓN SÍSMICA – GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE NUEVO CHIMBOTE

Perfil	$V_s$ (m/s)	N60
S0	>1500	-
S1	500 a 1500	>50
S2	180 a 500	15 a 50
S3	< 180	< 15
S4	Clasificación basada EMS	

Fuente: Norma E-030, p.10

FACTOR DE SUELO				
ZONA / SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1	1.05	1.1
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z1	0.8	1	1.6	2

Fuente: RNE E-030, 2018

#### 4.1.3. PARAMETROS DE SITIO (ART. 13, E-030 - 2018)

Como se puede observar se tiene un perfil de suelo S2 por lo tanto el periodo corto o también denominado como periodo predominante y el periodo largo le corresponde de acuerdo a la siguiente tabla

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0.3	0.4	0.6	1
TL(s)	3	2.5	2	1.8

Fuente: RNE E-030, 2018, P.

#### 4.1.4. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (ART. 14, E-030 - 2018)

El factor de amplificación sísmica se calculará según lo estipulado en la norma E-030 – 2018 - en el artículo 14 para lo cual se usará el periodo definido con la ecuación definida en el sub artículo 28.4.1

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

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

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

#### 4.1.5. PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA

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

Donde:

T = periodo

h<sub>n</sub> = altura de la edificación

C<sub>t</sub> = coeficiente definido de acuerdo al sistema estructural

C <sub>t</sub> = 35	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:
	<b>a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte</b>
	b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arrostramiento.

Fuente: RNE E-030, 2018, P.22

$$T_x = \frac{20.5}{35} = 0.59 \text{ Segundos}$$

$$T_y = \frac{20.5}{35} = 0.59 \text{ Segundos}$$

#### 4.1.6. COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

$$0.59 < 0.6 \quad C = 2.5 \quad \Rightarrow \text{Si cumple}$$

$$0.6 < 0.59 < 2.00 \quad C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right) \quad \Rightarrow \text{No cumple}$$

$$0.59 > 2.0 \quad C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right) \quad \Rightarrow \text{No cumple}$$

$$C = 2.5 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.1.7. FACTOR DE USO (ART. 15, E-030 - 2018)

Según la norma E-030 en el artículo 15 indica que toda edificación con aislamiento sísmico está definida con un factor de uso igual a la unidad por lo tanto se va considera  $U = 1$

Categoría de edificación y factor U		
Categoría	A1: Establecimientos del sector salud (público y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el ministerio de salud	Ver nota 1

Fuente: RNE E-030, 2018, P.13

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las Zonas 3 y 4 y el factor de Uso Sera  $U = 1$

#### 4.1.8. SISTEMA ESTRUCTURAL (ART. 16 Y 17, E-030 - 2018)

Según el artículo 16, 17 y la tabla N° 17 del RNE (Norma E-030, 2018) se definirá como un sistema estructural aporticado, para un primer análisis, una vez realizada el análisis y verificado los parámetros que exige la norma E-030 se decidirá si se adiciona muros

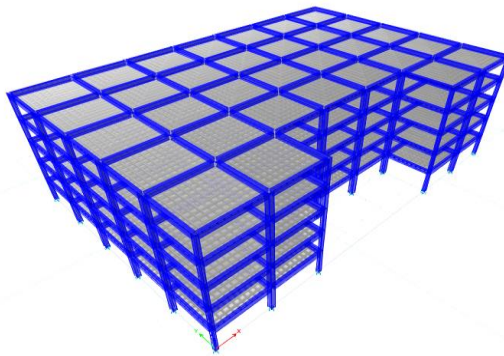
Y se procede a realizar otro análisis, esto con el fin de rigidizar la estructura y cumplir con todos los parámetros que exige la norma, cabe indicar que el factor de coeficiente Sísmico  $R_0$  puede varias, eso dependerá de la irregularidad ya sean en planta o en altura

<b>Tabla N° 7 - sistema estructural</b>	
Sistema Estructural	Coefficiente de reducción
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6

Fuente: RNE E-030, 2018

#### **4.1.9. MODELO MATEMÁTICO DE ANÁLISIS**

en el modelo matemático de la presente estructura las losas de entrepiso se consideran como un diafragma rígido, además es un modelo con masas concentradas que tienen tres grados de libertad por diafragma dos traslacional en el eje horizontal y una rotación en el eje Z



Fuente propia: Modelo Matemático

#### **4.1.10. REGULARIDAD ESTRUCTURAL**

##### **4.1.10.1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ – PISO BLANDO**

Existe irregularidad de rigidez en ambas direcciones X, Y, de un entrepiso cuando la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes, si en caso existiera irregularidad de rigidez



se le asignara un factor  $I_a = 0.75$ , dicha rigidez lateral se puede determinar de la siguiente manera

$$K = \frac{F}{\Delta}$$

Donde:

K = rigidez lateral

F = fuerza cortante de entrepiso

$\Delta$  = desplazamiento relativo

**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) EN XX\_ESTRUCTURA APORTICADO**

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX							
			Altura	Rigidez	$K_i < 70\% (k_{i+1})$	$K_i < 80\% (K_{i+1} K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- X	4	83646.18			
Nivel 4	D4	SIS_EST- X	4	100792.06	120%	120%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- X	4	101426.19	101%	110%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- X	4	102560.26	101%	108%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- X	4.5	111432.72	109%	110%	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente: elaboración propia

**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) EN YY\_ESTRUCTURA APORTICADO**

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY							
			Altura	Rigidez	$K_i < 70\% (k_{i+1})$	$K_i < 80\% (K_{i+1} K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- Y	4	78240.35			
Nivel 4	D4	SIS_EST- Y	4	99859.85	128%	128%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- Y	4	101468.51	102%	114%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- Y	4	104356.86	103%	112%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- Y	4.5	124709.80	120%	122%	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.10.2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA – PISO DÉBIL

Según el RNE (Norma E-030, 2018) en el artículo 20 nos indica que existe irregularidad de resistencia cuando en ambas direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior

##### IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA (PISO DEBIL) – XX\_APORTICADO

IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA (PISO DEBIL) - XX				
Nivel	Caso	Vx Tn	80% (Vx)	Control
Nivel 5	SIS_EST- X	166.311	133.049	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- X	424.058	339.246	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- X	619.321	495.457	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- X	752.100	601.680	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- X	822.762	658.209	

Fuente Propia

##### IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA (PISO DEBIL) – YY\_APORTICADO

IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA (PISO DEBIL) - YY				
Nivel	Caso	Vx Tn	80% (Vx)	Control
Nivel 5	SIS_EST- Y	166.311	133.049	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- Y	424.058	339.246	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- Y	619.321	495.457	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- Y	752.100	601.680	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- Y	822.762	658.209	

Fuente Propia

Como se puede apreciar en ambos sentidos X, Y la resistencia de un entrepiso frente a las fuerzas cortantes es no es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior por lo tanto la estructura no es irregular por resistencia – piso débil y tendría un factor de irregularidad igual a la unidad.

#### **4.1.10.3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ – PISO BLANDO**

La irregularidad extrema de rigidez se evalúa de la misma forma que la irregularidad de rigidez con la única diferencia que en este caso si la rigidez lateral es menor a un 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior

**IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX\_APORTICADO**

<b>IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX</b>							
			Altura	Rigidez	$K_i < 70\% (k_{i+1})$	$K_i < 80\% (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- X	4	83646.177			
Nivel 4	D4	SIS_EST- X	4	100792.057	120%	120%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- X	4	101426.192	101%	110%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- X	4	102560.259	101%	108%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- X	4.5	111432.722	109%	110%	NO EXISTE PISO BLANDO

**IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY\_APORTICADO**

<b>IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY</b>							
			Altura	Rigidez	$K_i < 0.60 (k_{i+1})$	$K_i < 0.70 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- Y	4	78240.345			
Nivel 4	D4	SIS_EST- Y	4	99859.853	128%	128%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- Y	4	101468.511	102%	114%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- Y	4	104356.856	103%	112%	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- Y	4.5	124709.801	120%	122%	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos en ambas direcciones X, Y, la rigidez lateral no es menor que el 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior. Por lo tanto, la edificación no tiene irregularidad extrema de rigidez – piso blando y tiene un factor de irregularidad igual a la unidad

#### 4.1.10.4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA

La irregularidad extrema de resistencia se evalúa de la misma forma que la irregularidad de resistencia con la única diferencia que si la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior

#### IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) – XX\_APORTICADO

IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) - XX				
Nivel	Caso	Vx Tn	65% (Vx)	Control
Nivel 5	SIS_EST- X	166.311	108.102	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- X	424.058	275.638	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- X	619.321	402.559	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- X	752.100	488.865	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- X	822.762	534.795	

Fuente elaboración propia

#### IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) – YY\_APORTICADO

IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) - YY				
Nivel	Caso	Vx Tn	65% (Vx)	Control
Nivel 5	SIS_EST- Y	166.311	108.102	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- Y	424.058	275.638	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- Y	619.321	402.559	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- Y	752.100	488.865	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- Y	822.762	534.795	

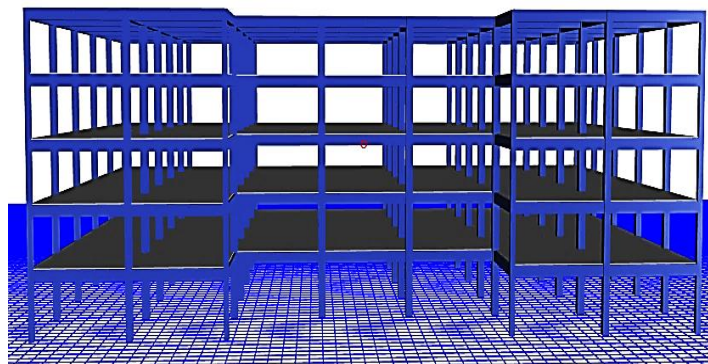
Fuente elaboración propia

Como se puede apreciar en ambas direcciones X, Y la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes no es inferior a un 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior por lo tanto la edificación no tiene irregularidad de resistencia – Piso débil y tendrá un factor de irregularidad igual a la unidad.

#### **4.1.10.5. DISCONTINUIDAD EN LOS ELEMENTOS RESISTENTES**

Existe irregularidad por discontinuidad cuando cualquier elemento estructural que resista más del 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, cabe mencionar que en este caso de análisis se tiene una edificación aporticado

Y todos los elementos estructurales verticales son columnas, las que absorben o soportan casi el 100% de la fuerza cortante, y no existe discontinuidad en dichos elementos estructurales. Por lo tanto, no existe irregularidad por discontinuidad en los elementos resistentes



Fuente propia: Elevación frontal

#### **6.1.10.6 IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD EXTREMA EN LOS SISTEMAS RESISTENTES**

Existe irregularidad cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos superen el 25% de la fuerza cortante total, debido a que no se tiene elementos resistentes a cortantes discontinuos queda descartado la irregularidad por discontinuidad extrema en los sistemas resistentes

#### **4.1.10.7. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA**

Según la norma E-030, 2018 nos indica en el artículo 20 Tabla N° 9 que existe irregularidad torsional extrema en cualquiera de las direcciones de análisis el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo de la edificación (calculado incluyendo excentricidad accidental es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso



**IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA – XX\_APORTICADO**

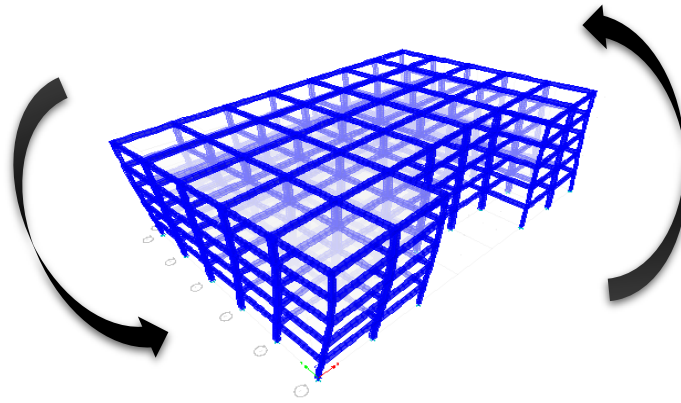
<b>IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA - XX</b>					
N° PISO	Ax (m)	Deriva Max..	Deriva Prom.	Ratio	Control E-030, 2018
Nivel 5	SIS_EST- X	0.002	0.002	1.067	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 4	SIS_EST- X	0.005	0.004	1.074	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 3	SIS_EST- X	0.007	0.006	1.076	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 2	SIS_EST- X	0.008	0.007	1.078	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 1	SIS_EST- X	0.008	0.007	1.082	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL

Fuente elaboración propia

**IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA – YY\_APORTICADO**

<b>IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA - YY</b>					
N° PISO	Ax (m)	Deriva Max..	Deriva Prom.	Ratio	Control E-030, 2018
Nivel 5	SIS_EST- Y	0.002	0.002	1.162	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 4	SIS_EST- Y	0.005	0.004	1.170	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 3	SIS_EST- Y	0.007	0.006	1.172	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 2	SIS_EST- Y	0.008	0.007	1.175	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 1	SIS_EST- Y	0.008	0.007	1.188	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL

Fuente elaboración propia



Como se puede apreciar el máximo desplazamiento relativo de entrepiso no es mayor al 1.5 promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso por lo tanto podemos concluir que no existe irregularidad torsional y le corresponde un factor de irregularidad igual a la unidad

#### **4.1.11. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN (ART. 22, E-030 - 2018)**

Según el RNE (Normal E-031) en el artículo 7 sub artículo 7.1 nos exige evaluar las irregularidades la cuales han sido evaluadas en el Ítem predecesora, por lo tanto, el Factor de irregularidad será igual a la unidad tanto en planta y en altura

$$R_0 = R_0 * I_a * I_p$$

$$R_0 = 8 * 1 * 1$$

$$\mathbf{R_0 = 8}$$

#### **4.1.12. PESO SISMICO**

Este punto se determina de acuerdo al artículo 26 de la norma vigente E-030 – 2018 donde nos menciona que la estimación del peso es de acuerdo a la categoría de la edificación es decir toda edificación de A, B el peso será igual al 100% de la carga muerta más un 50% de la carga viva y en las edificaciones de categoría C se tomara el 100% de la carga muerta y 25% de la carga viva, para el presente proyecto de investigación se tiene una edificación de salud

catalogada según la E-030 como una edificación de categoría A1 – esencial por lo tanto el peso se estimara de la siguiente manera

$$P = 100\% (CM) + 50\% (CV)$$

Nivel	Mass X (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Mass Y (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Peso Sismico (Tn)
5	96.30	96.30	944.72
4	185.43	185.43	1819.05
3	185.43	185.43	1819.05
2	185.43	185.43	1819.05
1	186.40	186.40	1828.56
Total			8230.43

Fuente Etabs V.16: Peso Sismico

Debido a que la carga viva en techo se toma solo el 25% según el RNE (Norma E-031, 2018) Artículo 26 se procederá a calcular el 25% de la carga viva en azotea o techo

$$P = 8230.43Tn$$

#### 4.1.13. CORTANTE BASAL (V)

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

Donde:

V = Cortante basal

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = Coeficiente de amplificación sísmica

S = Perfil de suelo

R = Factor de reducción sísmica

P = Peso Sismico

$$V = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{8} * 8230.43 \text{ Tn}$$

$$V = 1215.27 \text{ Tn}$$

Según la E-030, 2018 el valor de C/R no puede ser inferior que 0.11 como se indica en la siguiente expresión.

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

$$\frac{2.5}{8} \geq 0.11$$

$$0.313 \geq 0.11 \quad \rightarrow \text{OK}$$

#### 4.1.14. PERIODOS REALES DE LA ESTRUCTURA

Caso	Modo	Periodo (Seg)	UX	UY	UY
Modal	1	0.849	0.873		
Modal	2	0.829		0.862	
Modal	3	0.808			0.8716

Fuente: RNE Norma E-030, 2018

Periodo en X = 0.849

Periodo en Y = 0.829

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0.3	0.4	0.6	1
TL(s)	3	2.5	2	1.8

Fuente: RNE Norma E-030, 2018


#### 4.1.15. REAJUSTE DEL FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA CON PERIODO REAL

##### 4.1.15.1 FACTOR DE COEFICIENTE SÍSMICO (SENTIDO X)

$$T_x = 0.849 = \text{Periodo en sentido X}$$


$$0.849 < 0.6$$

$$C = 2.5$$

 No cumple


$$0.6 < 0.849 < 2.00$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right)$$

 Si cumple

$$0.849 > 2.0$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right)$$

 No cumple

$$C = 2.5 * \left(\frac{0.6}{0.849}\right)$$

$$C = 1.77 \quad \img alt="black arrow pointing right" data-bbox="585 438 655 459"/> \text{ OK}$$

$$C_x = \frac{0.45 * 1 * 1.77 * 1.05}{8} = 0.1043507$$

##### 4.1.15.2. EXPONENTE K (SENTIDO X)

De acuerdo a la norma E-030 el exponente K está relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura y se calcula de la siguiente manera

a)  $T \leq 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = 1.0$

b)  $T > 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

Comprobación

a)  $0.873 \leq 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = 1.0$

 No cumple

b)  $0.873 > 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

 Si cumple

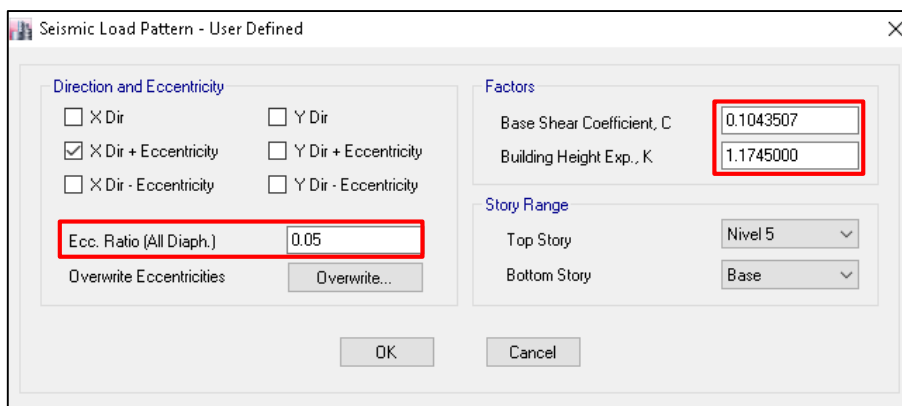
Se calculará el exponente k con la condición b debido a que el periodo fundamental de vibración es mayor a 0.5 segundos

$$K_x = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$$

$$K_x = (0.75 + 0.5 * (0.849)) \leq 2.0$$

$$K_x = (1.1745000) \leq 2.0$$

$$K_x = (1.1745000) \rightarrow \text{OK}$$



Fuente propia

#### 4.1.15.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (SENTIDO Y)

$$T_y = 0.829 = \text{Periodo (sentido y)}$$

$$0.829 < 0.6$$

$$C = 2.5$$

$\rightarrow$  No cumple

$$0.6 < 0.829 < 2.00$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right)$$

$\rightarrow$  Si cumple

$$0.829 > 2.0$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right)$$

$\rightarrow$  No cumple



$$C = 2.5 * \left(\frac{0.6}{0.829}\right)$$

$$C = 1.81 \rightarrow \text{OK}$$

$$C_y = \frac{0.45 * 1 * 1.81 * 1.05}{8} = \mathbf{0.1068682}$$

#### 4.1.15.4. EXPONENTE K (SENTIDO Y)

De acuerdo a la norma E-030 el exponente K está relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura y se calcula de la siguiente manera

- a)  $T \leq 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = 1.0$   No cumple
- b)  $T > 0.5$  Segundos  $\rightarrow K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$   Si cumple

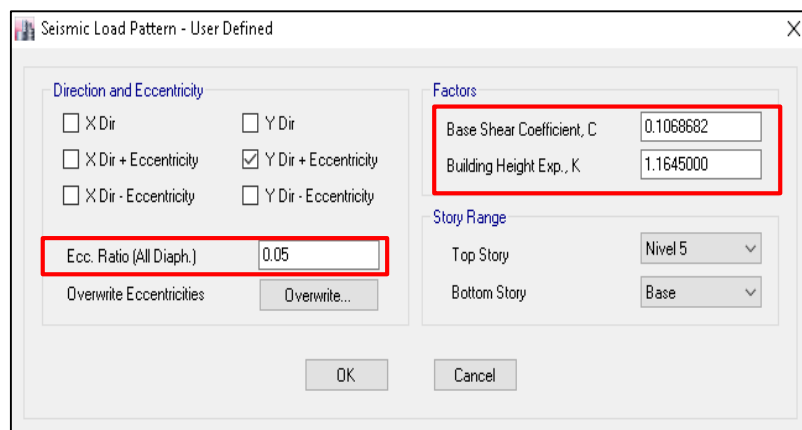
Se calculará el exponente k con la condición b debido a que el periodo fundamental de vibración es mayor a 0.5 segundos

$$K_Y = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$$

$$K_Y = (0.75 + 0.5 * (0.849)) \leq 2.0$$

$$K_Y = (1.1645000) \leq 2.0$$

$$\mathbf{K_Y = (1.1645000)}$$



Fuente propia

#### 4.1.16. CORTANTE BASAL (CORREGIDO)

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

Donde:

V = cortante basal

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = coeficiente de amplificación sísmica

S = perfil de suelo

R = Factor de reducción sísmica

P = Peso Sísmico

3.8.1 Cortante Basal (Sentido x)

##### 4.1.16.1. CORTANTE BASAL (SENTIDO X)

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 1.77 * 1.05}{8} * 8230.43 \text{ Tn}$$

$$V_x = (0.1043507) * 8230.43 \text{ Tn}$$

$$\mathbf{V_x = 858.85 \text{ Tn}}$$

##### 4.1.16.2. CORTANTE BASAL (SENTIDO Y)

$$V_y = \frac{0.45 * 1 * 1.81 * 1.05}{8} * 8230.43 \text{ Tn}$$

$$V_y = (0.1068682) * 8230.43 \text{ Tn}$$



$$V_y = 879.57 \text{ Tn}$$

#### 4.1.16.3. CORTANTE BASAL (V) OBTENIDO CON EL SOFTWARE

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity %	Ecc. Overridden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SIS_EST_X	Seismic	X+Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Nivel 5	Base	0.104351	1.1745	8227.6149	858.5574
SIS_EST_Y	Seismic	Y+Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Nivel 5	Base	0.106868	1.1645	8227.6149	879.2704

Fuente propia

Como se puede apreciar el cortante basal obtenido en ambos sentidos de análisis X, Y para el análisis estático de fuerzas laterales equivalentes es el mismo valor obtenido por el software por lo tanto el procedimiento es correcto

#### 4.1.16.4. DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA EN ALTURA

Las fuerzas laterales se calculan con la siguiente ecuación según la norma E-030, 2018 sub artículo 28.3 dichas fuerzas actúan en el centro de masa de cada nivel

$$F_i = \alpha_i * V$$

Donde

$F_i$  = Fuerza lateral

$V$  = fuerza cortante

$\alpha_i$  = coeficiente

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

#### 4.1.16.4.1. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS (SENTIDO X)

Datos

Exponente = 1.174

$$\alpha_1 = \frac{1828.56 * (4.5)^{1.174}}{(1828.56 * (4.5)^{1.174} + 1819.05 * (8.5)^{1.174} + 1819.05 * (12.5)^{1.174} + 1819.05 * (16.5)^{1.174} + 944.72 * (20.5)^{1.174}}$$

$$\alpha_i = 0.070$$

$$\alpha_2 = \frac{1819.05 * (8.5)^{1.174}}{(1828.56 * (4.5)^{1.174} + 1819.05 * (8.5)^{1.174} + 1819.05 * (12.5)^{1.174} + 1819.05 * (16.5)^{1.174} + 944.72 * (20.5)^{1.174}}$$

$$\alpha_i = 0.149$$

$$\alpha_3 = \frac{1819.05 * (12.5)^{1.174}}{(1828.56 * (4.5)^{1.174} + 1819.05 * (8.5)^{1.174} + 1819.05 * (12.5)^{1.174} + 1819.05 * (16.5)^{1.174} + 944.72 * (20.5)^{1.174}}$$

$$\alpha_i = 0.235$$

$$\alpha_4 = \frac{1819.05 * (16.5)^{1.174}}{(1828.56 * (4.5)^{1.174} + 1819.05 * (8.5)^{1.174} + 1819.05 * (12.5)^{1.174} + 1819.05 * (16.5)^{1.174} + 944.72 * (20.5)^{1.174}}$$

$$\alpha_i = 0.327$$

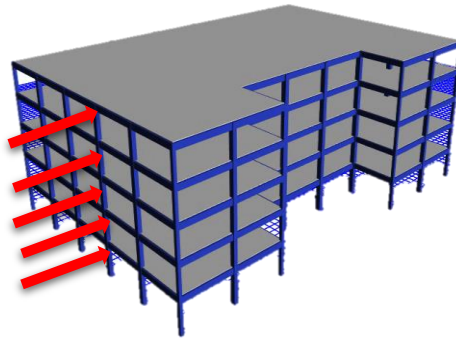
$$\alpha_5 = \frac{944.72 * (20.5)^{1.174}}{(1828.56 * (4.5)^{1.174} + 1819.05 * (8.5)^{1.174} + 1819.05 * (12.5)^{1.174} + 1819.05 * (16.5)^{1.174} + 944.72 * (20.5)^{1.174}}$$

$$\alpha_i = 0.219$$

N° PISO	$\alpha_i$	(ZUCS/R)*P	Fi	Vi
PISO 5	0.219	858.5574	187.52	187.52
PISO 4	0.327	858.5574	279.82	467.34
PISO 3	0.235	858.5574	201.96	669.30
PISO 2	0.149	858.5574	128.39	797.70
PISO 1	0.070	858.5574	61.15	858.85
	1.00		858.85	OK!

Fuente elaboracion propia

Como se puede apreciar se obtuvieron las cargas horizontales actuantes en el centro de masa de la presente estructura y también se puede verificar que la fuerza cortante basal se ha distribuido de la manera correcta en la tabla predecesora se tiene una sumatoria de fuerzas de 858.85 Tn la misma que se distribuye desde el primer nivel hasta el quinto nivel de la estructura y el factor  $\alpha_i$  cumple con lo que indica la norma E-030 siendo esta igual a la unidad



Fuente elaboración propia: distribución de fuerzas en sentido x

#### 4.1.16.4.2. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS (SENTIDO Y)

Datos

Exponente  $K = 1.164$

$$\alpha_1 = \frac{1828.56 * (4.5)^{1.164}}{(1828.56 * (4.5)^{1.164} + 1819.05 * (8.5)^{1.164} + 1819.05 * (12.5)^{1.164} + 1819.05 * (16.5)^{1.164} + 944.72 * (20.5)^{1.164}}$$

$$\alpha_1 = 0.071$$

$$\alpha_2 = \frac{1819.05 * (8.5)^{1.164}}{(1828.56 * (4.5)^{1.164} + 1819.05 * (8.5)^{1.164} + 1819.05 * (12.5)^{1.164} + 1819.05 * (16.5)^{1.164} + 944.72 * (20.5)^{1.164}}$$

$$\alpha_2 = 0.149$$

$$\alpha_3 = \frac{1819.05 * (12.5)^{1.164}}{(1828.56 * (4.5)^{1.164} + 1819.05 * (8.5)^{1.164} + 1819.05 * (12.5)^{1.164} + 1819.05 * (16.5)^{1.164} + 944.72 * (20.5)^{1.164}}$$

$$\alpha_i = 0.235$$

$$\alpha_4 = \frac{1819.05 * (16.5)^{1.164}}{(1828.56 * (4.5)^{1.164} + 1819.05 * (8.5)^{1.164} + 1819.05 * (12.5)^{1.164} + 1819.05 * (16.5)^{1.164} + 944.72 * (20.5)^{1.164}}$$

$$\alpha_i = 0.326$$

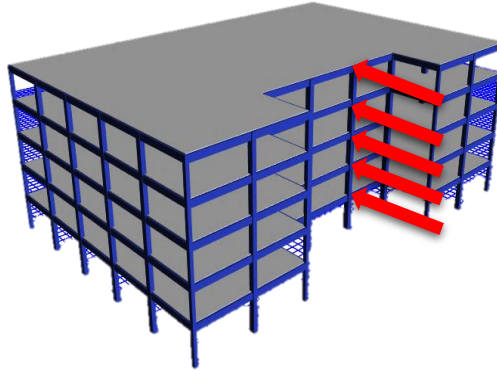
$$\alpha_5 = \frac{944.72 * (20.5)^{1.164}}{(1828.56 * (4.5)^{1.164} + 1819.05 * (8.5)^{1.164} + 1819.05 * (12.5)^{1.164} + 1819.05 * (16.5)^{1.164} + 944.72 * (20.5)^{1.164}}$$

$$\alpha_i = 0.219$$

N° PISO	ai	(ZUCS/R)*P	Fi	Vi
PISO 5	0.219	879.2704	191.23	191.23
PISO 4	0.326	879.2704	285.97	477.20
PISO 3	0.235	879.2704	206.97	684.17
PISO 2	0.149	879.2704	132.09	816.26
PISO 1	0.071	879.2704	63.31	879.57
	1.00		879.57	<b>OK!</b>

Fuente elaboracion propia

Como se puede apreciar se obtuvieron las cargas horizontales actuantes en el centro de masa de la presente estructura y también se puede verificar que la fuerza cortante basal se ha distribuido de la manera correcta en la tabla predecesora se tiene una sumatoria de fuerzas de 858.85 Tn la misma que se distribuye desde el primer nivel hasta el quinto nivel de la estructura y el factor ai cumple con lo que indica la norma E-030 siendo esta igual a la 1



Fuente elaboración propia: distribución de fuerzas en sentido y

#### 4.1.17. CONTROL DE DERIVAS

Teniendo en cuenta la deriva máxima permitida de acuerdo al artículo 32 tabla N°11 de la norma E-030, 2018 se procederá a verificar las derivas obtenidas en ambos sentidos, esto con el fin de comprobación cabe indicar que ninguna estructura en zona 4 es diseñada con un análisis estático

##### 4.1.17.1. DERIVAS EN SENTIDO X

CONTROL DE DERIVAS									
Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UX (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elástico	D. inelástico	Deriva Max	Control
Nivel 5	D5	SIS_EST-X	0.028	4	0.002	0.001	0.003	0.007	OK
Nivel 4	D4	SIS_EST-X	0.026	4	0.005	0.001	0.007	0.007	OK
Nivel 3	D3	SIS_EST-X	0.022	4	0.006	0.002	0.010	0.007	NO PASA
Nivel 2	D2	SIS_EST-X	0.015	4	0.008	0.002	0.011	0.007	NO PASA
Nivel 1	D1	SIS_EST-X	0.008	4.5	0.008	0.002	0.010	0.007	NO PASA

Fuente Etabs

#### 4.1.17.2. DERIVAS EN SENTIDO Y

CONTROL DE DERIVAS									
Nivel	Diafragma	Load Case/Combo	UY (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elastico	D. inelastico	Deriva Max	Control
Nivel 5	D5	SIS_EST- Y	0.028	4	0.002	0.001	0.003	0.007	OK
Nivel 4	D4	SIS_EST- Y	0.025	4	0.005	0.001	0.007	0.007	OK
Nivel 3	D3	SIS_EST- Y	0.021	4	0.006	0.002	0.010	0.007	NO PASA
Nivel 2	D2	SIS_EST- Y	0.014	4	0.008	0.002	0.011	0.007	NO PASA
Nivel 1	D1	SIS_EST- Y	0.007	4.5	0.007	0.002	0.009	0.007	NO PASA

Fuente Etabs

Como se puede apreciar las derivas obtenidas en un análisis estático del sistema aporticado en ambos sentidos de análisis no llegan a pasar, solo en el cuarto y quinto nivel se tiene una deriva menos a lo permitido de 0.007, pero esto no es problema ya que según el RNE (Norma E-030, 2018) las edificaciones en una zona 4 se diseña con un análisis dinámico, por lo tanto, el análisis estático es solo con fines de comparación

#### 4.2. ANÁLISIS DINÁMICO

El análisis dinámico se clasifica en dos las cuales vienen a ser un análisis modal más un análisis espectral los que se obtiene de un análisis dinámico son principalmente el periodo de vibración el porcentaje de masa participativa y las fuerzas de diseño, a continuación, se procede a explicar dichos análisis por separado

##### 4.2.1. ANÁLISIS MODAL

Es un análisis libre de la estructura donde hay una interacción de masa y rigidez de la estructura



#### 4.2.2. MODOS DE VIBRACIÓN

La norma E-030 en el artículo 29 nos indica que cualquier estructura puede ser diseñada con los resultados de un análisis dinámico por combinación modal espectral además nos menciona en el sub artículo 29.1.2. que se considera modos de vibración en cada dirección y la suma de masas efectivas sea como mínimo 90% de la masa total y se toma los tres primeros modos predominantes

Modo	Sentido
Modo 1	Traslación
Modo 2	Traslación
Modo 3	Rotación

Fuente elaboración propia

#### 4.3. ANÁLISIS POR ESPECTRO DE RESPUESTA

La aceleración espectral lo determinamos con los parámetros definidos en la norma E-030 cabe mencionar que el espectro de diseño va depender mucho de la zona y el perfil de suelo por lo tanto es necesario determinar el perfil de suelo, siendo en este caso para el presente proyecto de investigación un tipo de suelo S2

#### 4.3.1. ACELERACIÓN ESPECTRAL (SUB ARTICULO 29.2 NORMA E-030, 2018)

Se utiliza un espectro inelástico de pseudoaceleración para cada una de las direcciones analizadas y se puede determinar con la siguiente ecuación

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

Cuando se considere un análisis vertical se determinará con 2/3 del espectro empleado para el análisis horizontal con los valores de C definidos en el artículo 14 de la norma E-030, 2018, si en caso se tenga una zona con periodos cortos ( $T < 0.2T_p$ ) si eso fuera el caso el factor de coeficiente Sismico se determinara con la siguiente ecuación

Si ( $T < 0.2T_p$ )

Entonces:

$$C = 1 + 7.5 \left( \frac{T}{T_p} \right)$$

$$T = 0.849$$

( $0.849 < 0.120$ )  Se usará el mismo coeficiente definido

Datos
Z = 0.45
U = 1
C = 1.77
S = 1.05
$T_p = 0.6$
TL = 2.0
R = 8
$g = 9.81 \text{ m/S}^2$

Fuente elaboración propia



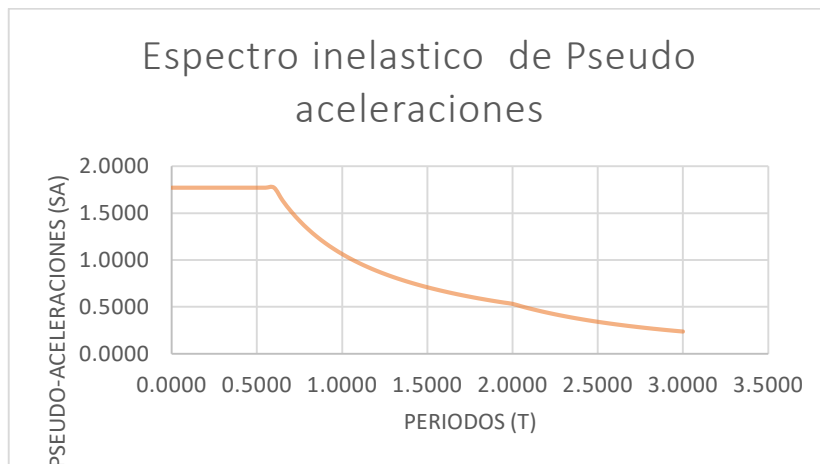
Una vez obtenida todos los datos reales que le corresponde a la estructura analizada se procederá a generar el espectro de pseudo aceleración inelástica, para este caso se todo de 0.00 segundos a 3.00 segundos en intervalos de tiempo de 0.05, dichos espectro se puede a preciar a continuación

*Tabla: 20 espectro de pseudo aceleración*

Periodo	Coficiente – “C”	Sax	Say
0.0000	2.5000	0.1477	0.1477
0.0500	2.5000	0.1477	0.1477
0.1000	2.5000	0.1477	0.1477
0.1500	2.5000	0.1477	0.1477
0.2000	2.5000	0.1477	0.1477
0.2500	2.5000	0.1477	0.1477
0.3000	2.5000	0.1477	0.1477
0.3500	2.5000	0.1477	0.1477
0.4000	2.5000	0.1477	0.1477
0.4500	2.5000	0.1477	0.1477
0.5000	2.5000	0.1477	0.1477
0.5500	2.5000	0.1477	0.1477
0.6000	2.5000	0.1477	0.1477
0.6500	2.3077	0.1363	0.1363
0.7000	2.1429	0.1266	0.1266
0.7500	2.0000	0.1181	0.1181
0.8000	1.8750	0.1107	0.1107
0.8500	1.7647	0.1042	0.1042
0.9000	1.6667	0.0984	0.0984
0.9500	1.5789	0.0933	0.0933
1.0000	1.5000	0.0886	0.0886
1.0500	1.4286	0.0844	0.0844

Fuente elaboracion propia

espectro inelastico de pseudo aceleración



Fuente: elaboracion propia

Ya definida todos los parámetros para un análisis dinámico modal espectral procedemos a cargar el espectro de diseño en un block de notas al software, el valor de g (gravedad) se ingresará al software

**4.4. FUERZA CORTANTE MÍNIMA**

Según el RNE (Norma E-030, 2018) en el sub artículo 29.4 nos indica que la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que 80% de la cortante estática calculada con el artículo 25 y para las 90% si la edificación fuese irregular

CORTANTE DINAMICO			
NIVEL	CASO	VX tonf	VY tonf
Nivel 1	SISMO DINAMICO_XX Max	759.9335	
Nivel 1	SISMO DINAMICO_YY Max		769.6539

Fuente elaboración propia: cortante dinámico

CORTANTE ESTATICO			
NIVEL	CASO	VX tonf	VY tonf
Nivel 1	SIS_EST- X	858.5574	
Nivel 1	SIS_EST- Y		879.2704

Fuente propia: cortante estático en sentido x, y

La edificación que se plantea es regular de acuerdo al análisis estático realizado por lo tanto la cortante mínima tendrá que cumplir con la siguiente condición

$$V_{Din} \geq 80\% V_{Est}$$

#### **4.4.1. CORTANTE MÍNIMA (SENTIDO X)**

$$\frac{0.8 \times V_{Est}}{V_{Din}}$$

$$\frac{0.8 \times 858.5574}{759.9335}$$

**90%**

#### **4.4.2. CORTANTE MÍNIMA (SENTIDO Y)**

$$\frac{0.8 \times 879.2704}{769.6539}$$

**91%**

Como se puede apreciar la cortante dinámica es mayor a un 80% de la cortante estática en ambos sentidos de análisis por lo tanto no se tendrá que escalar, y se procederá con el control de los siguientes parámetros

#### **4.5. MASA PARTICIPATIVA**

Según el RNE (Norma E-030, 2018) en el Sub artículo 29.1.2. nos indica que se tiene que considerar aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, además se tendrá en cuenta los tres primeros modos de vibración

<b>MASA PARTICIPATIVA</b>						
Case	Mode	Period (seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.849	0.873	0.000	87%	0%
Modal	2	0.829	0.000	0.862	87%	86%
Modal	3	0.808	0.001	0.000	87%	86%
Modal	4	0.273	0.091	0.000	96%	86%
Modal	5	0.262	0.000	0.096	96%	96%
Modal	6	0.259	0.000	0.000	96%	96%
Modal	7	0.156	0.025	0.000	99%	96%
Modal	8	0.147	0.000	0.000	99%	96%
Modal	9	0.146	0.000	0.029	99%	99%
Modal	10	0.109	0.008	0.000	100%	99%
Modal	11	0.102	0.000	0.000	100%	99%
Modal	12	0.099	0.000	0.010	100%	100%
Modal	13	0.088	0.002	0.000	100%	100%
Modal	14	0.082	0.000	0.000	100%	100%
Modal	15	0.077	0.000	0.002	100%	100%

Fuente Etabs V.16

Como se puede apreciar en el cuadro predecesora, se logra cumplir con el 90% de la masa participativa en el modo 4, para el sentido X de la misma forma para el sentido Y se cumple en el modo 5

#### 4.6. CONTROL DE DISTORSIONES

Se procederá verificar las derivas inelásticas o también denominado drift para lo cual se tendrá en cuenta la Norma E-030 articulo 32 Tabla N° 11 donde nos indica los límites para la Distorsion del entrepiso

*Tabla: 22 Límite de Distorsion*

<b>tabla n° 11 límites para la Distorsion de entrepiso</b>	
Material Predominante	( $\Delta i / h_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01

Fuente: RNE norma E-030, 2018

#### 4.6.1. DERIVAS EN XX \_ APORTICADO

DERIVA (Sentido X)								
Nivel	Load Case/Combo	UX (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elastico	D. inelastico	E-030	Control
Nivel 5	SIS_DIN_XX Max	0.024	4	0.002	0.000	0.002	0.007	OK
Nivel 4	SIS_DIN_XX Max	0.022	4	0.004	0.001	0.005	0.007	OK
Nivel 3	SIS_DIN_XX Max	0.019	4	0.005	0.001	0.008	0.007	NO PASA
Nivel 2	SIS_DIN_XX Max	0.013	4	0.007	0.002	0.010	0.007	NO PASA
Nivel 1	SIS_DIN_XX Max	0.007	4.5	0.007	0.002	0.009	0.007	NO PASA

Fuente Etabs: Derivas en X

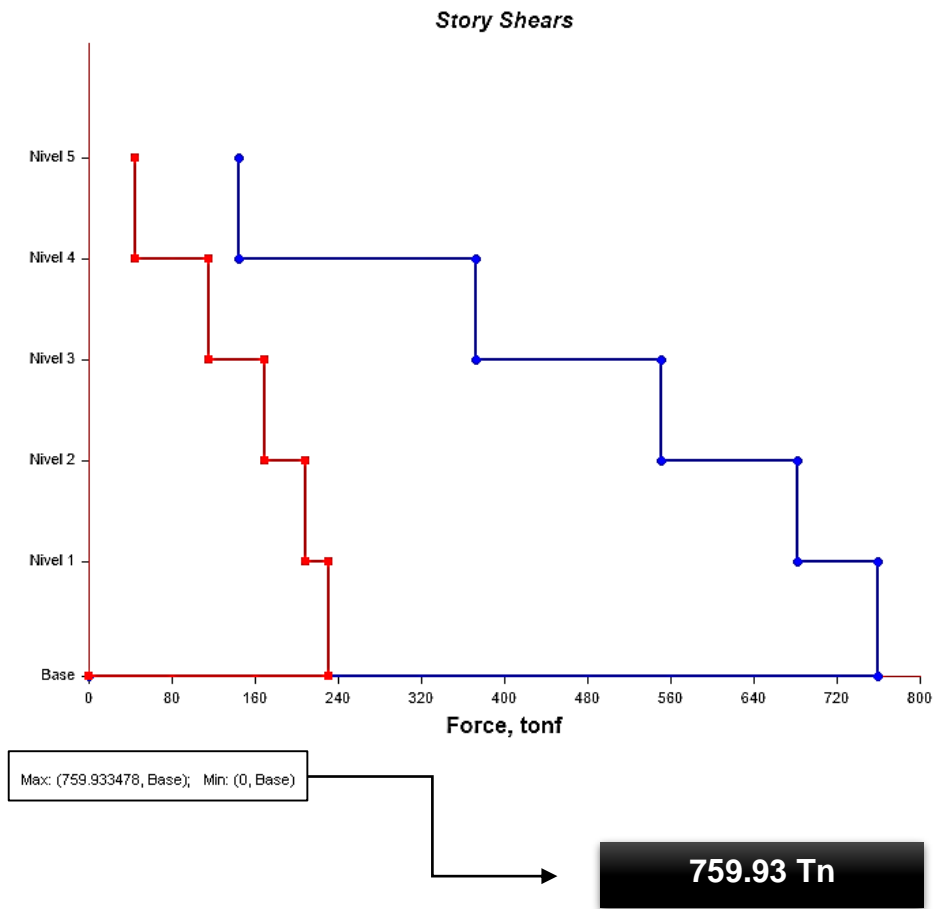
#### 4.6.2. DERIVAS EN YY \_ APORTICADO

DERIVA (Sentido Y)								
Nivel	Load Case/Combo	UY (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elastico	D. inelastico	D. Max	Control
Nivel 5	SIS_DIN_YY Max	0.024	4	0.002	0.000	0.003	0.007	OK
Nivel 4	SIS_DIN_YY Max	0.022	4	0.004	0.001	0.006	0.007	OK
Nivel 3	SIS_DIN_YY Max	0.018	4	0.005	0.001	0.008	0.007	NO PASA
Nivel 2	SIS_DIN_YY Max	0.013	4	0.007	0.002	0.010	0.007	NO PASA
Nivel 1	SIS_DIN_YY Max	0.006	4.5	0.006	0.001	0.008	0.007	NO PASA

Fuente Etabs: Derivas en Y

Como se puede apreciar en los niveles uno, dos y tres se tiene derivas por encima de lo permitido (0.007) lo cual nos indica que la estructura colapsaría en un sismo, una de las soluciones que se plantea para disminuir estas derivas por encima del 0.007 es adicionar muros de concreto armado, cabe indicar que antes de implementar con un sistema de protección sísmica como en este caso son los sistemas de aislamiento Sísmico se debe cumplir con los parámetros exigidos por la norma E-030.

#### 4.7. CORTANTE PARA UN SISMO DINÁMICO (SENTIDO X) - APORTICADO

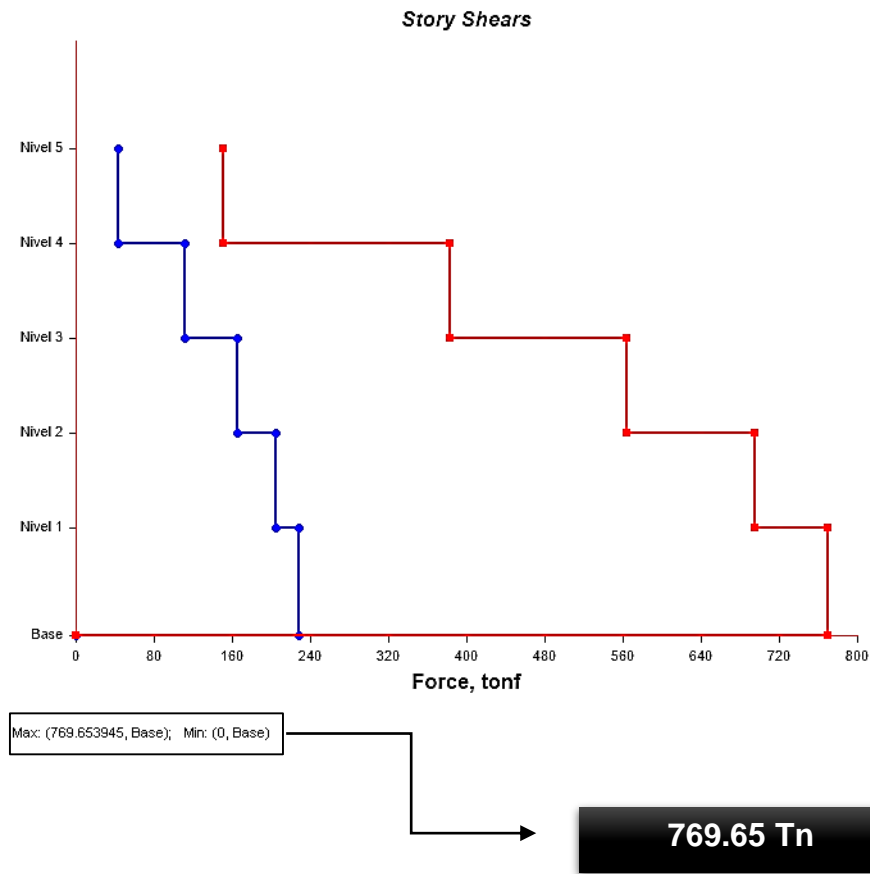


Como se puede apreciar en el grafico se llegó a obtener un cortante máximo de 759.93 Tn en la base de la edificación aporticado con un sismo dinámico en sentido X, del grafico la línea azul representa la cortante dinámica en el sentido de análisis y la línea roja representa en el sentido Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Bottom	144.45
Nivel 4	16.5	Bottom	372.77
Nivel 3	12.5	Bottom	550.99
Nivel 2	8.5	Bottom	682.59
Nivel 1	4.5	Bottom	759.93

Fuente: elaboracion propia

#### 4.8. CORTANTE PARA UN SISMO DINÁMICO (SENTIDO Y) - APORTICADO

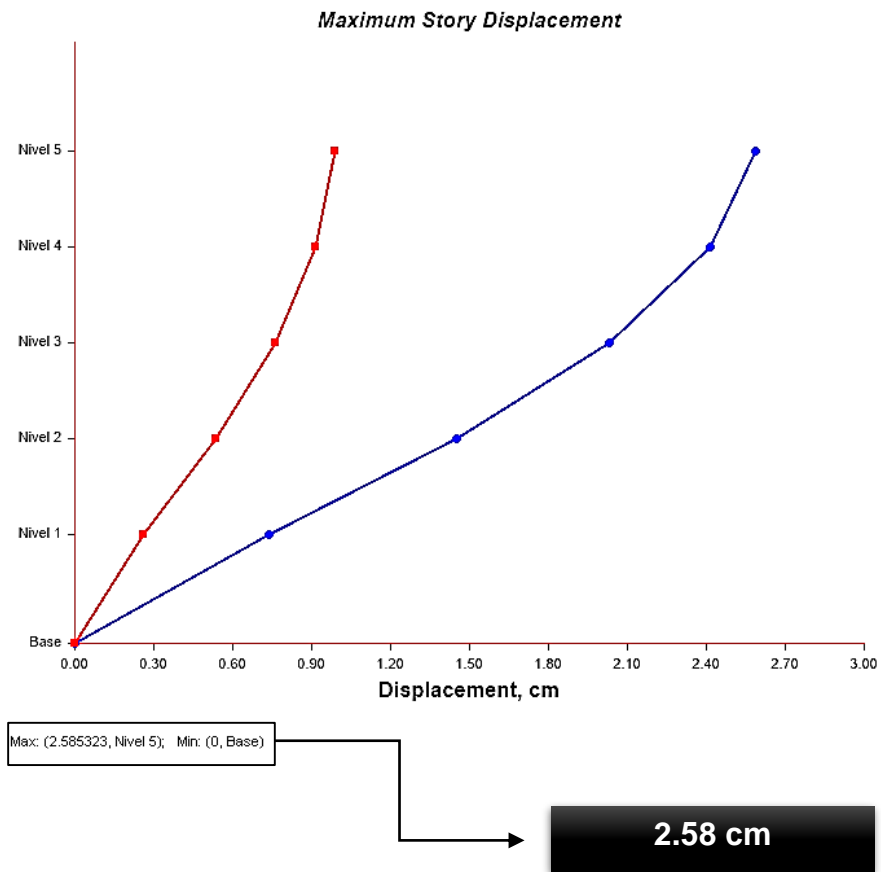


Como se puede apreciar en el grafico se llegó a obtener un cortante máximo de 769.65 Tn en la base de la edificación aporticado con un sismo dinámico en sentido Y para la edificación aporticado, del grafico la línea roja representa la cortante dinámica en el sentido de análisis y la línea azul representa en el sentido X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Bottom	150.73
Nivel 4	16.5	Bottom	383.24
Nivel 3	12.5	Bottom	563.79
Nivel 2	8.5	Bottom	695.37
Nivel 1	4.5	Bottom	769.65

Fuente: elaboracion propia

#### 4.9. DESPLAZAMIENTO PARA UN SISMO DINÁMICO EN XX - APORTICADO



Como se puede apreciar en el grafico se llegó a obtener un desplazamiento máximo de 2.58 cm en el nivel 5 para un sismo dinámico en X en la edificación aporticado del grafico la línea azul representa dicho desplazamiento

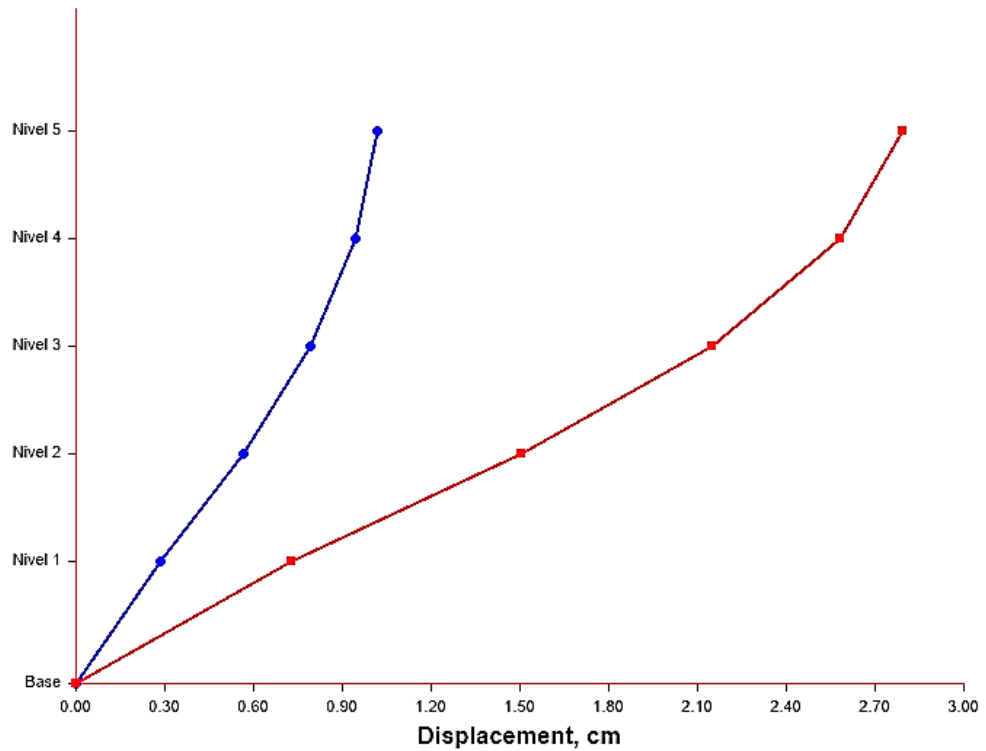
Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	2.58
Nivel 4	16.5	Top	2.41
Nivel 3	12.5	Top	2.02
Nivel 2	8.5	Top	1.45
Nivel 1	4.5	Top	0.73

Fuente: elaboracion propia



#### 4.10. DESPLAZAMIENTO PARA UN SISMO DINÁMICO EN YY - APORTICADO

*Maximum Story Displacement*



Max: (2.791001, Nivel 5); Min: (0, Base)

**2.58 cm**

Como se puede apreciar en el grafico se llegó a obtener un desplazamiento máximo de 2.79 cm en el nivel 5 para un sismo dinámico en Y en la edificación aporticada del grafico la línea roja representa dicho desplazamiento

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	2.79
Nivel 4	16.5	Top	2.58
Nivel 3	12.5	Top	2.14
Nivel 2	8.5	Top	1.50
Nivel 1	4.5	Top	0.72

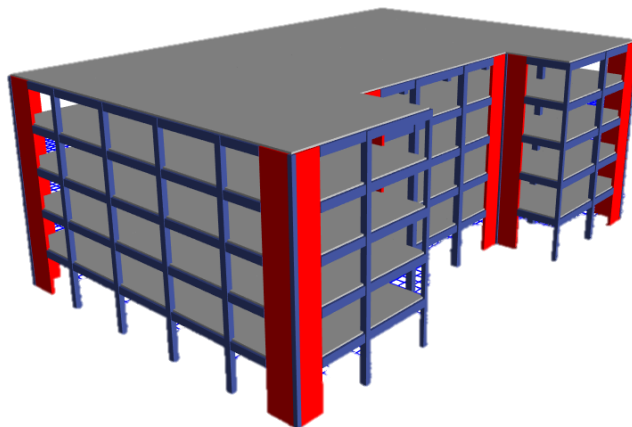
Fuente: elaboracion propia

# CAPÍTULO 05 – ANALISIS – MUROS ESTRUCTURALES

para un segundo análisis se plantea una estructura con sistema estructural de muros estructurales, debido a que con un sistema estructural aporticado no se llegó a cumplir con los controles realizados de acuerdo al RNE (Norma – E-030, 2018) por lo tanto se rigidizo más la estructura con muros de concreto armado de un espesor de 30cm en los perímetros,

Se realiza estos pasos debido a que no se puede implementar los sistemas de protección sísmica en una estructura frágil que no tenga la rigidez suficiente o requerida ya que esto podría llevar a la estructura a un colapso si en caso los sistemas de protección sísmica como los aisladores dejaran ingresar la energía sísmica a la estructura, esto generaría mucho gasto y daños a los equipos debido a esto la norma nos exige que toda estructura con sistemas de aislamiento Sísmico primero debe pasar por un diseño sísmo resistente

Es decir, se debe cumplir con las derivas máximas permisibles por la Norma E-030 de diseño sísmo resiste, a continuación, se procederá a realizar otro análisis estático y dinámico para la siguiente estructura



Fuente: elaboracion propia

## 5.1. METRADO MANUAL DE CARGA – SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES

Primer nivel

<b>CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 01</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	#Veces	Peso-tn/m3	Peso (Tn/m3)	Total - Tn
COLUMNAS							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	4.25	6	2.4		9.79
COLUMNAS EXCENTRICAS	0.5	0.6	4.25	16	2.4		48.96
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	4.25	24	2.4		102.82
MUROS EN X							
eje 1-1 entre ejes A-B , G-H	0.3	4.25	2.30	2	2.4		14.08
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	4.25	2.20	2	2.4		13.46
eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	4.25	2.30	2	2.4		14.08
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	4.25	2.15	2	2.4		13.16
MUROS EN Y							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.70	1	2.4		8.26
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	4.25	2.80	1	2.4		8.57
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.15	1	2.4		6.58
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.15	1	2.4		6.58
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.70	1	2.4		8.26
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	4.25	2.80	1	2.4		8.57
VIGAS - DIRECCION X							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	23.60	1	2.4		16.99
eje 2-2 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	44.00	1	2.4		31.68
eje 3-3 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 4-4 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 5-5 entre ejes A-A, HH	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 6-6 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	40.20	1	2.4		28.94
VIGAS - DIRECCION Y							
eje A-A entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
eje B-B entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje C-C entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje D-D entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje E-E entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje F-F entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje G-G entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24

eje H-H entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
ESPELOR DE LOSA 5 CM				1		198.50400	198.50
LOSA ALIGERADA (Ladrillo + Viguetas)	1499.69					0.21340	320.03
TOTAL							1115.86
<b>CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 01</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m <sup>2</sup>	Área m <sup>2</sup>		Niveles			
TABIQUERIA	0.15	1654.20		1			248.13
ACABADO DE PISO	0.15	1654.20		1			248.13
TOTAL							496.26
<b>CARGA VIVA - NIVEL 01</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m <sup>2</sup>	Área m <sup>2</sup>		Niveles			
CARGA VIVA - HOSPITAL	0.4	1654.20		1			661.68
TOTAL							661.68
PESO TOTAL (Tn)							2273.80
PESO SISMICO = (100% CM) + (50%CV)							1942.96

Fuente: Propia

Segundo a cuarto nivel

<b>CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 02 - 04</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	#Veces	Peso-tn/m <sup>3</sup>	Peso (Tn/m <sup>3</sup> )	Total - Tn
COLUMNAS							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	4	6	2.4		9.22
COLUMNAS EXCENTRICAS	0.5	0.6	4	16	2.4		46.08
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	4	24	2.4		96.77
MUROS EN X							
eje 1-1 entre ejes A-B, G-H	0.3	4	2.30	2	2.4		13.25
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	4	2.20	2	2.4		12.67
eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	4	2.30	2	2.4		13.25
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	4	2.15	2	2.4		12.38
MUROS EN Y							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	4	2.70	1	2.4		7.78
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	4	2.80	1	2.4		8.06
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	4	2.15	1	2.4		6.19
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	4	2.15	1	2.4		6.19
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	4	2.70	1	2.4		7.78
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	4	2.80	1	2.4		8.06

VIGAS - DIRECCION XX							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	23.60	1	2.4		16.99
eje 2-2 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	44.00	1	2.4		31.68
eje 3-3 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 4-4 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 5-5 entre ejes A-A, HH	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 6-6 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	40.20	1	2.4		28.94
VIGAS - DIRECCION YY							
eje A-A entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
eje B-B entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje C-C entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje D-D entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje E-E entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje F-F entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje G-G entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje H-H entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
ESPESOR DE LOSA 5 CM				1		198.5040	198.50
LOSA ALIGERADA (Ladrillo + Viguetas)	1499.69					0.21340	320.03
TOTAL							<b>1100.38</b>
<b>CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 02 - 04</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Área m2		Niveles			
TABIQUERIA	0.15	1654.20		1			248.13
ACABADO DE PISO	0.15	1654.20		1			248.13
TOTAL							<b>496.26</b>
<b>CARGA VIVA - NIVEL 02 - 04</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Área m2		Niveles			
CARGA VIVA - HOSPITAL	0.4	1654.20		1			661.68
TOTAL							<b>661.68</b>
PESO TOTAL (Tn)							<b>2258.32</b>
PESO SISMICO = (100% CM) + (50%CV)							<b>1927.48</b>

Fuente: Propia

Quinto nivel

CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 05							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	#Veces	Peso-tn/m3	Peso (Tn/m3)	Total - Tn
COLUMNAS							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	2	6	2.4		4.61
COLUMNAS EXCENTRICAS	0.5	0.6	2	16	2.4		23.04
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	2	24	2.4		48.38
MUROS EN X							
eje 1-1 entre ejes A-B , G-H	0.3	2	2.30	2	2.4		6.62
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	2	2.20	2	2.4		6.34
eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	2	2.30	2	2.4		6.62
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	2	2.15	2	2.4		6.19
MUROS EN Y							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	2	2.70	1	2.4		3.89
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	2	2.80	1	2.4		4.03
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	2	2.15	1	2.4		3.10
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	2	2.15	1	2.4		3.10
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	2	2.70	1	2.4		3.89
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	2	2.80	1	2.4		4.03
VIGAS - DIRECCION XX							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	23.60	1	2.4		16.99
eje 2-2 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	44.00	1	2.4		31.68
eje 3-3 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 4-4 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 5-5 entre ejes A-A, HH	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 6-6 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	40.20	1	2.4		28.94
VIGAS - DIRECCION YY							
eje A-A entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
eje B-B entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje C-C entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje D-D entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje E-E entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje F-F entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.55	1	2.4		19.86
eje G-G entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24

eje H-H entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	26.70	1	2.4		17.94
ESPELOR DE LOSA 5 CM				1		198.5040	198.50
LOSA ALIGERADA (Ladrillo + Viguetas)	1499.69					0.2134	320.03
<b>TOTAL</b>							<b>976.54</b>
<b>CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 05</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Área m2		Niveles			
TABIQUERIA	0	1654.20		1			0
ACABADO DE PISO	0	1654.20		1			0
<b>TOTAL</b>							<b>0</b>
<b>CARGA VIVA - NIVEL 05</b>							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Área m2		Niveles			
CARGA VIVA - TECHO	0.1	1654.20		1			165.42
<b>TOTAL</b>							<b>165.42</b>
<b>PESO TOTAL (Tn)</b>							<b>1141.96</b>
<b>PESO SISMICO = (100% CM) + (25%CV)</b>							<b>1017.90</b>

Fuente: Propia

#### Resumen de peso Sismico – Metrado manual

MANUAL	
PESO SISMICO	
NIVEL	PESO (Tn)
5	1017.9
4	1927.5
3	1927.5
2	1927.5
1	1943.0
<b>TOTAL</b>	<b>8743.3</b>

Fuente Propia: Metrado de carga

Peso Sismico obtenido por el software Etabs v.16

Nivel	Diafragma	Masa en x (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Masa en y (tonf-s <sup>2</sup> /m)	Peso Sismico (tn)
Nivel 5	D5	102.2491	102.2491	1003.1
Nivel 4	D4	196.70474	196.70474	1929.7
Nivel 3	D3	196.70474	196.70474	1929.7
Nivel 2	D2	196.70474	196.70474	1929.7
Nivel 1	D1	198.34567	198.34567	1945.8
TOTAL				<b>8737.9</b>

Fuente Etabs

## 5.2. CENTRO DE MASA

El centro de masa real de la estructura se procederá a obtener con los cálculos generados por el software Etabs para verificar la excentricidad generada en la estructura

NIVEL	DIAFRAGMA	CENTRO DE MASA EN X (m)	CENTRO DE MASA EN Y (m)
Nivel 5	D5	26.3	18.6
Nivel 4	D4	26.3	18.7
Nivel 3	D3	26.3	18.7
Nivel 2	D2	26.3	18.7
Nivel 1	D1	26.3	18.6

Fuente Etabs V.16

## 5.3. CENTRO DE RIGIDEZ

NIVEL	DIAFRAGMA	CENTRO DE RIGIDEZ EN X (m)	CENTRO DE RIGIDEZ EN Y (m)
Nivel 5	D5	26.2	18.9
Nivel 4	D4	26.2	18.9
Nivel 3	D3	26.1	18.9
Nivel 2	D2	26.1	18.9
Nivel 1	D1	26.1	18.9

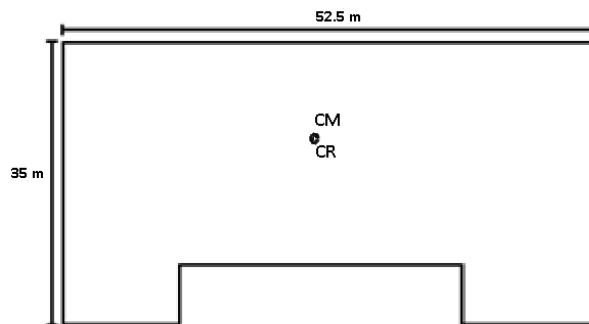
Fuente Etabs V.16



Como se puede apreciar en el cuadro anterior el centro de masa y el centro de rigidez coinciden por lo tanto no existe una excentricidad en la estructura, pero como nos indica la norma se le tendrá que adicionar una excentricidad accidental

#### 5.4. EXCENTRICIDAD DE LA ESTRUCTURA

Es la excentricidad generada por el centro de masa y el centro de rigidez en planta de la estructura, esto quiere decir que es la longitud del centro de masa hasta el centro de rigidez, para este caso el centro de masa con el centro de rigidez coincide por lo tanto no se tiene una excentricidad



Fuente propia: Excentricidad de la estructura

#### 5.4. EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

El RNE (Norma E-030, 2018) nos indica en el sub artículo 29.5 que se debe adicionar una excentricidad accidental de 5% de la longitud de la edificación perpendicular a la dirección de análisis,

$$\text{Sentido x} = 52.5 \text{ m} = 52.5 \times 0.05 = 2.63 \text{ m}$$

$$\text{Sentido y} = 35 \text{ m} = 35 \times 0.05 = 1.75 \text{ m}$$

#### 5.5. EXCENTRICIDAD FINAL

La excentricidad final se va obtener como la suma de la excentricidad de la estructura generada por el centro de masa y el centro de rigidez más la

excentricidad accidental la cual es el 5% de la longitud en planta en ambos sentidos

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{real}} \pm e_{\text{accidental}_x}$$

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{real}} \pm e_{\text{accidental}_y}$$

### 5.5.1. EXCENTRICIDAD FINAL EN XX

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{Estructural}} \pm e_{\text{accidental}_x}$$

$$\text{Excentricidad} = 0.0 \text{ m} \pm 2.63 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = +2.63 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = -2.63 \text{ m}$$

### 5.5.2. EXCENTRICIDAD FINAL EN YY

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{Estructura}} \pm e_{\text{accidental}_y}$$

$$\text{Excentricidad} = 0 \text{ m} \pm 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = +1.75 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = -1.75 \text{ m}$$

## 5.6. ANÁLISIS ESTÁTICO

Se procederá a realizar otro análisis estático, debido a los muros estructurales se considerará como un sistema estructural dual, una vez evaluado las irregularidades y definida el periodo, el factor de regularidad, el factor de coeficiente Sismico se procederá a determinar el sistema estructural real de la edificación, cabe indicar que para que sea definido como un sistema dual como mínimo la cortante que absorben los muros será como mínimo 20% y como máximo 70%

### 5.6.1. FACTOR DE ZONA

Como ya se mencionó la edificación se proyecta en la ciudad de nuevo Chimbote por lo tanto le corresponde la zona 4 y un factor de 0.45

Tabla N°1 FACTOR DE ZONA (Z)	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: RNE (Norma E-030, 2018)

### 5.6.2. PERFIL DE SUELO

de acuerdo a los estudios realizados en campo se llegó a determinar el perfil de suelo como un s2 de acuerdo a la tabla N° 3 proporcionado por el RNE (Norma E-030, 2018) artículo 13

FACTOR DE SUELO				
ZONA / SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1	1.05	1.1
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z1	0.8	1	1.6	2

Fuente: RNE E-030, 2018

### 5.6.3. PARÁMETROS DE SITIO (ART. 13, E-030 - 2018)

Como se puede observar se tiene un perfil de suelo S2 por lo tanto el periodo corto o también denominado como periodo predominante y el periodo largo le corresponde de acuerdo a la siguiente tabla

PERIODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0.3	0.4	0.6	1
TL(s)	3	2.5	2	1.8

Fuente: RNE E-030, 2018, P.

#### 5.6.4. PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA (ART. 28.4, E- 030 - 2018)

Según la norma E-030 nos indica en el artículo 28.4 que se procederá a calcular el periodo fundamental de vibración de la estructura empleando la siguiente expresión, cabe indicar que el periodo obtenido con esta expresión es un aproximado, para un análisis previo el periodo real será obtenido con el software la cual será empleada para determinar el coeficiente Sismico real que servirá para determinar el espectro inelastico de pseudo aceleración para un análisis dinámico

#### 5.6.5. PERIODO

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

Donde:

T = periodo

h<sub>n</sub> = altura de la edificación

C<sub>t</sub> = coeficiente definido de acuerdo al sistema estructural

C <sub>t</sub> = 60	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:
	a) Para edificios de albañilería y todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Fuente: RNE E-030, 2018, P.22

### 5.6.5.1. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN (SENTIDO X)

$$T_x = \frac{20.5}{60} = 0.34 \text{ Segundos}$$

### 5.6.5.2. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN EN Y

$$T_y = \frac{20.5}{60} = 0.34 \text{ Segundos}$$

### 5.6.6. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)

Una vez determinado el periodo fundamental de la estructura en el ítem anterior se procederá a calcular el factor de amplificación sísmica

Dato

$$T_{x,y} = 0.34 \text{ Segundos}$$

$$0.34 < 0.6$$

$$C = 2.5$$



Si cumple

$$0.6 < 0.34 < 2.00$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right)$$



No cumple

$$0.34 > 2.0$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right)$$



No cumple

$$C = 2.5$$

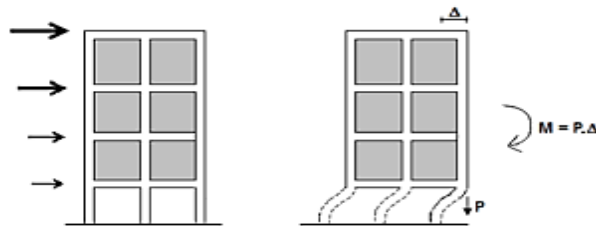
### 5.6.7. CATEGORÍA Y FACTOR DE USO (ARTÍCULO 16)

Como ya se mencionó la edificación es de categoría A1 esencial y será destinado para uso hospitalario, según el RNE (Norma E-030, 2018) en el Artículo 16 nos indica que toda edificación de Categoría A1 esencial llega sistemas de protección sísmica, y el factor de uso es igual a la unidad

### 5.6.8. REGULARIDAD ESTRUCTURAL (ARTÍCULO 19)

Como ya se indicó según la norma E-031, 2018 en el artículo 7 de aislamiento Sísmico nos indica que se debe evaluar las siguientes irregularidades:

### 5.6.8.1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ – PISO BLANDO



Como se puede apreciar en la imagen se tiene una estructura de cuatro niveles de las cuales el primer nivel está conformado de puros pórticos a diferencia de los pisos superiores que se tiene pórticos y muros de ello se puede interpretar que la rigidez del primer nivel es bastante menor que el de los pisos superiores

Esto debido a que los muros adicionan bastante rigidez por ende el primer nivel es más vulnerable a sufrir daños en un movimiento Sismico o incluso podría llevar a la estructura a un colapso a eso según la norma E-030, 2018

Se conoce como irregularidad de rigidez (piso blando) para ello será necesario calcular si la presente edificación propuesta para el proyecto de investigación presenta dicha irregularidad. (para ello los términos que se emplean son: ( $U_x$  = desplazamiento en x,  $F_x$  = fuerza en x,  $K_x$  = rigidez lateral en x) y ( $U_y$  = desplazamiento en y,  $F_y$  = fuerza en y,  $K_y$  = rigidez lateral en y)

**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX\_MUROS ESTRUCTURALES**

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX							
			Altura	Rigidez	$K_i < 0.70 (k_{i+1})$	$K_i < 0.80 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- X	4	79183.16			
Nivel 4	D4	SIS_EST- X	4	158149.58	2.00	2.00	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- X	4	199420.29	1.26	1.68	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- X	4	251812.89	1.26	1.73	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- X	4.5	446765.37	1.77	2.20	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente elaboración propia

**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY\_MUROS ESTRUCTURALES**

IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY							
			Altura	Rigidez	$K_i < 0.70 (k_{i+1})$	$K_i < 0.80 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- Y	4	74087.42			
Nivel 4	D4	SIS_EST- Y	4	151812.07	2.05	2.05	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- Y	4	196418.77	1.29	1.74	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- Y	4	252562.10	1.29	1.79	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- Y	4.5	441546.00	1.75	2.20	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente elaboración propia

Como se puede apreciar no existe irregularidad por piso blando en ambos sentidos por lo tanto le corresponde un factor de irregularidad igual a la unidad

### 5.6.8.2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DÉBIL

Sentido x

IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) - XX				
Nivel	Caso	Vx Tn	80% (Vx)	Control
Nivel 5	SIS_EST- X	176.643	141.314	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- X	450.159	360.127	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- X	657.368	525.894	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- X	798.270	638.616	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- X	873.487	698.790	

Fuente: elaboración propia

Sentido y

IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DEB I- (YY)				
Nivel	Caso	Vy Tn	80% (Vy)	Control
Nivel 5	SIS_EST- Y	176.643	141.314	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- Y	450.159	360.127	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- Y	657.368	525.894	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- Y	798.270	638.616	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- Y	873.487	698.790	

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar no existe irregularidad de resistencia (piso débil) en ambos sentidos de análisis por lo tanto le corresponde un factor de irregularidad igual a la unidad

### 5.6.8.3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ – PISO BLANDO



**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX\_MUROS ESTRUCTURALES**

<b>IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - XX</b>							
			Altura	Rigidez	$K_i < 0.60 (k_{i+1})$	$K_i < 0.70 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- X	4	79183.157			
Nivel 4	D4	SIS_EST- X	4	158149.584	1.997	1.997	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- X	4	199420.294	1.261	1.681	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- X	4	251812.892	1.263	1.730	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- X	4.5	446765.366	1.774	2.199	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente: elaboración propia

**IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY\_MUROS ESTRUCTURALES**

<b>IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO) - YY</b>							
			Altura	Rigidez	$K_i < 0.60 (k_{i+1})$	$K_i < 0.70 (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$	Control
Nivel	Diafragma	Caso	m	Tn/m	Tn/m	Tn/m	E-030, 2018
Nivel 5	D5	SIS_EST- Y	4	74087.424			
Nivel 4	D4	SIS_EST- Y	4	151812.073	2.049	2.049	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 3	D3	SIS_EST- Y	4	196418.767	1.294	1.739	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 2	D2	SIS_EST- Y	4	252562.103	1.286	1.794	NO EXISTE PISO BLANDO
Nivel 1	D1	SIS_EST- Y	4.5	441546.002	1.748	2.205	NO EXISTE PISO BLANDO

Fuente: elaboración propia

Según el RNE Norma E-030, 2018 existe irregularidad extrema de rigidez (piso blando) cuando la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior como se puede apreciar en el cuadro anterior se obtuvo rigidez lateral mayor a un 60% de la rigidez del piso inmediato superior por lo tanto no existe irregularidad extrema de rigidez (piso blando) y le corresponde un factor de irregularidad igual a la unidad

#### 5.6.8.4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - PISO DÉBIL

Existe irregularidad extrema de resistencia (piso débil) cuando la resistencia de un entrepiso ante la fuerza cortante es menor a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior

Sentido x

IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) - XX				
NIVEL	CASO	Vx Tn	65% (Vx)	CONTROL
Nivel 5	SIS_EST- X	176.643	114.818	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- X	450.159	292.603	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- X	657.368	427.289	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- X	798.270	518.875	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- X	873.487	567.767	

Fuente elaboración propia

Sentido y

IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA - (PISO DEBIL) - YY				
NIVEL	CASO	Vy Tn	65% (Vy)	CONTROL
Nivel 5	SIS_EST- Y	176.643	114.818	No Existe Piso Débil
Nivel 4	SIS_EST- Y	450.159	292.603	No Existe Piso Débil
Nivel 3	SIS_EST- Y	657.368	427.289	No Existe Piso Débil
Nivel 2	SIS_EST- Y	798.270	518.875	No Existe Piso Débil
Nivel 1	SIS_EST- Y	873.487	567.767	

Fuente elaboración propia

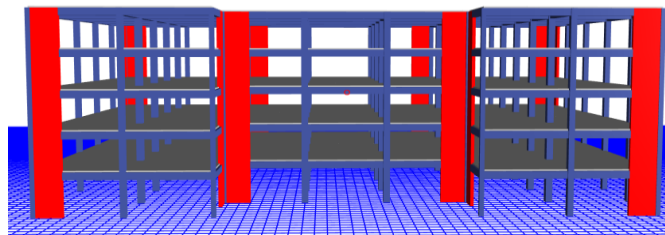
Como se puede apreciar en el cuadro la fuerza cortante a un 65% es menor a la fuerza cortante del entrepiso inmediato inferior por lo tanto no existe

irregularidad extrema de resistencia (piso débil) y le corresponde un factor de irregularidad igual a la unidad

#### **5.6.8.5. IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD EXTREMA DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES**

Existe irregularidad por discontinuidad cuando cualquier elemento estructural que resista más del 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, cabe mencionar que en este caso de análisis se tiene una edificación con muros estructurales y pórticos

Y todos los elementos estructurales verticales son columnas y muros los que absorben o soportan casi el 100% de la fuerza cortante, y no existe discontinuidad en dichos elementos estructurales. Por lo tanto, no existe irregularidad por discontinuidad en los elementos resistentes



Fuente Propia: elementos estructurales continuos

Como se puede apreciar todos los elementos estructurales verticales como muros y columnas son continuos por lo tanto no existe irregularidad por discontinuidad extrema de los elementos resistentes y le corresponde un factor a la irregularidad igual a la unidad

#### **5.6.8.6. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA**

Según la norma E-030, 2018 nos indica en el artículo 20 Tabla N° 9 nos menciona que existe irregularidad torsional extrema en cualquiera de las direcciones de análisis cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo de la edificación (calculado incluyendo excentricidad accidental) es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso

**IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA – XX\_MUROS ESTRUCTURALES**

<b>IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA - XX</b>					
Nº PISO	Ax (m)	Deriva Max..	Deriva Prom.	Ratio	Control E-030, 2018
Nivel 5	SIS_EST- X	0.002	0.002	1.049	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 4	SIS_EST- X	0.003	0.003	1.044	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 3	SIS_EST- X	0.003	0.003	1.041	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 2	SIS_EST- X	0.003	0.003	1.038	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 1	SIS_EST- X	0.002	0.002	1.036	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL

Fuente: elaboración propia

**IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA – YY\_MUROS ESTRUCTURALES**

<b>IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA EN PLANTA - YY</b>					
Nº PISO	Ax (m)	Deriva Max..	Deriva Prom.	Ratio	Control E-030, 2018
Nivel 5	SIS_EST- Y	0.003	0.002	1.129	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 4	SIS_EST- Y	0.003	0.003	1.117	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 3	SIS_EST- Y	0.004	0.003	1.108	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 2	SIS_EST- Y	0.003	0.003	1.102	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL
Nivel 1	SIS_EST- Y	0.002	0.002	1.097	NO EXISTE IRREGULARIDAD TORSIONAL

Fuente elaboración propia

### 5.6.9. RESTRICCIÓN DE IRREGULARIDAD (ART. 21) – E-030

El RNE (Norma E-03) en el Sub Art. 21.1 nos indica que no es permitido irregularidad estructural en las edificaciones de categoría A1, A2 en la zona 4, 3 y 2, como ya se evaluó la edificación que se proyecta para la presente tesis y se llegó a determinar que no presenta irregularidades en planta ni en altura

### 5.6.10. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICA (ART. 22) – E-030

El coeficiente de reducción sísmica se procederá a determinar con la siguiente con la expresión: cabe indicar que la edificación se está tomando como como muros estructurales para un análisis previo y determinar el sistema estructural real

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Donde

R = coeficiente de reducción sísmica

R<sub>0</sub> = Coeficiente de reducción sísmica

I<sub>a</sub> = Irregularidad en altura

I<sub>p</sub> = Irregularidad en planta

$$R = 6 * 1 * 1$$

$$R = 6$$

### 5.6.11. PERIODO FUNDAMENTAL SEGÚN ETABS

Case	Mode	Period sec	UX	UY
Modal	1	0.561	1.479E-05	0.7758
Modal	2	0.558	0.7793	1.544E-05
Modal	3	0.42	0.0002	0.0001

Fuente Etabs: Tabla de periodos

### 5.6.11.1. PERIODO FUNDAMENTAL REAL DE VIBRACIÓN (SENTIDO X)

$$T_x = 0.558$$

### 5.6.11.2. PERIODO FUNDAMENTAL REAL DE VIBRACIÓN (SENTIDO Y)

$$T_y = 0.561$$

### 5.6.12. CORRECCIÓN DE COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA POR PERIODO REAL DE LA ESTRUCTURA

$$T_x = 0.558$$

$$0.558 < 0.6$$

$$C = 2.5$$



Si Cumple

$$0.6 < 0.558 < 2.00$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right)$$



No Cumple

$$0.858 > 2.0$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right)$$



No Cumple

$$C = 2.5$$

Como se puede apreciar según las condiciones dadas por la norma E-030, 2018 y el periodo obtenido por el software podemos verificar que cumple con la primera condición por lo tanto el coeficiente de amplificación sísmica tendrá un valor de 2.5

$$C = 2.5$$

### 5.6.13. CORTANTE EN LA BASE COEFICIENTE C (SENTIDO X)

Es necesario determinar el valor de la cortante basal ya con los datos reales como el coeficiente de amplificación sísmica corregido por el periodo fundamental de la estructura y el factor de reducción sísmica del mismo modo es un dato real determinado teniendo en cuenta si la edificación presenta

irregularidad en este caso se llegó a determinar que la estructura propuesta no presenta irregularidades por lo tanto le corresponde un valor igual a 6 debido a que se plantea que la edificación es de muros estructurales esto puede cambiar a otro sistema estructural, esto se comprobara con un análisis luego se verificara el porcentaje de cortante que absorbe los muros para determinar el valor real

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} = \mathbf{0.1968750}$$

#### 5.6.14. BUILDING HEIGHT. EXPONENTE K (SENTIDO X)

Según el RNE (Norma E-030, 2018) en el sub artículo 28.3.2 nos indica que el exponente K está relacionado con el periodo fundamental de vibración(T) de la edificación y se calculara con los siguientes parámetros

A. Para  $T \leq 0.5$  Seg  $K = 1.0$

B. Para  $T > 0.5$  Seg  $K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

El periodo fundamental de vibración obtenido por el software en el sentido X es igual a 0.558 segundos por lo cual podemos determinar que no cumple con la condición a de este modo el exponente K será calculado con la condición b

$$K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$$

$$K = (0.75 + 0.5 (0.558)) \leq 2.0$$

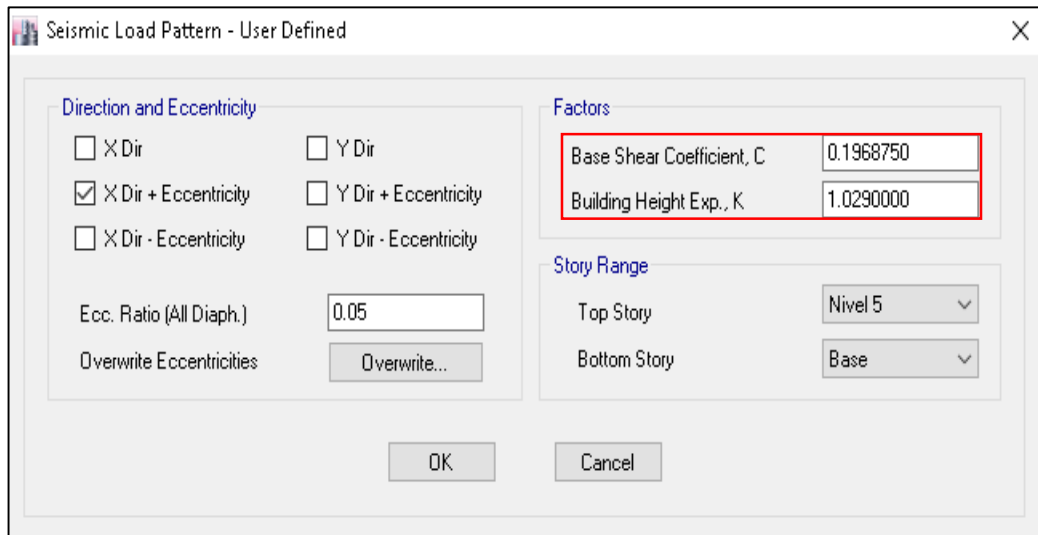
$$K = 1.029 \leq 2.0$$

 **Si Cumple**

$$K = 1.0290000$$

## PATRONES DE CARGA

Se procede a ingresar los datos calculados previamente como el cortante en la base y el exponente K esto para poder determinar la cortante basal y luego realizar la distribución de fuerza actuante en el centro de masa de cada nivel



Fuente Etabs: patrones de carga

### 5.6.15. CORRECCIÓN DE COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA POR PERIODO REAL DE LA ESTRUCTURA

$$T_Y = 0.561$$

$$0.561 < 0.6$$

$$C = 2.5$$



Si Cumple

$$0.6 < 0.561 < 2.00$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right)$$



No Cumple

$$0.561 > 2.0$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right)$$



No Cumple



Como se puede apreciar según las condiciones dadas por la norma E-030, 2018 y el periodo obtenido por el software podemos verificar que cumple con la primera condición por lo tanto el coeficiente de amplificación sísmica tendrá un valor de 2.5

$$C = 2.5$$

#### 5.6.16. CORTANTE EN LA BASE COEFICIENTE C – SENTIDO Y

Es necesario determinar el valor de la cortante basal ya con los datos reales como el coeficiente de amplificación sísmica corregido por el periodo fundamental de la estructura y el factor de reducción sísmica del mismo modo es un dato real determinado teniendo en cuenta si la edificación presenta irregularidad en este caso se llegó a determinar que la estructura propuesta no presenta irregularidades por lo tanto le corresponde un valor igual a 6

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} = 0.1968750$$

#### 5.6.16.1. BUILDING HEIGHT. EXPONENTE K – (SENTIDO Y)

A. Para  $T \leq 0.5$  Seg  $K = 1.0$

B. Para  $T > 0.5$  Seg  $K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$

El periodo fundamental de vibración obtenido por el software en el sentido X es igual a 0.558 segundos por lo cual podemos determinar que no cumple con la condición a de este modo el exponente K será calculado con la condición b

$$K = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$$

$$K = (0.75 + 0.5 (0.561)) \leq 2.0$$

$$K = 1.0305000 \leq 2.0$$

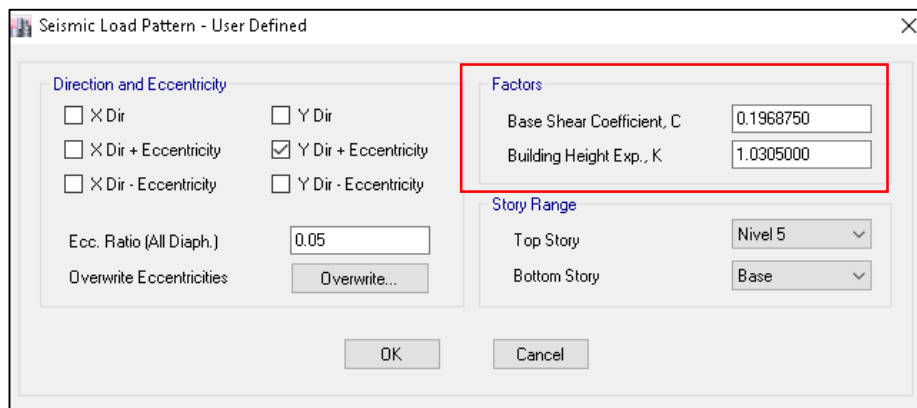


Si Cumple

$$K = 1.0305000$$

### Patrones de carga

Se procede a ingresar los datos calculados previamente como el cortante en la base y el exponente K esto para poder determinar la cortante basal y luego realizar la distribución de fuerza actuante en el centro de masa de cada nivel



Fuente Etabs: patrones de carga

#### 5.6.16. ESTIMACIÓN DE PESO SISMICO (ART. 26)

La estimación de peso Sismico se generó con el software Etabs V.16 teniendo en cuenta el artículo 26 de la norma vigente E-030 – 2018 donde nos menciona que la estimación del peso es de acuerdo a la categoría de la edificación es decir toda edificación de categoría A, B el peso será igual al 100% de la carga muerta más un 50% de la carga viva

Y en las edificaciones de categoría C se tomará el 100% de la carga muerta y 25% de la carga viva, para el presente proyecto de investigación se tiene una edificación de salud catalogada según la E-030 como una edificación de categoría A1 – esencial

Por lo tanto, el peso se estimará de la siguiente manera, cabe indicar que el Metrado de cargas se realizó manualmente como se puede apreciar al inicio

de este capítulo además se verificara el peso obtenido por el software esto con el fin de verificar la precisión del software, pero para los cálculos se realizaran con el obtenido por el software.

$$P = 100\% \text{ CM} + 50\% \text{ CV}$$

Donde

P = Peso Sismico

CM = Carga muerta

CV = Carga viva

#### 5.6.16.1. PESO SISMICO OBTENIDO CON EL SOFTWARE – SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES

NIVEL	DIAFRAGMA	MASA EN X - tonf-s <sup>2</sup> /m	MASA EN Y - tonf-s <sup>2</sup> /m	PESO SISMICO (Tn)
Nivel 5	D5	102.2	102.2	1003.1
Nivel 4	D4	196.7	196.7	1929.7
Nivel 3	D3	196.7	196.7	1929.7
Nivel 2	D2	196.7	196.7	1929.7
Nivel 1	D1	198.3	198.3	1945.8
<b>TOTAL</b>				<b>8737.9</b>

Fuente Etabs V.16

#### 5.6.16.2. PESO OBTENIDO POR METRADO MANUAL – SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES

PESO SISMICO	
NIVEL	PESO (Tn)
5	1017.9
4	1927.5
3	1927.5
2	1927.5
1	1943.0
<b>TOTAL</b>	<b>8743.3</b>

Fuente elaboracion propia

## 5.7. CORTANTE BASAL (ART. 28.2)

Cortante basal o también denominada como fuerza cortante en la base se determinará de acuerdo a la ecuación proporcionado por la norma E-030 en el sub artículo 25.2.1

### 5.7.1. CORTANTE BASAL (SENTIDO X)

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

Donde:

V = cortante basal

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = coeficiente de amplificación sísmica

S = perfil de suelo

R = Factor de reducción sísmica

P = Peso Sismico

$$V_x = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} * 8737.9 \text{ Tn}$$

$$V_x = 0.19687 * 8737.9 \text{ Tn}$$

$$V_x = 1719.6187 \text{ Tn}$$

### 5.7.2. CORTANTE BASAL (SENTIDO Y)

$$V_y = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} * 8737.9 \text{ Tn}$$

$$V_y = 0.19687 * 8737.9 \text{ Tn}$$

$$V_Y = 1719.6187 \text{ Tn}$$

Load Pattern	Type	Direction	eccentric	Ecc. Overridden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SIS_EST_X	Seismic	X+Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	Nivel 5	Base	0.196875	1.029	8734.8714	1719.6778
SIS_EST_Y	Seismic	Y+Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	Nivel 5	Base	0.196875	1.0305	8734.8714	1719.6778

Cortante Basal Obtenido por el Software Etabs V.16

## 5.8. SISTEMA ESTRUCTURAL (ARTICULO 16)

Según el RNE (Norma E-030, 2018) en el sub artículo 16.1 nos da parámetros para definir el sistema estructural, para lo cual nos indica cuatro sistemas estructurales como pórticos, muros estructurales, dual y edificaciones de muros de ductilidad limitada, cada uno de ellos tiene parámetros diferentes, en este caso para un sistema dual los muros estructurales deben resistir como mínimo el 20% de la cortante basal y como máximo 80% a continuación se procederá a verificar dichos datos

Se tiene ocho muros en la dirección X las cuales se le asigno como MX-1 MX-2 MX.3 MX-4 MX- 4 MX-5 MX- 6 MX- 7 MX – 8 del mismo modo se tiene cuatro muros en sentido Y las cuales se definieron como MY-1 MY-2 MY-3 MY-4 MY -5 MY -6 esto con el fin de asignar los Pier Labels a los muros y determinar las cortante Basal que absorben

### 5.8.1. CORTANTE ESTÁTICA (SENTIDO X, Y)

FUERZA CORTANTE				
Nivel	Load Case/Combo	Location	VX - tonf	VY - tonf
Nivel 1	SIS_EST_X	Base	873.4871	
Nivel 1	SIS_EST_Y	Base		873.4871

Fuente Etabs V.16

### 5.8.2. CORTANTE ESTÁTICA EN MUROS (SENTIDO X)

FUERZA EN LOS PIERS				
NIVEL	Pier	Load Case/Combo	Location	V2 - tonf
Nivel 1	MX-1	SIS_EST_X	Base	87.33
Nivel 1	MX-2	SIS_EST_X	Base	83.87
Nivel 1	MX-3	SIS_EST_X	Base	92.84
Nivel 1	MX-4	SIS_EST_X	Base	92.83
Nivel 1	MX-5	SIS_EST_X	Base	92.40
Nivel 1	MX-6	SIS_EST_X	Base	78.38
Nivel 1	MX-7	SIS_EST_X	Base	78.38
Nivel 1	MX-8	SIS_EST_X	Base	92.38
TOTAL				<b>698.39</b>

Fuente Etabs V.16

$$\% \text{ CORTANTE EN MURO} = \frac{V_{M-X}}{VX} * 100$$

Donde

$V_{M-X}$  = Cortante estática en muro sentido X

VX = Cortante estática en sentido X

$$\% \text{ CORTANTE EN MURO} = \frac{698.39}{873.4871} * 100$$

$$\% \text{ CORTANTE EN MURO} = 79.95\%$$

### 5.8.3. CORTANTE ESTÁTICA EN MUROS (SENTIDO Y)

FUERZA EN LOS PIERS				
Story	Pier	Load Case/Combo	Location	V2 - tonf
Nivel 1	MY-1	SIS_EST_Y	Bottom	104.92
Nivel 1	MY-2	SIS_EST_Y	Bottom	111.32
Nivel 1	MY-3	SIS_EST_Y	Bottom	92.75
Nivel 1	MY-4	SIS_EST_Y	Bottom	98.74
Nivel 1	MY-5	SIS_EST_Y	Bottom	128.70
Nivel 1	MY-6	SIS_EST_Y	Bottom	135.15
TOTAL				<b>671.59</b>

Fuente Etabs V.16

$$\% \text{ CORTANTE EN MURO} = \frac{671.59}{873.4871} * 100$$

$$\% \text{ CORTANTE EN MURO} = 76.89\%$$

Como se puede apreciar se llegó a obtener cortantes por encima del 70% por lo tanto el sistema estructural definido como muros estructurales es correcto y le corresponde un factor de reducción sísmica de 6

cabe indicar que según el RNE Norma E-030 nos indica que, para definir una estructura como un sistema de muros estructurales, los muros tendrán que absorber como mínimo un 70% como ya se indicó se llegó a obtener por encima de dicho valor siendo esta en sentido X de 79.95 % y 76.89% en sentido Y

### 5.9. DISTRIBUCIÓN DE FUERZA SÍSMICA EN ALTURA

Las fuerzas laterales se calculan con la siguiente ecuación según la norma E-030, 2018 sub artículo 28.3 dichas fuerzas actúan en el centro de masa de cada nivel

$$F_i = \alpha_i * V$$

Donde

$F_i$  = Fuerza lateral

$V$  = fuerza cortante

$\alpha_i$  = coeficiente

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

### 5.9.1. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICA (SENTIDO X)

Como ya se llegó a obtener la cortante en la base, dicha cortante tendrá que ser distribuida en el centro de masa de cada nivel de manera horizontal para ello la norma E-030 nos indica ecuaciones para poder hallar las fuerzas actuantes en cada nivel.

Datos

Exponente K

$K_x = 1.0290$

Peso Sismico de la edificacion

NIVEL	DIAFRAGMA	MASA EN X - tonf-s <sup>2</sup> /m	MASA EN Y - tonf-s <sup>2</sup> /m	PESO SISMICO (Tn)
Nivel 5	D5	102.2	102.2	1003.1
Nivel 4	D4	196.7	196.7	1929.7
Nivel 3	D3	196.7	196.7	1929.7
Nivel 2	D2	196.7	196.7	1929.7
Nivel 1	D1	198.3	198.3	1945.8
TOTAL				<b>8737.9</b>

Fuente: Etabs V.16

$\alpha_1$

$$= \frac{1945.8 * (4.5)^{1.029}}{(1945.8 * (4.5)^{1.029} + 1929.7 * (8.5)^{1.029} + 1929.7 * (12.5)^{1.029} + 1929.7 * (16.5)^{1.029} + 1003.1 * (20.5)^{1.029}}$$

$$\alpha_1 = 0.084$$

$\alpha_2$

$$= \frac{1929.7 * (8.5)^{1.029}}{(1945.8 * (4.5)^{1.029} + 1929.7 * (8.5)^{1.029} + 1929.7 * (12.5)^{1.029} + 1929.7 * (16.5)^{1.029} + 1003.1 * (20.5)^{1.029}}$$



$$\alpha_i = 0.159$$

$\alpha_3$

$$= \frac{1929.7 * (12.5)^{1.029}}{(1945.8 * (4.5)^{1.029} + 1929.7 * (8.5)^{1.029} + 1929.7 * (12.5)^{1.029} + 1929.7 * (16.5)^{1.029} + 1003.1 * (20.5)^{1.029}}$$

$$\alpha_i = 0.237$$

$\alpha_4$

$$= \frac{1929.7 * (16.5)^{1.029}}{(1945.8 * (4.5)^{1.029} + 1929.7 * (8.5)^{1.029} + 1929.7 * (12.5)^{1.029} + 1929.7 * (16.5)^{1.029} + 1003.1 * (20.5)^{1.029}}$$

$$\alpha_i = 0.315$$

$\alpha_5$

$$= \frac{1003.1 * (20.5)^{1.029}}{(1945.8 * (4.5)^{1.029} + 1929.7 * (8.5)^{1.029} + 1929.7 * (12.5)^{1.029} + 1929.7 * (16.5)^{1.029} + 1003.1 * (20.5)^{1.029}}$$

$$\alpha_i = 0.205$$

### Distribución de Fuerza en x

N° PISO	$\alpha_i$	$\frac{ZUCS}{R} * P$	$F_i$	$V_i$
PISO 5	0.205	1719.6778	352.39	352.39
PISO 4	0.315	1719.6778	542.22	894.60
PISO 3	0.237	1719.6778	407.48	1302.08
PISO 2	0.159	1719.6778	274.00	1576.08
PISO 1	0.084	1719.6778	143.60	1719.68
	1.00		1719.68	<b>OK!</b>

Fuente propia

### 5.9.2. DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICA (SENTIDO Y)

Datos

Exponente K

$$K_y = 1.0305$$

$$\alpha_1 = \frac{1945.8 * (4.5)^{1.0305}}{(1945.8 * (4.5)^{1.0305} + 1929.7 * (8.5)^{1.0305} + 1929.7 * (12.5)^{1.0305} + 1929.7 * (16.5)^{1.0305} + 1003.1 * (20.5)^{1.0305}}$$

$$\alpha_i = 0.083$$

$$\alpha_2 = \frac{1929.7 * (8.5)^{1.0305}}{(1945.8 * (4.5)^{1.0305} + 1929.7 * (8.5)^{1.0305} + 1929.7 * (12.5)^{1.0305} + 1929.7 * (16.5)^{1.0305} + 1003.1 * (20.5)^{1.0305}}$$

$$\alpha_i = 0.159$$

$$\alpha_3 = \frac{1929.7 * (12.5)^{1.0305}}{(1945.8 * (4.5)^{1.0305} + 1929.7 * (8.5)^{1.0305} + 1929.7 * (12.5)^{1.0305} + 1929.7 * (16.5)^{1.0305} + 1003.1 * (20.5)^{1.0305}}$$

$$\alpha_i = 0.237$$

$$\alpha_4 = \frac{1929.7 * (16.5)^{1.0305}}{(1945.8 * (4.5)^{1.0305} + 1929.7 * (8.5)^{1.0305} + 1929.7 * (12.5)^{1.0305} + 1929.7 * (16.5)^{1.0305} + 1003.1 * (20.5)^{1.0305}}$$

$$\alpha_i = 0.315$$

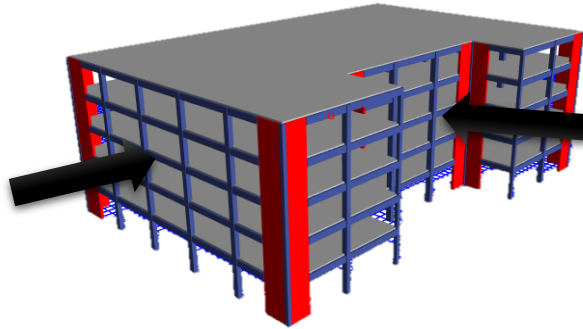
$$\alpha_5 = \frac{1003.1 * (20.5)^{1.0305}}{(1945.8 * (4.5)^{1.0305} + 1929.7 * (8.5)^{1.0305} + 1929.7 * (12.5)^{1.0305} + 1929.7 * (16.5)^{1.0305} + 1003.1 * (20.5)^{1.0305}}$$

$$\alpha_i = 0.205$$

### Distribución de Fuerza en y

N° PISO	$\alpha_i$	$\frac{ZUCS}{R} * P$	Fi	Vi
PISO 5	0.205	1719.6778	352.63	352.63
PISO 4	0.315	1719.6778	542.41	895.03
PISO 3	0.237	1719.6778	407.45	1302.48
PISO 2	0.159	1719.6778	273.83	1576.31
PISO 1	0.083	1719.6778	143.37	1719.68
	1.00		1719.68	<b>OK!</b>

Fuente propia: Distribución De Fuerzas En Y



## 5.10. ANÁLISIS DINÁMICO, MODAL ESPECTRAL (SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES)

### 5.10.1. ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIÓN (ART. 29.2)

Se procederá a generar el espectro inelástico de pseudo aceleración, cabe indicar que en el capítulo de conceptos básicos se definió el espectro elástico y espectro inelástico etcétera. Para generar el espectro elástico o de diseño se empleará el siguiente parámetro definido en el sub artículo 29.2.1 de la norma E-030, 2018, cabe indicar que también se adiciona un sismo vertical la cual es el (2/3 de  $S_a$ )

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

Donde:

$S_a$  = Pseudo aceleración

Z = Factor de Zona =  $Z_4 = 0.45$

U = Factor de Uso = U = 1

C = Factor de amplificación sísmica = C = 2.5

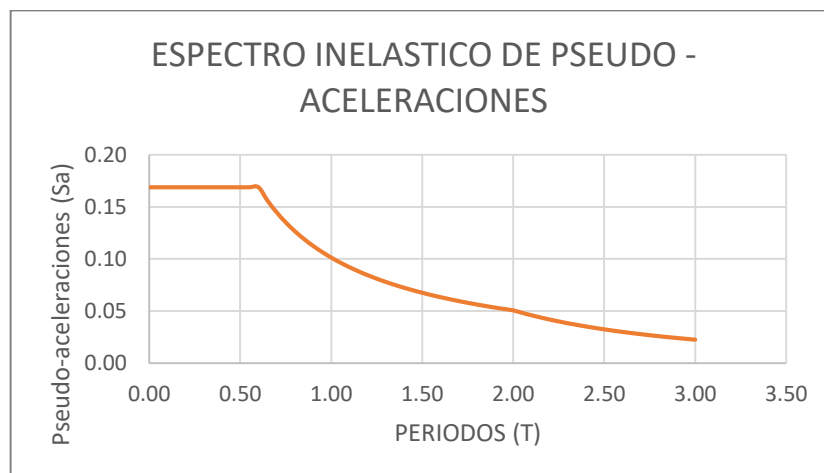
S = Perfil de suelo =  $S_2 = 1.05$

R = Factor de reducción sísmica = R = 6

g = Gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup> la cual se ingresará al software

Periodo	Factor de amplification Sismico	Pseudoaceleración
0.0000	2.5000	0.1969
0.0500	2.5000	0.1969
0.1000	2.5000	0.1969
0.1500	2.5000	0.1969
0.2000	2.5000	0.1969
0.2500	2.5000	0.1969
0.3000	2.5000	0.1969
0.3500	2.5000	0.1969
0.4000	2.5000	0.1969
0.4500	2.5000	0.1969
0.5000	2.5000	0.1969
0.5500	2.5000	0.1969
0.6000	2.5000	0.1969
0.6500	2.3077	0.1817
0.7000	2.1429	0.1688
0.7500	2.0000	0.1575
0.8000	1.8750	0.1477
0.8500	1.7647	0.1390
0.9000	1.6667	0.1313
0.9500	1.5789	0.1243
1.0000	1.5000	0.1181
1.0500	1.4286	0.1125
1.1000	1.3636	0.1074
1.1500	1.3043	0.1027

Fuente Propia



**Espectro de Inelastico pseudo aceleraciones**

### 5.10.2. FUERZA CORTANTE MÍNIMA (ART. 29.4)

Se procederá a verificar la fuerza cortante mínima, teniendo en cuenta el RNE (Norma E-030, 2018) Sub Art. 29.4.1 donde nos indica que para edificaciones regulares la fuerza cortante en el primer nivel de la edificación debe cumplir que la cortante dinámica tiene que ser igual o mayor que la cortante estática para edificaciones regulares, como se puede apreciar la estructura para el presente proyecto de investigación es regular

CORTANTE DINAMICO			
NIVEL	CASO	VX tonf	VY tonf
Nivel 1	SISMO DINAMICO_XX Max	1367.9927	
Nivel 1	SISMO DINAMICO_YY Max		1364.1942

Fuente Propia: cortante Dinámico en sentido X, Y

CORTANTE ESTATICO			
NIVEL	CASO	VX tonf	VY tonf
Nivel 1	SIS_EST- X	1719.6778	
Nivel 1	SIS_EST- Y		1719.6778

Fuente Propia: cortante Estático en sentido X, Y

La edificación que se plantea es regular de acuerdo al análisis estático realizado por lo tanto la cortante mínima tendrá que cumplir con la siguiente condición

$$V_{Din} \geq 80\% V_{Est}$$

$$\text{Cortante minima en X} = \frac{V_{din.}}{V_{est,}} * 100$$

#### SENTIDO X

$$\text{Cortante minima en X} = \frac{1367.9927}{1719.6778} * 100$$

**Cortante minima en X = 80 %**

## SENTIDO Y

$$\text{Cortante minima en Y} = \frac{1364.1942}{1719.6778} * 100$$

$$\text{Cortante minima en Y} = 79.33 \%$$

Como se puede apreciar se llegó a cumplir con la cortante mínima requerida por la norma E-030 en el sentido x, pero en el sentido Y solo se llegó a un 79.33% por lo tanto según la norma E.030, 2018 en el sub artículo 29.4.2 nos indica que se tiene que escalar las fuerzas internas para poder cumplir con lo requerido por la norma por tal motivo se procederá a escalar a continuación

## FACTOR DE ESCALA

$$\frac{V_{EST-Y} * 0.80}{V_{DIN-Y}}$$

$$\frac{1719.6778 * 0.80}{1364.1942}$$

$$1.0084651$$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SISMO DINAMICO R6	9.0067
Acceleration	U1	SISMO DINAMICO R6	2.942

## Sismo dinámico en Y sin escalar

Load Case Data

**General**

Load Case Name: SISMO DINAMICO\_YY [Design...]

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

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (PESO SISMICO - E-030)

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SISMO DINAMICO R6	9.8067*1.0084651
Acceleration	U1	SISMO DINAMICO R6	2.942

[Add] [Delete]  Advanced

Como se puede apreciar se ingresa el factor de escalamiento en el sentido y debido a que no se cumple con lo requerido por la norma por lo tanto se prosiguió a generar el factor de escalamiento como nos indica la normativa E-030 a continuación se procederá a verificar la cortante mínima en ambos sentidos

CASO	$V_X$ (Tn)	$V_Y$ (Tn)
SIS_EST_X.	1719.6778	
SIS_EST_Y.		1719.677
SISMO DINAMICO_XX Max	1367.9927	
SISMO DINAMICO_YY Max		1375.7402
Porcentaje	<b>80%</b>	<b>80%</b>

Una vez realizada el escalamiento se llegó a cumplir con lo requerido por la norma para una edificación regular por lo tanto se proseguirá con el análisis Sismico de la estructura

### 5.10.3. MASA PARTICIPATIVA (ART. 29.1.2)

De acuerdo al RNE (Norma E-030, 2018) Sub artículo 29.1.2 se tendrá que considerar aquellos modos de vibración cuya masa efectiva o masa participativa sea por lo menos el 90% de la masa total, cabe indicar que para la presente tesis se tiene quince modos de vibración debido a que se está considerando tres grados de libertad por nivel de acuerdo a la Norma E-030 sub artículo 25.3

MASA PARTICIPATIVA						
Case	Mode	Period - Seg	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.561	0.00	0.78	0%	78%
Modal	2	0.558	0.78	0.00	78%	78%
Modal	3	0.42	0.00	0.00	78%	78%
Modal	4	0.153	0.14	0.00	92%	78%
Modal	5	0.153	0.00	0.15	92%	93%
Modal	6	0.108	0.00	0.00	92%	93%
Modal	7	0.073	0.00	0.05	93%	97%
Modal	8	0.073	0.05	0.00	98%	98%
Modal	9	0.051	0.00	0.00	98%	98%
Modal	10	0.047	0.00	0.02	98%	100%
Modal	11	0.046	0.02	0.00	99%	100%
Modal	12	0.036	0.00	0.00	99%	100%
Modal	13	0.034	0.01	0.00	100%	100%
Modal	14	0.033	0.00	0.00	100%	100%
Modal	15	0.026	0.00	0.00	100%	100%

Fuente: elaboracion propia

Como se puede apreciar en el cuadro obtenido por el Software se llegó a cumplir con lo requerido por la norma, del 90% de la masa participativa en el modo 4 en sentido Y y en modo 5 en sentido X



### 5.10.4. CORTANTE CON UN SISMO DE DISEÑO R=6\_MUROS EN X

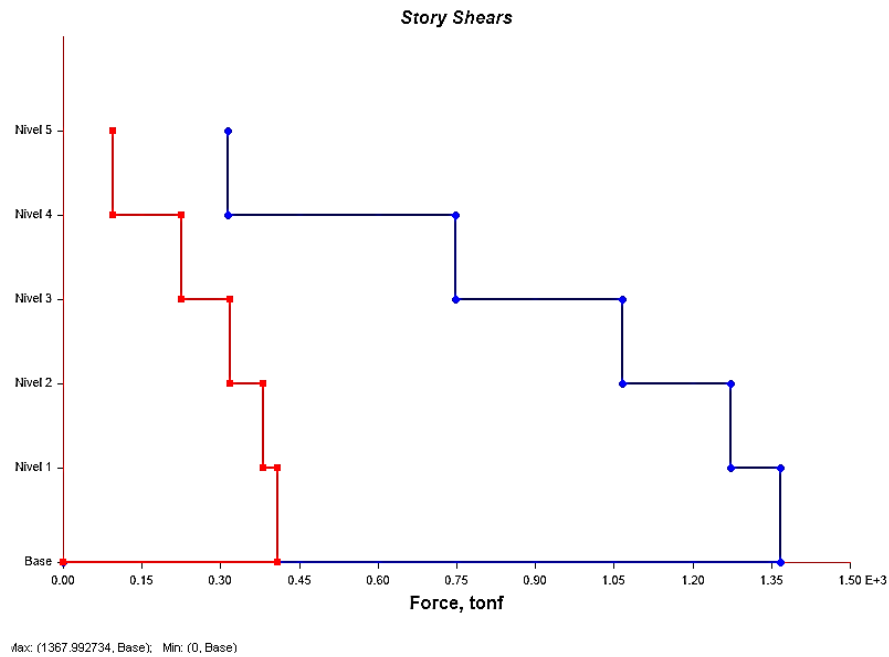


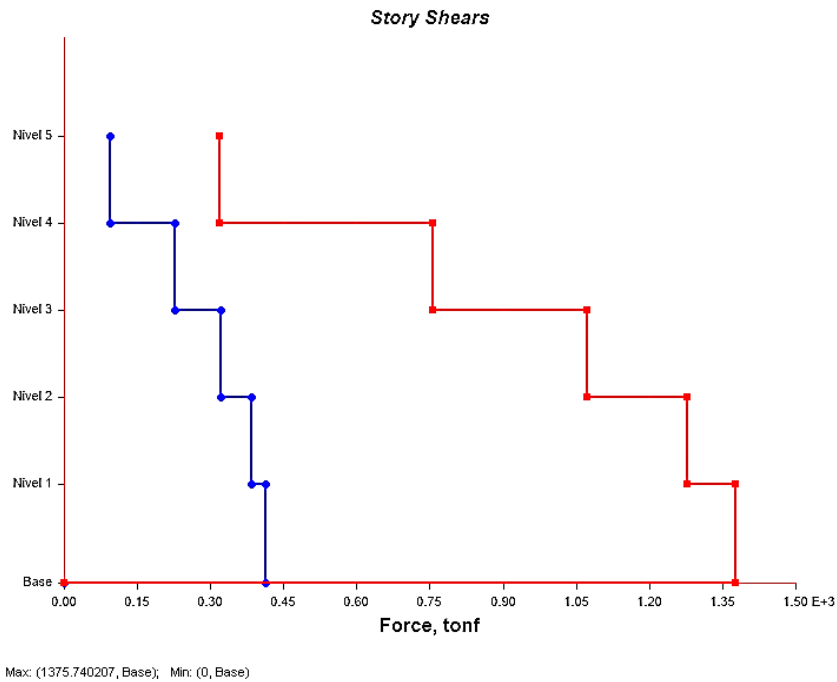
Figura. Cortante en sentido X para un sismo de diseño R=6

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Bottom	313.19
Nivel 4	16.5	Bottom	747.44
Nivel 3	12.5	Bottom	1065.06
Nivel 2	8.5	Bottom	1272.35
Nivel 1	4.5	Bottom	1367.99

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar se obtiene una cortante de 1367.99 Tn para un sismo dinámico en X en la figura anterior la línea azul representa la cortante en el sentido X y la línea roja para el sentido Y, pero debido a que se está evaluando para un sismo dinámico en X se tomara en cuenta la cortante máxima generada en dicho sentido

### 5.10.5. CORTANTE CON UN SISMO DE DISEÑO R=6\_MUROS EN Y



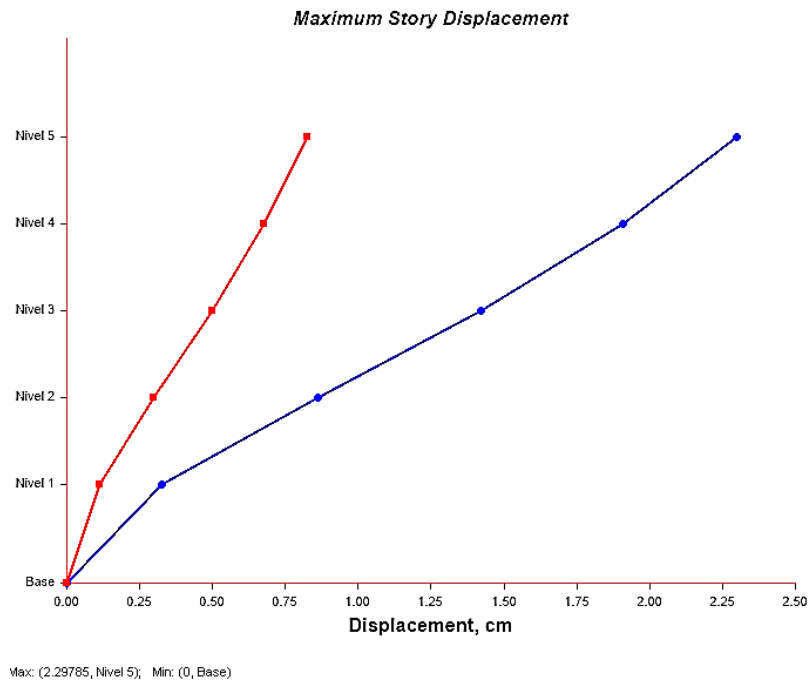
Cortante con un sismo de diseño r=6\_muros en y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Bottom	317.9044
Nivel 4	16.5	Bottom	755.2392
Nivel 3	12.5	Bottom	1071.6907
Nivel 2	8.5	Bottom	1278.3671
Nivel 1	4.5	Bottom	1375.7402

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar se obtiene una cortante de 1375.740207 Tn para un sismo dinámico en Y en la figura anterior la línea roja representa la cortante en el sentido Y la línea azul para el sentido X

### 5.10.6. DESPLAZAMIENTO CON UN SISMO DE DISEÑO R=6\_MUROS EN X



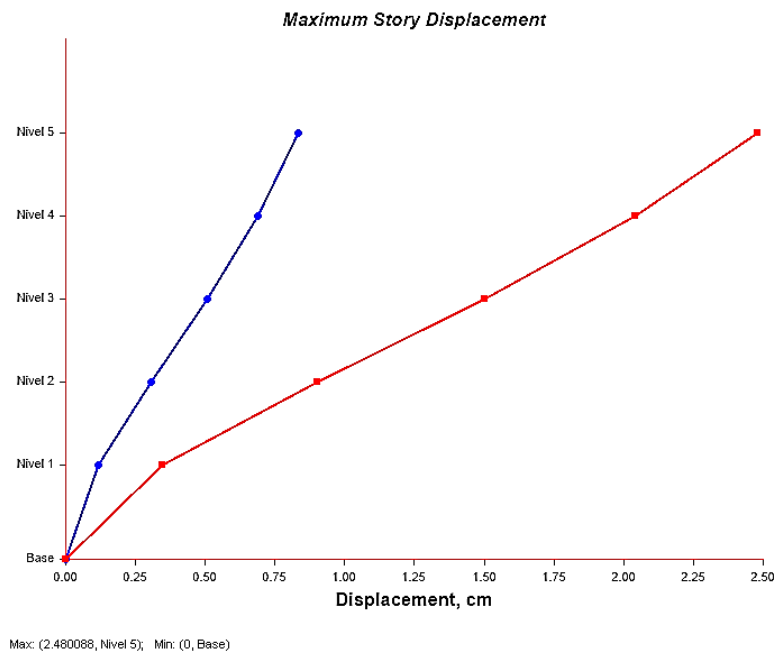
Desplazamiento con un sismo de diseño R=6\_muros en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	2.29
Nivel 4	16.5	Top	1.91
Nivel 3	12.5	Top	1.42
Nivel 2	8.5	Top	0.85
Nivel 1	4.5	Top	0.32

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar en el grafico se obtiene un desplazamiento máximo de 2.29 cm en el quinto nivel de la estructura generado por el sismo dinámico en el sentido x. el grafico se interpreta de la siguiente manera, la línea azul representa el desplazamiento en x generado por el sismo dinámico en el mismo sentido (x)

### 5.10.7. DESPLAZAMIENTO CON UN SISMO DE DISEÑO R=6\_MUROS EN Y



Desplazamiento con un sismo de diseño R=6\_muros en y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	2.4801
Nivel 4	16.5	Top	2.0409
Nivel 3	12.5	Top	1.5026
Nivel 2	8.5	Top	0.9033
Nivel 1	4.5	Top	0.345

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar en el grafico se obtiene un desplazamiento máximo de 2.480088 cm en el quinto nivel de la estructura generado por el sismo dinámico en el sentido y. el grafico se interpreta de la siguiente manera, la línea roja representa el desplazamiento en y generado por el sismo dinámico en el mismo sentido (y) asi mismo la línea azul representa el desplazamiento generado por el mismo sismo, pero en sentido X

### 5.10.8. CONTROL DE DERIVAS (ART. 32, NORMA E – 030 - 2018)

Según el RNE (Norma E-030, 2018) artículo 32 se tendrá que cumplir con las derivas o también denominado como Distorsion de entrepiso y en término inglés como drift para lo cual nos proporciona una tabla de distorsiones máximas permisibles para edificaciones de concreto armado como es la estructura propuesta para la presente tesis, cabe indicar que el control se realiza con las derivas inelásticas la cual se calcula con la siguiente expresión

$$\Delta_{\text{Inelastico}} = 0.75 * R * \Delta_{\text{elastico}}$$

Donde

R = coeficiente de reducción sísmica

$$\Delta_{\text{elastico}} = \text{Deriva Elastico} = \frac{D_r}{h.}$$

$$D_r = \text{Desplazamiento relativo} = \frac{\text{Desplazamiento lateral superior}}{\text{Desplazamiento lateral inferior}}$$

h. = Altura de entrepiso

Tabla N° 11 LIMITES PARA LA DISTORSION DEL ENTREPISO	
Material Predominante	( $\Delta_i/h_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01

Fuente RNE - Norma E-030, 2019 p.

### DERIVAS CON SISMO DE DISEÑO R=6 EN X MUROS ESTRUCTURALES

CONTROL DE DERIVAS EN X									
NIVEL	Diafragma	Load Case/Combo	UX (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elastico	D. inelastico	E-030	Control
Nivel 5	D5	SISMO DINAMICO_XX Max	0.0217	4.000	0.0036	0.0009	0.005	0.007	OK
Nivel 4	D4	SISMO DINAMICO_XX Max	0.0181	4.000	0.0046	0.0011	0.006	0.007	OK
Nivel 3	D3	SISMO DINAMICO_XX Max	0.0135	4.000	0.0053	0.0013	0.007	0.007	OK
Nivel 2	D2	SISMO DINAMICO_XX Max	0.0082	4.000	0.0051	0.0013	0.007	0.007	OK
Nivel 1	D1	SISMO DINAMICO_XX Max	0.0031	4.500	0.0031	0.0007	0.004	0.007	OK

Fuente Etabs: Derivas En Y

### DERIVAS CON SISMO DE DISEÑO R=6 EN Y MUROS ESTRUCTURALES

CONTROL DE DERIVAS EN Y									
NIVEL	Diafragma	Load Case/Combo	UY (m)	Altura (m)	D. Relativo	D. elastico	D. inelastico	E-030	Control
Nivel 5	D5	SISMO DINAMICO_YY Max	0.0220	4.000	0.0038	0.0010	0.005	0.007	OK
Nivel 4	D4	SISMO DINAMICO_YY Max	0.0182	4.000	0.0047	0.0012	0.006	0.007	OK
Nivel 3	D3	SISMO DINAMICO_YY Max	0.0134	4.000	0.0053	0.0013	0.007	0.007	OK
Nivel 2	D2	SISMO DINAMICO_YY Max	0.0081	4.000	0.0050	0.0012	0.007	0.007	OK
Nivel 1	D1	SISMO DINAMICO_YY Max	0.0031	4.500	0.0031	0.0007	0.004	0.007	OK

Fuente Etabs: Derivas En Y

Como se podrá apreciar se llegó a obtener derivas dentro de lo permitido por la norma E-030 – 2018 en ambos sentidos X, Y la cual es sinónimo de que la estructura está muy segura ante movimientos sísmicos, para un diseño convencional con base fija, a diferencia de una edificación con protección sísmica como en este caso es con sistemas de aislamiento Sísmico

## **CAPÍTULO 06 – SISTEMA DE AISLAMIENTO SISMICO**

En este capítulo se procederá a realizar de nuevo los análisis como estático y dinámico dentro del análisis dinámico se tiene el modal espectral y el tiempo Historia o también denominado como un análisis no lineal.

Luego se procederá a verificar que la respuesta dinámica de la estructura este dentro de lo permitido por la Norma E – 0.31 de aislamiento Sísmico

Como se pudo verificar se en el análisis y control de derivas del sistema de muros estructurales se obtuvieron derivas dentro de lo permitido por la Norma E-030,

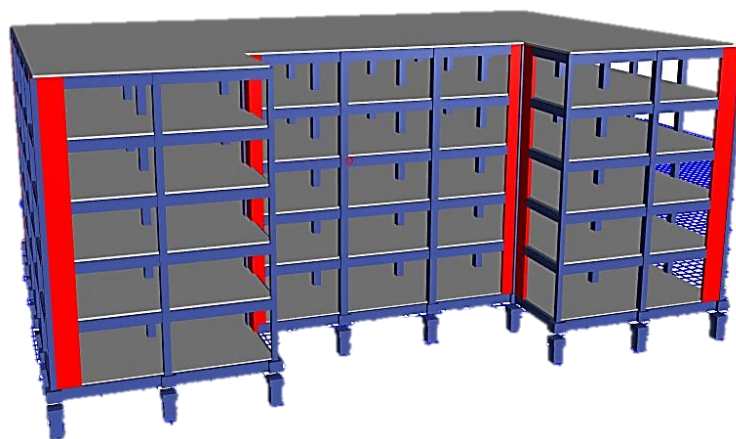


Figura 1. Modelo matemático de la edificación con sistema de aislamiento Sísmico

## 6.1. METRADO DE CARGAS

Para el Metrado de cargas se tomará en cuenta el peso de todos los elementos estructurales por encima de la interfaz de aislamiento Sismico las cuales son capiteles de 1.00m x 1.00m x 0.80m, vigas en horizontal y vertical con las mismas dimensiones que otros niveles y una losa maciza de 0.2 m que se modelará como un diafragma rígido, cabe indicar que el peso Sismico se obtendrá de acuerdo a los parámetros de la norma E-030 como nos indica la norma de aislamiento Sismico E-031

Como ya se realizó los metrados de carga para la edificación de muros estructurales tomando las alturas de entrepiso, es decir la mitad de la altura del piso inferior más la otra mitad del piso inmediato superior, esto a raíz de que el software realiza el Metrado de este modo, o también denominado como masas concentradas

### METRADO MANUAL PRIMER NIVEL

CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 01							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	#Veces	Peso-tn/m3	Peso (Tn/m3)	Total - Tn
COLUMNAS							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	4.25	6	2.4		9.79
COLUMNAS EXCENTRICAS	0.5	0.6	4.25	16	2.4		48.96
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	4.25	24	2.4		102.82
MUROS EN X							
eje 1-1 entre ejes A-B , G-H	0.3	4.25	1.60	2	2.4		9.79
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	4.25	2.50	2	2.4		15.30
eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	4.25	1.60	2	2.4		9.79
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	4.25	1.45	2	2.4		8.87
MUROS EN Y							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	4.25	1.40	1	2.4		4.28
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	4.25	1.70	1	2.4		5.20
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.75	1	2.4		8.42
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	4.25	2.75	1	2.4		8.42
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	4.25	1.40	1	2.4		4.28
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	4.25	1.70	1	2.4		5.20
VIGAS - DIRECCION X							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	25.00	1	2.4		18.00





CARGA VIVA - SOBRE INTERFAZ DE AISLAMIENTO							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Area m2		Niveles			
CARGA VIVA - HOSPITAL	0.4	1654.2		1			661.68
TOTAL							661.68
CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 01							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga -Tn/m2	Área m2		Niveles			
TABIQUERIA	0.15	1654.20		1			248.13
ACABADO DE PISO	0.15	1654.20		1			248.13
TOTAL							496.26
CARGA VIVA - NIVEL 01							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Carga - Tn/m2	Área m2		Niveles			
CARGA VIVA - HOSPITAL	0.4	1654.20		1			661.68
TOTAL							661.68
PESO TOTAL (Tn)							4550.87
PESO SISMICO = (100% CM) + (50%CV)							3889.19

Fuente: elaboración propia

## METRADO MANUAL SEGUNDO A CUARTO NIVEL

CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 02 - 04							
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Ancho (m)	Alto (m)	Long. (m)	#Veces	Peso-tn/m3	Peso (Tn/m3)	Total - Tn
<b>COLUMNAS</b>							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	4	6	2.4		9.22
COLUMNAS EXCENTRICAS	0.5	0.6	4	16	2.4		46.08
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	4	24	2.4		96.77
<b>MUROS EN X</b>							
eje 1-1 entre ejes A-B , G-H	0.3	4	1.60	2	2.4		9.22
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	4	2.50	2	2.4		14.40
eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	4	1.60	2	2.4		9.22
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	4	1.45	2	2.4		8.35
<b>MUROS EN Y</b>							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	4	1.40	1	2.4		4.03
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	4	1.70	1	2.4		4.90
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	4	2.75	1	2.4		7.92
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	4	2.75	1	2.4		7.92
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	4	1.40	1	2.4		4.03
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	4	1.70	1	2.4		4.90
<b>VIGAS - DIRECCION XX</b>							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	25.00	1	2.4		18.00

eje 2-2 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	43.40	1	2.4		31.25
eje 3-3 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 4-4 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 5-5 entre ejes A-A, HH	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 6-6 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	43.00	1	2.4		30.96
<b>VIGAS - DIRECCION YY</b>							
eje A-A entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.10	1	2.4		19.56
eje B-B entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje C-C entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	28.95	1	2.4		19.45
eje D-D entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje E-E entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje F-F entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	28.95	1	2.4		19.45
eje G-G entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje H-H entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.10	1	2.4		19.56
<b>ESPESOR DE LOSA 5 CM</b>				1		198.504	198.50
<b>LOSA ALIGERADA (Ladrillo + Viguetas)</b>	1498.60					0.213	319.80
<b>TOTAL</b>							<b>1084.43</b>
<b>CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 02 - 04</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>Carga - Tn/m2</b>	<b>Área m2</b>		<b>Niveles</b>			
TABIQUERIA	0.15	1654.20		1			248.13
ACABADO DE PISO	0.15	1654.20		1			248.13
<b>TOTAL</b>							<b>496.26</b>
<b>CARGA VIVA - NIVEL 02 - 04</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>Carga - Tn/m2</b>	<b>Área m2</b>		<b>Niveles</b>			
CARGA VIVA - HOSPITAL	0.4	1654.20		1			661.68
<b>TOTAL</b>							<b>661.68</b>
<b>PESO TOTAL (Tn)</b>							<b>2242.37</b>
<b>PESO SIMICO = (100% CM) + (50%CV)</b>							<b>1911.53</b>

Fuente elaboración propia

## METRADO MANUAL QUINTO NIVEL

<b>CARGAS ESTRUCTURALES - NIVEL 05</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Alto (m)</b>	<b>Long. (m)</b>	<b>#Veces</b>	<b>Peso-tn/m3</b>	<b>Peso (Tn/m3)</b>	<b>Total - Tn</b>
<b>COLUMNAS</b>							
COLUMNAS ESQUINADAS	0.4	0.4	2	6	2.4		4.03
COLUMNAS EXCENRICAS	0.5	0.6	2	16	2.4		20.16
COLUMNAS CENTRICAS	0.6	0.7	2	24	2.4		42.34
<b>MUROS EN X</b>							
eje 1-1 entre ejes A-B , G-H	0.3	2	1.60	2	2.4		4.03
eje 2-2 entre ejes C-D, E-F	0.3	2	2.50	2	2.4		6.30

eje 6-6 entre ejes A-B, G-H	0.3	2	1.60	2	2.4		4.03
eje 6-6 entre ejes C-D, E-F	0.3	2	1.45	2	2.4		3.65
<b>MUROS EN Y</b>							
eje A-A entre ejes 1-2	0.3	2	1.40	1	2.4		1.76
eje A-A entre ejes 5-6	0.3	2	1.70	1	2.4		2.14
eje C-C entre ejes 1-2	0.3	2	2.75	1	2.4		3.47
eje F-F entre ejes 1-2	0.3	2	2.75	1	2.4		3.47
eje H-H entre ejes 1-2	0.3	2	1.40	1	2.4		1.76
eje H-H entre ejes 5-6	0.3	2	1.70	1	2.4		2.14
<b>VIGAS - DIRECCION XX</b>							
eje 1-1 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	25.00	1	2.4		18.00
eje 2-2 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	43.40	1	2.4		31.25
eje 3-3 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 4-4 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 5-5 entre ejes A-A, HH	0.4	0.75	48.40	1	2.4		34.85
eje 6-6 entre ejes A-A, H-H	0.4	0.75	43.00	1	2.4		30.96
<b>VIGAS - DIRECCION YY</b>							
eje A-A entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.10	1	2.4		19.56
eje B-B entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje C-C entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	28.95	1	2.4		19.45
eje D-D entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje E-E entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	25.25	1	2.4		16.97
eje F-F entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	28.95	1	2.4		19.45
eje G-G entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	31.60	1	2.4		21.24
eje H-H entre ejes 1-1, 8-8	0.4	0.7	29.10	1	2.4		19.56
<b>ESPESOR DE LOSA 5 CM</b>				1		198.504	198.50
<b>LOSA ALIGERADA (Ladrillo + Viguetas)</b>	1498.60					0.213	319.80
<b>TOTAL</b>							<b>956.77</b>
<b>CARGA NO ESTRUCTURAL - NIVEL 05</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>Carga - Tn/m2</b>	<b>Área m2</b>		<b>Niveles</b>			
TABIQUERIA	0	1654.20		1			0
ACABADO DE PISO	0	1654.20		1			0
<b>TOTAL</b>							<b>0</b>
<b>CARGA VIVA - NIVEL 05</b>							
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>	<b>Carga - Tn/m2</b>	<b>Área m2</b>		<b>Niveles</b>			
CARGA VIVA - TECHO	0.1	1654.20		1			165.42
<b>TOTAL</b>							<b>165.42</b>
<b>PESO TOTAL (Tn)</b>							<b>1122.19</b>
<b>PESO SISMICO = (100% CM) + (25%CV)</b>							<b>998.13</b>

Fuente elaboración propia

## 6.1.2. RESUMEN DE METRADO DE CARGAS

Tabla 1. Peso Sismico según la E-030, 2018

<b>PESO SISMICO</b>	
NIVEL	PESO (Tn)
5	998.13
4	1911.53
3	1911.53
2	1911.53
1	3889.19
<b>TOTAL</b>	<b>10621.89</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Carga muerta

<b>CARGA MUERTA</b>	
NIVEL	PESO (Tn)
5	956.77
4	1580.69
3	1580.69
2	1580.69
1	3227.51
<b>TOTAL</b>	<b>8926.34</b>

Fuente: elaboración propia

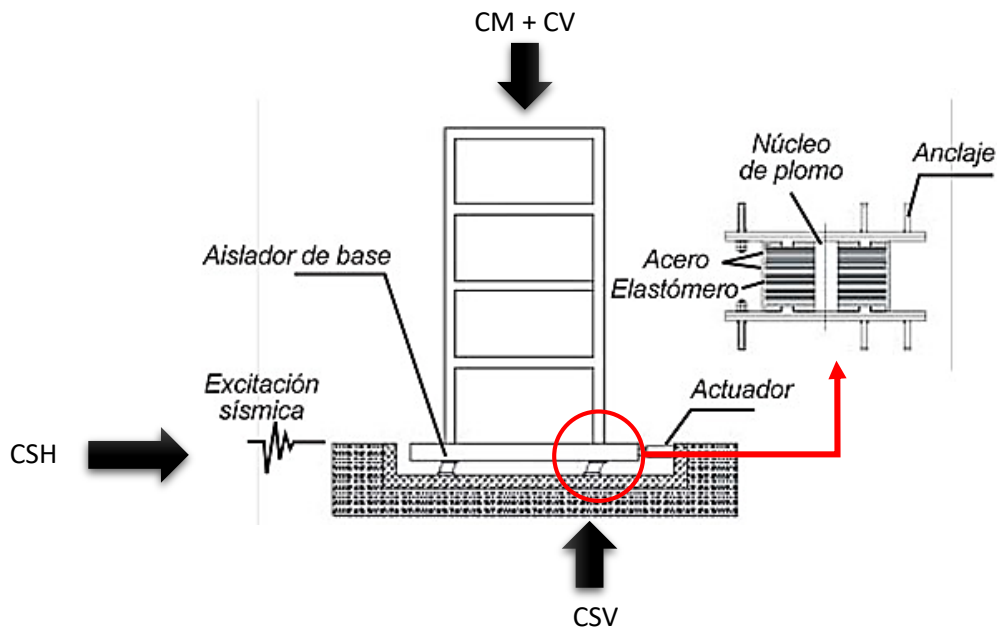
Tabla 1. Carga viva

<b>CARGA VIVA</b>	
NIVEL	PESO (Tn)
5	165.42
4	661.68
3	661.68
2	661.68
1	1323.36
<b>TOTAL</b>	<b>3473.82</b>

Fuente: elaboración propia

## 6.2. COMBINACION DE CARGAS ULTIMA E-031, 2018 Art. 12,

La norma E-031 en el sub artículo 12.1 nos indica que es necesario determinar las combinaciones de carga debido a que el dispositivo (aislador) esta estará expuesto a cargas axiales como las cargas muertas y cargas vivas o también denominada como cargas estructurales y no estructurales además se considera las cargas laterales generadas por el sismo



### CARGA VERTICAL PROMEDIO:

$$1.0 \text{ CM} + 0.5 \text{ CV}$$

### CARGA VERTICAL MAXIMA:

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

### CARGA VERTICAL MINIMA:

$$0.9 \text{ CM} - 1.0 (\text{CSH} + \text{CSV})$$

**DONDE:**

CM = Carga Muerta

CV = Carga Viva

CSH = Carga Sísmica Horizontal

CSV = Carga Sísmica Vertical) = 0.5 (1.5ZS) CM

CN = Carga De Nieve

**CARGA VERTICAL PROMEDIO:**

$$1.0 \text{ CM} + 0.5 \text{ CV}$$

$$1.0 (8926.34) + 0.5 (3473.82)$$

$$\mathbf{10663.25 \text{ Tn}}$$

**CARGA VERTICAL MAXIMA:**

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

De acuerdo a la norma E-31 de aislamiento sísmico la carga sísmica vertical se determinará de la siguiente manera

$$\text{CSV} = 0.5(1.5 \text{ ZS})\text{CM}$$

$$\text{CSV} = 0.5(1.5 * 0.45 * 1.05) * 8926.34 \text{ Tn}$$

$$\mathbf{\text{CSV} = 3163.272 \text{ Tn}}$$

**CARGA SISMICA HORIZONTAL**

$$\text{CSH} = \frac{\text{ZUCS}}{\text{R}} * \text{P}$$

$$\text{P} = 10621.89 \text{ Tn}$$

$$\text{CSH} = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1.05}{6} * 10621.89 \text{ Tn}$$

$$\mathbf{\text{CSH} = 2091.185 \text{ Tn}}$$

## CARGA DE NIEVE

De acuerdo a la Norma E-020 en el artículo 11 sub artículo 11.3 la carga de nieve se asigna como carga viva donde la carga  $Q_T = 0.4Kp$  (40 kg/m<sup>2</sup>) pero debido a la zona (Z4) donde se plantea la edificación de salud no se considera carga de nieve

$$1.25(CM + CV) + 1.0 (CSH + CSV) + 0.2 CN$$

$$1.25(8926.34 \text{ tn} + 3473.82 \text{ tn}) + 1.0 (2091.185 \text{ Tn} + 3163.272 \text{ Tn}) + 0.2 (0 \text{ Tn})$$

$$20754.657 \text{ Tn.}$$

## CARGA VERTICAL MINIMA:

$$0.9 CM - 1.0 (CSH + CSV)$$

$$0.9 (8926.34 \text{ Tn}) - 1.0 (2091.185 \text{ Tn} + 3163.272 \text{ Tn})$$

$$2779.249 \text{ Tn}$$

## CARGA POR AREA DE SERVICIO

PARA CARGA VERTICAL PROMEDIO		
Carga (Tn)	Área (m <sup>2</sup> )	Carga por área de servicio
10663.25	1680	6.35 Tn/m <sup>2</sup>
CARGA VERTICAL MAXIMA		
Carga (Tn)	Área (m <sup>2</sup> )	Carga por área de servicio
20754.657	1680	12.35 Tn/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia



### Carga vertical

<b>CARGA VERTICAL</b>			
UBICACIÓN	AREA TRIBUTARIA (m <sup>2</sup> )	CARGA DE SERVICIO (Tn/m <sup>2</sup> )	CARGA EN EL DISPOSITIVO (Tn)
ESQUINADO	13.13	6.35	83.34
EXCENTRICO	26.25		166.61
CENTRICO	52.5		333.23

Fuente: elaboración propia

### Carga máxima

<b>CARGA MAXIMA</b>			
UBICACIÓN	AREA TRIBUTARIA (m <sup>2</sup> )	CARGA DE SERVICIO (Tn/m <sup>2</sup> )	CARGA EN EL DISPOSITIVO (Tn)
ESQUINADO	13.13	12.35	162.21
EXCENTRICO	26.25		324.29
CENTRICO	52.5		648.58

Fuente: elaboración propia

## 6.3. PROPIEDADES FISICAS DE LOS AISLADORES

Se empleara 3 tipos de aisladores de las cuales dos son de tipo DHRB de alto amortiguamiento definida como tipo A y Tipo B el de tipo A se empleó en las columnas céntricas y los de tipo B se empleó para columnas excéntricas además se empleó dispositivos con núcleo de plomo LRB en las columnas excéntricas y para la misma carga que el de tipo B, a continuación se procederá a calcular las propiedades tanto físicas y nominales, luego se calculara las propiedades mecánicas para el límite superior e inferior de acuerdo a las indicaciones de la norma E-031, 2018

## PARAMETROS DE DISEÑO

PARAMETRO	ABREVIATURA	VALOR
Zona	Z	0.45g
Uso	U	1
Coeficiente de reducción sísmica	C	2.5
Suelo	S	1.05
Perfil de suelo	TP, TL	0.6, 2.0
Periodo Base Fija en x	T <sub>X</sub>	0.558 sg
Periodo Base Fija en y	T <sub>Y</sub>	0.561sg
Factor de reducción sísmica – base fija	R	6
Factor de reducción sísmica – base Aislada	R	1
Factor de reducción sísmica – Súper estructura	R	2

Fuente: elaboración propia

## AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

$$B_{\text{eff}} = 15 \%$$

$$B_{\text{eff}} = \frac{1}{0.25 (1 - \ln * B_{\text{eff}})}$$

$$B_{\text{eff}} = \frac{1}{0.25 (1 - \ln * 0.15)}$$

$$B_{\text{eff}} = 1.38$$

## PERIODO OBJETIVO

$$T = 3.3 \text{ Segundos}$$

## EXCENTRICIDAD

La excentricidad es un dato ya calculado de la estructura con base fija por lo tanto se tomó los mismos valores en ambos sentidos X, Y

### Excentricidad accidental

El RNE (Norma E-030, 2018) nos indica en el sub artículo 29.5 que se debe adicionar una excentricidad accidental de 5% de la longitud de la edificación perpendicular a la dirección de análisis,

$$\text{Sentido x} = 52.5 \text{ m} = 52.5 \times 0.05 = 2.63 \text{ m}$$

$$\text{Sentido y} = 35 \text{ m} = 35 \times 0.05 = 1.75 \text{ m}$$

### **Excentricidad final**

La excentricidad final se va obtener como la suma de la excentricidad de la estructura generada por el centro de masa y el centro de rigidez más la excentricidad accidental la cual es el 5% de la longitud en planta en ambos sentidos

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{real}} \pm e_{\text{accidental}_x}$$

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{real}} \pm e_{\text{accidental}_y}$$

### **Excentricidad final sentido x**

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{Estructural}} \pm e_{\text{accidental}_x}$$

$$\text{Excentricidad} = 0.0 \text{ m} \pm 2.63 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = +2.63 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = -2.63 \text{ m}$$

### **Excentricidad final en sentido y**

$$\text{Excentricidad} = e_{\text{Estructura}} \pm e_{\text{accidental}_y}$$

$$\text{Excentricidad} = 0 \text{ m} \pm 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = +1.75 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = -1.75 \text{ m}$$

### **EXCENTRICIDAD**

Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico y el elemento de interés,

$$Y = \frac{\text{Longitud Mayor}}{2}$$

$$Y = \frac{52.50}{2}$$

$$Y = 26.30 \text{ m}$$

### SISMO MAXIMO CONSIDERADO $S_{aM}$

$$S_{aM} = 1.5 \text{ ZUCS. g}$$

Donde:

Z = zona

U = uso

C = coeficiente de amplificación sísmica

S = factor de suelo

$$S_{aM} = 1.5 (0.45 * 1 * 2.5 * 1.05)$$

$$S_{aM} = 1.5 (0.45 * 1 * 2.5 * 1.05)$$

$$S_{aM} = 1.772$$

### DESPLAZAMIENTO TRASLACIONAL

$$D_M = \frac{S_{aM} * T^2 M.}{4\pi^2 * B_M}$$

Donde:

$S_{aM}$  = Seudo aceleración maxima para un sismo maximo considerado

$T^2 M.$  = periodo objetivo

$B_M$  = amortiguamiento efectivo

$$D_M = \frac{1.772 * 3.3^2}{4\pi^2 * 1.38}$$

$$D_M = 0.354 \text{ m}$$

## DESPLAZAMIENTO TOTAL MAXIMO

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

Donde:

DM = desplazamiento máximo

Y = distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento

e = excentricida accidental mas torsional

b = distancia corta en planta de la edificacion

d = distancia mas larga en planta de la edificacion

$$DTM = 0.354 \left[ 1 + (26.25 \text{ m}) * \left( \frac{12 * 2.63}{35^2 + 52.50^2} \right) \right]$$

$$DTM = 0.354 * (1 + 0.21)$$

$$DTM = 0.429 \text{ m}$$

El Desplazamiento total máximo  $D_{TM}$  no será menor que  $1.15D_M$

$$D_{TM} > 1.15D_M$$

$$0.429 > 1.15 (0.354)$$

$$0.429 > 0.407 \quad \rightarrow \quad \text{OK}$$

## RIGIDEZ HORIZONTAL DE LOS DISPOSITIVOS

Se procederá a calcular la rigidez horizontal para cada dispositivo teniendo en cuenta la carga ultima calculada con las combinaciones de carga máxima

## TIPO A

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_M} \right)^2$$

Donde :

$K_h$  = Rigidez horizontal del dispositivo

$P_{Umax}$  = Carga axial

$T_M$  = periodo objetivo

$$K_h = 333.23 \text{ Tn} * \left( \frac{2\pi}{3.3} \right)^2$$

Se empleará el siguiente factor de conversión para pasar de toneladas a Mega pascales (Mpa)

1 Mpa = 106 Pascales

$$\frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} = 1 \text{ Pascal}$$

$$1 \text{ Pascal} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

Despejando  $\text{Kg} = \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot 1 \text{ Pascal}$

Reemplazando  $\text{Kg} = \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)$

$$1 \text{ Tn} = 1000 \left( \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) \right)$$

$$K_h^A = 333.23 \text{ Tn} * 1000 \left( \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) \right) * \left( \frac{2\pi}{3.3} \right)^2$$

$$K_h^A = 333.23 \text{ Tn} * 1000 \left( \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) \right) * \left( \frac{2\pi}{3.3} \right)^2$$

$$K_h^A = 1.21 \text{ Mp} \cdot \text{m}$$

## TIPO B

$$K_h^B = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_M} \right)^2$$

$$K_h^B = 166.61 \text{ Tn} * 1000 \left( \text{m. s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) \right) * \left( \frac{2\pi}{3.3} \right)^2$$

$$K_h^B = 166.61 \text{ Tn} * 1000 \left( \text{m. s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) \right) * \left( \frac{2\pi}{3.3} \right)^2$$

$$K_h^B = 0.60 \text{ Mp. m}$$

## ALTURA DE CAUCHO DEL DISPOSITIVO

### PARA TIPO A Y B

Está determinado por la relación Desplazamiento de diseño – Altura del caucho del dispositivo equivalente a la deformación de corte directo  $\gamma = 1.5$  (Equivalente)

$$H_r = \frac{D_M}{\gamma}$$

Donde:

$H_r$  = altura de caucho

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\gamma$  = deformacion de corte

$$H_r = \frac{0.35 \text{ m}}{2.0} = 18 \text{ cm}$$

## MODULO DE CORTE

Para determinar el módulo de corte necesariamente se tendrá que buscar en catálogos o proponer un módulo estándar ya sea de otros trabajos de investigación. Proyectos realizados etcétera. en este caso para el presente proyecto de investigación se optará por el catálogo de tensa, una empresa europea

PROPERTY		COMPOUNDS		
		SOFT	NORMAL	HARD
Shear modulus <sup>a</sup>	MPa	0.4	0.8	1.4
Hardness	Shore A	40	60	75
Viscous damping <sup>a</sup>	%	10/15	10/15	15

Fuente: Catalogo tensa P.12

Como se puede apreciar en el cuadro se tiene tres tipos de caucho, denominado como suave, normal y duro, cada uno con el porcentaje de amortiguamiento que le adiciona a la estructura y el módulo de corte para este caso se tomara un módulo de corte normal por lo tanto se tomara el valor de 0.8 Mpa

## AREA DEL DISPOSITIVO

### TIPO A

Está determinado por la rigidez horizontal del dispositivo y es equivalente al Módulo de Corte del Caucho por el área total sometida a la compresión axial, entre la altura del caucho.

$$K_h = \frac{G * A}{H_r}$$



Donde:

$K_h$  = Rigidez horizontal en MN

$G$  = Módulo de corte del Caucho

$A$  = Área del dispositivo sometida a compresión axial

$H_r$  = Altura de Caucho

$$A = \frac{K_h * H_r}{G}$$

### **TIPO A**

$$A = \frac{1.21 \text{ Mpa} \cdot \text{m} * 0.18 \text{ m}}{0.8 \text{ Mpa}}$$

$$A = 0.27 \text{ m}^2$$

### **TIPO B**

$$A = \frac{0.60 \text{ Mpa} * 0.18 \text{ m}}{0.8 \text{ Mpa}}$$

$$A = 0.13 \text{ m}^2$$

### **DIAMETRO DEL AISLADOR**

#### **TIPO A**

$$A = \pi r^2$$

$$r = d/2$$

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{\pi}} \right\}$$

DONDE

A = Area

r = Radio

d = diámetro

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{0.27 \text{ m}^2}{\pi}} \right\}$$

$$\mathbf{d = 0.58 \text{ m}}$$

**TIPO B**

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{0.13 \text{ m}^2}{\pi}} \right\}$$

$$\mathbf{d = 0.41 \text{ m}}$$

Las propiedades físicas del aislador con núcleo de plomo es el mismo debido a que tiene el mismo carga que el dispositivo de tipo B

Una vez determinada el área, diámetro el desplazamiento traslacional, desplazamiento máximo, módulo de corte, rigidez horizontal, el porcentaje de amortiguamiento se procedió a seleccionar los otros datos del catálogo teniendo en cuenta todos los Parametros calculados

## Resumen de propiedades físicas calculadas

<b>PROPIEDADES FISICAS DEL AISLADOR</b>			
Propiedades	Tipo A	Tipo B	Unidades
Rigidez horizontal del Dispositivo	1.21	0.60	Mpa.m
Altura de caucho	0.18	0.18	m
Area del Aislador	0.27	0.13	m <sup>2</sup>
Diámetro del Aislador	0.58	0.41	m
Desplazamiento Maximo	0.35	0.35	m
Desplazamiento total Maximo	0.43	0.43	m
Modulo de Corte	0.80	0.80	Mpa
Porcentaje de amortiguamiento	0.15	0.15	-----
Cantidad de aisladores HDRB	22	8	Unidades

Fuente: elaboración propia

Con los datos en la tabla predecesora se procedió a definir las propiedades físicas de los aisladores del catálogo de la empresa. El diámetro del aislador tipo A se redondeó a 60 cm y el de tipo B a 55 cm debido a que es el mínimo diámetro que existe del mismo modo para el aislador con núcleo de plomo se tomó un diámetro de 55 cm y las propiedades como rigidez efectiva y las propiedades nominales se calcularon empleando el software Matlab.

## Propiedades físicas de los aisladores elastomericos

PROPIEDADES FISICAS		Dispositivo Tipo A	Dispositivo Tipo B	Dispositivo Tipo C - LRB
TDRI - HDRB	UNIDAD	333.23	166.61	166.61
CATALOGO TENSA		TDRI-800-NM-154	TDRI-550-NM-150	TLRI-550-NM-175/120
Diámetro	mm.	600	550	550
Altura total incluyendo chapas	mm.	337	337	337
Tamaño de Chapas	mm.	650x650	600x600	600x600
Espesor total de Goma	mm	175	175	175
Factor de Forma S	--	29.5	27	25.7
Rigidez Vertical Kv	Kn/mm	1687	1320	1320
Rigidez Horizontal Efectiva Keff	Kn/mm	1.29	1.09	1.94
Desplazamiento diseño (EN 1998)	mm.	292	292	292
Carga de Diseño Horizontal	mm.	350	300	453
Carga Estática Vertical Máxima	Kn	6800	5700	5400
Carga Sísmica Vertical Máxima	Kn	2750	2000	1900

Fuente: elaboración propia

### 6.4. PROPIEDADES NOMINALES DE LOS AISLADORES

#### RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B + (n)K_h^C$$

Donde

n = numero de aisladores

$K_h^A$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo A (Kn/mm)

$K_h^B$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo B (Kn/mm)

$K_h^C$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo LRB (Kn/mm)

$$K_H = 22 * 1.29 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 8 * 1.09 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 17 * 1.94 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$K_H = 68.14 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

### ENERGIA DISIPADA POR CICLO (E. Ciclo)

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Dónde:

$W_D$  = energia disipada por ciclo

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva :

$D_M$  = desplazamiento traslacional :

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

### PARA TIPO A

$$W_{DA} = 2\pi * 1290 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DA} = 152.51 \text{ Kn. m}$$

## PARA TIPO B

$$W_{DB} = 2\pi * 1090 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DB} = 128.87 \text{ Kn. m}$$

FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), PARA DETERMINAR EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$D_y = 0$  (desplazamiento de fluencia) inicialmente el desplazamiento es cero

$W_D^A$  = Energia disipada por ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

## PARA TIPO A

$$Q_A = \frac{152.51 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_A = 107.65 \text{ Kn}$$

## PARA TIPO B

$$Q_B = \frac{128.87 \text{ Kn. m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_B = 90.96 \text{ Kn}$$

### PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE $K_2$ RIGIDEZ POST FLUENCIA

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = Fuerza caracteristica Q

$D_M$  = Desplazamiento traslacional

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

$$K_2^A = 1290 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} - \frac{107.65 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 986.05 \text{ kN/m}$$

### TIPO B

DATOS:

$K_{\text{eff}}$  = Rigidez efectiva

$Q_B$  = Fueza caracteristica Q

$D_{TM}$  = Desplazamiento traslacional

$$K_2^B = K_{\text{eff}}^B - \frac{Q_B}{D_{TM}}$$

$$K_2^B = 90.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - \frac{90.96 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 833.17 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

### PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE RIGIDEZ INICIAL $K_1$

Asumiendo que  $K_1$  es 10 veces  $K_2$

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Donde

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

#### TIPO A

$$K_1^A = 10 \left( 986.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^A = 9860.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

#### TIPO B

$$K_1^B = 10K_2^B$$

$$K_1^B = 10 \left( 933.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^B = 8331.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



## DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA (ITERATIVO)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

### TIPO A

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

$$D_y^A = \frac{107.65 \text{ Kn}}{(9860.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 986.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}})}$$

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

### TIPO B

$$D_y^B = \frac{Q_B}{(K_1^B - K_2^B)}$$

$$D_y^B = \frac{90.96 \text{ Kn}}{(8331.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 833.17 \frac{\text{Kn}}{\text{m}})}$$

$$D_y^B = 0.0121 \text{ m}$$

## FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), CONOCIENDO EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$W_D$  = energía dicipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$D_y$  = desplazamiento de fluencia

### TIPO A

Datos

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

$$W_{DA} = 152.51 \text{ Kn. m}$$

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

$$Q_A = \frac{152.51 \text{ kN}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_A = 111.47 \text{ Kn}$$

## TIPO B

$$Q_B = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Datos

$$D_y^B = 0.0121\text{m}$$

$$W_{D^B} = 128.87 \text{ Kn. m}$$

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

$$Q_B = \frac{128.87 \text{ kN. m}}{4 * (0.35\text{m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_B = 94.19 \text{ kN}$$

## RIGIDEZ POST FLUENCIA $K_2$

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}^A$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = fuerza caracteristica Q

$D_M$  = desplazamiento traslacional

Datos

$$K_{\text{eff}}^A = 1.29 \text{ Kn/mm} * 1000 = 1290 \text{ Kn/m}$$

$$Q_A = 111.47 \text{ Kn}$$

$$K_2^A = 1290 \text{ kN/m} - \frac{111.47 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 975.27 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^A = 0.975 \text{ Kn/mm}}$$

## TIPO B

$$K_2^B = K_{\text{eff}}^B - \frac{Q_B}{D_M}$$

Datos

$$K_{\text{eff}}^B = 1.09 \text{ Kn/mm} * 1000 = 1090 \text{ Kn/m}$$

$$Q_B = 94.19 \text{ kN}$$

$$K_2^B = 1090 \text{ kN/m} - \frac{94.19 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 824.07 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^B = 0.824 \text{ Kn/mm}}$$

## RIGIDEZ INICIAL DEL DISPOSITIVO $K_1$

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$D_y^A$  = desplazamiento de fluencia

$K_2^A$  = rigidez post fluencia

### TIPO A

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

$$K_1^A = \frac{111.47 \text{ Kn}}{0.0121 \text{ m}} + 975.27 \text{ kN/m}$$

$$K_1^A = 10164.46 \text{ Kn/m}$$

$$\mathbf{K_1^A = 10.16 \text{ kN/mm}}$$

### TIPO B

$$K_1^B = \frac{Q_B}{D_y^B} + K_2^B$$

$$K_1^B = \frac{94.19 \text{ kN}}{0.0121 \text{ m}} + 824.07 \text{ kN/m}$$

$$K_1^B = 8588.57 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^B = 8.59 \text{ Kn/mm}}$$

### FUERZA DE FLUENCIA $F_y$

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$K_2^A =$  rigidez postfluencia

$D_y^A =$  desplazamiento de fluencia

### TIPO A

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

$$F_y^A = 111.47 \text{ Kn} + (975.27 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$F_y^A = \mathbf{123.30 \text{ kN}}$$

### TIPO B

$$F_y^B = Q_B + (K_2^B * D_y^B)$$

$$F_y^B = 94.19 \text{ kN} + (824.07 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$F_y^B = \mathbf{104.18 \text{ kN}}$$

### RATIO DE RIGIDEZ (RELACION RIGIDEZ POST FLUENCIA/ RIGIDEZ INICIAL

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Donde

$K_2^A =$  rigidez postfluencia

$K_1^A =$  rigidez inicial

## TIPO A

$$\frac{K_2^A}{K_1^A} = \frac{975.27 \text{ Kn/m}}{10164.46 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## TIPO B

$$\frac{K_2^B}{K_1^B} = \frac{824.07 \text{ Kn/m}}{8588.57 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## PERIODO EFECTIVO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

$g$  = Gravedad, expresado en mm/s<sup>2</sup>

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

$P$  = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

$P = 10621.89 \text{ tn} = 104165.69 \text{ Kn}$

$$K_M = 68.14 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{104165. \text{Kn}}{68.14 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$T_M = 2.5 \text{ sg}$$

### FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{2.5 \text{ Sg}}$$

$$\omega = 2.533 \text{ rad/seg}$$

### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde

$W_D^A$  = energia disipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\omega$  = frecuencia angula

### TIPO A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Datos

$$W_{DA} = 152.51 \text{ Kn.m}$$



$$C = \frac{152.51 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35\text{m})^2 * 2.533 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 152.77 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.15 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

**TIPO B**

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

Donde:

$$W_{D^B} = 128.87 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{128.87 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35)^2 * 2.533 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 129.09 \text{ kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.13 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## PROPIEDADES NOMINALES PARA EL DISPOSITIVO CON NÚCLEO DE PLOMO LRB

Las propiedades nominales para el aislador con núcleo de plomo se realizarán con el software Matlab un script creado por el Dr. Roberto Aguiar, donde se ingresó las propiedades físicas calculadas

```
8      %%
9      % Ejem_1
10     %.....
11     % z=0.45; Tipo de suelo S2
12     %.....
13 -   Do=55;% Diámetro exterior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
14 -   Di=19;% Diámetro interior de aislador elastomérico con núcleo plomo (cm)
15 -   G=8.16;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material LB
16 -   %G=8.05;% Módulo de Corte de goma (kg/cm2) para material UB
17 -   Glead=89;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material LB
18 -   %Glead=115;% Tensión de fluencia del Plomo (kg/cm2) Tao py. Material UB
19 -   Tr=18;% Altura solo de Goma (cm)
20 -   wt=166613.28% Peso total que gravita sobre sistema de aislación en (kg)
21 -   N=1;% Número total de aisladores
22 -   z=0.45;% Zona de mayor peligrosidad sísmica
23 -   icods=2; % Para perfil de suelo tipo 2
24 -   icod=1;% Número de la figura de histéresis
25 -   fac=1.5;% Factor que vale 1 para sismo de diseño
26 -   % 1.5 Para Sismo Máximo Considerado (2500 años de periodo de
27 -   % retorno)
28 -   %fac=1.5;
29 -   [Qd,Fy,ke,kd,kef,Tef,betaef,q]=histeresis_peru(Do,Di,G,Glead,Tr,wt,N,z,icods,fac);
30 -   % Tener en cuenta dos cosas: 1.- Reporta rigidez en kg/cm
31 -   % 2.- Reporta para el numero total de aisladores
32 -   % Para tener rigidez en un aislador se debe dividir para N.
33
```

Donde

Do = diámetro del aislador

Di = diámetro interior del núcleo de plomo

G = módulo de corte

Glead = tensión de fluencia del plomo

Tr = altura solo de la goma

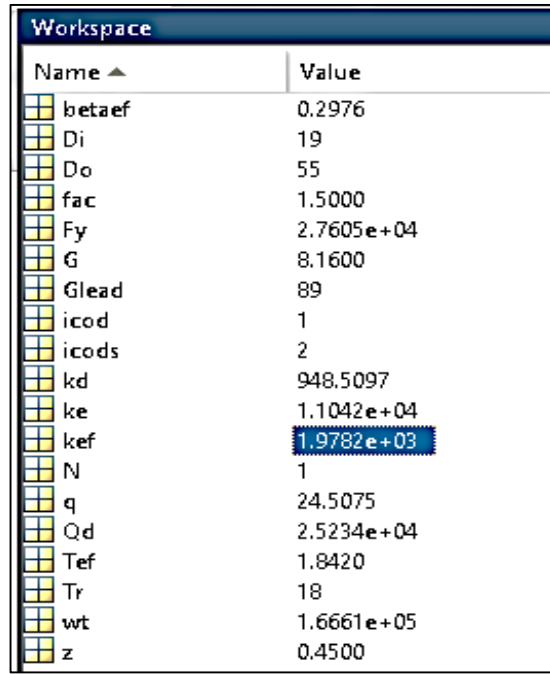
Wt = peso que soporta el aislador carga ultima

N = número de aisladores, en total se planteó 17 aisladores con núcleo de plomo, pero las propiedades son las mismas por lo tanto el cálculo se realizó por unidad

Z = factor de zona

I cods = Factor de zona

Fac = 1.5 para un sismo máximo considerado



Name ▲	Value
betaef	0.2976
Di	19
Do	55
fac	1.5000
Fy	2.7605e+04
G	8.1600
Glead	89
icod	1
icods	2
kd	948.5097
ke	1.1042e+04
kef	1.9782e+03
N	1
q	24.5075
Qd	2.5234e+04
Tef	1.8420
Tr	18
wt	1.6661e+05
z	0.4500

El software reporta las propiedades como el amortiguamiento efectivo Fuerza de fluencia (Fy), rigidez pos fluencia (Kd), rigidez elástica y/o rigidez inicial, rigidez efectiva (Keff) desplazamiento (q), fuerza característica (Qd), periodo efectivo (Tef) son las mismas propiedades que se determinaron para el aislador de alto amortiguamiento HDRB, cabe indicar que las propiedades obtenida por el software Matlab están en kg/cm por lo tanto se tuvo que convertir a KN/mm como pide la norma E-031, 2018

Con los datos obtenidos se procedió a determinar el amortiguamiento efectivo, es un dato para ingresar al software

## PERIODO EFECTIVO DEL AISLADOR

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

g = Gravedad, expresado en

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

P = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

P = 166613.28 Kg = 1633.93 Kn

$$K_M = 1.94 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{1633.93 \text{ Kn}}{1.94 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$T_M = 1.84 \text{ sg}$$

## FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{1.84 \text{ Sg}}$$

$$\omega = 3.41 \text{ rad/seg}$$

## ENERGIA DISIPADA POR CICLO

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

$$W_D = 2\pi * 1939.91 \text{ Kn/mm} * 0.25\text{m}^2 * 0.30$$

$$W_D = 217.84 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

## AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR TIPO C

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde:

$$C = \frac{217.84 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.25\text{m})^2 * 3.41\text{rad/seg}}$$

$$C = 338.46 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.34 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

**PROPIEDADES NOMINALES**

<b>TIPO A - HDRB</b>		<b>CARGA</b>	<b>333.23 Tn</b>
<b>PROPIEDADES NOMINALES</b>		UNID	Tipo A
<b>VERTICAL (U1)</b>			
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1687
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	1.29
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.2
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	10.16
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	123.30
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	152.51
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.98

Fuente: elaboracion propia

**PROPIEDADES NOMINALES**

<b>TIPO B - HDRB</b>		<b>CARGA</b>	<b>166.61 Tn</b>
<b>PROPIEDADES NOMINALES</b>		UNID	Tipo B
<b>VERTICAL (U1)</b>			
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1320
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	1.09
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.13
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	8.59
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	104.18
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	128.87
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.824

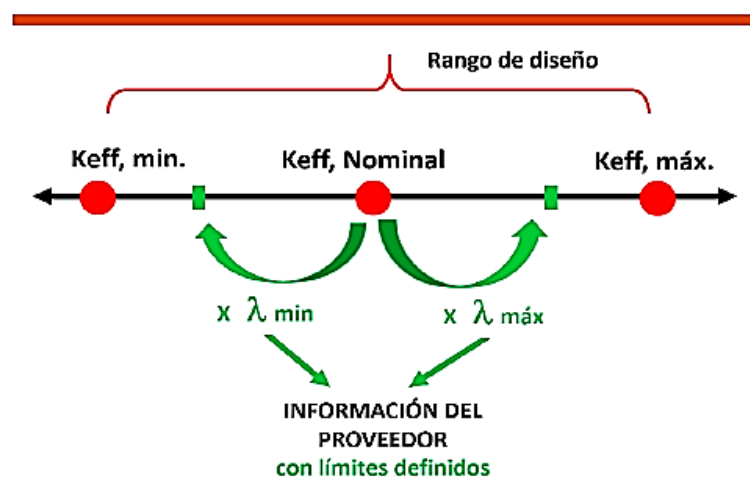
Fuente: elaboracion propia

## PROPIEDADES NOMINALES

TIPO C - LRB		CARGA	166.61 Tn	
PROPIEDADES NOMINALES		UNID	Tipo C	
VERTICAL (U1)				
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1263	
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	1.94	1978.16 kg/cm
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn.seg/mm	0.34	0.30 %
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	10.83	11042.13 Kg/cm
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	270.72	27605.33 Kg
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.09	0.09
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	217.84	
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.93	948.51 Kg/cm

Fuente: elaboracion propia

### 6.4.1. VARIACION DE PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS



Fuente: RNE, Norma E-031, 2018

Según la norma E-031, 2018 indica en el artículo 13.2 que las propiedades límite del sistema de aislamiento Sísmico son calculadas para cada tipo de componentes y deben incluir las variaciones el ensayo de carga vertical, velocidad de carga de prueba o efectos de velocidad, efectos de calentamiento durante el movimiento cíclico, historia de carga, degradación temporal de las propiedades mecánicas con ciclos repetidos (scragging) para lo cual propone dos factores de modificación de propiedades tanto para límite inferior y límite superior

$$\lambda_{\max} = \left(1 + (0,75 * (\lambda_{(ae, \max)} - 1))\right) * \lambda_{(tvs, \max)} * \lambda_{(fab, \max)}$$

$$\lambda_{\min} = \left(1 - (0,75 * (1 - \lambda_{(ae, \min)}))\right) * \lambda_{(tvs, \min)} * \lambda_{(fab, \min)}$$

Donde

$\lambda_{(ae, \text{Max})}$  = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

$\lambda_{(ae, \text{min})}$  = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones ambientales y el envejecimiento.

$\lambda_{(tvs, \text{Max})}$  = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y scragging.

$\lambda_{(tvs, \text{min})}$  = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando las condiciones de temperatura, velocidad de carga y scragging.



$\lambda$  (fab, Max) = Factor de modificación para determinar el máximo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.

$\lambda$  (fab, min) = Factor de modificación para determinar el mínimo valor de una propiedad del aislador, considerando la variabilidad en la fabricación de aisladores de la misma dimensión.

<b>Tabla N° 2: Factores de modificación máximos y mínimos de las propiedades de los dispositivos clase I <sup>(*)</sup></b>							
	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación $\lambda$ max	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo Factor de Modificación $\lambda$ min	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: RNE, Norma E-031, 2018

Rigidez efectiva obtenida para cada tipo de aislador

Tipo	UNID	Keff	Factor de modificación	Keff – límite inferior
Tipo A - HDRB	Kn/mm	1.29	0.8	1.03
Tipo B - HDRB	Kn/mm	1.09	0.8	0.87
Tipo C - LRB	Kn/mm	1.94	0.8	1.55

Fuente: elaboración propia

Con las nuevas rigideces efectivas obtenidas se procedió a calcular las propiedades mecánicas para el límite inferior

## 6.5. PROPIEDADES MECANICAS – LIMITE INFERIOR

### RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B + (n)K_h^C$$

Donde

n = numero de aisladores

$K_h^A$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo A (Kn/mm)

$K_h^B$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo B (Kn/mm)

$K_h^C$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo LRB (Kn/mm)

$$K_H = 22 * 1.03 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 8 * 0.87 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 17 * 1.55 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$K_H = 54.51 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

## ENERGIA DISIPADA POR CICLO (E. Ciclo)

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Dónde:

$W_D$  = energia disipada por ciclo

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva :

$D_M$  = desplazamiento traslacional :

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

### TIPO A

$$W_{DA} = 2\pi * 1032 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DA} = 122.01 \text{ Kn. m}$$

### TIPO B

$$W_{DB} = 2\pi * 872 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DB} = 103.09 \text{ Kn. m}$$

## FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), PARA DETERMINAR EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$D_y = 0$  (desplazamiento de fluencia) inicialmente el desplazamiento es cero

$W_D^A$  = Energia disipada por ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

### TIPO A

$$Q_A = \frac{122.01 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_A = 86.12 \text{ Kn}$$

### TIPO B

$$Q_B = \frac{103.09 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_B = 72.77 \text{ Kn}$$

## PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE $K_2$ RIGIDEZ POST FLUENCIA

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = Fuerza característica Q

$D_M$  = Desplazamiento traslacional

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

$$K_2^A = 1032 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} - \frac{86.12 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$\mathbf{K_2^A = 788.84 \text{ kN/m}}$$

### TIPO B

Datos:

$K_{\text{eff}}$  = Rigidez efectiva

$Q_B$  = Fueza característica Q

$D_{TM}$  = Desplazamiento traslacional

$$K_2^B = K_{\text{eff}}^B - \frac{Q_B}{D_{TM}}$$

$$K_2^B = 872 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - \frac{72.77 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$\mathbf{K_2^B = 666.54 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}}$$

## PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE RIGIDEZ INICIAL $K_1$

Asumiendo que  $K_1$  es 10 veces  $K_2$

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Donde

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

### TIPO A

$$K_1^A = 10 \left( 788.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^A = 7888.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### TIPO B

$$K_1^B = 10K_2^B$$

$$K_1^B = 10 \left( 666.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^B = 6665.40 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA (ITERATIVO)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Donde

$Q_A$  = fuerza caracteristica Q

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

### TIPO A

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

$$D_y^A = \frac{86.12 \text{ Kn}}{(7888.41 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 788.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}})}$$

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

### TIPO B

$$D_y^B = \frac{Q_B}{(K_1^B - K_2^B)}$$

$$D_y^B = \frac{72.77 \text{ Kn}}{(6665.40 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 666.54 \frac{\text{kN}}{\text{m}})}$$

$$D_y^B = 0.0121 \text{ m}$$

### FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), CONOCIENDO EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$W_D$  = energía disipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$D_y$  = desplazamiento de fluencia

### **TIPO A**

Datos

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

$$W_{DA} = 122.01 \text{ Kn. m}$$

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

$$Q_A = \frac{122.01 \text{ kN. m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_A = 89.18 \text{ Kn}$$

### **TIPO B**

$$Q_B = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Datos

$$D_y^B = 0.0121 \text{ m}$$

$$W_{DB} = 103.09 \text{ Kn. m}$$

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



$$Q_B = \frac{103.09 \text{ kN.m}}{4 * (0.35\text{m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_B = 75.35 \text{ kN}$$

## RIGIDEZ POST FLUENCIA $K_2$

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}^A$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = fuerza caracteristica Q

$D_M$  = desplazamiento traslacional

Datos

$$K_{\text{eff}}^A = 1.03 \text{ Kn/mm} * 1000 = 1032 \text{ Kn/m}$$

$$Q_A = 89.18 \text{ Kn}$$

$$K_2^A = 1032 \text{ kN/m} - \frac{89.18 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 780.22 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^A = 0.780 \text{ Kn/mm}}$$

## TIPO B

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Datos

$$K_{\text{eff}}^B = 0.872 \text{ Kn/mm} * 1000 = 872 \text{ Kn/m}$$

$$Q_B = 75.35 \text{ kN}$$

$$K_2^B = 872 \text{ kN/m} - \frac{75.35 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 659.25 \text{ kN/m}$$

$$K_2^B = 0.659 \text{ Kn/mm}$$

## RIGIDEZ INICIAL DEL DISPOSITIVO $K_1$

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

Donde

$Q_A$  = fuerza caracteristica Q

$D_y^A$  = desplazamiento de fluencia

$K_2^A$  = rigidez post fluencia

## TIPO A

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

$$K_1^A = \frac{89.18 \text{ Kn}}{0.0121 \text{ m}} + 780.22 \text{ kN/m}$$

$$K_1^A = 8131.57 \text{ Kn/m}$$

$$\mathbf{K_1^A = 8.13 \text{ kN/mm}}$$

### TIPO B

$$K_1^B = \frac{Q_B}{D_y^B} + K_2^B$$

$$K_1^B = \frac{75.35 \text{ kN}}{0.0121 \text{ m}} + 659.25 \text{ kN/m}$$

$$K_1^B = 6870.86 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^B = 6.87 \text{ Kn/mm}}$$

### FUERZA DE FLUENCIA $F_y$

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

$D_y^A$  = desplazamiento de fluencia

### TIPO A

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

$$F_y^A = 89.18 \text{ Kn} + (780.22 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$F_y^A = 98.64 \text{ kN}$$

### TIPO B

$$F_y^B = Q_B + (K_2^B * D_y^B)$$

$$F_y^B = 75.35 \text{ kN} + (659.25 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$F_y^B = 83.35 \text{ kN}$$

### RATIO DE RIGIDEZ (RELACION RIGIDEZ POST FLUENCIA/ RIGIDEZ INICIAL)

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Donde

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

$K_1^A$  = rigidez inicial

### TIPO A

$$\frac{K_2^A}{K_1^A} = \frac{780.22 \text{ Kn/m}}{9131.57 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## TIPO B

$$\frac{K_2^B}{K_1^B} = \frac{659.25 \text{ Kn/m}}{6870.86 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## PERIODO EFECTIVO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

$g$  = Gravedad, expresado en

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

$P$  = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

$$P = 10621.89 \text{ tn} = 104165.69 \text{ Kn}$$

$$K_M = 54.51 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{104165. \text{Kn}}{54.51 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$T_M = 2.8 \text{ sg}$$

## FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{2.8 \text{ Sg}}$$

$$\omega = 2.266 \text{ rad/seg}$$

## AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde

$W_D^A$  = energia disipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\omega$  = frecuencia angula

## TIPO A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Datos

$W_{DA} = 122.01 \text{ Kn} \cdot \text{m}$

$$C = \frac{122.01 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35\text{m})^2 * 2.266 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 136.64 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.14 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## TIPO B

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

Donde:

$$W_{D^B} = 103.09 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{103.09 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35)^2 * 2.266 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 115.46 \text{ kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.12 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## PROPIEDADES MECÁNICAS PARA DISPOSITIVOS CON NUCLEÓ DE PLOMO

Name	Value
betaef	0.2170
Di	15.7000
Do	55
fac	1.5000
Fy	1.9703e+04
G	8.1600
Glead	89
icod	1
icods	2
kd	989.2806
ke	7.8812e+03
kef	1.5769e+03
N	1
q	29.3225
Qd	1.7230e+04
Tef	2.0631
Tr	18
wt	1.6661e+05
z	0.4500

## PERIODO EFECTIVO DEL AISLADOR

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

$g$  = Gravedad, expresado en  $\text{mm}/\text{s}^2$

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

$P$  = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

$P = 166613.28 \text{ Kg} = 1633.93 \text{ Kn}$

$$K_M = 1.94 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{1633.93 \text{ Kn}}{1.94 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$T_M = 1.84 \text{ sg}$$

## FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{1.84 \text{ Sg}}$$



$$\omega = 3.41 \text{ rad/seg}$$

### ENERGIA DISIPADA POR CICLO

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

$$W_D = 2\pi * 1939.91 \text{ Kn/mm} * 0.25\text{m}^2 * 0.30$$

$$W_D = 217.84 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR TIPO A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde:

$$C = \frac{217.84 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.25\text{m})^2 * 3.41\text{rad/seg}}$$

$$C = 338.46 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.34 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## PROPIEDADES LIMITE INFERIOR TIPO A

<b>TIPO A - HDRB</b>		<b>CARGA</b>	<b>333.23 Tn</b>
<b>PROPIEDADES LIMITE INFERIOR</b>		UNID	Tipo A
<b>VERTICAL (U1)</b>			
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1687
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	1.03
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.1
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	8.13
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	98.64
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	122.01
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.78

Fuente: elaboración propia

## PROPIEDADES LIMITE INFERIOR TIPO B

<b>TIPO B - HDRB</b>		<b>CARGA</b>	<b>166.61 Tn</b>
<b>PROPIEDADES LIMITE INFERIOR</b>		UNID	Tipo B
<b>VERTICAL (U1)</b>			
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1320
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	0.87
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.12
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>			
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	6.87
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	83.35
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	103.09
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.659

Fuente: elaboración propia

## PROPIEDADES LIMITE INFERIOR TIPO C

TIPO C - LRB		CARGA	166.61 Tn	
PROPIEDADES NOMINALES		UNID	Tipo C	
VERTICAL (U1)				
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1263	
PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	1.55	1576.88 kg/cm
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.22	0.22 %
PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)				
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	7.73	7881.18 Kg/cm
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	193.22	19702.96 Kg
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.126	0.126
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	181.94	
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	0.97	989.28 Kg/cm

Fuente: elaboración propia

### 6.5.1. FACTOR DE MODIFICACION DE PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR

	Interfaz sin lubricación	Interfaz lubricada	Aislador de bajo amortiguamiento	Aislador de caucho con núcleo de plomo	Aislador de Caucho con núcleo de Plomo	Aislador de Alto Amortiguamiento	Aislador de Alto Amortiguamiento
Variable	u o Qd	u o Qd	K	Kd	Qd	Kd	Qd
Mínimo Factor de Modificación $\lambda_{max}$	1.6	2.25	1.3	1.3	1.5	2	1.7
Máximo Factor de Modificación $\lambda_{min}$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente: RNE Norma E-031, 2018

Rigidez efectiva obtenida para cada tipo de aislador

Tipo	UNID	Keff	Factor de modificación	Keff – límite superior
Tipo A - HDRB	Kn/mm	1.29	1.3	2.58
Tipo B - HDRB	Kn/mm	1.09	1.3	2.18
Tipo C - LRB	Kn/mm	1.94	2.0	2.52

Fuente: elaboracion propia

## 6.6. PROPIEDADES PARA LIMITE SUPERIOR

### RIGIDEZ COMPUESTA DEL SISTEMA

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B + (n)K_h^C$$

Donde

n = numero de aisladores

$K_h^A$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo A (Kn/mm)

$K_h^B$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo B (Kn/mm)

$K_h^C$  = Rigidez horizontal efectiva eff del dispositivo LRB (Kn/mm)

$$K_H = 22 * 2.58 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 8 * 2.18 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} + 17 * 2.52 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$K_H = 114.55 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

## ENERGIA DISIPADA POR CICLO (E. Ciclo)

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Dónde:

$W_D$  = energia disipada por ciclo

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva :

$D_M$  = desplazamiento traslacional :

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

### TIPO A

$$W_{DA} = 2\pi * 2580 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DA} = 305.02 \text{ Kn.m}$$

### TIPO B

$$W_{DB} = 2\pi * 2180 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} * (0.35\text{m})^2 * 0.15$$

$$W_{DB} = 257.73 \text{ Kn.m}$$

## FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), PARA DETERMINAR EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$D_y = 0$  (desplazamiento de fluencia) inicialmente el desplazamiento es cero

$W_D^A$  = Energia disipada por ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

### TIPO A

$$Q_A = \frac{305.02 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_A = 215.30 \text{ Kn}$$

### TIPO B

$$Q_B = \frac{257.73 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.00 \text{ m})}$$

$$Q_B = 181.92 \text{ Kn}$$

### PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE $K_2$ RIGIDEZ POST FLUENCIA

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = Fuerza caracteristica Q

$D_M$  = Desplazamiento traslacional

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

$$K_2^A = 2580 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} - \frac{215.30 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 1972.10 \text{ kN/m}$$

### TIPO B

Datos:

$K_{\text{eff}}$  = Rigidez efectiva

$Q_B$  = Fuerza característica Q

$D_{TM}$  = Desplazamiento traslacional

$$K_2^B = K_{\text{eff}}^B - \frac{Q_B}{D_{TM}}$$

$$K_2^B = 2180 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - \frac{181.92 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 1666.54 \frac{\text{Kn}}{\text{m}}$$

### PRIMERA APROXIMACION DE VALORES DE RIGIDEZ INICIAL $K_1$

Asumiendo que  $K_1$  es 10 veces  $K_2$

$$K_1^A = 10K_2^A$$

Donde

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

### TIPO A

$$K_1^A = 10 \left( 1972.10 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^A = 19721.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### TIPO B

$$K_1^B = 10K_2^B$$

$$K_1^B = 10 \left( 1666.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^B = 16663.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA (ITERATIVO)

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$K_1^A$  = rigidez inicial

$K_2^A$  = rigidez postfluencia



## TIPO A

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

$$D_y^A = \frac{215.30 \text{ Kn}}{(19721.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 1972.10 \frac{\text{kN}}{\text{m}})}$$

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

## TIPO B

$$D_y^B = \frac{Q_B}{(K_1^B - K_2^B)}$$

$$D_y^B = \frac{181.92 \text{ Kn}}{(16663.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 1666.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}})}$$

$$D_y^B = 0.0121 \text{ m}$$

## FUERZA CARACTERÍSTICA (Q), CONOCIENDO EL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_M - D_y)}$$

Donde

$W_D$  = energia dicipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$D_y$  = desplazamiento de fluencia

## TIPO A

Datos

$$D_y^A = 0.0121 \text{ m}$$

$$W_{DA} = 305.02 \text{ Kn. m}$$

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

$$Q_A = \frac{305.02 \text{ kN. m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_A = 222.94 \text{ Kn}$$

## TIPO B

Datos

$$D_y^B = 0.0121 \text{ m}$$

$$W_{DB} = 257.73 \text{ Kn. m}$$

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

$$Q_B = \frac{257.73 \text{ kN. m}}{4 * (0.35 \text{ m} - 0.0121 \text{ m})}$$

$$Q_B = 188.38 \text{ kN}$$

## RIGIDEZ POST FLUENCIA $K_2$

### TIPO A

$$K_2^A = K_{\text{eff}}^A - \frac{Q_A}{D_M}$$

Donde

$K_{\text{eff}}^A$  = rigidez efectiva

$Q_A$  = fuerza caracteristica Q

$D_M$  = desplazamiento traslacional

Datos

$$K_{\text{eff}}^A = 2.58 \text{ Kn/mm} * 1000 = 2580 \text{ Kn/m}$$

$$Q_A = 222.94 \text{ Kn}$$

$$K_2^A = 2580 \text{ kN/m} - \frac{222.94 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 1950.54 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^A = 1.971 \text{ Kn/mm}}$$

### TIPO B

$$K_2^B = K_{\text{eff}}^B - \frac{Q_B}{D_M}$$

Datos

$$K_{\text{eff}}^B = 2.18 \text{ Kn/mm} * 1000 = 2180 \text{ Kn/m}$$

$$Q_B = 188.38 \text{ kN}$$

$$K_2^B = 2180 \text{ kN/m} - \frac{188.38 \text{ kN}}{0.35 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 1648.13 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^B = 1.648 \text{ Kn/mm}}$$

### **RIGIDEZ INICIAL DEL DISPOSITIVO $K_1$**

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$D_y^A$  = desplazamiento de fluencia

$K_2^A$  = rigidez post fluencia

**TIPO A**

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

$$K_1^A = \frac{222.94 \text{ Kn}}{0.0121 \text{ m}} + 1950.54 \text{ kN/m}$$

$$K_1^A = 20328.92 \text{ Kn/m}$$

$$\mathbf{K_1^A = 20.33 \text{ kN/mm}}$$

## TIPO B

$$K_1^B = \frac{Q_B}{D_y^B} + K_2^B$$

$$K_1^B = \frac{188.38 \text{ kN}}{0.0121 \text{ m}} + 1648.13 \text{ kN/m}$$

$$K_1^B = 17177.15 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^B = 17.18 \text{ Kn/mm}}$$

## FUERZA DE FLUENCIA $F_y$

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

Donde

$Q_A$  = fuerza característica Q

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

$D_y^A$  = desplazamiento de fluencia

## TIPO A

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

$$F_y^A = 222.94 \text{ Kn} + (1950.54 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$\mathbf{F_y^A = 246.60 \text{ kN}}$$

## TIPO B

$$F_y^B = Q_B + (K_2^B * D_y^B)$$

$$F_y^B = 188.38 \text{ kN} + (1648.13 \text{ kN/m} * 0.0121 \text{ m})$$

$$F_y^B = 208.37 \text{ kN}$$

## RATIO DE RIGIDEZ (RELACION RIGIDEZ POST FLUENCIA/ RIGIDEZ INICIAL)

$$\frac{K_2^A}{K_1^A}$$

Donde

$K_2^A$  = rigidez postfluencia

$K_1^A$  = rigidez inicial

## TIPO A

$$\frac{K_2^A}{K_1^A} = \frac{1950.54 \text{ Kn/m}}{20328.92 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## TIPO B

$$\frac{K_2^B}{K_1^B} = \frac{1648.13 \text{ Kn/m}}{17177.55 \text{ Kn/m}} = 0.096$$

## PERIODO EFECTIVO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

$g$  = Gravedad, expresado en

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

$P$  = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

$P = 10621.89 \text{ tn} = 104165.69 \text{ Kn}$

$$K_M = 114.55 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{104165. \text{Kn}}{114.55 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$\mathbf{T_M = 1.91 \text{ sg}}$$

## FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{1.91 \text{ Sg}}$$

$$\omega = 3.285 \text{ rad/seg}$$

### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde

$W_D^A$  = energia disipada por ciclo E. ciclo

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\omega$  = frecuencia angula

### TIPO A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Datos

$$W_{DA} = 122.01 \text{ Kn. m}$$

$$C = \frac{305.02 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35\text{m})^2 * 3.285 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 235.65 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.24 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$



## TIPO B

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

Donde:

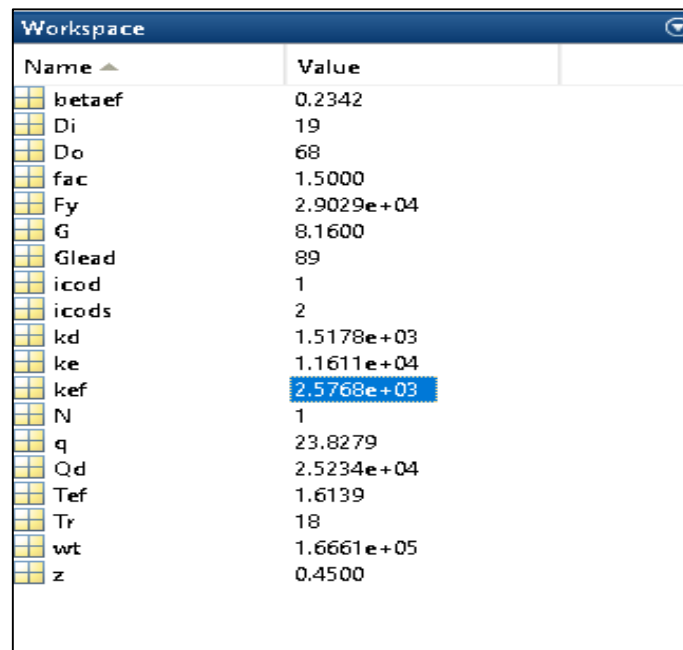
$$W_{D^B} = 103.09 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{275.73 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.35)^2 * 3.285 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 199.11 \text{ kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.20 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## PROPIEDADES MECÁNICAS PARA DISPOSITIVOS CON NUCLEÓ DE PLOMO



Name	Value
betaef	0.2342
Di	19
Do	68
fac	1.5000
Fy	2.9029e+04
G	8.1600
Glead	89
icod	1
icods	2
kd	1.5178e+03
ke	1.1611e+04
kef	2.5768e+03
N	1
q	23.8279
Qd	2.5234e+04
Tef	1.6139
Tr	18
wt	1.6661e+05
z	0.4500

## PERIODO EFECTIVO DEL AISLADOR

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

Donde:

g = Gravedad, expresado en

$K_M$  = Rigidez efectiva  $K_{eff}$

$T_M$  = Periodo efectivo

P = Peso de la estructura según E – 030 en Kn

Datos

P = 166613.28 Kg = 1633.93 Kn

$$K_{eff} = 2.53 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}}$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{1633.93 \text{ Kn}}{2.53 \frac{\text{Kn}}{\text{mm}} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2}}}$$

$$T_M = 1.61 \text{ sg}$$

## FRECUENCIA ANGULAR DEL SISTEMA

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

$$\omega = \frac{2\pi}{1.61 \text{ Sg}}$$

$$\omega = 3.893 \text{ rad/seg}$$

### ENERGIA DISIPADA POR CICLO

$$W_D = 2\pi * K_{\text{eff}} * D_M^2 * \beta$$

Donde

$K_{\text{eff}}$  = rigidez efectiva

$D_M$  = desplazamiento traslacional

$\beta$  = amortiguamiento efectivo en fraccion

$$W_D = 2\pi * 2522 \text{ Kn/m} * 0.24\text{m}^2 * 0.23$$

$$W_D = 210.69 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

### AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO DE CADA AISLADOR TIPO A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_M^2 * \omega}$$

Donde:

$$C = \frac{210.69 \text{ Kn} \cdot \text{m}}{\pi * (0.24\text{m})^2 * 3.893\text{rad/seg}}$$

$$C = 303.41 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0.30 \text{ Kn} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

## PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR TIPO A

<b>TIPO A - HDRB</b>	<b>CARGA</b>	<b>333.23 Tn</b>
<b>PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR</b>	UNID	Tipo A
<b>VERTICAL (U1)</b>		
Rigidez Vertical (Effective Stiffness) $K_v$	Kn/mm	1687
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>		
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) $K_{eff}$	Kn/mm	2.58
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn. seg/mm	0.2
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>		
Rigidez Inicial (Stiffness) $K_1$	Kn/mm	20.33
Fuerza de Fluencia (yield strength) $F_y$	Kn	246.60
Relación R.Inic/R. Post $K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada $W_D$	(Kn. m)	305.02
Rigidez Post fluencia $K_2$	Kn/mm	1.95

Fuente: elaboración propia

## PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR TIPO B

<b>TIPO B - HDRB</b>	<b>CARGA</b>	<b>166.61 Tn</b>
<b>PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR</b>	UNID	Tipo B
<b>VERTICAL (U1)</b>		
Rigidez Vertical (Effective Stiffness) $K_v$	Kn/mm	1320
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>		
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness) $K_{eff}$	Kn/mm	2.18
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping) C	Kn. seg/mm	0.20
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>		
Rigidez Inicial (Stiffness) $K_1$	Kn/mm	17.18
Fuerza de Fluencia (yield strength) $F_y$	Kn	208.37
Relación R.Inic/R. Post $K_2/K_1$	ratio	0.096
Energía Disipada $W_D$	(Kn. m)	257.73
Rigidez Post fluencia $K_2$	Kn/mm	1.648

Fuente: elaboración propia

PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR TIPO C

<b>TIPO C - LRB</b>		<b>CARGA</b>	<b>166.61 Tn</b>	
<b>PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR</b>		UNID	Tipo C	
<b>VERTICAL (U1)</b>				PROPIEDADES NOMINALES (MATLAB)
Rigidez Vertical (Effective Stiffness)	$K_v$	Kn/mm	1263	
<b>PROPIEDADES LINEALES (U2,U3)</b>				
Rigidez Efectiva Lineal (Effective Stiffness)	$K_{eff}$	Kn/mm	2.53	2576.84 kg/cm
Amortiguamiento Efectivo (Effective Damping)	C	Kn. seg/mm	0.30	0.23 %
<b>PROPIEDADES NO LINEALES (U2,U3)</b>				
Rigidez Inicial (Stiffness)	$K_1$	Kn/mm	11.39	11611.45 Kg/cm
Fuerza de Fluencia (yield strength)	$F_y$	Kn	284.67	29028.63 Kg
Relación R.Inic/R. Post	$K_2/K_1$	ratio	0.131	0.131
Energía Disipada	$W_D$	(Kn. m)	210.69	
Rigidez Post fluencia	$K_2$	Kn/mm	1.49	1517.83 Kg/cm

Fuente: elaboración propia

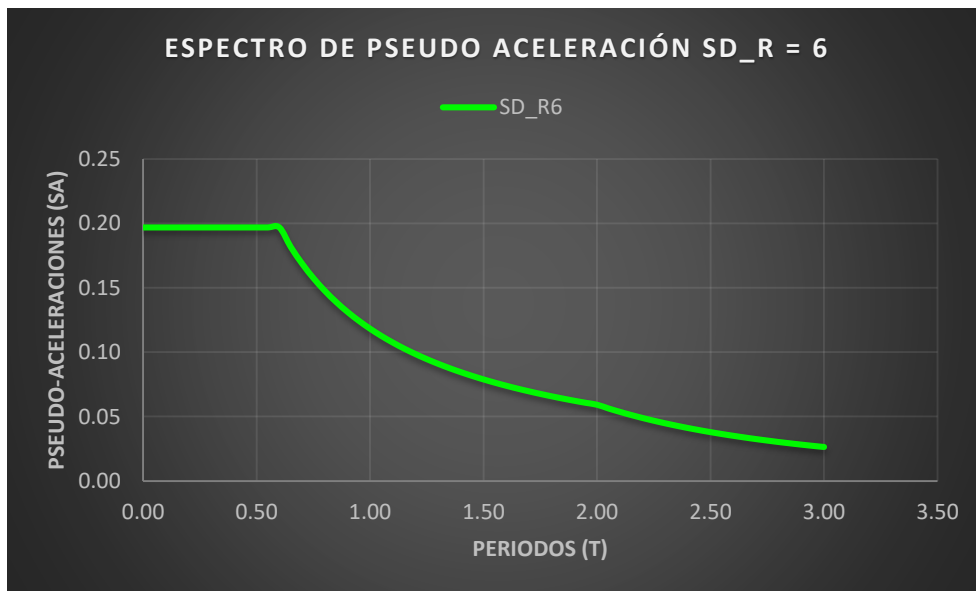
**6.7. ANALISIS MODAL ESPECTRAL CON SISMO DE DISEÑO R=6**  
**PROPIEDADES NOMINALES**

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

PARAMETRO		VALOR
Zona	Z4	0.45
Uso	U	1
Coeficiente Sismico	C	2.5
Factor De Suelo	S	1.05
Factor De Reducción	R	6
Periodo En X	Tx	0.558
Periodo En Y	Ty	0.561

Fuente: elaboracion propia

**Espectro de diseño con R=6**



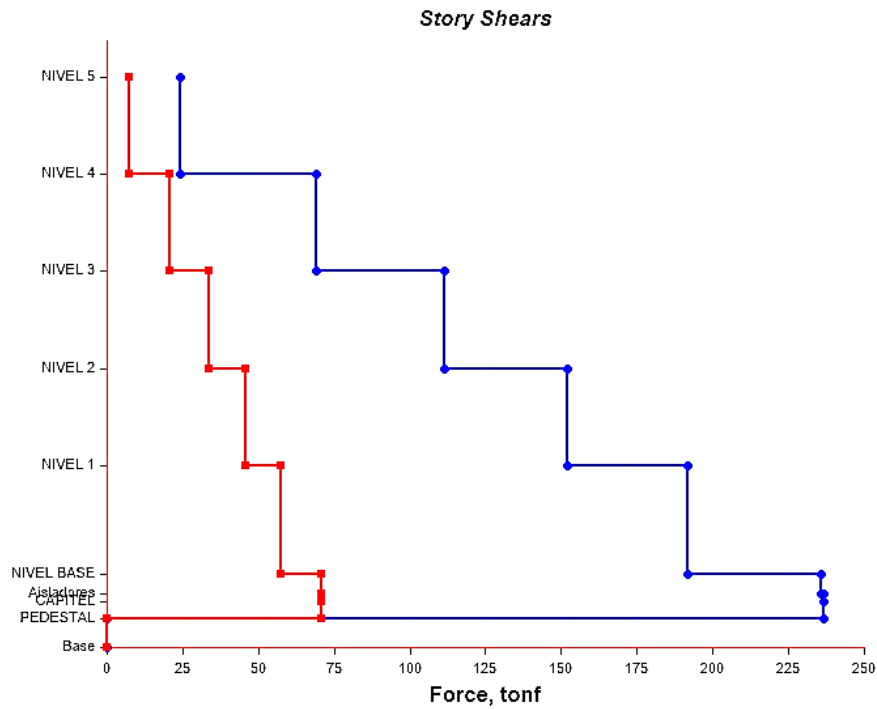
Fuente: elaboracion propia

### 6.7.1. MASA PARTICIPATIVA – PROPIEDADES NOMINALES

MASA PARTICIPATIVA						
Case	Mode	Period (seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	2.602	0.978	0.013	98%	1%
Modal	2	2.601	0.013	0.985	99%	100%
Modal	3	2.285	0.007	0.000	100%	100%
Modal	4	0.407	0.000	0.001	100%	100%
Modal	5	0.396	0.001	0.000	100%	100%
Modal	6	0.34	0.000	0.000	100%	100%
Modal	7	0.153	0.000	0.000	100%	100%
Modal	8	0.151	0.000	0.000	100%	100%
Modal	9	0.108	0.000	0.000	100%	100%
Modal	10	0.077	0.000	0.000	100%	100%
Modal	11	0.076	0.000	0.000	100%	100%
Modal	12	0.052	0.000	0.000	100%	100%
Modal	13	0.048	0.000	0.000	100%	100%
Modal	14	0.047	0.000	0.000	100%	100%
Modal	15	0.036	0.000	0.000	100%	100%

Fuente: elaboracion propia

## 6.7.2. CORTANTE - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN X



cortante - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en X

cortante - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en X

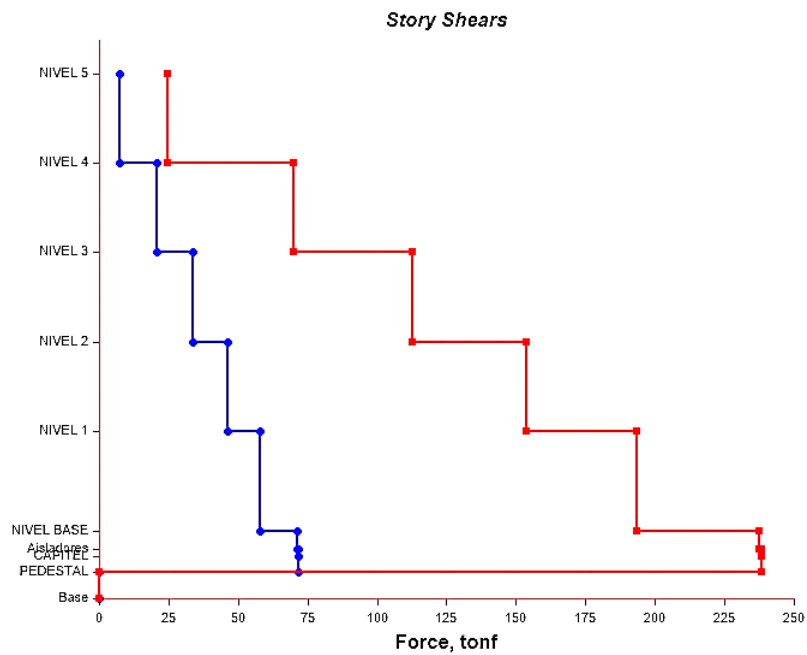
Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)
Nivel 5	20.5	Bottom	24.33
Nivel 4	16.5	Bottom	68.96
Nivel 3	12.5	Bottom	111.44
Nivel 2	8.5	Bottom	152.1
Nivel 1	4.5	Bottom	191.89
NIVEL BASE			235.71

Fuente: elaboracion propia

Como se puede apreciar se llegó a obtener un cortante de base de **(235.71 Tn)** en el nivel base para un sismo dinámico en sentido X,



### 6.7.3. CORTANTE - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



Sismo de diseño R=6 propiedades nominales en Y

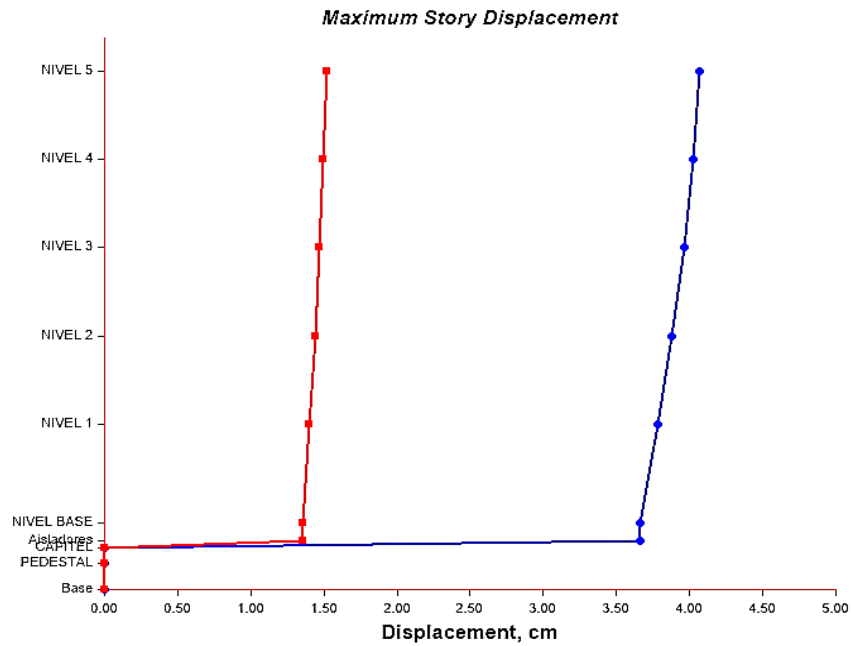
Sismo de diseño R=6 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Bottom	24.79
Nivel 4	16.5	Bottom	69.98
Nivel 3	12.5	Bottom	112.77
Nivel 2	8.5	Bottom	153.59
Nivel 1	4.5	Bottom	193.5
NIVEL BASE			237.54

Fuente: elaboracion propia

Como se puede apreciar se llegó a obtener un cortante de (237.54 Tn) en el nivel base de la estructura para un sismo dinámico en sentido Y

#### 6.7.4. DESPLAZAMIENTO - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN X



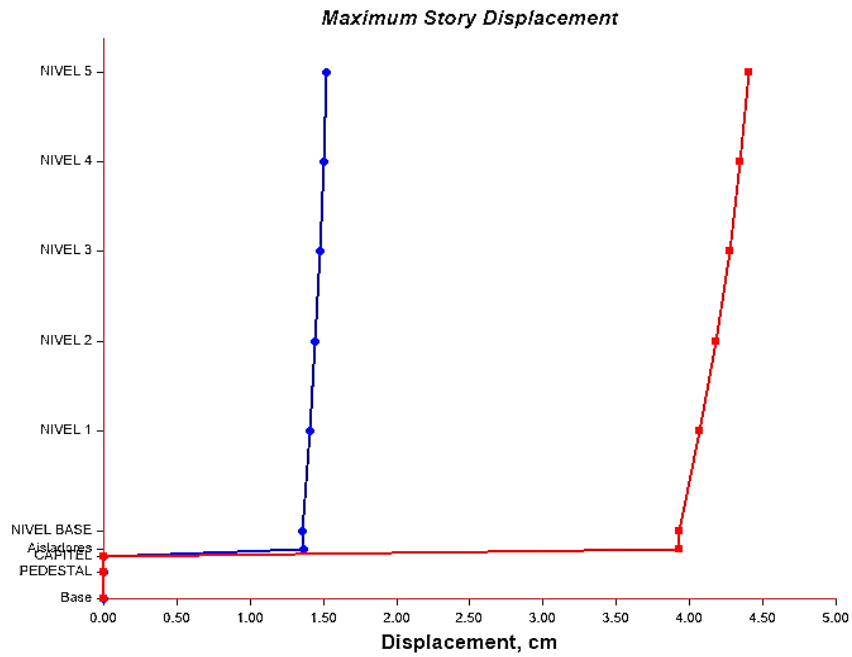
Desplazamiento - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en X

Desplazamiento - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	4.07
Nivel 4	16.5	Top	4.02
Nivel 3	12.5	Top	3.96
Nivel 2	8.5	Top	3.88
Nivel 1	4.5	Top	3.78
NIVEL BASE			3.66

Fuente: elaboracion propia

### 6.7.5. DESPLAZAMIENTO - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



Desplazamiento - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en Y

Desplazamiento - sismo de diseño R=6 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	4.4
Nivel 4	16.5	Top	4.35
Nivel 3	12.5	Top	4.27
Nivel 2	8.5	Top	4.18
Nivel 1	4.5	Top	4.07
NIVEL BASE			3.93

Fuente: elaboracion propia

### 6.7.6. CONTROL DE DERIVAS CON SISMO DE DISEÑO PROPIEDADES NOMINALES

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN X**

<b>DERIVAS R=6 (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_X Max	0.038	4	0.0004	0.0001	0.0005	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_X Max	0.038	4	0.0006	0.0001	0.0007	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_X Max	0.037	4	0.0008	0.0002	0.0009	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_X Max	0.036	4	0.0009	0.0002	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_X Max	0.035	4.5	0.0012	0.0003	0.0012	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_DIN_X Max	0.034								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES NOMINALES EN Y**

<b>DERIVAS R=6 (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_DIN_Y Max	0.039	4	0.0005	0.0001	0.0006	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_DIN_Y Max	0.038	4	0.0006	0.0002	0.0007	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_DIN_Y Max	0.037	4	0.0008	0.0002	0.0009	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_DIN_Y Max	0.037	4	0.0010	0.0002	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_DIN_Y Max	0.036	4.5	0.0012	0.0003	0.0012	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_DIN_Y Max	0.034								

Fuente: elaboracion propia

**6.8. ANALISIS DINAMICO – SISMO MAXIMO CONSIDERADO R = 2 PROPIEDADES NOMINALES**

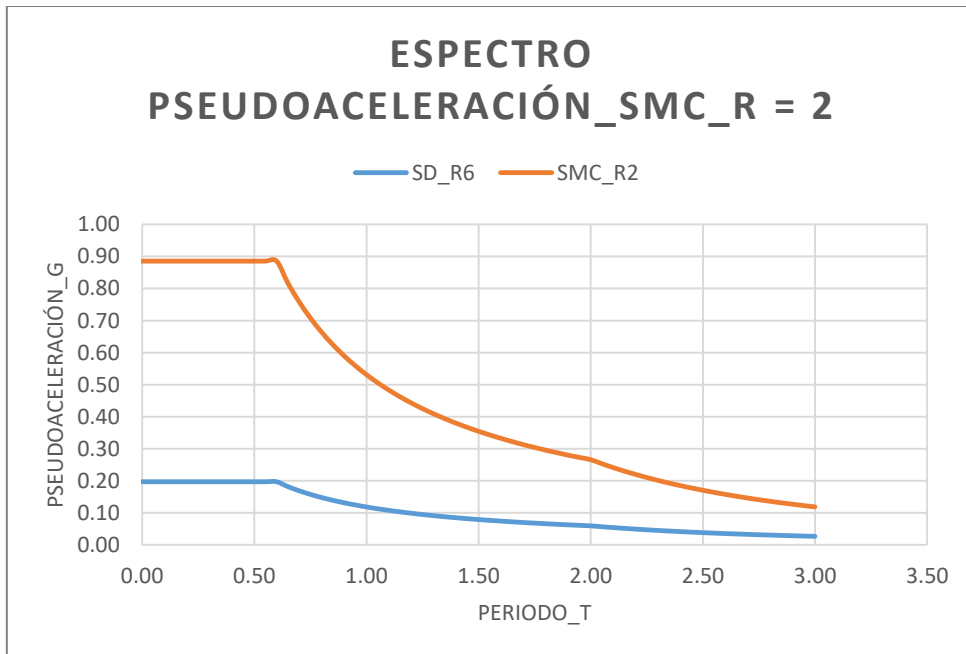
Parámetro		Valor
Zona	Z4	0.675g
Uso	U	1
Coefficiente Sismico	C	2.5
Factor de Suelo	S	1.05
Factor de Reducción	R	2

Fuente: Elaboracion propia

**ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIÓN PARA UN SISMO MAXIMO ESPERADO R=2**

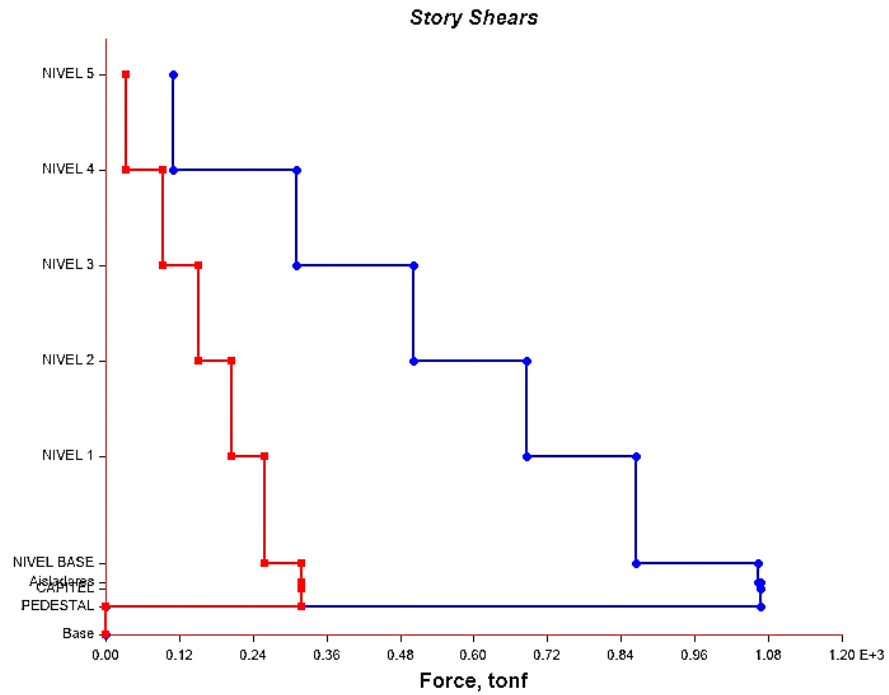
$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Espectro de pseudo aceleraciones



Fuente: elaboración propia

### 6.8.1. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN X



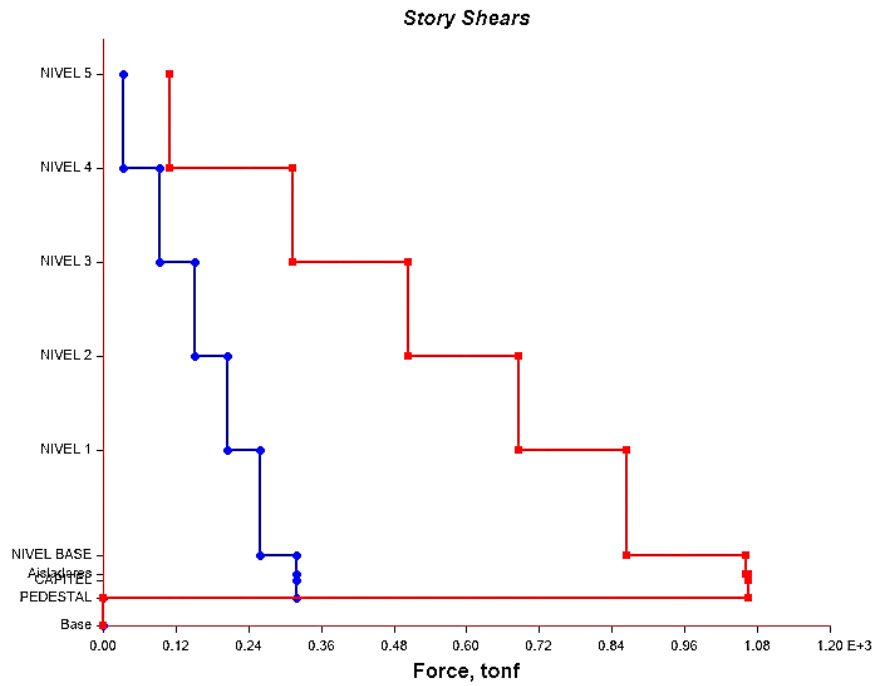
Cortante - sismo de máximo R=2 propiedades nominales en X

Cortante - sismo de máximo R=2 propiedades nominales en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)
Nivel 5	20.5	Bottom	109.6
Nivel 4	16.5	Bottom	310.67
Nivel 3	12.5	Bottom	502.12
Nivel 2	8.5	Bottom	685.42
Nivel 1	4.5	Bottom	864.82
NIVEL BASE			1062.41

Fuente: elaboracion propia

### 6.8.2. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



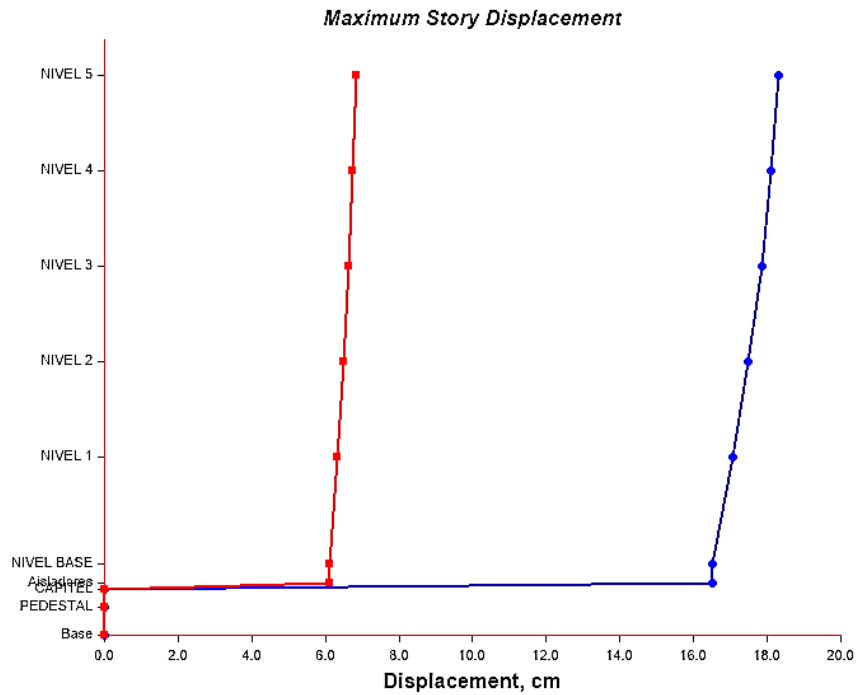
Cortante - sismo de máximo R=2 propiedades nominales en Y

Cortante - sismo de máximo R=2 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Bottom	110.67
Nivel 4	16.5	Bottom	312.54
Nivel 3	12.5	Bottom	503.82
Nivel 2	8.5	Bottom	686.41
Nivel 1	4.5	Bottom	864.99
NIVEL BASE			1061.99

Fuente: elaboracion propia

### 6.8.3. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN X



Desplazamiento - sismo máximo R=2 propiedades nominales en X

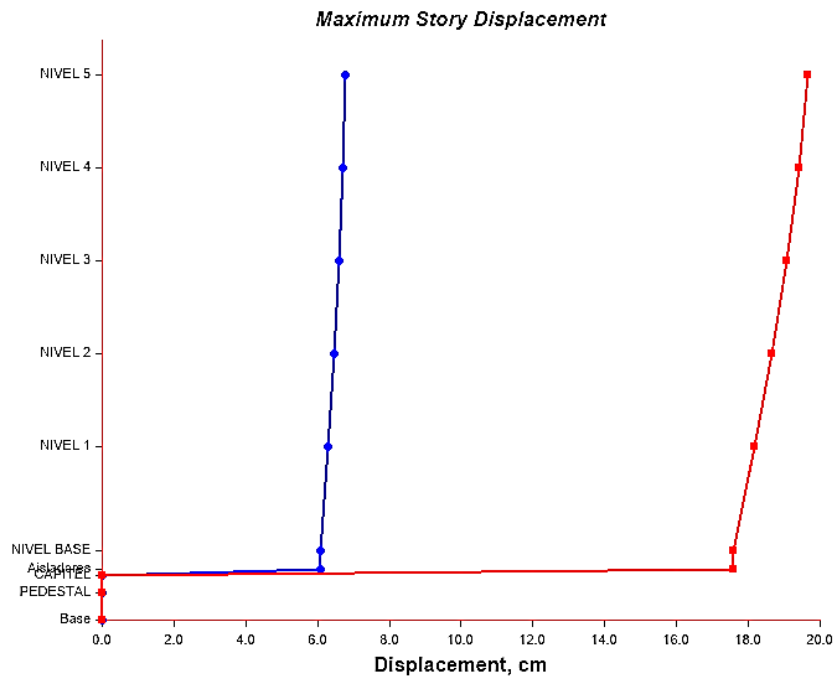
Desplazamiento - sismo máximo R=2 propiedades nominales en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	18.32
Nivel 4	16.5	Top	18.12
Nivel 3	12.5	Top	17.84
Nivel 2	8.5	Top	17.49
Nivel 1	4.5	Top	17.05
NIVEL BASE			16.5

Fuente: elaboracion propia



#### 6.8.4. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



Desplazamiento - sismo máximo R=2 propiedades nominales en Y

Desplazamiento - sismo máximo R=2 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	19.67
Nivel 4	16.5	Top	19.41
Nivel 3	12.5	Top	19.08
Nivel 2	8.5	Top	18.67
Nivel 1	4.5	Top	18.18
NIVEL BASE			17.58

Fuente: elaboracion propia

#### 6.8.5. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN X**

<b>DERIVAS R=2 (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_XX Max	0.172	4	0.0019	0.0005	0.0007	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_XX Max	0.170	4	0.0026	0.0007	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_XX Max	0.167	4	0.0034	0.0009	0.0013	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_XX Max	0.164	4	0.0042	0.0011	0.0016	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_XX Max	0.160	4.5	0.0052	0.0012	0.0017	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_XX Max	0.155								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES NOMINALES EN Y**

<b>DERIVAS R=2 (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_YY Max	0.172	4	0.0022	0.0006	0.0008	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_YY Max	0.170	4	0.0029	0.0007	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_YY Max	0.167	4	0.0036	0.0009	0.0014	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_YY Max	0.164	4	0.0044	0.0011	0.0016	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_YY Max	0.159	4.5	0.0053	0.0012	0.0018	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_YY Max	0.154								

Fuente: elaboracion propia

**6.9. ANALISIS DINAMICO – SISMO MAXIMO CONSIDERADO R = 1 PROPIEDADES NOMINALES**

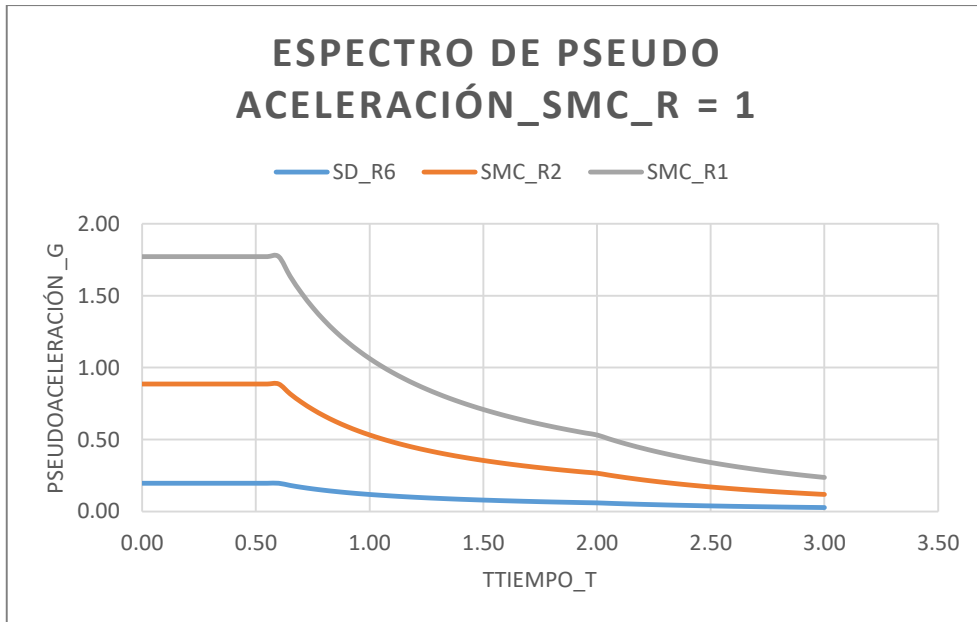
PARAMETRO		VALOR
Zona	Z4	0.675g
Uso	U	1
Coeficiente Sismico	C	2.5
Factor de Suelo	S	1.05
Factor de Reducción	R	1

Fuente: elaboracion propia

**ESPECTRO DE PSEUDOACELERACIÓN PARA UN SISMO MAXIMO ESPERADO R=1**

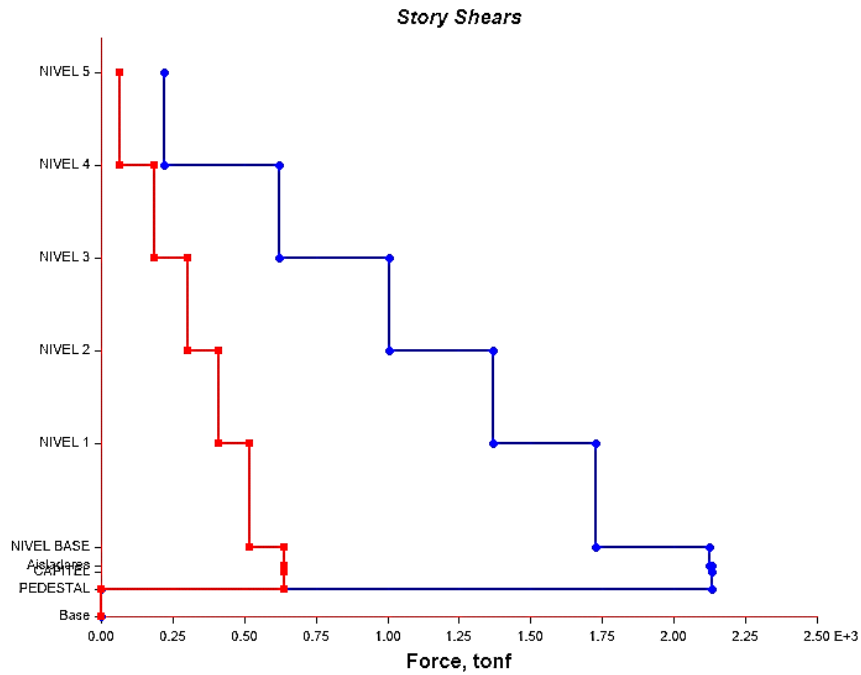
$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Espectro de pseudo aceleraciones



Fuente: elaboracion propia

### 6.9.1. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN X



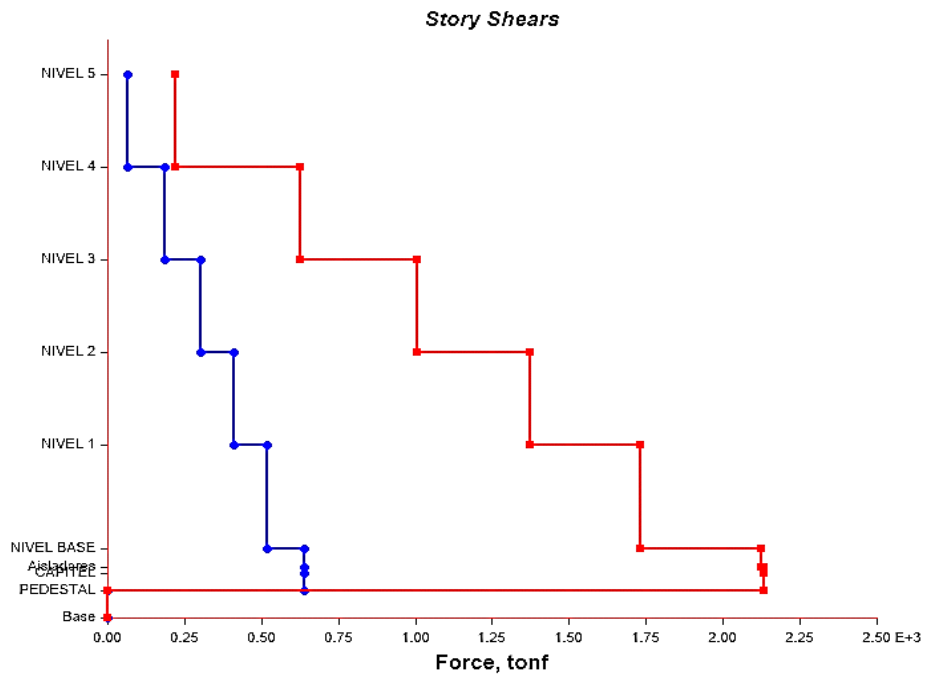
Cortante - sismo de máximo R=1 propiedades nominales en X

Cortante - sismo de máximo R=1 propiedades nominales en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	219.14
Nivel 4	16.5	Top	621.17
Nivel 3	12.5	Top	1003.96
Nivel 2	8.5	Top	1370.43
Nivel 1	4.5	Top	1729.12
NIVEL BASE			2124.17

Fuente: elaboracion propia

### 6.9.2. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



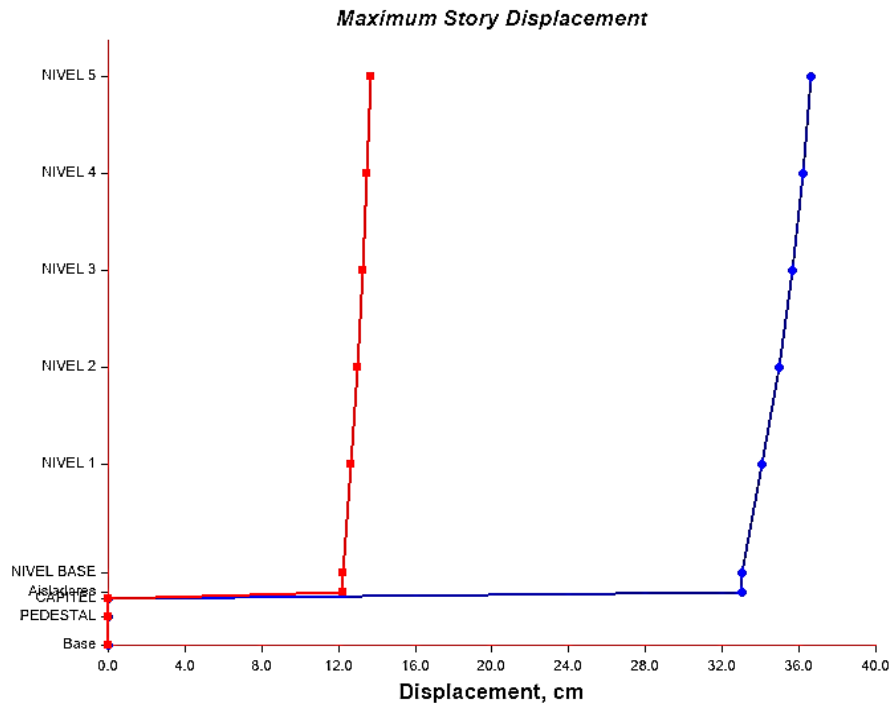
Cortante - sismo de máximo R=1 propiedades nominales en Y

Cortante - sismo de máximo R=1 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	221.27
Nivel 4	16.5	Top	624.91
Nivel 3	12.5	Top	1007.35
Nivel 2	8.5	Top	1372.41
Nivel 1	4.5	Top	1729.44
NIVEL BASE			2123.32

Fuente: elaboracion propia

### 6.9.3. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN X



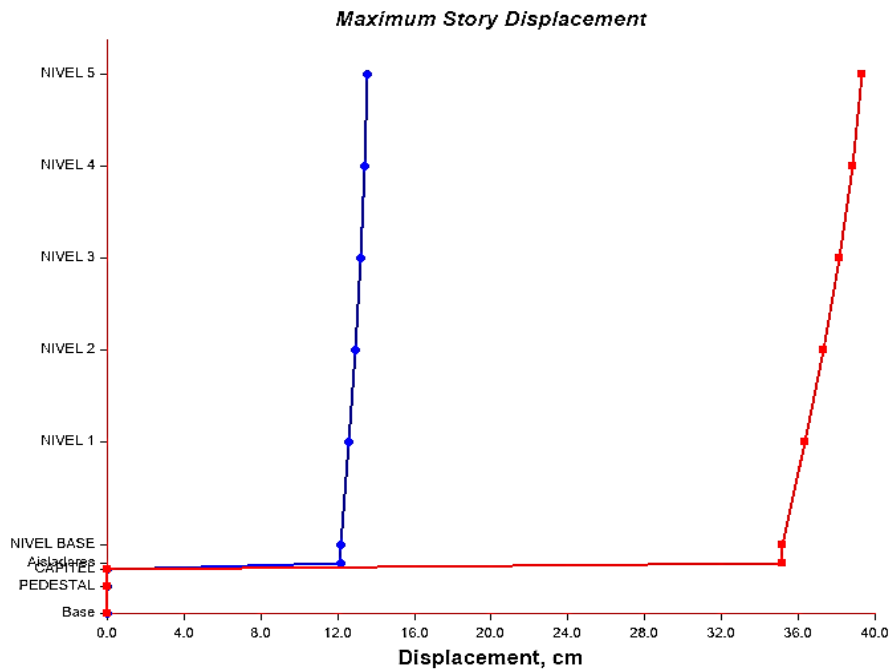
Desplazamiento - sismo máximo R=1 propiedades nominales en X

Desplazamiento - sismo máximo R=1 propiedades nominales en X

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	36.63
Nivel 4	16.5	Top	36.22
Nivel 3	12.5	Top	35.68
Nivel 2	8.5	Top	34.96
Nivel 1	4.5	Top	34.08
NIVEL BASE			32.99

Fuente: elaboracion propia

#### 6.9.4. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN Y



Desplazamiento - sismo máximo R=1 propiedades nominales en Y

Desplazamiento - sismo máximo R=1 propiedades nominales en Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	39.33
Nivel 4	16.5	Top	38.81
Nivel 3	12.5	Top	38.16
Nivel 2	8.5	Top	37.33
Nivel 1	4.5	Top	36.34
NIVEL BASE			35.14

Fuente: elaboracion propia

#### 6.9.5. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN X**

<b>DERIVAS R=1 – NOMINALES (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_XX Max	0.344	4	0.0039	0.0010	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_XX Max	0.340	4	0.0052	0.0013	0.0013	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_XX Max	0.335	4	0.0069	0.0017	0.0017	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_XX Max	0.328	4	0.0084	0.0021	0.0021	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R1_XX Max	0.319	4.5	0.0104	0.0023	0.0023	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_XX Max	0.309								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES NOMINALES EN Y**

<b>DERIVAS R=1 – NOMINALES (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_YY Max	0.345	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_YY Max	0.340	4	0.0057	0.0014	0.0014	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_YY Max	0.335	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_YY Max	0.327	4	0.0087	0.0022	0.0022	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R1_YY Max	0.319	4.5	0.0107	0.0024	0.0024	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_YY Max	0.308								

Fuente: elaboracion propia



**6.10. ANALISIS DINAMICO – SISMO DE DISEÑO R = 6 PROPIEDADES LIMITE  
INFERIOR**

**MASA PARTICIPATIVA PARA PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

MASA PARTICIPATIVA						
Case	Mode	Period (seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	2.893	0.9865	0.0049	99%	0%
Modal	2	2.892	0.0049	0.9941	99%	100%
Modal	3	2.542	0.0077	5.16E-06	100%	100%
Modal	4	0.41	0	0.0009	100%	100%
Modal	5	0.399	0.0009	0	100%	100%
Modal	6	0.342	0	0	100%	100%
Modal	7	0.154	1.41E-05	0	100%	100%
Modal	8	0.152	0	1.33E-05	100%	100%
Modal	9	0.108	0	0	100%	100%
Modal	10	0.077	0.00E+00	0	100%	100%
Modal	11	0.076	0	0.00E+00	100%	100%
Modal	12	0.052	0	0	100%	100%
Modal	13	0.048	0	0	100%	100%
Modal	14	0.047	0	0	100%	100%
Modal	15	0.036	0	0	100%	100%

Fuente: elaboracion propia

### 6.10.1. CORTANTE - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	20.94	21.34
Nivel 4	16.5	Top	59.43	60.33
Nivel 3	12.5	Top	96.17	97.36
Nivel 2	8.5	Top	131.45	132.82
Nivel 1	4.5	Top	166.13	167.65
NIVEL BASE			204.51	206.27

Fuente: elaboracion propia

### 6.10.2. DESPLAZAMIENTO - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	4.33	4.68
Nivel 4	16.5	Top	4.29	4.63
Nivel 3	12.5	Top	4.24	4.56
Nivel 2	8.5	Top	4.17	4.48
Nivel 1	4.5	Top	4.08	4.39
NIVEL BASE			3.98	4.27

Fuente: elaboracion propia

### 6.10.3. DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X**

<b>DERIVAS R=6 – LIMITE INFERIOR (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_ DIN_X Max	0.041	4	0.0004	0.0001	0.0004	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_ DIN_X Max	0.040	4	0.0005	0.0001	0.0006	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_ DIN_X Max	0.040	4	0.0007	0.0002	0.0007	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_ DIN_X Max	0.039	4	0.0008	0.0002	0.0009	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_ DIN_X Max	0.038	4.5	0.0010	0.0002	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_ DIN_X Max	0.037								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN Y**

<b>DERIVAS R=6 – LIMITE INFERIOR (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_ DIN_Y Max	0.041	4	0.0004	0.0001	0.0005	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_ DIN_Y Max	0.041	4	0.0006	0.0001	0.0006	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_ DIN_Y Max	0.040	4	0.0007	0.0002	0.0008	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_ DIN_Y Max	0.039	4	0.0008	0.0002	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_ DIN_Y Max	0.038	4.5	0.0010	0.0002	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_ DIN_Y Max	0.037								

Fuente: elaboracion propia

### 6.11. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	94.21	95.18
Nivel 4	16.5	Top	267.35	269.1
Nivel 3	12.5	Top	432.59	434.28
Nivel 2	8.5	Top	591.3	592.46
Nivel 1	4.5	Top	747.28	747.81
NIVEL BASE			919.95	920.04

Fuente: elaboracion propia

#### 6.11.1. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido X (cm)
Nivel 5	20.5	Top	19.47	20.87
Nivel 4	16.5	Top	19.29	20.65
Nivel 3	12.5	Top	19.06	20.36
Nivel 2	8.5	Top	18.75	20
Nivel 1	4.5	Top	18.37	19.57
NIVEL BASE			17.89	19.05

Fuente: elaboracion propia

#### 6.11.2. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X**

<b>DERIVAS R=2 – LIMITE INFERIOR (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_XX Max	0.182	4	0.0017	0.0004	0.0006	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_XX Max	0.181	4	0.0023	0.0006	0.0008	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_XX Max	0.179	4	0.0030	0.0007	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_XX Max	0.176	4	0.0036	0.0009	0.0014	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_XX Max	0.172	4.5	0.0045	0.0010	0.0015	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_XX Max	0.167								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN Y**

<b>DERIVAS R=2 – LIMITE INFERIOR (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_YY Max	0.183	4	0.0020	0.0005	0.0007	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_YY Max	0.181	4	0.0025	0.0006	0.0009	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_YY Max	0.179	4	0.0032	0.0008	0.0012	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_YY Max	0.175	4	0.0038	0.0009	0.0014	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_YY Max	0.172	4.5	0.0046	0.0010	0.0015	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_YY Max	0.167								

Fuente: elaboracion propia

### 6.12. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido X (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	188.41	190.36
Nivel 4	16.5	Top	534.7	538.21
Nivel 3	12.5	Top	865.18	868.57
Nivel 2	8.5	Top	1182.6	1184.93
Nivel 1	4.5	Top	1494.56	1495.61
NIVEL BASE			1839.91	1840.09

Fuente: elaboracion propia

### 6.12.1. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	38.94	41.74
Nivel 4	16.5	Top	38.59	41.29
Nivel 3	12.5	Top	38.11	40.72
Nivel 2	8.5	Top	37.49	40.01
Nivel 1	4.5	Top	36.73	39.15
NIVEL BASE			35.79	38.1

Fuente: elaboracion propia

### 6.12.3. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN X**

<b>DERIVAS R=1 – LIMITE INFERIOR (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_XX Max	0.365	4	0.0033	0.0008	0.0008	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_XX Max	0.362	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_XX Max	0.357	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_XX Max	0.351	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R1_XX Max	0.344	4.5	0.0090	0.0020	0.0020	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_XX Max	0.335								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE INFERIOR EN Y**

<b>DERIVAS R=1 – LIMITE INFERIOR (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_YY Max	0.366	4	0.0039	0.0010	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_YY Max	0.362	4	0.0050	0.0012	0.0012	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_YY Max	0.357	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_YY Max	0.351	4	0.0076	0.0019	0.0019	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R1_YY Max	0.343	4.5	0.0093	0.0021	0.0021	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_YY Max	0.334								

Fuente: elaboracion propia

**6.13. ANALISIS DINAMICO – SISMO DE DISEÑO R = 6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

**6.13.1. MASA PARTICIPATIVA PARA PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

MASA PARTICIPATIVA						
Case	Mode	Period (seg)	UX	UY	Sum UX	Sum UY
Modal	1	2.049	0.0009	0.9951	0%	100%
Modal	2	2.047	0.9853	0.0009	99%	100%
Modal	3	1.879	0.0102	0.00002376	100%	100%
Modal	4	0.4	0	0.0039	100%	100%
Modal	5	0.39	0.0035	0	100%	100%
Modal	6	0.336	0	0	100%	100%
Modal	7	0.153	0.0001	0	100%	100%
Modal	8	0.151	0	0.0001	100%	100%
Modal	9	0.108	0	0	100%	100%
Modal	10	0.077	0.000001869	0	100%	100%
Modal	11	0.076	0	0.00000184	100%	100%
Modal	12	0.052	0	0	100%	100%
Modal	13	0.048	0	0	100%	100%
Modal	14	0.047	0	0	100%	100%
Modal	15	0.036	0	0	100%	100%

Fuente: elaboracion propia



### 6.13.2. CORTANTE SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	43.83	44.64
Nivel 4	16.5	Top	124.24	126.04
Nivel 3	12.5	Top	200.59	202.92
Nivel 2	8.5	Top	273.09	275.67
Nivel 1	4.5	Top	342.99	345.7
NIVEL BASE			418.14	421.05

Fuente: elaboracion propia

### 6.13.3. DESPLAZAMIENTO - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	4.64	5.06
Nivel 4	16.5	Top	4.56	4.95
Nivel 3	12.5	Top	4.45	4.82
Nivel 2	8.5	Top	4.3	4.65
Nivel 1	4.5	Top	4.13	4.45
NIVEL BASE			3.91	4.21

Fuente: elaboracion propia

### 6.14.4. DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_ DIN_X Max	0.043	4	0.0008	0.0002	0.0009	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_ DIN_X Max	0.042	4	0.0010	0.0003	0.0012	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_ DIN_X Max	0.041	4	0.0014	0.0003	0.0015	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_ DIN_X Max	0.040	4	0.0017	0.0004	0.0019	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_ DIN_X Max	0.038	4.5	0.0021	0.0005	0.0021	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_ DIN_X Max	0.036								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE DISEÑO R=6 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN Y**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SIS_ DIN_Y Max	0.044	4	0.0009	0.0002	0.0010	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SIS_ DIN_Y Max	0.043	4	0.0012	0.0003	0.0013	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SIS_ DIN_Y Max	0.042	4	0.0015	0.0004	0.0017	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SIS_ DIN_Y Max	0.040	4	0.0018	0.0004	0.0020	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SIS_ DIN_Y Max	0.039	4.5	0.0022	0.0005	0.0022	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SIS_ DIN_Y Max	0.036								

Fuente: elaboracion propia

#### 6.15. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	197.29	199.25
Nivel 4	16.5	Top	559.25	562.6
Nivel 3	12.5	Top	902.92	905.79
Nivel 2	8.5	Top	1229.31	1230.55
Nivel 1	4.5	Top	1543.95	1543.17
NIVEL BASE			1882.24	1879.52

Fuente: elaboracion propia

#### 6.16.1. DESPLAZAMIENTO - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	20.89	22.57
Nivel 4	16.5	Top	20.51	22.1
Nivel 3	12.5	Top	20.01	21.5
Nivel 2	8.5	Top	19.37	20.75
Nivel 1	4.5	Top	18.57	19.86
NIVEL BASE			17.59	18.78

Fuente: elaboracion propia

#### 6.16.2. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_XX Max	0.194	4	0.0035	0.0009	0.0013	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_XX Max	0.191	4	0.0047	0.0012	0.0018	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_XX Max	0.186	4	0.0062	0.0015	0.0023	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_XX Max	0.180	4	0.0076	0.0019	0.0028	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_XX Max	0.172	4.5	0.0093	0.0021	0.0031	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_XX Max	0.163								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=2 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN Y**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R2_YY Max	0.196	4	0.0041	0.0010	0.0015	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R2_YY Max	0.192	4	0.0052	0.0013	0.0020	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R2_YY Max	0.187	4	0.0066	0.0016	0.0025	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R2_YY Max	0.180	4	0.0079	0.0020	0.0030	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 1	D1	SMC_R2_YY Max	0.172	4.5	0.0096	0.0021	0.0032	0.007	0.0035	OK	OK
PISO TECNICO	D0	SMC_R2_YY Max	0.162								

Fuente: elaboracion propia

**6.17.1 CORTANTE - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y**

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (Tn)	Sentido Y (Tn)
Nivel 5	20.5	Top	394.52	398.43
Nivel 4	16.5	Top	1118.32	1125.01
Nivel 3	12.5	Top	1805.53	1811.24
Nivel 2	8.5	Top	2458.18	2460.64
Nivel 1	4.5	Top	3087.34	3085.74
NIVEL BASE			3763.8	3758.31

Fuente: elaboracion propia

**6.17.2. CORTANTE - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X, Y**

Nivel	Altura (m)	Location	Sentido X (cm)	Sentido Y (cm)
Nivel 5	20.5	Top	41.77	45.14
Nivel 4	16.5	Top	41.02	44.19
Nivel 3	12.5	Top	40.02	43
Nivel 2	8.5	Top	38.72	41.5
Nivel 1	4.5	Top	37.14	39.72
NIVEL BASE			35.17	37.55

Fuente: elaboracion propia

**6.17.3. DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN X**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_XX Max	0.389	4	0.0070	0.0018	0.0018	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_XX Max	0.381	4	0.0094	0.0024	0.0024	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_XX Max	0.372	4	0.0124	0.0031	0.0031	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_XX Max	0.360	4	0.0151	0.0038	0.0038	0.007	0.0035	OK	NO PASA
NIVEL 1	D1	SMC_R1_XX Max	0.345	4.5	0.0187	0.0042	0.0042	0.007	0.0035	OK	NO PASA
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_XX Max	0.326								

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO MAXIMO R=1 PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR EN Y**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>											
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-030	E-031	CONTROL E-030	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	SMC_R1_YY Max	0.392	4	0.0081	0.0020	0.0020	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 4	D4	SMC_R1_YY Max	0.383	4	0.0104	0.0026	0.0026	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 3	D3	SMC_R1_YY Max	0.373	4	0.0132	0.0033	0.0033	0.007	0.0035	OK	OK
NIVEL 2	D2	SMC_R1_YY Max	0.360	4	0.0158	0.0039	0.0039	0.007	0.0035	OK	NO PASA
NIVEL 1	D1	SMC_R1_YY Max	0.344	4.5	0.0193	0.0043	0.0043	0.007	0.0035	OK	NO PASA
PISO TECNICO	D0	SMC_R1_YY Max	0.325								

Fuente: elaboracion propia

## 7. ANALISIS TIEMPO HISTORIA (FNA)

Para el procedimiento de análisis tiempo historia se empleará 4 registros sísmicos las cuales serán filtradas y escaladas a un espectro objetivo, con respecto al escalamiento la norma E-031, aislamiento sísmico menciona en el artículo 15.7 que se deberá de modo que el rango de periodos entre 0.2 TM, calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento Sismico, y 1.25 TM calculado con el límite inferior

Registros sísmicos

SISMO	UBICACIÓN DE ESTACIÓN	FECHA	MAGNITUD (MB)	ACELERACIÓN MAX – cm/s <sup>2</sup> (EW)	ACELERACIÓN MIN – cm/s <sup>2</sup> (NS)
ANCASH	Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima	May/ 31/1970	7.8	-105.05	-97.81
ICA	San Luis Gonzaga National University, Ica, Ica	Agoto/15/2007	7.9	-272.82	333.66
LIMA	Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima	Octubre/17/1966	8.1	-180.56	-268.24
LIMA	Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima	Octubre/03/1974	8.1	-194.21	180.09

Fuente: elaboracion propia

## 7.1. CORRECCIONES DE LOS REGISTROS SISMICOS

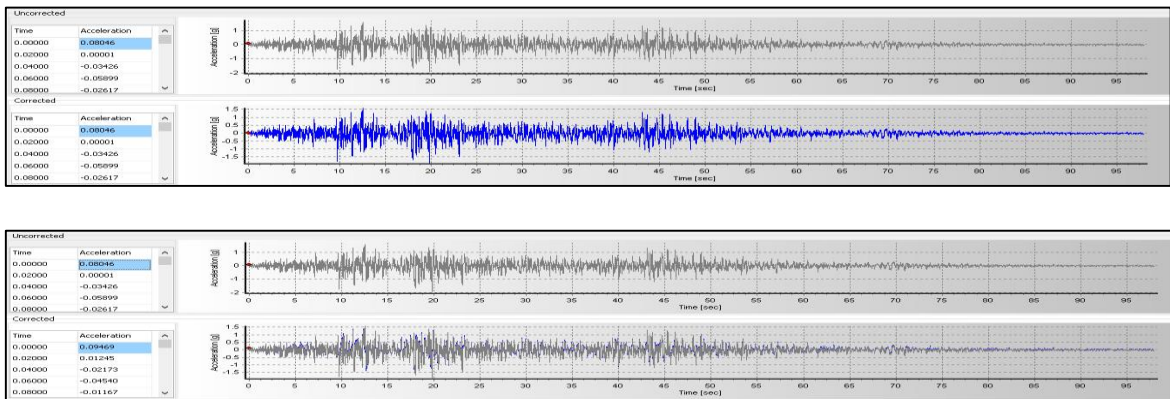
### CORRECCION LÍNEA BASE

La corrección de línea base se realizará con el fin de evitar la desviación de los acelerogramas respecto al centro

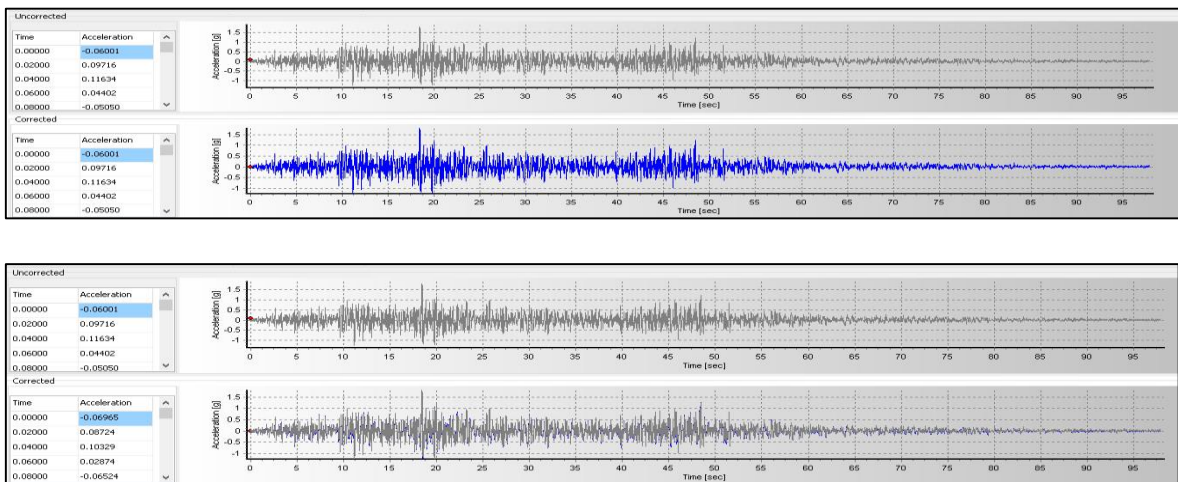
### FILTRADO

Se realiza el proceso de filtrado con el fin de corregir las componentes frecuenciales generadas por ruidos o el paso de automóviles etcétera

### ANCASH\_1974\_EW\_1974



### ANCASH\_1974\_NS\_1974



De esta manera se realizó el filtrado para los cuatro sismos presentes para el análisis.



## 7.2. ESCALAMIENTO DE REGISTROS SISMICOS

Cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo se debe escalar de modo que en el rango de periodos entre 0.75 TM calculado usando el límite superior para las propiedades del sistema de aislamiento Sismico y 1.25 TM calculado con el límite inferior

### Periodo con propiedades límite inferior

LIMITE INFERIOR	
K. min	L. Inferior
TM. máx.	<b>2.893</b>

### Periodo con propiedades límite superior

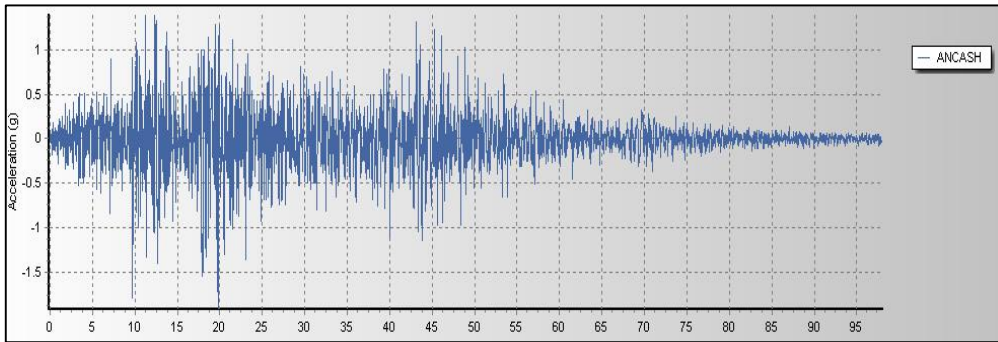
LIMITE SUPERIOR	
K max	L. superior
TM. min	<b>2.049</b>

### Factor de escala

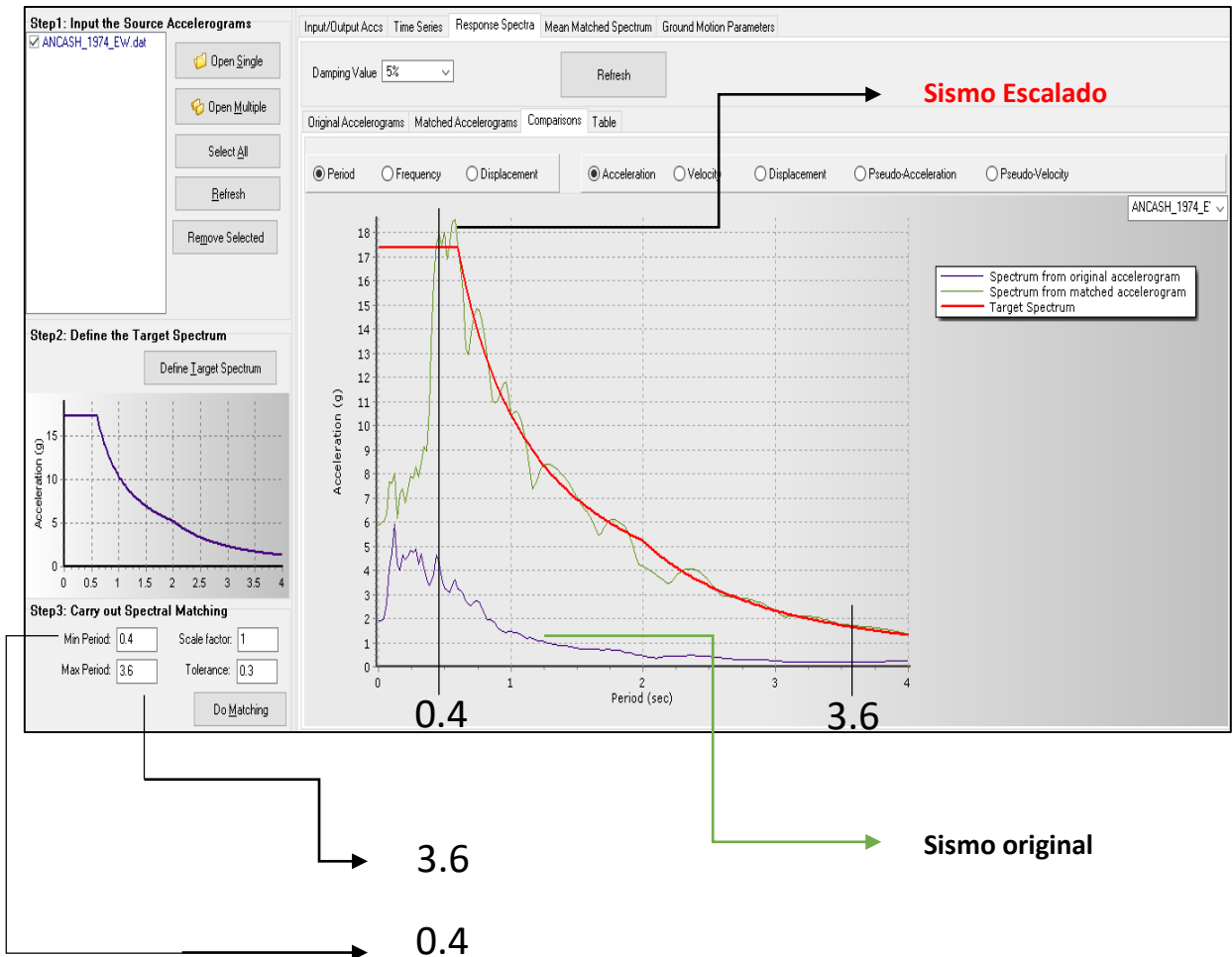
TM. min		FACTOR DE ESCALA
2.049	0.2	0.4
TM. Max		
2.893	1.25	3.6

ANCASH\_1974\_EW\_0.59g

### Sismo original



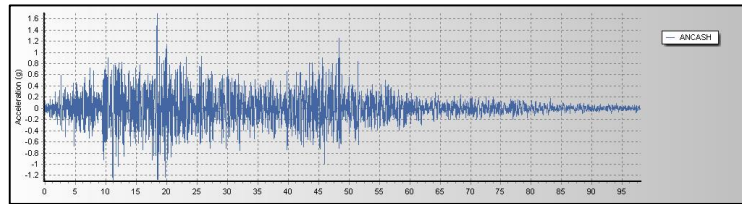
### Sismo escalado



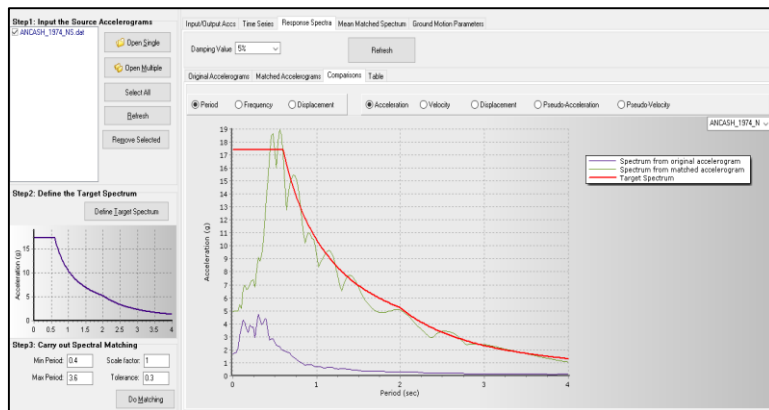
Como se puede apreciar el escalamiento se realiza solo de 0.4 segundos a 3.6 segundos, se procederá el escalamiento de todos los sismos a continuación

ANCASH\_1974\_NS\_0.50g

Sismo original

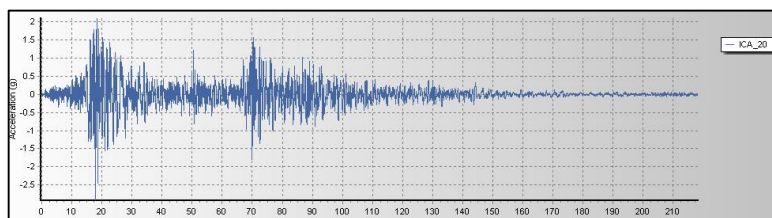


Sismo escalado

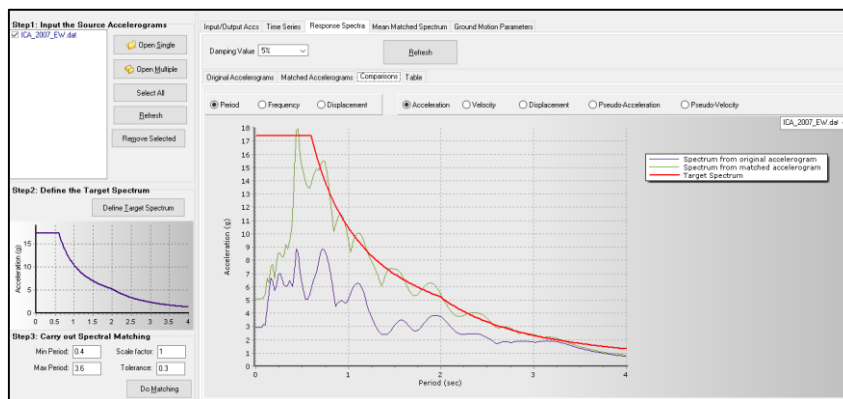


SISMO DE ICA\_2007\_EW\_0.51g

Sismo original

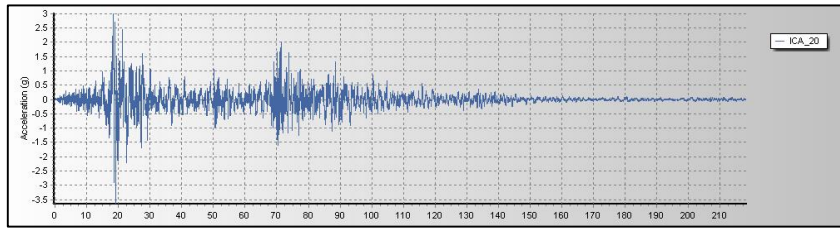


Sismo escalado

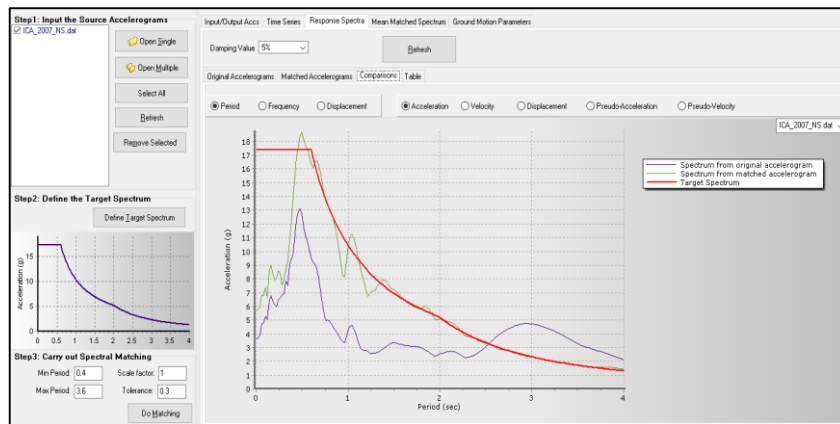


# SISMO DE ICA\_2007\_NS\_0.58g

## Sismo original

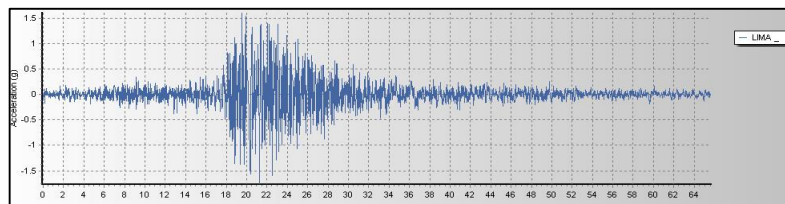


## Sismo escalado

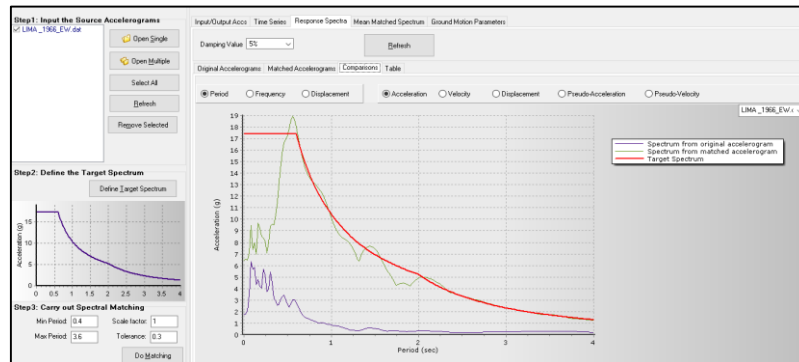


# SISMO DE LIMA\_1966\_EW\_0.66g

## Sismo original

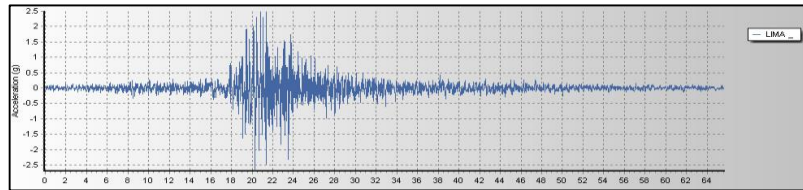


## Sismo escalado

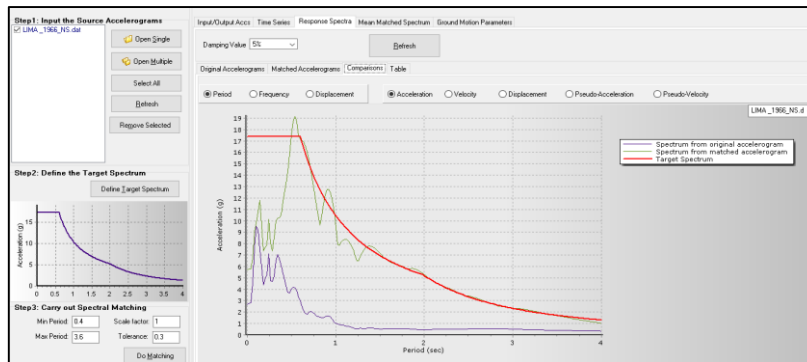


# SISMO DE LIMA\_1966\_NS\_0.58g

## Sismo original

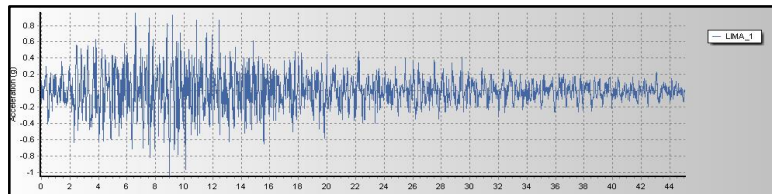


## Sismo escalado

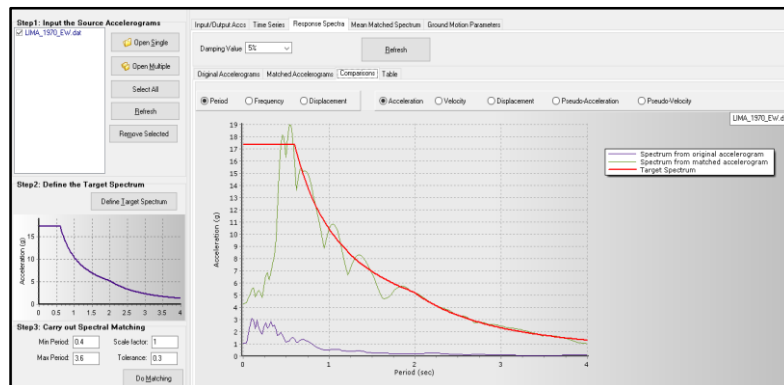


# SISMO DE LIMA\_1970\_EW\_0.44g

## Sismo original

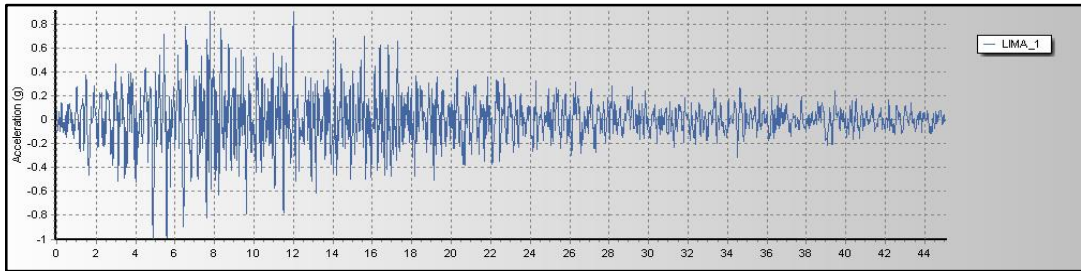


## Sismo escalado

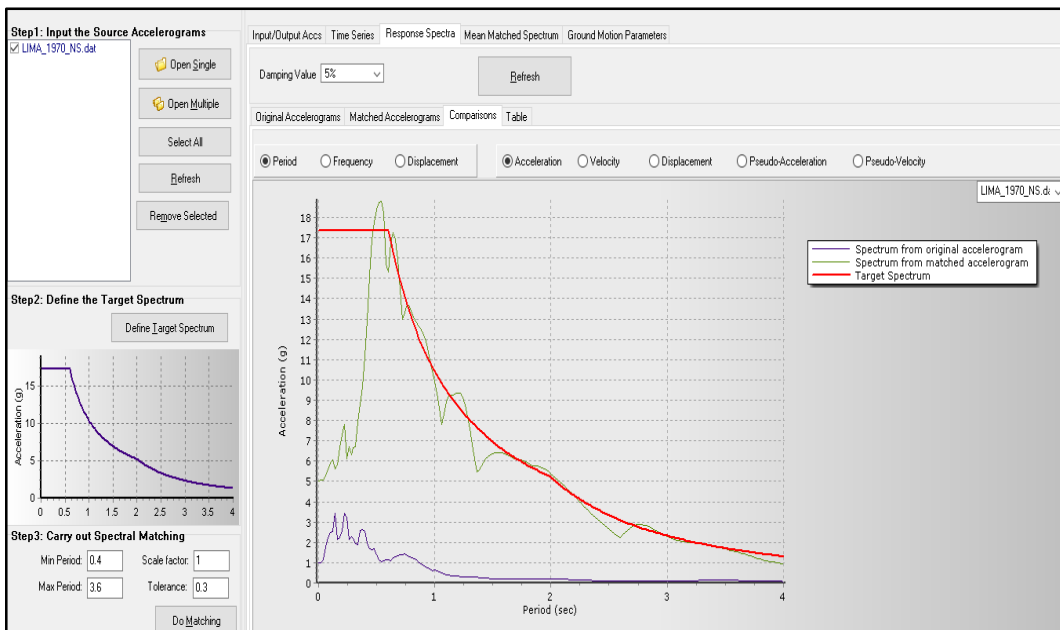


# SISMO DE LIMA\_1970\_NS\_0.51g

## Sismo original



## Sismo escalado



### 7.3. CASOS DE CARGA PARA UN ANALISIS TIEMPO HISTORIA

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: ANCASH\_1970\_Ew\_0.59g\_XX

Load Case Type/Subtype: Time History / Nonlinear Modal (FNA)

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (PESO SISMICO - E-030)

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: \_\_\_\_\_

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ANCASH_1970_EW...	1
Acceleration	U2	ANCASH_1970_EW...	0.3

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 4897

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Nonlinear Parameters: Default

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: ANCASH\_1970\_NS\_0.59g\_YY

Load Case Type/Subtype: Time History / Nonlinear Modal (FNA)

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (PESO SISMICO - E-030)

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: \_\_\_\_\_

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ANCASH_1970_NS...	1
Acceleration	U1	ANCASH_1970_NS...	0.3

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 4897

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Nonlinear Parameters: Default

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

Como se puede apreciar en la figura se aplicó los casos de carga para todos los sismos, de la misma forma, cabe indicar que cada componente del sismo se aplicó en ambos sentidos de la estructura teniendo en cuenta el 100% del sismo en el sentido de análisis y un 30% en el sentido perpendicular

## **ANALISIS TIEMPO HISTORIA CON PROPIEDADES**

Se procederá a verificar las derivas de entrepiso con el análisis tiempo historia o también denominado como historia de respuesta (FNA) asimismo el desplazamiento total se calculará con la siguiente ecuación según la norma E-031, 2018 para cada sentido de análisis

$$Dt = \sqrt{Dx^2 + Dy^2}$$

Donde

Dt = desplazamiento total

Dx = desplazamiento en sentido X

Dy = Desplazamiento en sentido Y



**DERIVAS**

**ANALISIS TIEMPO HISTORIA**

**CON PROPIEDADES**

**NOMINALES**

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.325	4	0.0032	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.322	4	0.0042	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.317	4	0.0057	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.312	4	0.0070	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.305	4.5	0.0089	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.296						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.326	4	0.0034	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.322	4	0.0044	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.318	4	0.0058	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.312	4	0.0070	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.305	4.5	0.0088	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.296						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.42**

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_XX\_ PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.312	4	0.0026	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.310	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.306	4	0.0050	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.301	4	0.0065	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.295	4.5	0.0085	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.286						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_YY\_ PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.315	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.312	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.308	4	0.0055	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.302	4	0.0069	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.296	4.5	0.0087	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.287						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.41</b>
-----------------------------	-------------

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.312	4	0.0026	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.310	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.306	4	0.0050	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.301	4	0.0065	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.295	4.5	0.0085	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Min	0.286						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.315	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.312	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.308	4	0.0055	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.302	4	0.0069	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.296	4.5	0.0087	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.287						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.41**

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.242	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.239	4	0.0040	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.235	4	0.0052	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.229	4	0.0062	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.223	4.5	0.0074	0.0016	0.0016	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.216						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.242	4	0.0033	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.239	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.235	4	0.0051	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.229	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.223	4.5	0.0070	0.0016	0.0016	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.217						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.31**

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.270	4	0.0032	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.267	4	0.0043	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.263	4	0.0056	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.257	4	0.0069	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.250	4.5	0.0086	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.242						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.275	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.271	4	0.0047	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.266	4	0.0060	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.260	4	0.0072	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.253	4.5	0.0088	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.244						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.34</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS\_SISMO DE LIMA\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.285	4	0.0030	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.282	4	0.0040	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.278	4	0.0053	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.273	4	0.0066	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.266	4.5	0.0082	0.0018	0.0018	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.258						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS\_SISMO DE LIMA\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.285	4	0.0034	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.281	4	0.0044	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.277	4	0.0057	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.271	4	0.0068	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.264	4.5	0.0084	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.256						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.36**

### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_NS\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.202	4	0.0024	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.200	4	0.0028	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.197	4	0.0035	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.194	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.190	4.5	0.0044	0.0010	0.0010	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.185						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_NS\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.202	4	0.0022	0.0005	0.0005	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.200	4	0.0025	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.198	4	0.0032	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.194	4	0.0037	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.191	4.5	0.0039	0.0009	0.0009	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.187						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.26**



### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.299	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.296	4	0.0042	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.292	4	0.0055	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.287	4	0.0068	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.280	4.5	0.0085	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.271						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_EW\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.303	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.300	4	0.0046	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.295	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.289	4	0.0071	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.282	4.5	0.0087	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.273						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.39**

### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_NS\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.382	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.379	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.375	4	0.0051	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.370	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.364	4.5	0.0078	0.0017	0.0017	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.356						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_NS\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.378	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.375	4	0.0040	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.371	4	0.0051	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.366	4	0.0061	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.360	4.5	0.0075	0.0017	0.0017	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.352						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.50**

## RESUMEN DE LAS DERIVAS \_PROPIEDADES NOMINALES

PROPIEDADES NOMINALES	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA											
	ANCASH_1970_EW		ANCASH_1970_NS		ICA_2007_EW		ICA_2007_NS		LIMA_1974_EW		LIMA_1974_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
5	0.0008	0.0009	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0008	0.0009	0.0006	0.0005
4	0.0011	0.0011	0.0009	0.0010	0.0010	0.0010	0.0011	0.0012	0.0010	0.0011	0.0007	0.0006
3	0.0014	0.0014	0.0013	0.0014	0.0013	0.0013	0.0014	0.0015	0.0013	0.0014	0.0009	0.0008
2	0.0018	0.0017	0.0016	0.0017	0.0016	0.0015	0.0017	0.0018	0.0017	0.0017	0.0010	0.0009
1	0.0020	0.0020	0.0019	0.0019	0.0016	0.0016	0.0019	0.0020	0.0018	0.0019	0.0010	0.0009
PISO TECNICO												
DERIVAS MAX	0.0020	0.0020	0.0019	0.0019	0.0016	0.0016	0.0019	0.0020	0.0018	0.0019	0.0010	0.0009

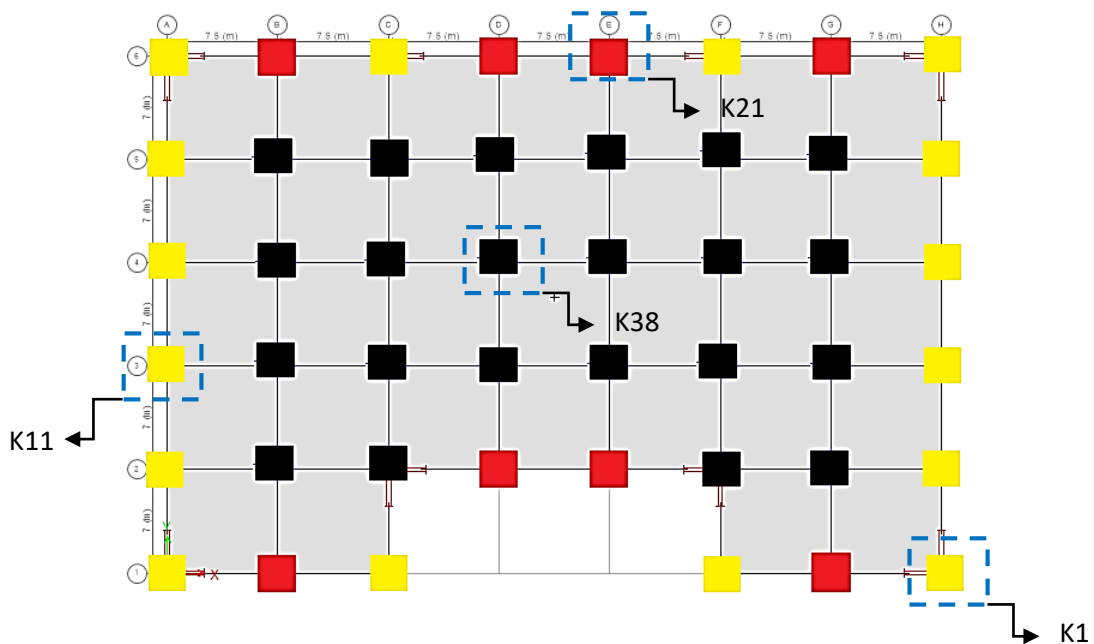
Fuente: elaboracion propia

PROPIEDADES NOMINALES	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA			
	LIMA_1966_EW		LIMA_1966_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
NIVEL 5	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
NIVEL 4	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
NIVEL 3	0.0014	0.0013	0.0013	0.0013
NIVEL 2	0.0017	0.0015	0.0016	0.0015
NIVEL 1	0.0019	0.0016	0.0017	0.0017
PISO TECNICO				
DERIVAS MAX	0.0019	0.0016	0.0017	0.0017

Fuente: elaboracion propia

**interpretación:** Como se puede apreciar las derivas obtenidas con las propiedades nominales se mantienen por debajo del 0.005 indicado por la norma E-031, 2018 de aislamiento sísmico, las derivas según los códigos de diseño nacionales o americanas es un indicador de la respuesta dinámica de la estructura, es decir si las derivas son mayores a lo que indica la norma es un sinónimo de que la estructura va colapsar, para la estructura propuesta para la presente tesis las derivas se mantienen muy por debajo de lo requerido por lo tanto la estructura tendrá un comportamiento adecuado ante los movimientos sísmicos

## DISTRIBUCION DE LOS AISLADORES SISMICOS



- AISLADORES HDRB – 166.61 Tn
- AISLADORES LRB – 166.61 Tn
- AISLADORES HDRB – 333.23 Tn

Se procederá a extraer los diagramas de histeresis solo de los dispositivos K1, K11, K38, K21 cabe mencionar que el diagrama de histeresis de cada tipo de aislador varía de acuerdo a las propiedades físicas, nominal ubicación, tipo etcétera

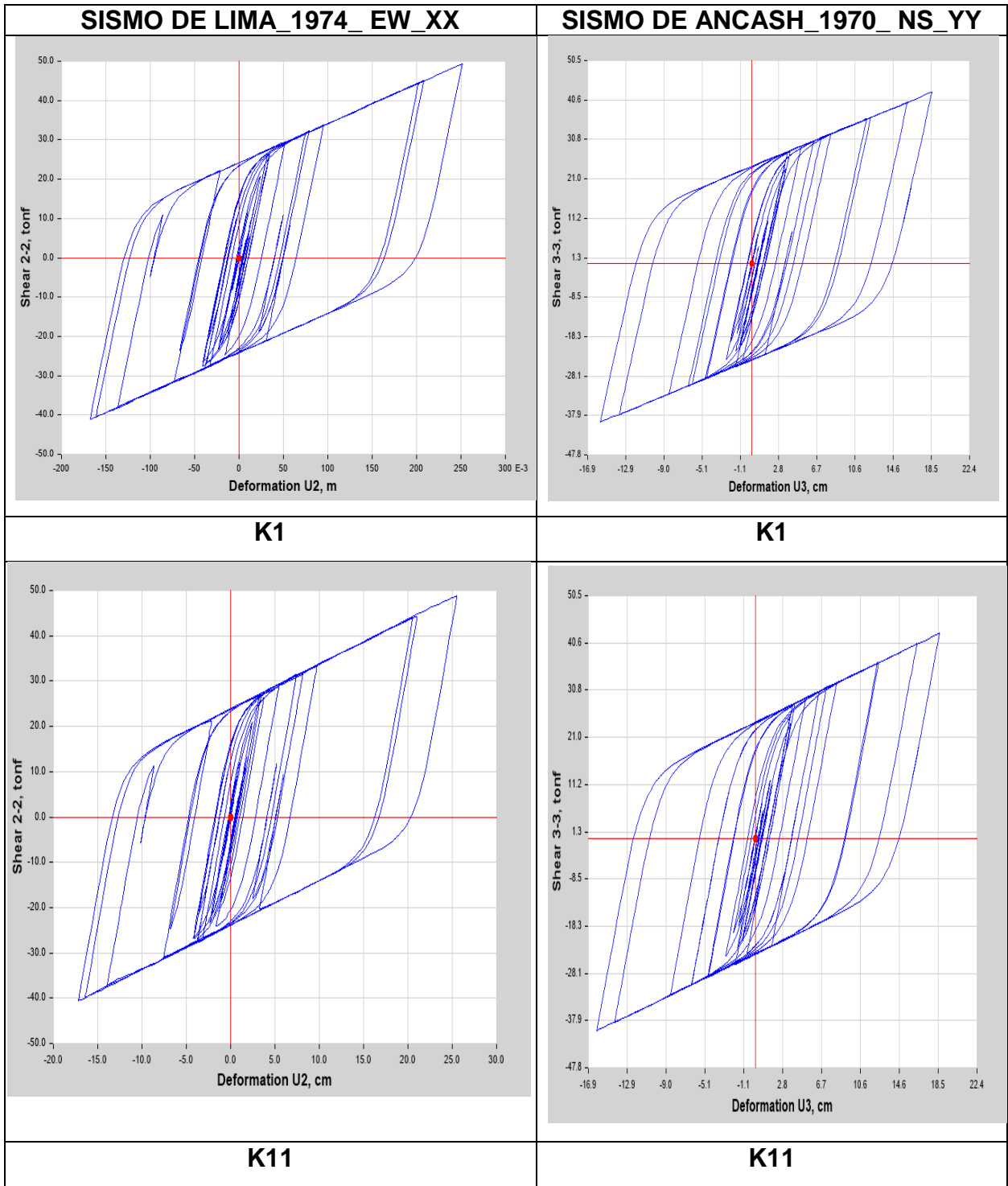
K1 = Aislador LRB (núcleo de plomo)

K38 = Aislador HDRB (alto amortiguamiento)

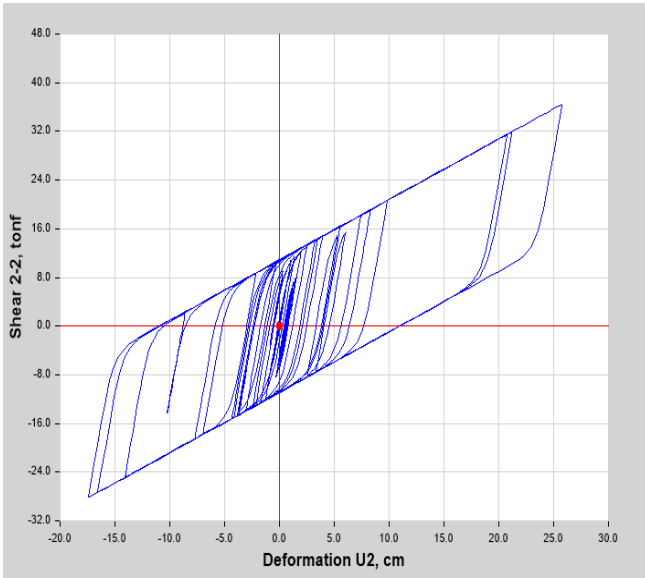
K21 = Aislador HDRB (alto amortiguamiento)

Para el caso de las propiedades nominales, límite inferior y superior el diagrama de histeresis se ejecutará con el sismo de Lima 1974 para los componentes EW\_XX, para la cortante en 2 (U2) y con el sismo de Ancash\_1970\_NS\_YY para la cortante 3 (U3), cabe indicar que la cortante en U2 es en dirección XX y U3 es en dirección YY de la estructura

# DIAGRAMA DE HYSTERESIS CON PROPIEDADES NOMINALES

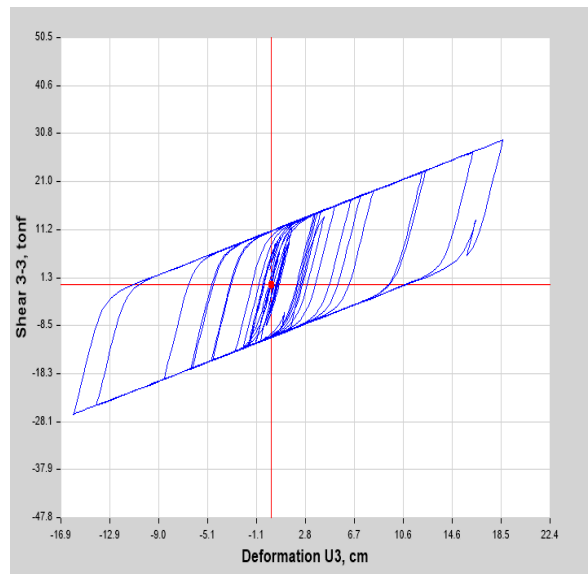


**SISMO DE LIMA 1974\_EW\_XX**

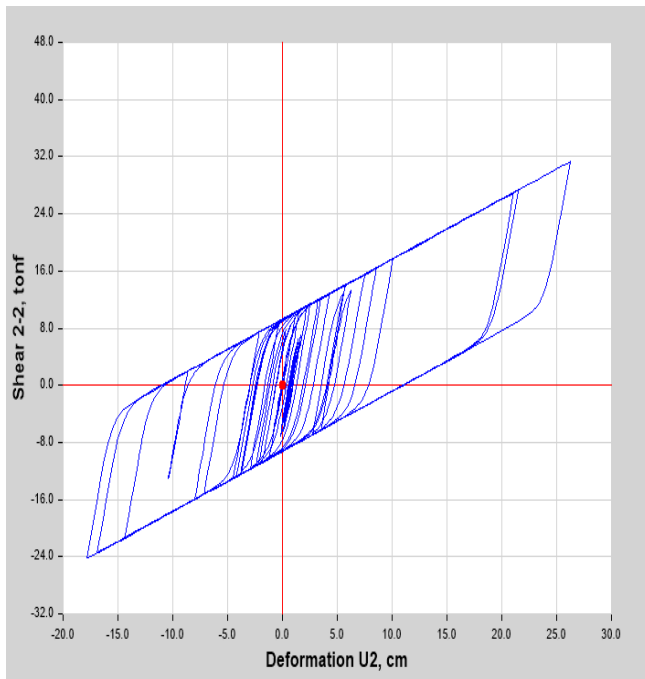


**K38**

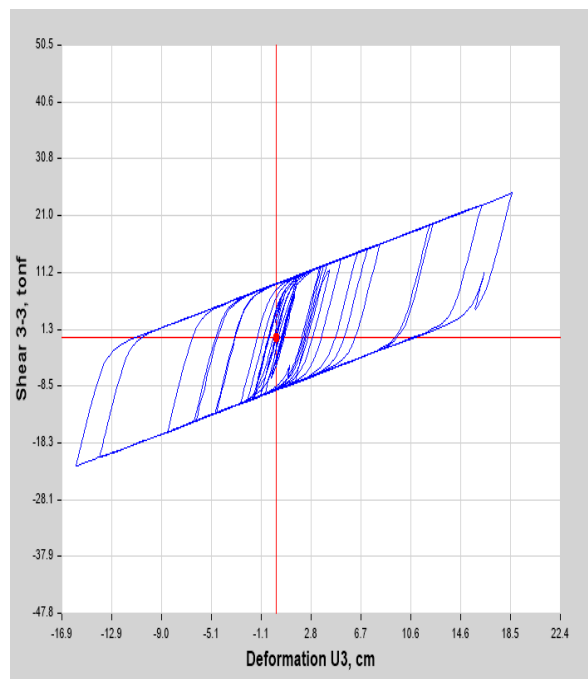
**SISMO DE ANCASH 1970\_NS\_YY**



**K38**



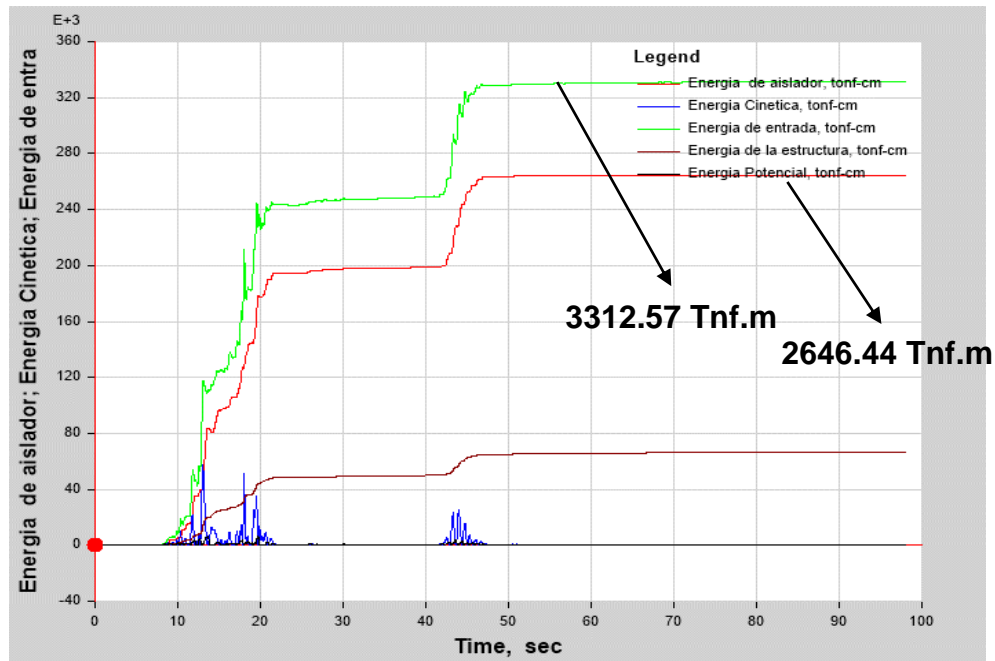
**K21**



**K21**

## BALANCE ENERGETICO\_PROPIEDADES NOMINALES

ANCASH\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES NOMINALES



Energía de entrada se registra 3312.57 Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 2646.44 Tnf.m

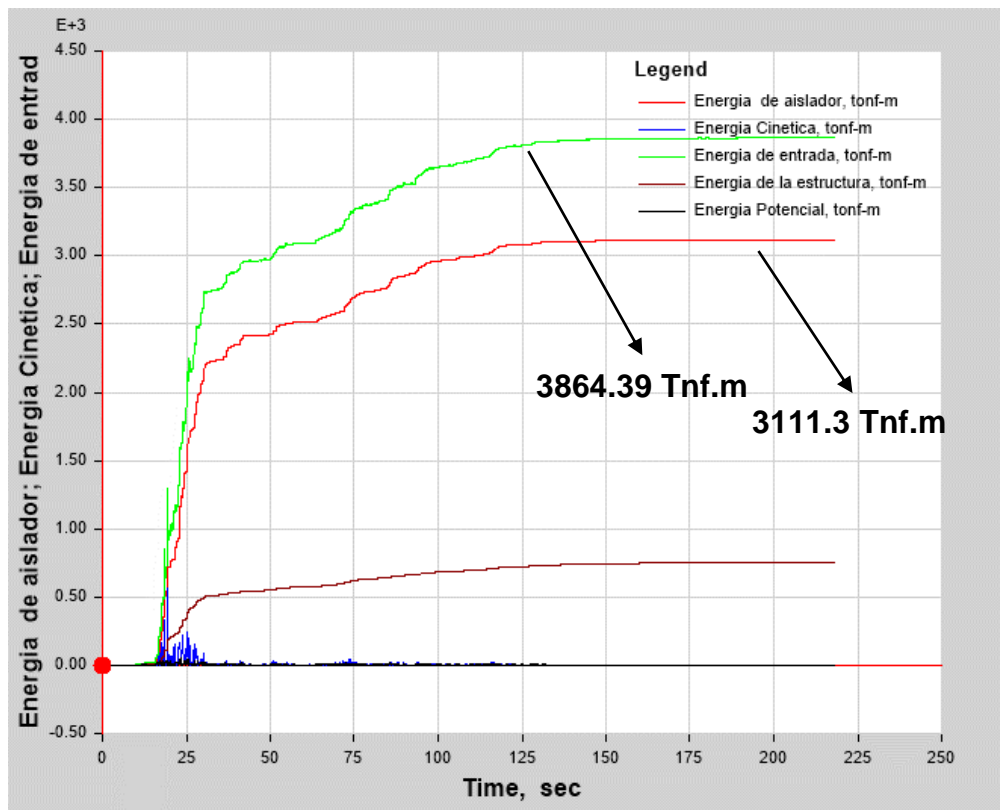
$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{2646.44 \text{ Tnf. m}}{3312.57 \text{ Tnf. m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = 80$$

Como se puede apreciar la línea verde representa a la energía de entrada generado por los sismos y la línea roja es la energía que disipa el sistema de aislamiento sismo realizando una división de la energía que disipada entre la energía de entrada se obtiene que el 80% del sismo se queda en la base de la estructura es decir disipado por el sistema de aislamiento y solo el 20% pasaría a la superestructura y será disipado por los elementos estructurales, para la presente tesis se evaluará con el sismo de Ancash\_1970\_EW\_XX y con el sismo de Ica\_2007\_NS\_YY con las propiedades nominales de los dispositivos.

## ICA\_2007\_NS\_0.58g\_YY\_PROPIEDADES NOMINALES



**Figura:**

Energía de entrada se registra 3864.39 Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 3111.3 Tnf.m

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{3111.3 \text{ Tnf. m}}{3864.39 \text{ Tnf. m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \mathbf{80.5}$$

Energía disipada por el sistema de aislamiento para el sismo de Ica\_2007 en su componente norte sur aplicado en el sentido YY de la estructura se verifica que el 80.5 % de energía es disipada por el sistema de aislamiento Sismico



**DERIVAS**

**ANALISIS TIEMPO HISTORIA**

**CON PROPIEDADES LIMITE**

**INFERIOR**

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.369	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.365	4	0.0047	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.360	4	0.0062	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.354	4	0.0077	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.346	4.5	0.0096	0.0021	0.0021	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.337						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.371	4	0.0040	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.367	4	0.0051	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.361	4	0.0064	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.355	4	0.0077	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.347	4.5	0.0095	0.0021	0.0021	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.338						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.48</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.318	4	0.0028	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.315	4	0.0037	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.312	4	0.0049	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.307	4	0.0061	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.301	4.5	0.0075	0.0017	0.0017	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.293						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.320	4	0.0030	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.317	4	0.0039	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.313	4	0.0050	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.308	4	0.0060	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.302	4.5	0.0074	0.0016	0.0016	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_YYMax	0.294						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.42**

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.239	4	0.0026	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.236	4	0.0034	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.233	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.228	4	0.0054	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.223	4.5	0.0065	0.0014	0.0014	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.216						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.239	4	0.0028	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.236	4	0.0035	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.233	4	0.0044	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.229	4	0.0052	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.223	4.5	0.0061	0.0014	0.0014	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.217						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.31</b>
-----------------------------	-------------

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.321	4	0.0033	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.318	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.313	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.307	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.300	4.5	0.0092	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.291						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.321	4	0.0038	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.317	4	0.0049	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.312	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.306	4	0.0075	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.299	4.5	0.0091	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.289						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.41**

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido X)									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.321	4	0.0033	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.318	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.313	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.307	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.300	4.5	0.0092	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.291						

Fuente: elaboracion propia

### DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

DERIVAS (Sentido Y)									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.321	4	0.0038	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.317	4	0.0049	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.312	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.306	4	0.0075	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.299	4.5	0.0091	0.0020	0.0020	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.289						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.41**

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1974\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.279	4	0.0023	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.277	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.274	4	0.0041	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.270	4	0.0050	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.265	4.5	0.0063	0.0014	0.0014	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA _1974_EW_0.44g_XX Max	0.259						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1974\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.281	4	0.0027	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.278	4	0.0034	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.275	4	0.0044	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.271	4	0.0053	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.265	4.5	0.0065	0.0014	0.0014	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA _1974_EW_0.44g_YY Max	0.259						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.37</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1974\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.183	4	0.0022	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.180	4	0.0030	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.177	4	0.0025	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.175	4	0.0025	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.172	4.5	0.0031	0.0007	0.0007	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.169						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1974\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.186	4	0.0025	0.0006	0.0006	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.184	4	0.0032	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.181	4	0.0039	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.177	4	0.0034	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.173	4.5	0.0027	0.0006	0.0006	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_YYMax	0.170						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.24**



**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1966\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.336	4	0.0031	0.0008	0.0008	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.333	4	0.0042	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.329	4	0.0056	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.323	4	0.0069	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.316	4.5	0.0084	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA _1966_EW_0.66g_XX Max	0.308						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1966\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.339	4	0.0036	0.0009	0.0009	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.335	4	0.0047	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.330	4	0.0060	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.324	4	0.0071	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.317	4.5	0.0086	0.0019	0.0019	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA _1966_EW_0.66g_YY Max	0.309						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.44</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1966\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.408	4	0.0028	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.405	4	0.0038	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.401	4	0.0050	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.396	4	0.0062	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.390	4.5	0.0076	0.0017	0.0017	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.383						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA \_1966\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.407	4	0.0030	0.0007	0.0007	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.404	4	0.0039	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.400	4	0.0049	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.395	4	0.0059	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.389	4.5	0.0073	0.0016	0.0016	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.382						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.54**

### RESUMEN DE LAS DERIVAS \_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

PROPIEDADES LIMITE INFERIOR	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA											
	ANCASH_1970_EW		ANCASH_1970_NS		ICA_2007_EW		ICA_2007_NS		LIMA_1974_EW		LIMA_1974_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
NIVEL 5	0.0009	0.0010	0.0007	0.0008	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006
NIVEL 4	0.0012	0.0013	0.0009	0.0010	0.0009	0.0009	0.0011	0.0012	0.0008	0.0009	0.0007	0.0008
NIVEL 3	0.0016	0.0016	0.0012	0.0013	0.0011	0.0011	0.0015	0.0016	0.0010	0.0011	0.0006	0.0010
NIVEL 2	0.0019	0.0019	0.0015	0.0015	0.0013	0.0013	0.0018	0.0019	0.0013	0.0013	0.0006	0.0009
NIVEL 1	0.0021	0.0021	0.0017	0.0016	0.0014	0.0014	0.0020	0.0020	0.0014	0.0014	0.0007	0.0006
PISO TECNICO												
DERIVAS MAX	0.0021	0.0021	0.0017	0.0016	0.0014	0.0014	0.0020	0.0020	0.0014	0.0014	0.0007	0.0010

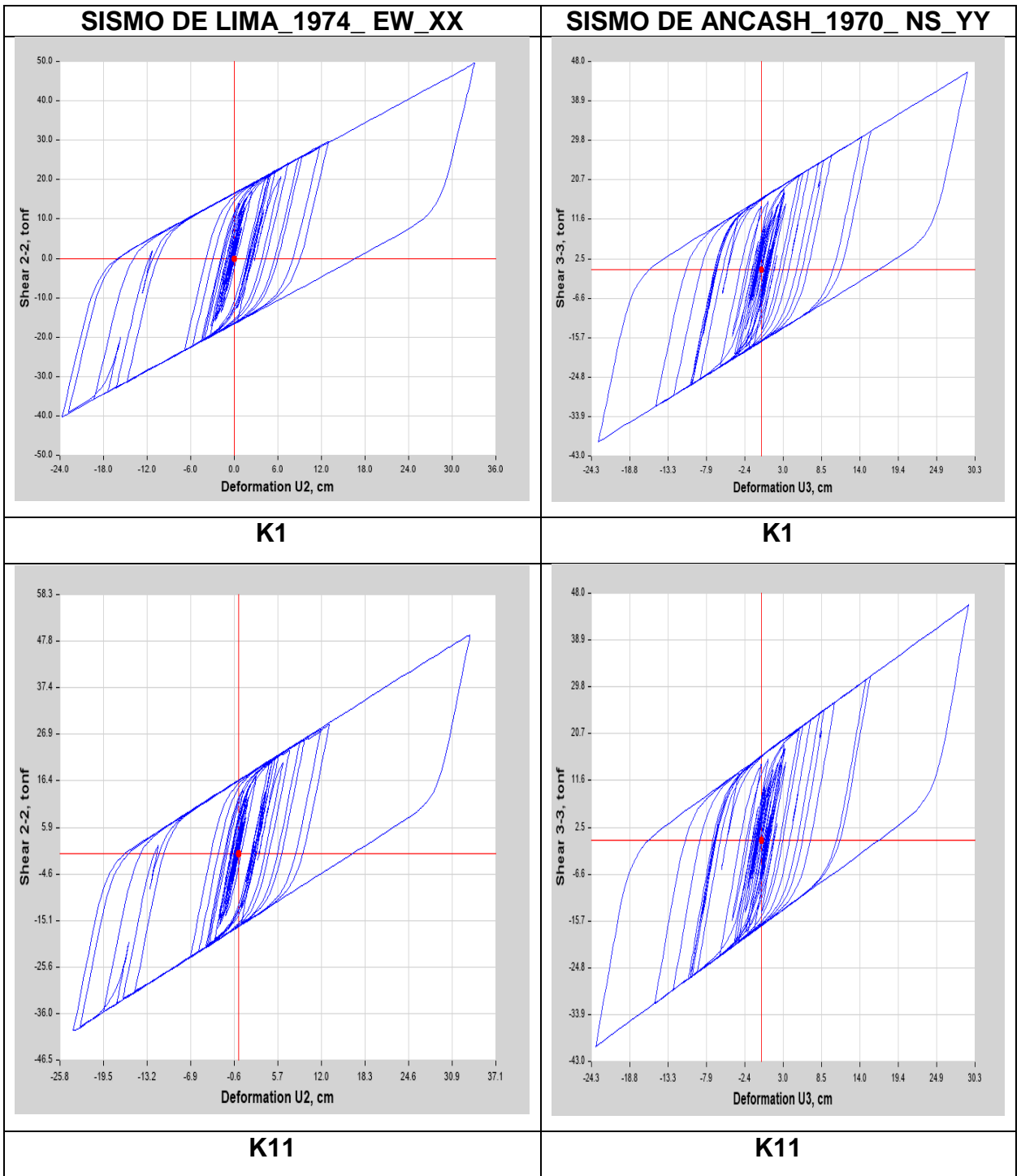
Fuente: elaboracion propia

PROPIEDADES LIMITE INFERIOR	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA			
	LIMA_1966_EW		LIMA_1966_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
NIVEL 5	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007
NIVEL 4	0.0011	0.0009	0.0010	0.0010
NIVEL 3	0.0014	0.0011	0.0013	0.0012
NIVEL 2	0.0017	0.0013	0.0016	0.0015
NIVEL 1	0.0019	0.0014	0.0017	0.0016
PISO TECNICO				
DERIVAS MAX	0.0019	0.0014	0.0017	0.0016

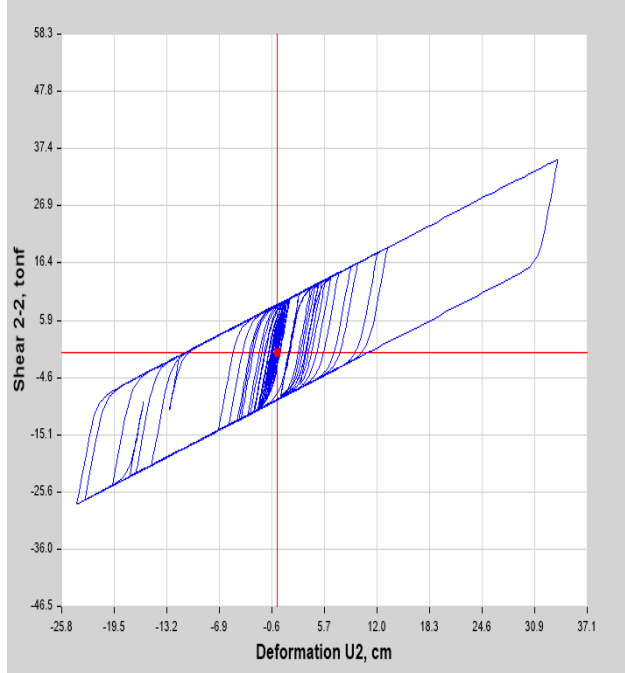
Fuente: elaboracion propia

**Interpretación:** como se puede apreciar las derivas obtenidas con el análisis tiempo historia empleando los registros sísmicos escalados a un espectro elastico con R=1 no sobrepasan el 0.005 requerido por la norma E-031, de aislamiento Sismico, cabe indicar que las propiedades de límite inferior son las más favorables para la estructura debido a que tiene menor rigidez efectiva a comparación de las propiedades nominales y límite superior y eso genera mayor desplazamiento en la estructura y mayor disipación de energía

# DIAGRAMA DE HYSTERESIS\_ PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

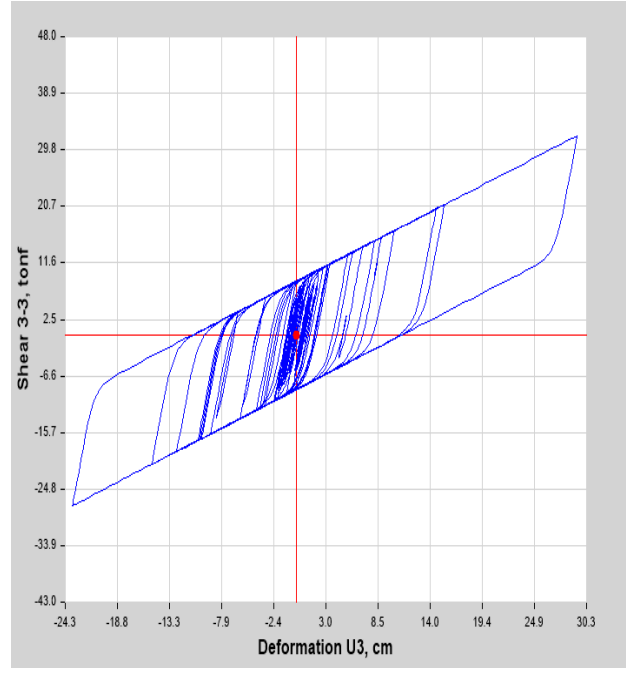


**SISMO DE LIMA 1974 EW\_XX**

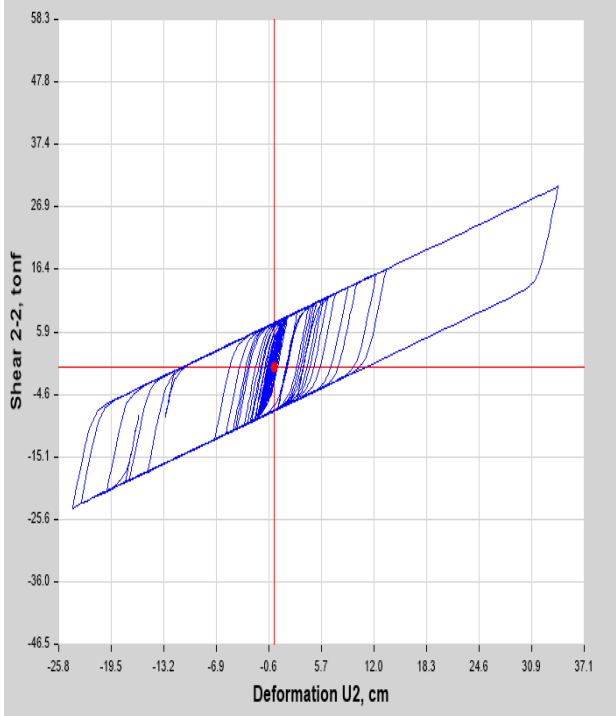


**K38**

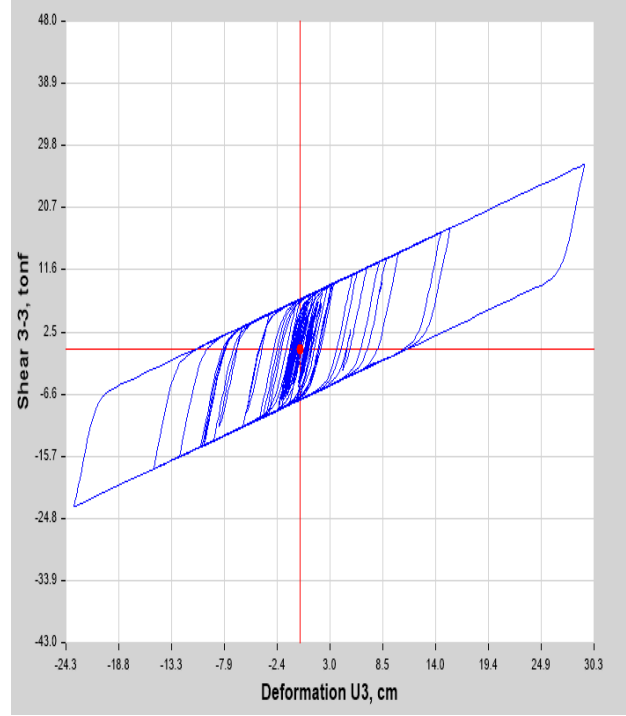
**SISMO DE ANCASH 1970 NS\_YY**



**K38**



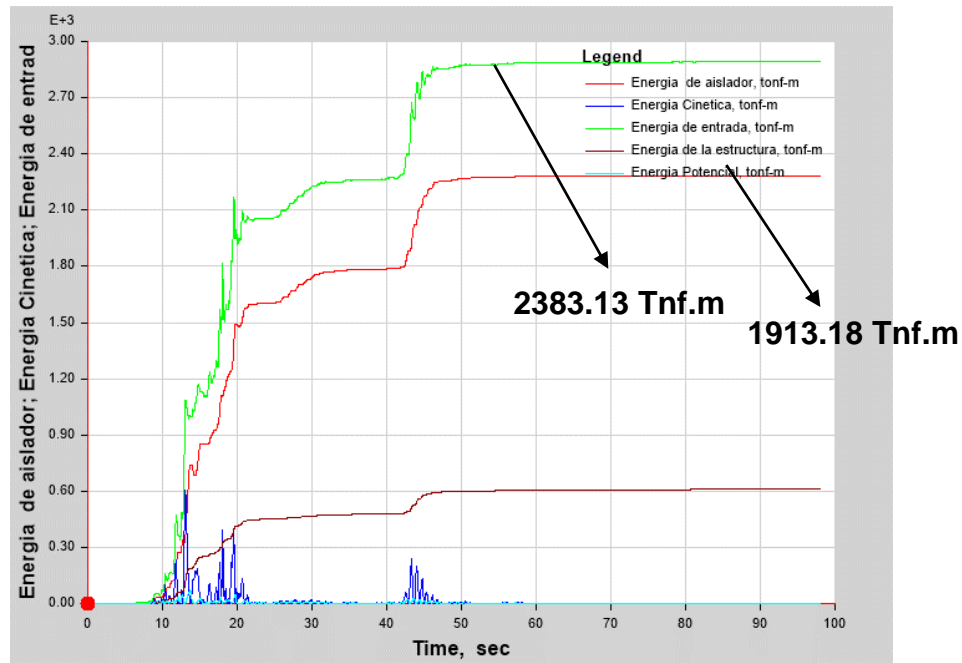
**K21**



**K21**

## BALANCE ENERGETICO\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR

LIMA\_1966\_EW\_0.66g\_XX\_LIMITE INFERIOR



ENERGIA DE ENTRADA SE REGISTRA 2383.13 Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 1913.18 Tnf.m

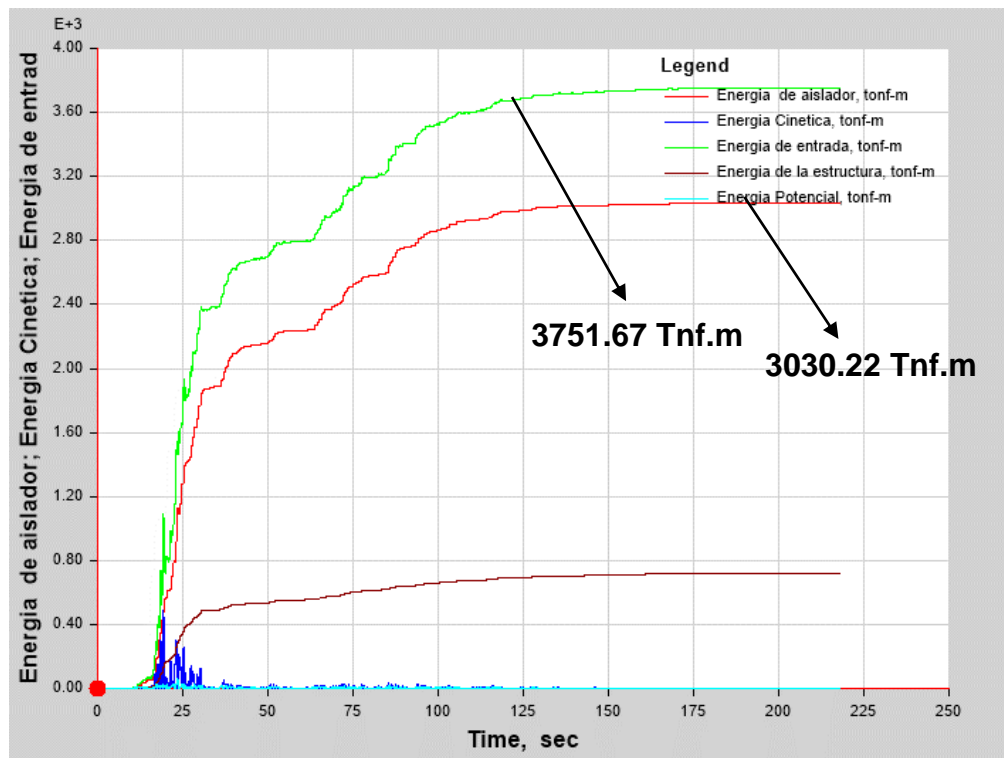
$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{1913.18 \text{ Tnf. m}}{2383.13 \text{ Tnf. m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = 80.1$$

Como se puede apreciar la línea verde representa a la energía de entrada generado por los sismos y la línea roja es la energía que disipa el sistema de aislamiento sísmico realizando una división de la energía que disipada entre la energía de entrada se obtiene que el 80.1% del sismo se queda en la base de la estructura es decir disipado por el sistema de aislamiento y solo el 19.9% pasaría a la superestructura y será disipado por los elementos estructurales, para la presente tesis se evaluará con el sismo de Lima\_1966\_EW\_XX y con el sismo de Ica\_2007\_NS\_YY con las propiedades límite inferior de los dispositivos.

ICA\_2007\_NS\_0.58g\_YY\_PROPIEDADES LIMITE INFERIOR



**Figura:**

Energía de entrada se registra 3751.67 Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 3030.22 Tnf.m

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{3030.22 \text{ Tnf.m}}{3751.67 \text{ Tnf.m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \mathbf{80.8}$$

Energía disipada por el sistema de aislamiento para el sismo de Ica\_2007 en su componente norte sur aplicado en el sentido YY de la estructura se verifica que el 80.8 % de energía es disipada por el sistema de aislamiento Sismico

**DERIVAS**

**ANALISIS TIEMPO HISTORIA**

**CON PROPIEDADES LIMITE**

**SUPERIOR**



**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.272	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.266	4	0.0083	0.0021	0.0021	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.258	4	0.0104	0.0026	0.0026	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.247	4	0.0118	0.0029	0.0029	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.235	4.5	0.0131	0.0029	0.0029	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_XX Max	0.222						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.272	4	0.0074	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.265	4	0.0091	0.0023	0.0023	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.256	4	0.0115	0.0029	0.0029	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.244	4	0.0126	0.0032	0.0032	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.232	4.5	0.0137	0.0031	0.0031	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_EW_0.59g_YY Max	0.218						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.31</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.259	4	0.0054	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.254	4	0.0058	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.248	4	0.0072	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.241	4	0.0087	0.0022	0.0022	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.232	4.5	0.0107	0.0024	0.0024	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_XX Max	0.221						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.264	4	0.0061	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.258	4	0.0062	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.251	4	0.0076	0.0019	0.0019	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.244	4	0.0090	0.0023	0.0023	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.235	4.5	0.0110	0.0025	0.0025	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ANCASH_1970_NS_0.59g_YY Max	0.224						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.31**

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.295	4	0.0071	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.288	4	0.0095	0.0024	0.0024	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.278	4	0.0126	0.0031	0.0031	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.266	4	0.0155	0.0039	0.0039	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.250	4.5	0.0193	0.0043	0.0043	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_XX Max	0.231						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.297	4	0.0082	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.289	4	0.0106	0.0026	0.0026	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.279	4	0.0135	0.0034	0.0034	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.265	4	0.0163	0.0041	0.0041	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.249	4.5	0.0201	0.0045	0.0045	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_EW_0.51g_YY Max	0.229						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.33</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.165	4	0.0040	0.0010	0.0010	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.162	4	0.0053	0.0013	0.0013	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.156	4	0.0070	0.0017	0.0017	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.149	4	0.0086	0.0021	0.0021	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.141	4.5	0.0105	0.0023	0.0023	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_XX Max	0.130						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE ICA\_2007\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.171	4	0.0045	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 4	D4	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.167	4	0.0058	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 3	D3	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.161	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 2	D2	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.154	4	0.0088	0.0022	0.0022	0.005	OK
NIVEL 1	D1	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.145	4.5	0.0106	0.0024	0.0024	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	ICA_2007_NS_0.58g_YY Max	0.134						

Fuente: elaboracion propia

**Desplazamiento Total**

**0.19**

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.185	4	0.0047	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.180	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.174	4	0.0081	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.166	4	0.0096	0.0024	0.0024	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.156	4.5	0.0111	0.0025	0.0025	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_EW_0.44g_XX Max	0.145						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.188	4	0.0056	0.0014	0.0014	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.182	4	0.0073	0.0018	0.0018	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.175	4	0.0089	0.0022	0.0022	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.166	4	0.0105	0.0026	0.0026	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.155	4.5	0.0120	0.0027	0.0027	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_EW_0.44g_YY Max	0.143						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.20</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.223	4	0.0047	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.218	4	0.0063	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.212	4	0.0081	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.204	4	0.0092	0.0023	0.0023	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.195	4.5	0.0113	0.0025	0.0025	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_XX Max	0.183						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1974\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.225	4	0.0050	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.220	4	0.0064	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.213	4	0.0079	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.205	4	0.0089	0.0022	0.0022	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.196	4.5	0.0110	0.0024	0.0024	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1974_NS_0.51g_YY Max	0.185						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.26</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_EW\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.251	4	0.0058	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.245	4	0.0078	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.237	4	0.0102	0.0025	0.0025	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.227	4	0.0125	0.0031	0.0031	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.215	4.5	0.0154	0.0034	0.0034	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_EW_0.66g_XX Max	0.199						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_EW\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.254	4	0.0065	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.248	4	0.0084	0.0021	0.0021	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.239	4	0.0108	0.0027	0.0027	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.229	4	0.0130	0.0033	0.0033	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.216	4.5	0.0160	0.0036	0.0036	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_EW_0.66g_YY Max	0.199						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.28</b>
-----------------------------	-------------

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_NS\_XX\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido X)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UX (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.286	4	0.0046	0.0011	0.0011	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.281	4	0.0061	0.0015	0.0015	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.275	4	0.0081	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.267	4	0.0100	0.0025	0.0025	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.257	4.5	0.0124	0.0028	0.0028	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_XX Max	0.244						

Fuente: elaboracion propia

**DERIVAS - SISMO DE LIMA\_1966\_NS\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR**

<b>DERIVAS (Sentido Y)</b>									
Nivel	Diafragma	Caso	UY (m)	Altura (m)	D. RELATIVO	D. ELASTICO	D. INELASTICO	E-031	CONTROL E-031
NIVEL 5	D5	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.284	4	0.0049	0.0012	0.0012	0.005	OK
NIVEL 4	D4	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.279	4	0.0064	0.0016	0.0016	0.005	OK
NIVEL 3	D3	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.273	4	0.0082	0.0020	0.0020	0.005	OK
NIVEL 2	D2	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.265	4	0.0098	0.0025	0.0025	0.005	OK
NIVEL 1	D1	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.255	4.5	0.0121	0.0027	0.0027	0.005	OK
PISO TECNICO	D0	LIMA_1966_NS_0.58g_YY Max	0.243						

Fuente: elaboracion propia

<b>Desplazamiento Total</b>	<b>0.34</b>
-----------------------------	-------------



## RESUMEN DE DERIVAS CON PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR

PROPIEDADES NOMINALES	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA											
	ANCASH_1974_EW		ANCASH_1974_NS		ICA_2007_EW		ICA_2007_NS		LIMA_1970_EW		LIMA_1970_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
NIVEL 5	0.0016	0.0019	0.0013	0.0015	0.0018	0.0020	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0012	0.0012
NIVEL 4	0.0021	0.0023	0.0015	0.0016	0.0024	0.0026	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0016	0.0016
NIVEL 3	0.0026	0.0029	0.0018	0.0019	0.0031	0.0034	0.0017	0.0018	0.0020	0.0022	0.0020	0.0020
NIVEL 2	0.0029	0.0032	0.0022	0.0023	0.0039	0.0041	0.0021	0.0022	0.0024	0.0026	0.0023	0.0022
NIVEL 1	0.0029	0.0031	0.0024	0.0025	0.0043	0.0045	0.0023	0.0024	0.0025	0.0027	0.0025	0.0024
PISO TECNICO												
DERIVAS MAX	0.0029	0.0032	0.0024	0.0025	0.0043	0.0045	0.0023	0.0024	0.0025	0.0027	0.0025	0.0024

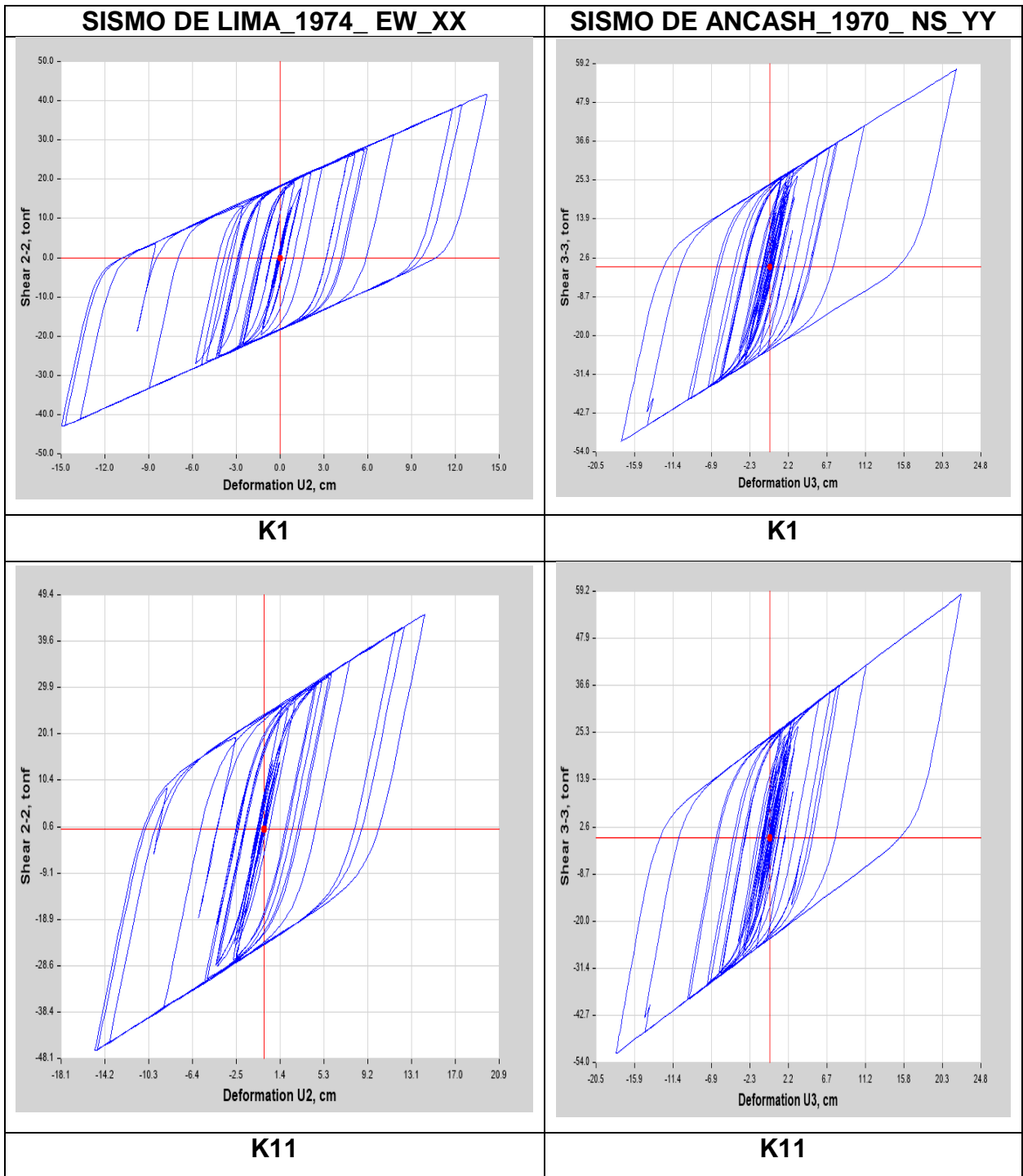
Fuente: elaboracion propia

PROPIEDADES NOMINALES	DERIVAS_ANALISIS_TIEMPO_HISTORIA			
	LIMA_1966_EW		LIMA_1966_NS	
Nivel	EW_XX	EW_YY	NS_XX	NS_YY
NIVEL 5	0.0015	0.0016	0.0011	0.0012
NIVEL 4	0.0020	0.0021	0.0015	0.0016
NIVEL 3	0.0025	0.0027	0.0020	0.0020
NIVEL 2	0.0031	0.0033	0.0025	0.0025
NIVEL 1	0.0034	0.0036	0.0028	0.0027
PISO TECNICO				
DERIVAS MAX	0.0034	0.0036	0.0028	0.0027

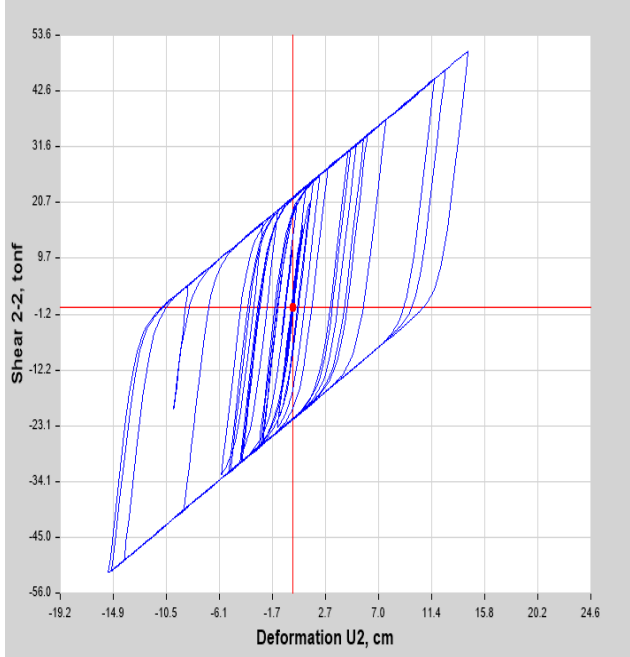
Fuente: elaboracion propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar las derivas máximas obtenidas no sobrepasan la deriva máxima de 0.005 que indica la norma E-031, 2018 , se verifica que con el sismo de Ica\_2007 se llegó a obtener una deriva máxima de 0.0045 en el primer nivel de la estructura , además indicar que las propiedades de límite superior son las más críticas debido a la mayor rigidez efectiva que tienen los dispositivos

# DIAGRAMA DE HYSTERESIS\_ PROPIEDADES LIMITE SUPEIOR

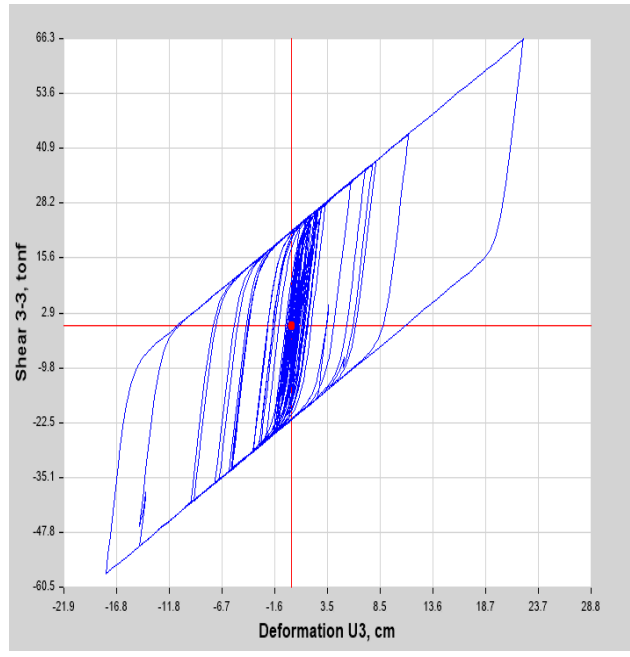


**SISMO DE LIMA\_1974\_EW\_XX**

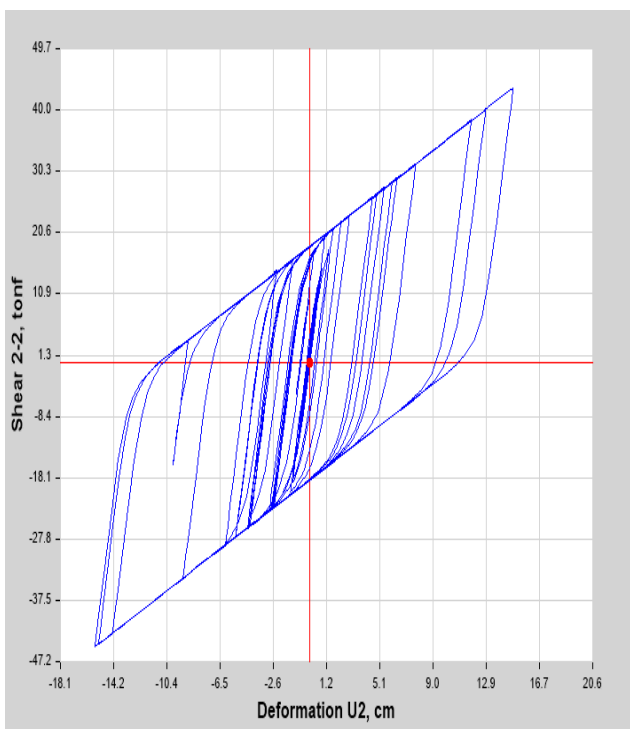


**K38**

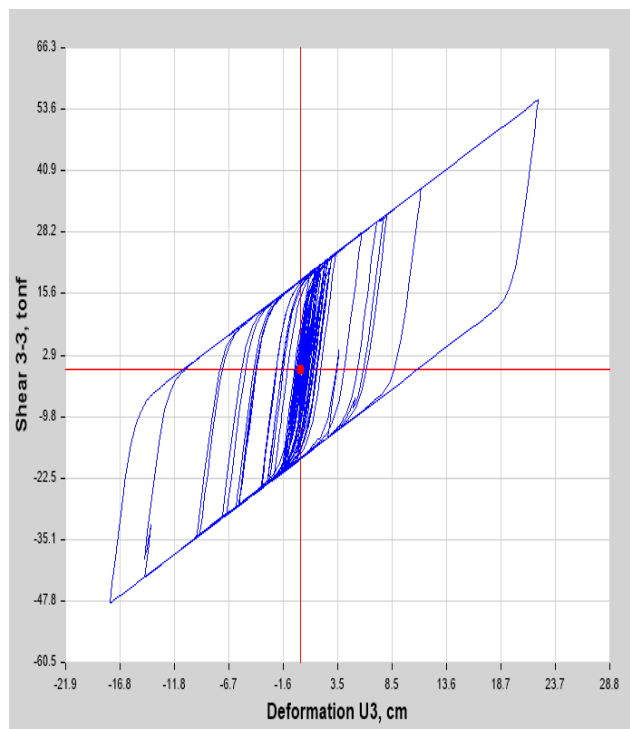
**SISMO DE ANCASH\_1970\_NS\_YY**



**K38**



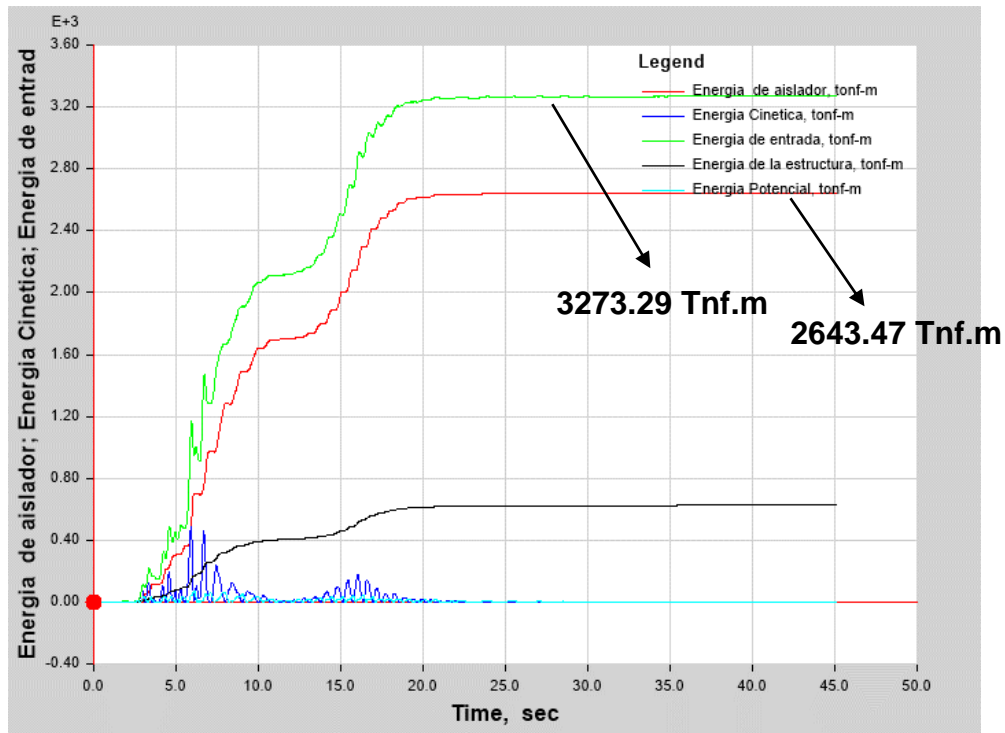
**K21**



**K21**

## BALANCE ENERGETICO\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR

LIMA\_1974\_NS\_0.51g\_XX\_LIMITE SUPERIOR



ENERGIA DE ENTRADA SE REGISTRA 3273. 29Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 2643.47 Tnf.m

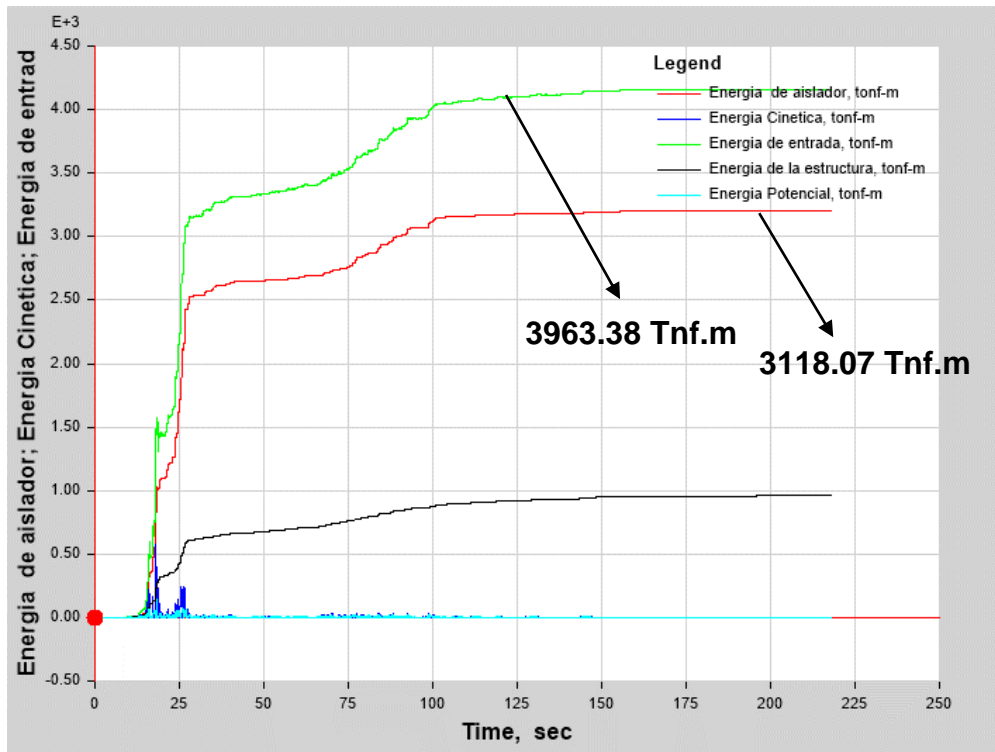
$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{1913.18 \text{ Tnf. m}}{2383.13 \text{ Tnf. m}} * 100$$

$$\% \text{ disipación de energía} = 80.8$$

Como se puede apreciar la línea verde representa a la energía de entrada generado por los sismos y la línea roja es la energía que disipa el sistema de aislamiento sismo realizando una división de la energía que disipada entre la energía de entrada se obtiene que el 80.8% del sismo se queda en la base de la estructura es decir disipado por el sistema de aislamiento y solo el 19.2% pasaría a la superestructura y será disipado por los elementos estructurales, para la presente tesis se evaluará con el sismo de Lima\_1974\_NS\_XX y con el sismo de Ancash\_1970\_NS\_YY con las propiedades límite superior de los dispositivos.

ANCASH\_1970\_NS\_0.59g\_YY\_PROPIEDADES LIMITE SUPERIOR



**Figura:**

Energía de entrada se registra 3963.38 Tnf.m

Energía disipada por los aisladores 3118.07 Tnf.m

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{\text{Energía disipada por los aisladores}}{\text{Energía de entrada}}$$

$$\% \text{ disipación de energía} = \frac{3118.07 \text{ Tnf. m}}{3963.38 \text{ Tnf. m}} * 100$$


$$\% \text{ disipación de energía} = 78.7$$

Energía disipada por el sistema de aislamiento para el sismo de Ancash\_1970 en su componente norte sur aplicado en el sentido YY de la estructura se verifica que el 78.7 % de energía es disipada por el sistema de aislamiento Sismico





PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO
P-1	18	1.0 m	2.90 m
P-2	3	1.20 m	2.90 m
P-3	9	1.50 m	2.90 m
P-6	1	2.50 m	2.90 m
P-8	4	0.80 m	2.90 m
P-9	6	0.90 m	2.90 m
P-10	1	2.70 m	2.90 m

 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	TESIS: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020"	N° DE LÁMINA: <b>A-01</b>	
	UBICACION: Nuevo Chimbote (Zona 4)		
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	AUTOR: QUROZ BALTAZAR Anibal Nilo	METODOLOGO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe	ESCALA: INDICADA
CHIMBOTE, PERÚ	ASESOR TEMÁTICO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe	LUGAR Y FECHA: JULIO de 2020	

# SEGUNDO NIVEL



PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO
P-1	19	1.0 m	2.90 m
P-2	8	1.20 m	2.90 m
P-3	18	1.50 m	2.90 m
P-5	9	2.0 m	2.90 m
P-8	2	0.80 m	2.90 m


 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020"	N° DE LÁMINA: <b>A-01</b>
	UBICACION: Nuevo Chimbote (Zona 4)	
FACULTAD DE INGENIERIA	PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	AUTOR: QUIROZ BALTAZAR Anibal Nilo METODOLOGO: Mgtr. Muñoz Arana José Pepe	ESCALA: INDICADA
CHIMBOTE, PERÚ	ASESOR TEMÁTICO: Mgtr. Muñoz Arana José Pepe	LUGAR Y FECHA: JULIO de 2020

# TERCER NIVEL






PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO
P-2	30	1.20 m	2.90 m
P-4	20	1.80 m	2.90 m
P-8	6	0.8 m	2.90 m

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TESIS: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020"	N° DE LÁMINA:
	UBICACION: Nuevo Chimbote (Zona 4)	<b>A-01</b>
FACULTAD DE INGENIERIA	PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION	ESCALA: INDICADA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	AUTOR: QUIROZ BALTAZAR Anibal Nilo METODOLOGO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe	LUGAR Y FECHA: JULIO de 2020
CHIMBOTE, PERÚ	ASESOR TEMÁTICO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe	

# CUARTO NIVEL



PUERTA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO
P-1	18	1.0 m	2.90 m
P-2	6	1.20 m	2.90 m
P-3	14	1.50 m	2.90 m
P-4	1	1.80 m	2.90 m
P-5	4	2.0 m	2.90 m
P-9	1	0.9 m	2.90 m

 <b>UNIVERSIDAD</b> <b>CÉSAR VALLEJO</b>	TESIS: "Sistema de aislamiento sísmico y su influencia en la respuesta dinámica de una edificación hospitalaria de tipo 2 - Nuevo Chimbote - 2020"	N° DE LÁMINA: <b>A-01</b>
	UBICACION: Nuevo Chimbote (Zona 4)	PLANO: PLANO DE DISTRIBUCION
FACULTAD DE INGENIERIA	AUTOR: QUIROZ BALTAZAR Anibal Nilo	METODOLOGO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ASESOR TEMÁTICO: Mgr. Muñoz Arana José Pepe	ESCALA: INDICADA
CHIMBOTE, PERÚ		LUGAR Y FECHA: JULIO de 2020

# QUINTO NIVEL