



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DEL AISLADOR ELASTOMÉRICO Y TRIPLE PÉNDULO SEGÚN NORMA E.031, PARA LA MEJORA DE LA RESPUESTA SÍSMICA DEL HOSPITAL MI PERÚ, REGIÓN CALLAO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Naysha Antuannett Durand Salazar

Asesor:

Dr. Ing. Omart Tello Malpartida

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico el siguiente proyecto de investigación a mis padres, por ser mis pilares,
por no dejar que me rinda y decaiga ante las adversidades y golpes de la vida.

A mi hermana, que está constantemente a mi lado y me hace recordar que soy
su modelo a seguir.

Para finalizar, a mi hijo Jürgen, que me impulsa a ser mejor cada día,
como madre y como profesional.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecer a Dios por apoyarme dándome la salud que necesito,
para mantener la calma, paciencia y sabiduría necesaria para poder
culminar la carrera.

A mis padres y hermana, por haberme dado la comprensión necesaria en cada
momento, por brindarme la fortaleza para llegar a la culminación de este
proyecto de investigación.

A mi asesor de tesis por dar fe en mí, por compartir sus conocimientos
con mi persona, por la comprensión ante cualquier duda que presentaba
en el desarrollo de esta investigación.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	46
1.3. Objetivos.....	47
1.4. Hipótesis	48
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	50
2.1. Tipo de investigación.....	50
2.2. Población y muestra	50
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	51
2.4. Procedimiento	53
2.5. Aspectos Éticos:	116
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	117
3.1. Resultados de la variable dependiente.....	117
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	135
4.2 Conclusiones.....	136
REFERENCIAS.....	138
ANEXOS.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zona sísmica.....	30
Tabla 2. Factores de Suelo S.....	30
Tabla 3. Periodos T_p y T_l	31
Tabla 4. Valores del diámetro D_i	36
Tabla 5. Radios de curvatura	44
Tabla 6. Irregularidad de Rigidez-Piso Blando	56
Tabla 7. Irregularidad extrema de rigidez-Irregularidad en Altura	57
Tabla 8. Irregularidad de Masa o Peso-Irregularidad en Altura	57
Tabla 9. Irregularidad Geométrica Vertical-Irregularidad en Altura	57
Tabla 10. Irregularidad Torsional-Irregularidad en Planta.....	57
Tabla 11. Esquinas Entrantes-Irregularidad en Planta.....	58
Tabla 12. Discontinuidad del Diafragma-Irregularidad en Planta.....	58
Tabla 13. Sistemas no Paralelo-Irregularidad en Planta.....	58
Tabla 14. Parámetros de Diseño-Factor de zona Z.....	86
Tabla 15. Parámetros de Diseño-Factor de suelo S.....	86
Tabla 16. Parámetros de Diseño-Periodo T_p , T_l	87
Tabla 17. Aceleración de entrepisos en X e Y sin aisladores y evaluación tipo 01.....	88
Tabla 18. Valores de Cargas Vivas.....	89
Tabla 19. Valores de Cargas Muertas.....	89
Tabla 20. Datos iniciales para el Aislador LRB	89
Tabla 21. Valores del Amortiguamiento Efectivo.....	90
Tabla 22. Interpolación del Amortiguamiento.....	90
Tabla 23. Periodo de la Estructura sin Aisladores	91
Tabla 24. Primera iteración del Aislador LRB.....	96
Tabla 25. Segunda iteración del Aislador LRB.....	97
Tabla 26. Tercera Iteración del Aislador LRB	97
Tabla 27. Propiedades del Aislador LRB.....	98
Tabla 28. Parámetros de Diseño para el FPS-Factor de Zona.....	105
Tabla 29. Parámetros de Diseño para el FPS-Factor de suelo.....	105
Tabla 30. Parámetros de Diseño para el FPS-Periodos T_p - T_l	106
Tabla 31. Espectro de Diseño con Aislamiento.....	107
Tabla 32. Parámetros de Diseño para el FPS-Carga Viva.....	108
Tabla 33. Parámetros de Diseño para el FPS-Carga Muerta.....	108
Tabla 34. Fuerzas en los Aisladores.....	117
Tabla 35. Fuerza en el Aislador Elastomérico.....	117
Tabla 36. Fuerza en el Aislador Triple Péndulo.....	117
Tabla 37. Desplazamientos del Sistema de Aislación.....	119
Tabla 38. Fuerzas en las bases de la estructura convencional y con evaluación tipo 01.....	121
Tabla 39. Fuerzas en la estructura convencional y con evaluación tipo 02.....	121
Tabla 40. Comparación de las Cortante Basal	121
Tabla 41. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X.....	123
Tabla 42. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y.....	123
Tabla 43. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X-LBR.....	124
Tabla 44. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y-LBR	124
Tabla 45. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X-FPS	124
Tabla 46. Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y-FPS.....	125
Tabla 47. Reducción de Distorsión de Entrepisos-LBR	125
Tabla 48. Reducción de Distorsión de Entrepisos-FPS.....	125
Tabla 49. Resumen de las distorsiones de entrepiso.....	126
Tabla 50. Aceleración de entrepisos en dirección X-Sin Aislamiento.....	128
Tabla 51. Aceleración de entrepisos en dirección Y-Sin Aislamiento.....	128
Tabla 52. Aceleración de entrepisos en dirección X-LRB	129
Tabla 53. Aceleración de entrepisos en dirección Y-LRB.....	129

Tabla 54. Aceleración de entresijos en dirección X-FPS	129
Tabla 55. Aceleración de entresijos en dirección Y-FPS.....	130
Tabla 56. Reducción de Aceleración de Entresijos-LRB.....	130
Tabla 57. Reducción de Aceleración de Entresijos-FPS.....	130
Tabla 58. Aceleración respecto al sismo en X, Y	131
Tabla 59. Análisis Tiempo-Historia SISMOXX.....	133
Tabla 60. Análisis Tiempo-Historia SISMOYY.	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Posta Médica del Perú.	14
Figura 2. Peligro Sísmico, la figura muestra el peligro sísmico de las 4 zonas de Perú, indicando los parámetros como bajo, relativamente bajo, alto y muy alto.	15
Figura 3. Edificaciones con Aisladores Sísmicos.	21
Figura 4. Aislador Elastomérico LDR.	24
Figura 5. Aislador Elastomérico HDR.	25
Figura 6. Aislador Elastomérico LBR.	26
Figura 7. Deslizadores de Fricción.	27
Figura 8. Ubicación de los Aisladores en la Interfaz de Aislación., en la parte superior de la columna.	40
Figura 9. Aislador Triple Péndulo.	40
Figura 10. Procedimiento de la estructura convencional.	53
Figura 11. Procedimiento de la Estructura con Aislador LRB.	54
Figura 12. Procedimiento de la Estructura con Aislador Triple Péndulo.	55
Figura 13. Techo del 1er Piso.	56
Figura 14. Irregularidad en Altura.	59
Figura 15. Corrección de las Irregularidades.	59
Figura 16. Modelamiento Estructural.	60
Figura 17. Model Initialization en ETABS.	60
Figura 18. Unidades en el ETABS.	61
Figura 19. Dimensiones en Grilla.	61
Figura 20. Dimensiones en ETABS.	62
Figura 21. Datos del sistema de grilla.	62
Figura 22. Datos del sistema de Grilla-continuación.	63
Figura 23. Espaciamientos de altura de la estructura.	63
Figura 24. Cuadrícula.	64
Figura 25. Grilla en Planta.	64
Figura 26. Grilla en Elevación.	65
Figura 27. Cambio de Unidades.	65
Figura 28. Definición de Materiales.	66
Figura 29. Adición de Material.	66
Figura 30. Propiedades de la Resistencia de Concreto de 210kg/cm ² -ETABS.	67
Figura 31. Configuración de las propiedades del concreto 210kg/cm ²	67
Figura 32. Compresión del concreto 210kg/cm ²	68
Figura 33. Propiedades del Acero.	68
Figura 34. Diseño de las Propiedades del Acero.	69
Figura 35. Definición de las columnas y vigas.	69
Figura 36. Tipo de forma de columnas y vigas.	70

Figura 37. Propiedades de la Columna 01.	70
Figura 38. Diseño de la columna 01.	71
Figura 39. Codificación de columnas y vigas.	71
Figura 40. Definición de la Losa.	72
Figura 41. Propiedades de la Losa.	72
Figura 42. Codificación de la Losa.	73
Figura 43. Dibujo de columnas.	73
Figura 44. Cuadrícula del dibujo de columnas.	73
Figura 45. Colocación de la tipología de columnas.	74
Figura 46. Colocación de vigas y columnas en la cuadrícula.	74
Figura 47. Dibujo de la losa.	75
Figura 48. Colocación de la losa-ETABS.	75
Figura 49. Restricciones en la base.	76
Figura 50. Empotramiento en la base.	76
Figura 51. Colocación del empotramiento en las columnas.	77
Figura 52. Diafragma.	77
Figura 53. Elaboración del Diafragma para la estructura.	77
Figura 54. Centro de masa, para el cálculo de Torsión.	78
Figura 55. Carga SISMOXXPOS.	78
Figura 56. Carga SISMOXXNEG.	79
Figura 57. Carga SISMO YYPOS.	79
Figura 58. Carga SISMO YYNEG.	80
Figura 59. Cargas de la Estructura.	80
Figura 60. Combinación de Cargas.	81
Figura 61. Aceleración Espectral.	81
Figura 62. Espectro de Diseño.	82
Figura 63. Codificación de Cargas.	83
Figura 64. Carga SISMO XX Dinámico.	83
Figura 65. Carga SISMO YY Dinámico.	84
Figura 66. Disposición de Aisladores.	85
Figura 67. Espectro de Respuesta.	88
Figura 68. Detalle General del Aislador Elastomérico LRB.	99
Figura 69. Corte A-Aislador Elastomérico LRB.	99
Figura 70. Corte B-Aislador Elastomérico LRB.	100
Figura 71. Opción para el ingreso del Aislador Elastomérico LRB.	100
Figura 72. Propiedades del Aislador Elastomérico.	101
Figura 73. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U1.	101
Figura 74. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U2.	102
Figura 75. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U3.	102
Figura 76. Colocación de Aislador LRB en la base.	103

Figura 77. Colocación del Aislador LRB en la interfaz de Aislación.	103
Figura 78. Disposición del Aislador Triple Péndulo.	104
Figura 79. Espectro de Diseño con Aislamiento.....	107
Figura 80. Parámetros del Aislador Triple Péndulo.	111
Figura 81. Geometría del Aislador FPT.....	112
Figura 82. Ubicación del Aislador FPS en la estructura.	113
Figura 83. Opción para el Ingreso de propiedades del Aislador FPS.	114
Figura 84. Propiedades del Aislador FPS.	114
Figura 85. Propiedades del Aislador FPS-Dirección U1.	115
Figura 86. Propiedades del Aislador FPS-Dirección U2-U3.....	115
Figura 87. Comparación de fuerzas en los Aisladores.....	118
Figura 88. Desplazamientos del Sistema de Aislación.	120
Figura 89. Cortante Basal.	122
Figura 90. Distorsión Respecto al Sismo en Y.	126
Figura 91. Distorsión Respecto al Sismo en Y.	127
Figura 92. Aceleración respecto al Sismo en X.....	131
Figura 93. Aceleración respecto al Sismo en Y.....	132
Figura 94. Análisis Tiempo-Historia Sismo XX.	133
Figura 95. Análisis Tiempo Historia en Sismo Y.....	134

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Aceleración Espectral.....	29
Ecuación 2 Periodo Fundamental de la Estructura	31
Ecuación 3 Factor de Amplificación Sísmica 01	31
Ecuación 4 Factor de Amplificación Sísmica 02	32
Ecuación 5 Desplazamiento del Aislador	32
Ecuación 6 Desplazamiento Total del Aislador.....	33
Ecuación 7 Altura efectiva del Aislador	33
Ecuación 8 Cantidad de láminas de caucho	33
Ecuación 9 Carga máxima	34
Ecuación 10 Área neta del Aislador.....	34
Ecuación 11 Carga Vertical sobre cada Aislador.....	34
Ecuación 12 Relación de la capacidad de carga sobre la masa participativa.....	34
Ecuación 13 Capacidad de carga	35
Ecuación 14 Diámetro del Núcleo de Plomo	35
Ecuación 15 Relación del diámetro del aislador y diámetro de núcleo de plomo	36
Ecuación 16 Rigidez secundaria	37
Ecuación 17 Rigidez efectiva K_{eff}	37
Ecuación 18 Cálculo del periodo T_M	37
Ecuación 19 Rigidez total del Aislador.....	37
Ecuación 20 Altura total del Aislador.....	38
Ecuación 21 Rigidez Vertical K_v	38
Ecuación 22 Módulo de comprensión para el acero-caucho.....	38
Ecuación 23 Factor de forma del Aislador.....	39
Ecuación 24 Diámetro del deslizador rígido.....	42
Ecuación 25 Área del deslizador rígido	42
Ecuación 26 Carga promedio de la Estructura.....	42
Ecuación 27 Estabilidad del Aislador	43
Ecuación 28 Altura de radios efectivos.....	43
Ecuación 29 Radios de curvatura	43
Ecuación 30 Radios efectivos internos y externos.....	44
Ecuación 31 Capacidad de desplazamiento d_2	45
Ecuación 32 Capacidad de desplazamiento d_3	45
Ecuación 33 Diámetro de las placas internas D_s	45
Ecuación 34 Diámetro de las placas externas D_c	45

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú con la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031. Para el desarrollo de la tesis, se trabajó con una estructura de concreto armado de 6 pisos, del cual se realizó 3 modelamientos en el programa ETABS, el primer modelo es el de una estructura convencional y los siguientes 2 es con la incorporación de los aisladores sísmicos en la base, Aislador Triple Péndulo y el Aislador LRB, a estos modelos se les aplicó el análisis estático y dinámico para la obtención de resultados. Éstos revelan que el sistema de Aislación con Aislador Triple Péndulo, absorbe un porcentaje de 74% de la fuerza sísmica en el eje X y en el eje Y, y para el LRB, absorbe el 85% de la fuerza producida por el sismo. Los desplazamientos en el sistema de aislación de Núcleo de Plomo en el Sismo X fueron de 31.2cm y para el Sismo en Y fue de 31.09cm y para el FPS, en el Sismo X fue de 29.50cm y Sismo en Y de 28.30cm. La fuerza cortante, cuando se utiliza el Aislador FPS reduce un 26% en ambas direcciones y para el Aislador LRB, reduce un 15%. Las distorsiones de entrepiso para el Aislador LRB, presenta un valor de 0.006456 en el Sismo X y 0.006993 en el Sismo Y; sin embargo, para el Aislador FPS en el Sismo X, 0.006078 y Sismo en Y, 0.006993. Para las aceleraciones de entrepiso, el Aislador Triple Péndulo, se redujo un 30% para el Sismo en X, Y, para el Sistema de Aislación LRB, se redujo un 21% para el Sismo X y 30% para el sismo Y. Demostrando así que el aislador más efectivo es el Aislador Triple Péndulo.

Palabras clave: Aislador Triple péndulo, Aislador LRB, Sistemas de Aislación, Respuesta Sísmicas.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine how the seismic response of Hospital Mi Perú will improve with the evaluation of the Elastomeric Isolator and Triple Pendulum Isolator according to Standard E.031. For the development of the thesis, we worked with a 6-story reinforced concrete structure, of which 3 models were made in the ETABS program, the first model is that of a conventional structure and the next 2 are with the incorporation of insulators Seismic at the base, Triple Pendulum Isolator and the LRB Isolator, static and dynamic analysis were applied to these models to obtain results. These reveal that the Isolation system with Triple Pendulum Isolator absorbs a percentage of 74% of the seismic force in the X and Y axis, and for the LRB, it absorbs 85% of the force produced by the earthquake. The displacements in the Lead Core isolation system in the X Quake were 31.2cm and for the Y Quake it was 31.09cm and for the FPS, in the X Quake it was 29.50cm and the Y Quake of 28.30cm. The shear force, when using the FPS Insulator, reduces 26% in both directions and for the LRB Insulator, it reduces 15%. The mezzanine distortions for the LRB isolator, presents a value of 0.006456 in the X earthquake and 0.006993 in the Y earthquake; however, for the FPS Isolator at Quake X, 0.006078 and Quake at Y, 0.006993. The Triple Pendulum Isolator, was reduced by 30% for the X, Y earthquake, for the LRB Isolation System, it was reduced by 21% for the X earthquake and 30% for the Y earthquake. Thus, showing that the most effective isolator is the Triple Pendulum Insulator.

Keywords: Triple pendulum isolator, LRB isolator, insulation systems, seismic responses.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El Perú se encuentra ubicado en el cinturón de fuego, casi al borde del encuentro de dos placas tectónicas de las cuales son la Sudamericana y la de Nazca, en donde se producen aproximadamente el 80% de los terremotos y más de la mitad de tsunamis en el mundo. En los últimos años, los sismos más dañinos se han localizado en la zona sur y centro de la costa. Además, en el año 1746 se produjo un terremoto y maremoto, causando la destrucción del puerto del Callao, produciendo la muerte de vidas humanas, en donde solo se salvaron 200 personas de un aproximado total de 4000.

Asimismo, se han originado más sismos, causando muertes debido a la vulnerabilidad de las estructuras. Según Santana, 2012 asegura que, los sismos más relevantes de los últimos años fueron, en Arequipa (2001) con una magnitud en la escala de Richter de 8.4 grados, Lamas (2005), con magnitud de 7 grados y Pisco (2007) con una magnitud de 7 grados.

Este último sismo de gran magnitud, generó grandes daños humanos y materiales en las Regiones Lima, Ica y Huancavelica, del mismo modo los establecimientos de salud se vieron totalmente afectados, del cual son las estructuras más críticas para alegar ante una emergencia. Según INDECI, (2007) aseguran que, de todos los establecimientos de salud en las regiones afectadas por el sismo, 112 establecimientos fueron perjudicados, del cual 14 fueron destruidos. Dentro de la Región Lima 4 establecimientos de salud fueron destruidos y 7 hospitales fueron afectados en la Provincia del Callao.

Debido a esto nos vemos en la necesidad de implementar medidas de seguridad y sistema de reforzamientos en los hospitales; ya que será el único lugar donde acudiremos en caso de daños. En 46 años, Lima, no ha tenido terremotos destructivos desde el 3 de octubre de 1974, en el cual

se ha creado una zona de Silencio Sísmico (ZCS), donde un periodo largo no se ha liberado una considerable cantidad de energía. Según el MVCS, “Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento” en Lima se estima un terremoto de 8.5; del cual considera un promedio de más de 50,000 muertos y miles de viviendas destruidas. Del mismo modo, según su zonificación sísmica del MVCS del Área Metropolitana de Lima y Callao y peligros correspondientes, ubican a Ventanilla y Mi Perú como los distritos con suelo arenoso, pues aquí las ondas sísmicas serán elevadas y es propenso que las edificaciones más importantes, como refugios, hospitales, clínicas, postas médicas, comisarías, colapsen; debido al tipo de suelo y a la infraestructura.

Finalmente, el Distrito de Mi Perú cuenta con solo una posta médica, del cual es necesario implementar un nuevo hospital y que cuente con un sistema de reforzamiento; para que siga funcionando en su 100% después de un sismo moderado y asimismo evitar pérdidas de costos por reconstrucción y/o reparación. Por esos motivos se ha decidido realizar el diseño sísmico con un sistema de reforzamiento nuevo.



Figura 1. Ubicación de la Posta Médica del Perú.

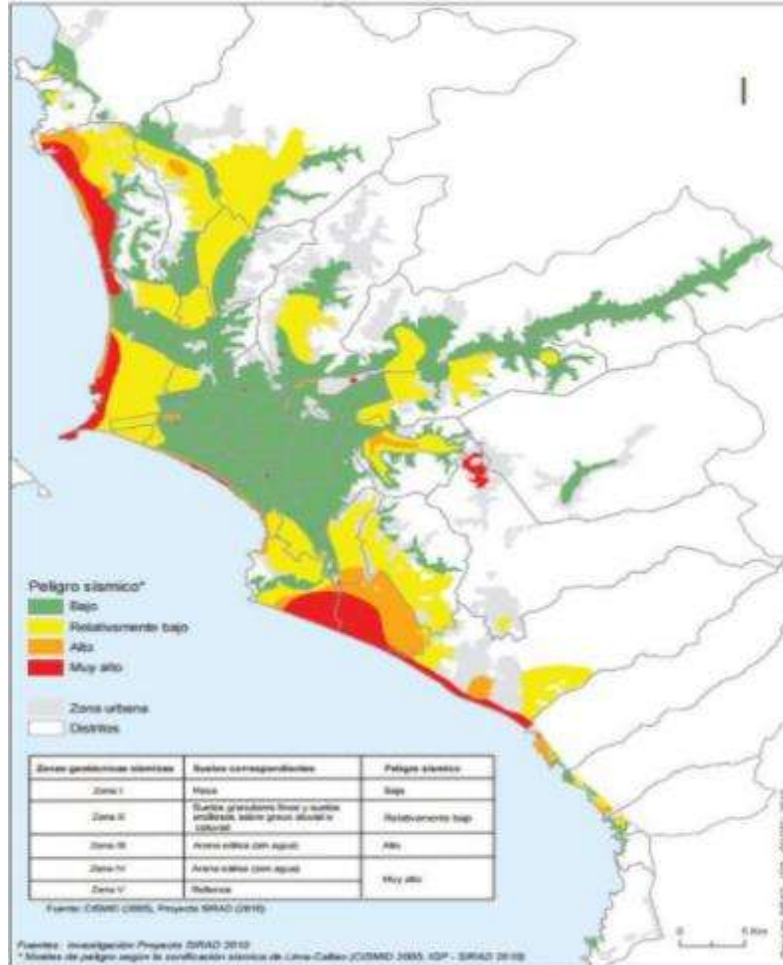


Figura 2. Peligro Sísmico, la figura muestra el peligro sísmico de las 4 zonas de Perú, indicando los parámetros como bajo, relativamente bajo, alto y muy alto.

1.1.1. Antecedentes

La investigación se dará en el Distrito de Mi Perú perteneciente a la región Callao, de las cuales como población tiene 44 asentamientos humanos, entre las fuentes que se utilizarán para el proyecto presente son libros, tesis, trabajos sobre el tema a tratar, del cual servirá como base.

A continuación, se presentará las fuentes que se utilizarán para la elaboración del trabajo.

Según Soriano (2014), en su investigación “Comparación de la respuesta estructural del pabellón a de la Universidad Privada del Norte con aisladores sísmicos elastoméricos y sin

aisladores sísmicos”, concluye que las estructuras con aisladores sísmicos tienen un mejor comportamiento de aquellos que no cuentan debido a que las fuerzas que se producen en la base se disminuyen, además dedujo que los desplazamientos que se obtienen tienen una mejor distribución vertical.

Según Lema (2013), en su trabajo de investigación “Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en ETABS” realizó un análisis económico entre el edificio convencional y el edificio aislado, además diseñó la edificación con tres tipos de aisladores considerando la norma NEC11 y el código ACI 318-08, en donde concluye que sus resultados fueron menores al 0.02m/m como lo especifica la norma, su periodo fue de 0.77 segundos, por lo que consideró como una estructura rígida y en cuanto a la fuerza basal obtuvo un factor de reducción de 2.71 en lo que concierne en el eje X, mientras que en el eje Y un 2.77.

Según Valerio (2015), en su Tesis de Máster “Análisis comparativo de un edificio fijo en la base Vs. un edificio utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos”, realizó una comparación de 4 tipos de aisladores de los cuales son: HDRB, LRB, FPS y RNC del cual evaluó cuatro factores de desempeño, la fuerza cortante en la base, la deriva del edificio, la aceleración en el piso superior y el desplazamiento del edificio en el cual concluye que el aislador más efectivo es el Roll-N-Cage; ya que, reduce la fuerza cortante basal en un 84% y el desplazamiento lo incrementa en un 333%.

Según Korswagen, Arias y Huaranga (2012), en su investigación “Análisis y Diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú” nos brindan un análisis de diferentes edificios aislados, como conclusión obtuvieron que la altura y la esbeltez de un edificio son parámetros que limitan el aislamiento eficiente de una estructura; debido a que están vinculadas con la capacidad de carga de los aisladores elastoméricos, que es factor que controla análisis de diferentes edificios aislados, se concluye que tanto la altura como la esbeltez de la edificación son parámetros

limitantes para el aislamiento eficiente de una estructura. Dichos parámetros están directamente vinculados con la capacidad de carga de los aisladores elastoméricos que es el factor quien controla la eficiencia del diseño sísmicos en estos casos.

Según Mestanza (2015), en su investigación “Análisis de una edificación mediante un sistema propuesto de aislamiento sísmico del tipo péndulo friccional” quién explica que colocar un aislador en la base de cualquier edificación reduce un alto porcentaje las distorsiones en comparación de una edificación que contenga una base fija. Este aislador no cuenta con una fuerza que lo pueda restablecer a su posición inicial en comparación de otros aisladores sísmicos como se da en el caso del aislador elastomérico.

Según Zamora y Vásquez (2016), en su Trabajo Investigativo “Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado” concluyó que el comportamiento de la cortante basal para el caso del LRB y FPS se reducen significativamente en un 90% y 85% respectivamente.

Según Proaño (2014), en su trabajo de investigación “Análisis y Diseño Sísmico de un edificio en acero con Aisladores Sísmicos, modelamiento en Etabs” concluye que para el Aislador FPS presenta valores en el Sismo X, 0.7583m/seg^2 y para el Sismo en Y un valor de 1.0518m/seg^2 y para el Aislador LRB, 1.1230m/seg^2 y 1.1191m/seg^2 , en X, Y respectivamente, permitiendo así que no haya daños en los elementos estructurales.

Según Díaz y Araya (2019), en su trabajo de investigación “Comportamiento sísmico de una edificación incorporando péndulo de fricción” concluye que la edificación con FPS redujo las deformaciones laterales de la estructura analizada en X un 13.16% y en Y un 23.08%, la fuerza en las bases se redujo en un 17.03% para X y 23.02% para Y.

1.1.2. Bases Teóricas

1.1.2.1. Historia de los Aisladores

Según Korswagen E, Arias R, y Huaranga H. (2012), aseguran que:

El concepto de aislación sísmica ha sido desarrollado desde hace más de 100 años; sin embargo, recién en los últimos 40 años se ha ido difundiendo para ser aplicado de forma práctica y sólo en los últimos 15 años su aplicación se ha ido incrementando de forma exponencial por el buen desempeño que presentaron los pocos edificios aislados ante los sismos. En el año 1909 J.A. Calantarients del Reino Unido le escribió una carta al Director del servicio sismológico de Chile, en la cual, afirmaba que un edificio esencial podía construirse en un país sísmico con total seguridad si es que había una junta entre la base de la estructura y el suelo rellena de un material fino (arena, mica o talco) que le permitiese deslizarse durante el evento sísmico; esto hace que las fuerzas horizontales transmitidas a la estructura se reduzcan y como consecuencia no colapse. A lo que el investigador hacía referencia era un concepto primitivo de aislación sísmica. El inglés John Milne, quien fue profesor de Ingeniería de Minas en la Universidad de Tokyo entre 1876 y 1895, realizó varios experimentos de aislación sísmica: instrumentaba una estructura aislada sísmicamente y la sometía a un movimiento sísmico. En 1885 escribió un reporte describiendo su primer experimento a la Asociación Británica de Avance de la Ciencia. En ese primer experimento, la estructura estaba construida sobre unas esferas de deslizamiento de 10 pulgadas de diámetro; sin embargo, aparentemente el edificio no tenía un buen desempeño frente a cargas de viento así que volvió a realizar el ensayo varias veces hasta que determinó que para esferas de diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada la estructura se volvía estable para cargas de viento. En el último siglo se han buscado diversos mecanismos que sirvan para desacoplar a la estructura del suelo con el objetivo de reducir las fuerzas y como consecuencia los daños. En 1996 James M. Kelly da a conocer tres ejemplos

de los primeros edificios aislados. Dos de ellos fueron construidos sobre esferas: un edificio en Sevastopol, Ucrania y un edificio de cinco pisos en México; y el tercero, un edificio de cuatro pisos para el observatorio sismológico del estado de Beijing sobre una capa de arena. En 1992, Eisenberg, describe a un edificio construido en 1959 en Ashkhabad, Turkmenistán, el cual, estaba suspendido por cables. En 1969 se construyó el primer edificio aislado con bloques de caucho: la escuela Pestalozzi de tres pisos hecha de concreto en Skopje, Yugoslavia.

A finales de la década de los 70' unos pocos edificios aislados fueron construidos en Japón. Fue el inicio del desarrollo de los SREI (Steel reinforced elastomer isolator), en los cuales, se vulcanizan las capas de caucho y las placas de acero intercaladas con el fin de aumentar la rigidez vertical. Hasta el año 1985 sólo tres proyectos habían sido completados. Entre 1985 y 1994, durante el boom de la economía japonesa, el número de edificios aislados empezó a incrementarse a razón de 10 edificios por año. En 1978 se construyó en viaducto de Toe-toe en North Island, en Nueva Zelanda. Fue la primera estructura con aisladores sísmicos hechos con capas intercaladas de caucho y acero con un núcleo de plomo en el centro para que ayude a disipar la energía. Este tipo de aisladores llamados LRB (Lead Rubber Bearing) son de amplio uso actualmente. Un pequeño número de edificios aislados fueron construidos en nueva Zelanda e Italia principalmente por ser muy importantes. En 1981 se terminó el primer edificio aislado con LRB: Edificio William Clayton en Wellington, Nueva Zelanda. El primer edificio aislado en los Estados Unidos es Foothills Communities Law and Justice Center (FCLJC) ubicado en el Rancho Cucamonga, Los Ángeles. Este edificio construido a inicios de 1984 y terminado a mediados de 1985 fue hecho sobre aisladores elaborados con caucho de alto amortiguamiento natural. El mismo sistema de aisladores de alto amortiguamiento fue empleado en el Fire Command and Control Facility (FCCF). En Estados Unidos el proceso de la elaboración de códigos que incluyeran pautas para el

diseño con aisladores sísmicos empezó con una simple publicación de la Asociación de Ingenieros estructurales del Norte de California llamada “Tentative Seismic Isolation Design Requirements” (SEAOC 1986), la cual, se basaba principalmente en el diseño con métodos estáticos. En el año 1990 los miembros del comité sismológico del SEAOC deciden incluir en su “Blue Book”, un apéndice con los requerimientos de “General Requirements for the Design and Construction of Seismic Isolated Structures”. Esta publicación fue considerablemente modificada y se incluyó como un apéndice no obligatorio del capítulo 23 en la versión del año 1991 del UBC (Uniform Building Code) con el nombre de “Earthquake Regulations for Seismic-Isolated Structures”. Tanto el comité sismológico del SEAOC como el del UBC han ido revisando periódicamente sus códigos y han ido actualizándolos (SEAOC 1996, UBC 1994 y 1997). En las últimas versiones el diseño se basa fundamentalmente en el análisis dinámico de las estructuras. Por otro lado, por encargo del Consejo de Seguridad Sísmica para Edificios, se incorporaron los requerimientos para el diseño de estructuras con aislación sísmica y disipación de energía en los requerimientos de NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) en el año 1995. Esos requerimientos fueron modificados en la versión del año 1997, en la que los documentos del SEAOC, UBC y NEHRP fueron compatibilizados. En el caso de Sudamérica, Chile ha sido uno de los primeros países en incorporar aisladores sísmicos a sus estructuras. Cuenta además con la norma Chilena NCh2745 – 2003 que es el resultado de la adaptación a la realidad chilena del código UBC (Uniform Building Code) del año 1997 y su compatibilización con la norma chilena NCh433.Of1996. Entre los edificios actualmente aislados en Chile se tiene: un bloque del conjunto habitacional Comunidad Andalucía construido entre los años 1991 y 1992 para un estudio hecho por la Universidad Católica de Chile, el centro médico San Carlos de Apoquindo de la Universidad Católica de Chile construido en el año 2000 y el Hospital Militar inaugurado en el año 2008.

1.1.2.2. Edificaciones con Aisladores Sísmicos:

El aislador sísmico en las edificaciones es aquel proceso que se usa para reducir las respuestas sísmicas, esto quiere decir que reduce la fuerza generada por el sismo sobre la estructura, así como también las aceleraciones espectrales y como consecuencia, el periodo natural de la edificación y el coeficiente de amortiguamiento aumentan en la superestructura.

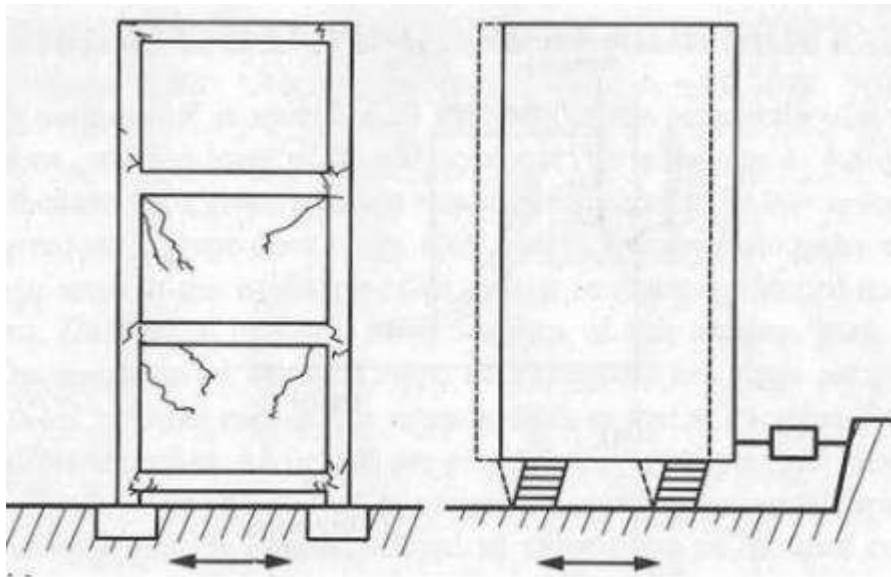


Figura 3. Edificaciones con Aisladores Sísmicos.

En la figura 3, se muestra la comparación del comportamiento de una estructura convencional con la de una estructura con aisladores sísmicos en la base, en el primer caso las deformaciones producidas por las fuerzas sísmicas se distribuyen en los elementos estructurales, como losa, vigas y columnas que son aquellos que se encargan de disipar la energía, mientras que, en el segundo caso las deformaciones se concentran en el aislador que es aquel que se encarga de disipar la energía.

Pero no siempre una estructura sísmicamente aislada responde con las propiedades de estructura aislada. En realidad, existen dos estados en el comportamiento, una fase estática y una fase dinámica (Amaral y Guerreiro, 2014). Para la fase estática la estructura no experimenta excitación

sísmica o bien la excitación sísmica es muy leve que no activa el sistema de aislación y por lo tanto la estructura se comporta como una de base fija (empotrada); mientras que en la fase dinámica la estructura responde con el periodo de estructura aislada, es decir la respuesta dinámica es controlada por las propiedades del aislador (Amaral & Guerreiro, 2014; Mokha, Amin, Constantinou, & Zayas, 1996).

En la actualidad, existen 3 tipos principales de aisladores en la base, los aisladores elastoméricos convencionales que se clasifican en los Aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR) y los Aisladores Elastoméricos de Alto Amortiguamiento (HDR), también tenemos a los Aisladores elastoméricos con Núcleo de Plomo (LRB) y por último a los Aisladores Friccionales que se clasifican en los Deslizadores de Fricción o Aisladores Deslizantes y los Aisladores de Péndulo Friccional (FPS).

El aislador elastomérico y el aislador triple péndulo, serán los evaluados en este trabajo de titulación; sin embargo, se habla de manera más detallada para entender la importancia de los aisladores en la base.

1.1.2.3. Tipos de Aisladores

1.1.2.3.1. Aisladores Elastoméricos convencional

Los aisladores elastoméricos convencional presentan amplias aplicaciones a las estructuras debido a su evolución, simplicidad y a la combinación de aislamiento y disipación de energía en un dispositivo único. Este es uno de los métodos más usados, han ido mejorando desde inicios de su uso para mejorar y poder cumplir con los requerimientos exigidos.

En la mayoría de los diseños de aisladores elastoméricos se utiliza la geometría de un cilindro, ya que con esto las propiedades del aislador no se ven afectados por la dirección de la carga horizontal aplicada, repartiéndose los esfuerzos uniformemente, dentro de los apoyos elastoméricos

laminados podemos distinguir entre dos tipos principalmente: aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR) y los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) (Arriaga Rosas, 2005).

Aislador Elastomérico de Bajo Amortiguamiento (LDR)

Los dispositivos LDR (Low rubber damping) son los más simples dentro de la categoría de los Aisladores Elastoméricos, estos están conformados por láminas de caucho natural y en el medio de éstas láminas, se encuentran las planchas de acero. La adherencia de estas dos láminas, se da a través de un proceso llamado vulcanización, del cual es tan resistente que, ante solicitaciones extremas, es el caucho quien fallaría antes de la unión de éstas.

Estos dispositivos no son tan usados en edificaciones; ya que, su amortiguamiento equivale hasta un 5% y por lo cual no representa grandes beneficios; sin embargo, son más usados en las construcciones de puentes, debido por su menor costo con respecto a otros dispositivos.

Sus principales ventajas del dispositivo LDR son:

- Sus propiedades mecánicas no llegan a ser afectadas a las altas temperaturas y al envejecimiento.
- Fabricación simple.
- Diseño más simple.

Su principal desventaja del dispositivo LDR es:

- Han sido vinculados con otros dispositivos, es decir amortiguamientos adicionales (suplementarios).



Figura 4. Aislador Elastomérico LDR.

Aislador Elastomérico de Alto Amortiguamiento (HDR)

A diferencia del Aislador Elastomérico LDR, este representa un aumento de amortiguamiento, mayormente entre el 8% y el 15%, debido a que las láminas de caucho son fabricados adicionando aceites, resinas y carbón.

Las ventajas del Aislador Elastomérico HDR son:

- Combinación de la flexibilidad y disipación de energía en solo un dispositivo.
- Fabricación sencilla.
- Presentan mayor rigidez en los primeros ciclos de carga, luego al tercer ciclo se estabiliza su rigidez.

Las desventajas del Aislador Elastomérico HDR son:

- Presentan mayor sensibilidad ante los cambios de temperatura.

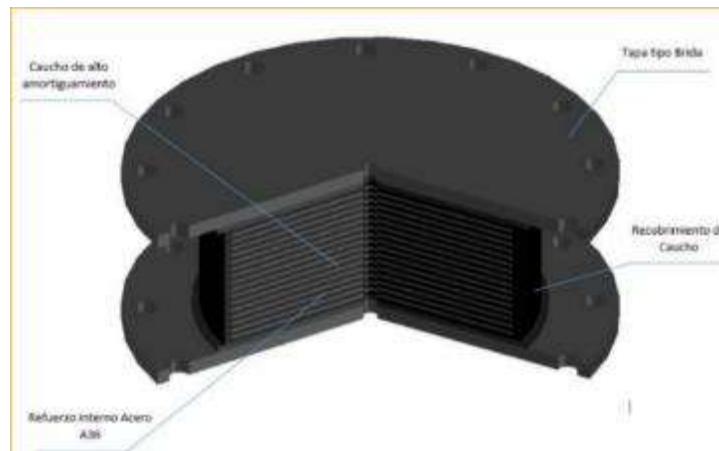


Figura 5. Aislador Elastomérico HDR.

1.1.2.3.2. Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB)

El Aislador LRB al igual que los aisladores convencionales, disponen de láminas de caucho y de manera intercalada las láminas de acero; sin embargo, la diferencia de estos, es que contiene un agujero en el centro en el cual, se introduce el núcleo de plomo a presión, que permite incrementar el porcentaje de amortiguamiento del sistema, dando un rango entre los 25 a 30%.

Este núcleo de plomo, permite las deformaciones laterales en el aislador durante las fuerzas sísmicas y al término de la acción sísmica, el núcleo permite retornar a su posición original y además produce considerables ciclos de histéresis estables, debido a que fluyen a una tensión relativamente alta.

Las ventajas de este dispositivo es que luego de haberse sometido ante una acción sísmica, el núcleo de plomo se recristaliza; es decir, el sistema del aislador queda nuevamente listo para una nueva fuerza sísmica.

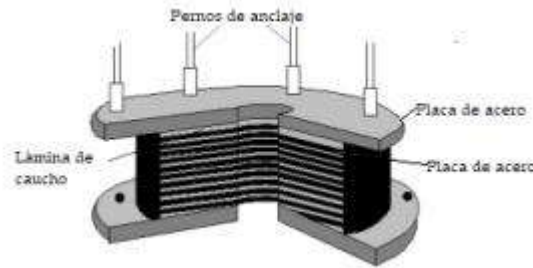


Figura 6. Aislador Elastomérico LBR.

1.1.2.3.3. Aisladores Deslizantes

Estos dispositivos tienen una superficie de deslizamiento de acero inoxidable, ésta superficie ante una acción sísmica permite el movimiento horizontal de la estructura independientemente del suelo, a través de este rozamiento, permite la disipación de energías.

Estos tipos de aisladores se dividen en los Deslizadores de Fricción y Aisladores de Péndulo Friccional, que a continuación se detallan.

Deslizadores de Fricción.

Estos dispositivos son los más simples; ya que consisten en la división de dos superficies, la primera está adherida a la estructura y la segunda está adherida a la cimentación, éstas superficies generalmente son de acero inoxidable pulido espejo, disipan energía a través de la fricción entre sus superficies de contacto y presenta un amortiguamiento efectivo entre el 50 y 60%.

Debido a que el material es de acero inoxidable, posee un bajo coeficiente de fricción por lo cual permiten movimientos horizontales y resisten a cargas verticales.

Generalmente estos dispositivos son usados con aisladores elastoméricos como por ejemplo el Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo; ya que, este no permite retornar a la estructura a su posición original luego de una fuerza sísmica.

La combinación de este dispositivo con el dispositivo LRB, permite un ahorro de costo en el sistema de aislación ante un dispositivo o Aislador de Triple Péndulo.



Figura 7. Deslizadores de Fricción.

Aislador Péndulo Friccional.

Lema (2013), asegura que:

Uno de los más representativos de los Aisladores Deslizantes son los Aisladores Péndulo Friccional. Este dispositivo presenta una superficie deslizante esférica de acero inoxidable y el deslizador articulado está revestido con politetrafluoroetileno, más conocido como el teflón, del cual tiene un bajo coeficiente de fricción y se encuentra entre el 5 al 7%. Este sistema de aislamiento combina el efecto del deslizamiento con una fuerza sustitutiva que es generada por las cargas de gravedad.

Consiste en un deslizador conectado a la superestructura del cual se mueve sobre una superficie cóncava y por lo tanto debido a su geometría, la fuerza vertical tenderá a reaccionar con una componente tangencial que éste impulsará a centrar o volver a su posición original el sistema.

El aislador FPS, proporciona una rigidez relativa al desplazamiento lateral directamente proporcional al peso de la estructura e inversamente proporcional al radio de curvatura. Una de las propiedades de interés de este dispositivo, es su capacidad en proporcionar períodos y

desplazamientos largos, manteniendo su capacidad portante de utilidad ante la presencia de terremotos caracterizados por la presencia de pulsos largos.

El aislador FPS es activado sólo, cuando la fuerza de corte sobre la interfaz de aislación debida a las fuerzas sísmicas, supera la fuerza de fricción estática. Una vez en movimiento, el cursor articulado (deslizador) se mueve a lo largo de la superficie esférica cóncava, causando la elevación de la masa soportada, con movimientos equivalentes a los de un péndulo simple. Los resultados de aislación basal deseados, se alcanzan por la geometría del apoyo y la gravedad. Durante la elevación a lo largo de la superficie esférica, el aislador desarrolla una fuerza resistente lateral, igual a la combinación de la fuerza friccional movilizada y una fuerza de restauración inducida por la gravedad. Verdaderamente,

esta última fuerza es la fuerza de restauración del sistema.

En base a lo indicado, en el párrafo anterior se tienen dos fases en un sistema FPS, la primera denominada de agripamiento en que el deslizador no se mueve y la segunda que corresponde al deslizador en movimiento.

Sistema Del Tipo Péndulo Friccional (Sistema Fps)

Según Mestanza (2015), asegura que:

Este sistema fue inventado por Victor Zayas, presidente de Earthquake Protection System Inc., en 1985. En este sistema logra un movimiento de péndulo de tal manera que las propiedades de aislamiento sísmicos se logran por la gravedad y la geometría. El resultado es una forma sencilla, fiable y estable respuesta sísmica. La fuerza que se aplica en este tipo de aislador produce un desplazamiento horizontal y vertical, cuando esta fuerza desaparece, una fuerza contraria produce que el deslizador vuelva al centro de la concavidad.

El primer edificio que se construyó con este tipo de aislador fue el Hayward City Hall, ubicado en el Estado de California de los Estados Unidos de América, en esta edificación se llegaron a colocar 53 aisladores FPS.

Para la fabricación de este tipo de aislador se utiliza teflón, conocido como politetrafluoroetileno (PTFE), que al tener una presión de contacto con el acero no exceden de 400 kg/cm². El coeficiente de fricción entre el teflón y el acero varía generalmente entre 0.05 y 0.12 dependiendo de la velocidad y la presión de contacto.

1.1.2.4. Análisis y Diseño del Aislador Elastomérico.

Para realizar el procedimiento de diseño del Aislador Elastomérico con Núcleo, se utilizaron las fórmulas de la Norma E.031 “Aislamiento Sísmico” y los valores comerciales de FEMA274-1997.

Para poder realizar el diseño de los aisladores, es necesario considerar la Norma Técnica Peruana E-030 “Diseño Sismorresistente”, de los cuales tiende a analizar con las características de la edificación.

Cálculo de la aceleración espectral máxima posible

En el Perú, para analizar la aceleración espectral, se utilizará la siguiente multiplicación de los siguientes factores:

$$Aceleración = Z * U * C * S$$

Ecuación 1 Aceleración Espectral

Dónde:

Factor de Zona: Z

Zonificación: Z

El territorio nacional peruano, según su zonificación se encuentra dividido en 4 zonas, este factor es la aceleración máxima que considera una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años.

En el presente trabajo de tesis, se considera trabajar con la zona 4; ya que es la zona con mayor sismicidad.

Tabla 1.

Zona sísmica.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Norma E-030, (2018).

Factor del suelo: S

Según el tipo de perfil, se utiliza la tabla para obtener los valores correspondientes, como el factor de Suelo, periodos T_P y T_L .

Tabla 2.

Factores de Suelo S.

FACTORES DE SUELO "S"				
ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1.00	1.05	1.1
Z3	0.8	1.00	1.15	1.2
Z2	0.8	1.00	1.2	1.4
Z1	0.8	1.00	1.6	2

Fuente: Norma E-030, (2018).

Periodos T_P y T_L

Tabla 3.
Periodo T_P y T_L .

PERIODOS " T_P " " T_L "				
Perfil de suelo				
	S0	S1	S2	S3
$T_P(S)$	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_L(S)$	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E-030, (2018).

Factor de Amplificación Sísmica C

Para calcular el factor de amplificación sísmica, se debe tener en cuenta el periodo fundamental de la estructura y los periodos T_P y T_L ya obtenidos en el factor de Suelo.

Según la E-030, presentan las siguientes expresiones para su cálculo.

Periodo Fundamental de la Estructura:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{M}{k * g}}$$

Ecuación 2 Periodo Fundamental de la Estructura

Dónde:

M: Masa de la estructura.

K: Rigidez lateral.

g: Aceleración de la gravedad.

Para $T < T_P$: $C = 2.5$

Para $T_P < T < T_L$: $C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$

Ecuación 3 Factor de Amplificación Sísmica 01

Para $T > T_P$:
$$C = 2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right)$$

Ecuación 4 Factor de Amplificación Sísmica 02

Coefficiente de uso e importancia (U)

Cada estructura es clasificada según su importancia, estos factores se encuentran la Norma Técnica "Diseño Sismorresistente", para estructuras aisladas el factor de importancia es 1.00 y para estructuras convencionales según su categoría A-Edificaciones Esenciales, como establecimientos de salud público y/o privado su factor es $U=1.5$.

Coefficiente de Reducción (R):

Los sistemas estructurales se encuentran clasificados según sus materiales y su sistema de estructuración en cada dirección.

Desplazamiento del Aislador D_M :

$$D_M = \frac{g * Z * U * C * S * T}{4\pi^2 * B_M}$$

Ecuación 5 Desplazamiento del Aislador

Dónde:

g: Aceleración de la gravedad.

T: Periodo fundamental de la estructura con Aisladores, se estima inicialmente 3 veces del periodo fundamental sin la estructura.

B_M : Amortiguamiento.

Desplazamiento Total del Aislador D_{TM} :

Es el desplazamiento total del conjunto de los aisladores, aquí se considera una excentricidad accidental, del cual para calcular se usará la siguiente ecuación:

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

Ecuación 6 Desplazamiento Total del Aislador

Dónde:

D_M : Desplazamiento máximo.

b, d : Dimensiones en planta de la estructura.

y : Distancia del centro de masa proyectado en planta hacia el aislador más alejado.

e : Excentricidad accidental, equivalente al 5% de la dimensión más larga de la estructura.

Cálculo de la altura efectiva del Aislador (H_i):

$$H_i > \frac{D_{TM}}{\gamma_S}$$

Ecuación 7 Altura efectiva del Aislador

Dónde:

γ_S : Deformación lateral por corte, 1.5.

D_{TM} : Desplazamiento total máximo.

Para la obtención de la altura efectiva, se deberá la cantidad exacta de las láminas de caucho, por ende se usará el espesor del caucho más comercial, es decir el más usado t_{caucho} .

$$N^\circ = \frac{H_i}{t_{caucho}}$$

Ecuación 8 Cantidad de láminas de caucho

Cálculo del Área del Aislador:

Para calcular el área efectiva del caucho del aislador, depende de la carga que recibe cada aislador $P_{máx}$. y ésta es obtenida de la combinación de cargas, dada por la siguiente expresión:

$$P = 1.25CM + 1.25CV + CS$$

Ecuación 9 Carga máxima

Dónde:

CV: Carga viva.

CM: Carga Muerta.

CS: Carga de Sismo.

Entonces, el área del Aislador es la siguiente expresión:

$$\text{Área neta} = \frac{P_{\text{máx.}}}{\sigma_{\text{máx.permisible}}}$$

Ecuación 10 Área neta del Aislador

$\sigma_{\text{máx.permisible}}$: Esfuerzo máximo permisible del aislador, en este caso tomaremos el más comercial 815t/m².

Estimación de la capacidad de carga del aislador Q_d

Para obtener este valor se estima la carga vertical que recibe cada aislador, del cual es la masa participativa sobre la cantidad de aisladores.

$$W = \frac{CM + 0.25CV}{\# \text{ de aisladores}}$$

Ecuación 11 Carga Vertical sobre cada Aislador

Una vez obtenida el resultado, la capacidad de carga se encuentra en relación con la carga vertical de cada aislador, en un rango entre el 3 y 10%, por ende, la expresión es la siguiente:

$$\frac{Q_d}{W} = 6\%$$

Ecuación 12 Relación de la capacidad de carga sobre la masa participativa

$$Q_d = 6\% * W$$

Ecuación 13 Capacidad de carga

En el presente trabajo, tomaremos el valor de 6%, debido a que es la media entre el 3 y 10%.

Diámetro del núcleo de plomo (D_p):

Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$D_p = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{\pi * \sigma_\gamma}}$$

Ecuación 14 Diámetro del Núcleo de Plomo

Dónde:

D_p : Diámetro del núcleo de plomo.

Q_d : Capacidad de carga del aislador.

σ_γ : Fluencia del núcleo del plomo, valor referencial 1020t/m².

Definición del diámetro del aislador a usar (D_i)

Una vez hallada el diámetro del aislador, deberemos acomodarnos a un diámetro comercial que son proporcionados por los fabricantes.

Tabla 4.

Valores del diámetro D_i .

Diámetro del aislador D_i (mm)	Rigidez lateral del aislador K_d (t/m)	Máxima capacidad de carga del aislador Q_d (t)	Rigidez Vertical K_v (t/m)	$P_{u,máx}$ (t)
305	20 – 40	6.5	5000	45
355	20 – 40	6.5	10000	70
405	30 – 50	11.0	10000	90
455	30 – 70	11.0	10000	115
520	40 – 70	18.0	20000	135
570	50 – 90	18.0	50000	180
650	50 – 110	22.0	70000	270
700	50 – 140	22.0	80000	310
750	70 – 160	26.5	90000	360
800	70 – 160	26.5	10000	400
850	70 – 180	35.5	120000	490
900	70 – 190	35.5	140000	580
950	70 – 200	49.0	180000	670
1000	80 – 200	49.0	190000	760
1050	90 – 210	58.0	210000	850
1160	110 – 210	66.5	280000	1380
1260	120 – 230	75.5	370000	2050
1360	140 – 250	89.0	510000	2760
1450	160 – 250	102.5	530000	3340
1550	180 – 250	102.5	650000	4000

Fuente: Constntinou, (2011)

En la tabla adjunta, presenta el valor del diámetro del aislador D_i (mm) según los fabricantes, la rigidez lateral K_d , la capacidad de carga del aislador K_v y la máxima carga que recibe el aislador. Según la empresa de fabricación de aisladores DIS (Dynamic Isolation Systems) recomiendan que la sexta parte del diámetro del núcleo de plomo debe ser menor que el diámetro del aislador y éste deberá ser menor que la tercera parte del diámetro del núcleo de plomo, es decir se debe cumplir con la siguiente expresión:

$$\frac{D_i}{6} < D_p < \frac{D_i}{3}$$

Ecuación 15 Relación del diámetro del aislador y diámetro de núcleo de plomo

Cálculo de la Rigidez Secundaria (K_d)

Para su cálculo se usa la siguiente expresión:

$$K_d = \frac{\pi * (D_i^2 - D_p^2) * G}{4 * H_i}$$

Ecuación 16 Rigidez secundaria

Dónde:

G: Es equivalente al promedio del rango de valores que toma la rigidez del caucho, entre los valores de 27 a 72 t/m².

Cálculo de la rigidez efectiva (K_{eff})

Se obtiene con la siguiente expresión:

$$K_{eff} = \frac{Q_d}{D_{TM}} + K_d$$

Ecuación 17 Rigidez efectiva K_{eff}

Cálculo del periodo (T_M)

$$T_M = 2\pi * \sqrt{\frac{M}{K_M * g}}$$

Ecuación 18 Cálculo del periodo T_M

Dónde:

$$K_M = K_d * \#aisladores$$

Ecuación 19 Rigidez total del Aislador

En este caso, una vez obtenidos los valores como el amortiguamiento y el periodo deben ser similares o casi iguales a los estimados, en el caso de que no concuerden, se deberá realizar un proceso iterativo.

Cálculo de la altura total del Aislador (H_T)

A la altura efectiva del caucho H_i , se le debe añadir el espesor de las láminas de acero, del cual son colocadas entre las láminas del caucho.

$$H_T = H_i + (N^\circ - 1) * t_{acero}$$

Ecuación 20 Altura total del Aislador

Dónde:

t_{acero} : Aquí se utiliza el valor comercial, que es 3mm.

Cálculo de la rigidez Vertical K_V

La rigidez vertical se obtiene sumando las rigideces proporcionadas del acero-caucho y plomo.

$$K_V = \frac{E_C * A_{acero}}{H_i} + \frac{E_P * A_{plomo}}{H_T}$$

Ecuación 21 Rigidez Vertical K_V

Dónde:

A_{acero} = Área efectiva del caucho.

E_P : Módulo de elasticidad del plomo, equivale a $14 \times 10^5 \frac{t}{m^2}$.

E_C : Módulo de compresión para el conjunto de acero-caucho.

$$\frac{1}{E_C} = \frac{1}{6 * G * S^2} + \frac{4}{3 * K}$$

Ecuación 22 Módulo de compresión para el acero-caucho

Dónde:

G: Rigidez lateral del caucho.

K: Módulo de compresibilidad del elastomérico, que se estima un valor de $2 \times 10^5 t/m^2$.

S: Factor de forma del aislador.

$$S = \frac{D_i^2 - D_p^2}{4 * D_i * t_{caucho}}$$

Ecuación 23 Factor de forma del Aislador

Dónde:

D_i : El diámetro del aislador.

D_p : Diámetro del núcleo de plomo.

t_{caucho} : Espesor de las láminas del caucho. Valor comercial 3mm.

1.1.2.5. Análisis y Diseño del Aislador Triple Péndulo.

Cango (2018), explica que, para los FPS de tercera generación, triple péndulo de fricción (FPT), las propiedades principales que se deben tener en este aislador son, los radios de curvatura y coeficientes de fricción, adicionando que el tamaño del aislador tiene mucho que ver en la capacidad del desplazamiento. Consta de un deslizador rígido y de cuatro placas con superficies cóncavas. Se tiene que considerar que el FPS de tercera generación diseñado, tenga simetría con respecto a un plano horizontal que pasa por el centro del deslizador rígido.

Cango (2018), citando a Zayas y Mahin (2010), propone seguir el siguiente

procedimiento para llegar al diseño final de aisladores FPS de tercera generación:

Establecer los objetivos de diseño: Se basa en el uso que se dará, que desempeño tendrá y las características del edificio.

Establecer la ubicación de los aisladores: Ubicación de la interfaz de aislación en las estructuras.

En algunos casos, la interfaz de aislación se encuentra entre la cimentación y la losa del primer piso, mientras que, en otros casos, se ubica debajo de las columnas o por último en la parte superior de las columnas, que se mostrará en la siguiente imagen.



Figura 8. Ubicación de los Aisladores en la Interfaz de Aislación., en la parte superior de la columna.

Díaz y Araya (2019) asegura que hay que realizar un pre-dimensionamiento de las propiedades del aislador y además que la estructura aislada representa con modo simplificado un grado de libertad; es decir, la superestructura se mueve como un cuerpo rígido y además por solo tener 1 grado de libertad el peso de la estructura equivale a 1kip.

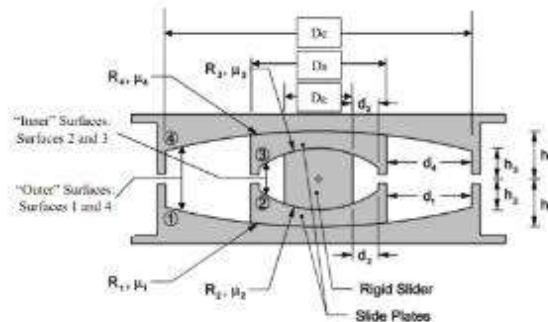


Figura 9. Aislador Triple Péndulo.

Este proyecto desea generar el conocimiento del comportamiento de las estructuras, un análisis sísmico, ante un sismo; ya sea moderado o severo. Verificar si existe una mejora de la estructura ante una fuerza sísmica, con el fin de evitar daños para su buen funcionamiento después de estos desastres naturales y poder ayudar a los más heridos.

Uno de los principales factores por el cual incentivaron para la realización de la investigación es la importancia de las estructuras luego de un sismo; debido a que, es muy importante para el respaldo de los afectados por dicho desastre natural. Según el Artículo 15 de la NTP E-030 "Diseño Sismorresistente", todos los hospitales públicos o privados de tipo I y II debe tener un sistema de aislamiento; ya sea, péndulo friccional, péndulo simple, elastomérico o péndulo triple, con el fin de mejorar la seguridad estructural para que mantenga su funcionalidad continua luego de un evento sísmico. Se pretende proponer una mejora el análisis del comportamiento Sismorresistente de las estructuras existentes en la actualidad, e incluir en la normativa este nuevo sistema ya que solo se encuentra el diseño convencional, proponiendo una metodología para el diseño sísmico de los aisladores que en este caso son los de péndulo triple y elastoméricos, dando también especificaciones del por qué se realiza y para que se utiliza y recomendaciones para el sistema creado por el Dr. Victor Zayas Además también se pretende generar conocimiento en gran medida para aquellos profesionales que están comenzando con el diseño estructural ya que es un nuevo sistema que más adelante se utilizarán con mayor frecuencia. A través del diseño sísmico se pretende realizar el proyecto con el fin de generar una mejora en cuanto a la salud del ser humano, con la opción de poder cambiar la posta médica ya existente por una nueva estructura.

El presente estudio pretende dar a conocer un nuevo beneficio a la población del Distrito de Mi Perú de la Región Callao que cuenta con una población de más de 60 000 y 44 asentamientos humanos consolidados agrupados en la zona. Se considera que en el Distrito donde se localizará el proyecto cuenta con un solo centro de salud en el cual es una posta médica del cual su unidad ejecutora es la dirección de Salud / Callao.

1.1.2.4.1. Diseño del Aislador.

Según el manual de diseño sísmico 2012 IBC de la SEAOC (2014), cada aislador deberá contar con las siguientes propiedades:

- **Diámetro del deslizador rígido:**

$$D_R \geq \sqrt{\frac{4A_R}{\pi}} \text{ cm}$$

Ecuación 24 Diámetro del deslizador rígido.

Según Constantinou (2011), el diámetro del deslizador rígido, no deberá ser menor a 8in y para poder hallar, primero debemos calcular el Área del deslizador rígido A_R .

$$A_R \geq \frac{P}{\sigma_{max}} \text{ cm}^2$$

Ecuación 25 Área del deslizador rígido

Donde:

P: Carga promedio de la estructura kg/cm².

$$P_{promedio} = \frac{1.7CV + 1.4CM}{\# \text{ de aisladores}}$$

Ecuación 26 Carga promedio de la Estructura

σ_{max} : Esfuerzo máximo del sistema de aislamiento según el tipo de edificación.

- **Valores los aisladores que se van a analizar:**
 - Altura para calcular los radios efectivos externos ($h_1 = h_4$)
 - Altura para calcular los radios efectivos internos ($h_2 = h_3$)
 - Radios de curvatura de las superficies externas ($R_1 = R_4$)
 - Radios de curvatura de las superficies internas ($R_2 = R_3$)

- Coeficientes de fricción de las superficies externas ($\mu_1 \leq \mu_4$)
- Coeficientes de fricción de las superficies internas ($\mu_2 = \mu_3$)

Como ya se ha obtenido el valor del diámetro del deslizador rígido, se podrá verificar o estimar las alturas de los radios efectivos internos, garantizando la estabilidad del aislador, usando la siguiente expresión:

$$\frac{h_2 + h_3}{D_R} \leq 1.0$$

Ecuación 27 Estabilidad del Aislador

Una vez que tengamos los valores de las alturas de los radios efectivos internos, se procede a hallar las alturas de los radios efectivos externos.

$$h_1 + h_4 \geq h_2 + h_3 + 2in$$

Ecuación 28 Altura de radios efectivos.

- **Radios de curvatura (R_i)**

Para el cálculo del radio efectivo de cada superficie cóncava, se usa la siguiente expresión:

$$R_{efi} = R_i - h_i$$

Ecuación 29 Radios de curvatura.

Esta expresión se utilizará para $i=1,2,3$ y 4.

Para los radios $R_1 = R_4$, deben ser iguales a los valores presentados en la Tabla X, además también se obtiene el valor de D_c , que es el que representa la capacidad de desplazamiento del aislador.

Para los radios $R_2 = R_3$ no hay valores de los que se fabrican con frecuencia, por lo cual se recomienda usar los valores presentados en el Manual SEAOC del 2014, de los cuales son 5.5, 12, 23 y 33 in.

Sin embargo, para el cálculo de estos radios se debe cumplir lo siguiente:

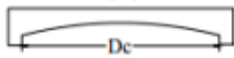
$$R_1 = R_4 > R_2 = R_3$$

Ecuación 30 Radios efectivos internos y externos.

Para las superficies cóncavas internas (D_s), según los fabricantes el valor se realiza entre 6 a 65in.

Tabla 5.

Radios de curvatura.

Id.	Radio de curvatura ($R_1 = R_4$) (in)	Diámetro de las superficies cóncavas (D_c) (in)
		
1	61	14
2		18
3		22
4		31
5	88	36
6		27
7		31
8		33
9		36
10		39
11		41
12		44
13		46
14		51
15	56	
16	120	27
17		56
18	156	63
19		70
20		106
21		124
22	238	78
23		94
24		106
25		131
26		143

Fuente: Constantinou, 2011

- **Coefficientes de fricción μ_i**

Para las superficies cóncavas externas $\mu_1 < \mu_4$, se deberá tomar un valor dentro del rango comercial de 3% a 10%, estos valores son los que contribuyen a que los desplazamientos y

cortante basal sean menores, para que tenga un mejor comportamiento la estructura; debido a que, se encargan de disipar la energía.

Para las superficies cóncavas internas ($\mu_2 = \mu_3$), se podrá usar en los rangos entre 1% a 2%, este valor contribuye en las aceleraciones de piso.

- **Capacidad de desplazamiento**

Para el desplazamiento de las placas internas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$d_2 > (\mu_1 - \mu_2)R_{ef2}$$

Ecuación 31 Capacidad de desplazamiento d_2 .

$$d_3 > (\mu_4 - \mu_3)R_{ef3}$$

Ecuación 32 Capacidad de desplazamiento d_3 .

- **Diámetro de las placas internas (D_s)**

$$D_s = D_R + 2t_{r2} + d_2 + d_3$$

Ecuación 33 Diámetro de las placas internas D_s .

Dónde:

t_{r2} : Es el espesor del anillo de retención, del cual debe ser por lo menos a 0.5in.

- **Diámetro de las placas externas (D_c)**

$$D_c = D_s + d_1 + d_4$$

Ecuación 34 Diámetro de las placas externas D_c .

1.1.3. Justificación

Uno de los principales factores por el cual incentivaron para la realización de la investigación es la importancia de las estructuras luego de un sismo; debido a que, es vital para el respaldo de los afectados por dicho desastre natural, además según estudios recientes aseguran que las pérdidas por estos desastres se centralizan en colapsos, daños estructurales, daños arquitectónicos, daños en

el equipamiento como también la pérdida del uso. En el terremoto de Piso en el año 2007 se generaron graves daños, dejando al personal de salud trabajando en la intemperie o realizando traslados de pacientes hasta la Región Lima. Debido a eso, según el Artículo 15 de la NTP E-030 "Diseño Sismorresistente", todos los hospitales públicos o privados de tipo I y II debe tener un sistema de aislamiento; ya sea, péndulo friccional, péndulo simple, elastomérico o péndulo triple, con el fin de mejorar la seguridad estructural para que mantenga su funcionalidad continua luego de un evento sísmico, con la implementación de estos aisladores sísmicos, se logra aportar una mejor protección antisísmica.

En resumen, el presente estudio pretende justificar del por qué es importante la aislación sísmica sobre las edificaciones esenciales como los hospitales, que busca analizar una estructura convencional con aislador elastomérico y aislador triple péndulo para verificar las reducciones en la cortante basal, distorsiones de entrepisos y aceleraciones de entrepisos. Además, de dar a conocer un nuevo beneficio a la población del Distrito de Mi Perú de la Región Callao que cuenta con una población de más de 60 000 y 44 asentamientos humanos consolidados agrupados en la zona. Se considera que en el Distrito donde se localizará el proyecto cuenta con un solo centro de salud en el cual es una posta médica del cual su unidad ejecutora es la dirección de Salud / Callao.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?
- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?
- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación al cortante basal con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?
- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?
- ¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- Analizar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- Demostrar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación al cortante basal con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- Analizar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a la cortante basal mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.
- La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según Quintero (citado en Chávez, 2015) afirma que la investigación aplicada, busca el uso de los conocimientos que se obtienen, en la investigación aplicada primordialmente lo que le concierne al investigador, son los resultados obtenidos.

Tomando en cuenta lo anteriormente indicado, el tipo de investigación es aplicada; ya que, buscamos el conocimiento del comportamiento de los aisladores triple péndulo y elastomérico a través de sus resultados.

Diseño de Investigación:

Según Sampieri (1998), en los diseños cuasi-experimentales los componentes de prueba se distribuyen a los grupos no por azar, sino que ya están ordenados previamente.

Teniendo consideración con el antecedente presentado, el presente trabajo de investigación, su diseño de investigación es cuasi-experimental; debido a que, los componentes de la estructura están dados antes de la evaluación con estos dos tipos de aisladores, considerando que el grupo de control está conformado por el hospital sin ésta evaluación (estructura convencional), el grupo experimental 01 por el hospital con la evaluación del Aislador Elastomérico y finalmente el grupo experimental 02, está conformado por el hospital con la Evaluación del Aislador Triple Péndulo.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

“Para el enfoque de investigación cuantitativa, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” Selltiz (citado en Sampieri, 2010). Por ende para la presente investigación la población está constituida por todos los hospitales con aisladores elastoméricos y triple péndulo de la Región Callao (Los hospitales que tienen este sistema de

aislación en la Región Callao, son IGSA Medical Clínica de Medicina Deportiva y Hospital Mi Perú).

2.2.2.Muestra

Hernández, Fernández y Baptista (2010) aseguran que para el proceso cuantitativo la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, que debe definirse con precisión y ésta deberá ser representativo de dicha población, debido a ese antecedente la muestra está constituida por el Hospital Mi Perú de la Región Callao.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1.Técnicas de recolección de datos

“Las principales técnicas de recolección de datos son: La encuesta, entrevista, análisis documentales, observación experimental y observación no experimental”. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote (s.f).

“La observación experimental elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, particularmente porque éste puede manipular la o las variables, puede utilizar como instrumento la hoja o ficha de registro de datos”. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote (s,f).

Para la técnica de recolección de datos en la “Evaluación del Aislador Elastomérico y Triple Péndulo según Norma E.031, para la mejora de la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú, Región Callao”, se realizó una observación experimental, ya que se usaron fichas de registro de datos.

2.3.2.Instrumentos de Recolección de datos

Para el presente trabajo se utilizaron las fichas técnicas de cada indicador presentado para la recolección de datos, en el cual se detalla a continuación:

Fichas Técnicas

- Ficha técnica de fuerzas en los aisladores sísmicos. (Ver Anexo N°03)
- Ficha técnica de los desplazamientos del aislador. (Ver Anexo N°04)
- Ficha técnica de la cortante basal. (Ver Anexo N°05)
- Ficha técnica de la distorsión de entrepisos. (Ver Anexo N°06)
- Ficha técnica de la aceleración de entrepisos. (Ver Anexo N°07)

Validación

Juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar y Cuervo, 2008).

- Validación 01: Experto Ing. Martin Oswaldo Pascual Vega (Ver Anexo N°08).
- Validación 02: Experto Ing. Daniel Abdías Vega Luna. (Ver Anexo N°09).
- Validación 03: Experto Dr. Omar Tello Malpartida (Ver Anexo N°10).

Confiabilidad.

- Licencia del programa ETABS. (Ver Anexo N° 13)

2.3.2. Análisis de Datos

El Análisis de Datos, se realizará a través de la estadística.

“La estadística es el estudio científico relativo al conjunto de métodos encaminados a la obtención, representación y análisis de observaciones numéricas, con el fin de describir la colección de datos obtenidos”. García y Matus (s.f)

Para analizar los datos en el presente proyecto se utilizó la Estadística Descriptiva, debido a que según García y Matus (s.f) afirman que la estadística Descriptiva es el estudio que incluye la obtención, organización, presentación y descripción de información numérica.

2.4. Procedimiento

Finalmente se obtuvo tres procedimientos en la presente investigación, que se detallan a continuación:

2.4.1. Procedimiento de la Estructura Convencional.

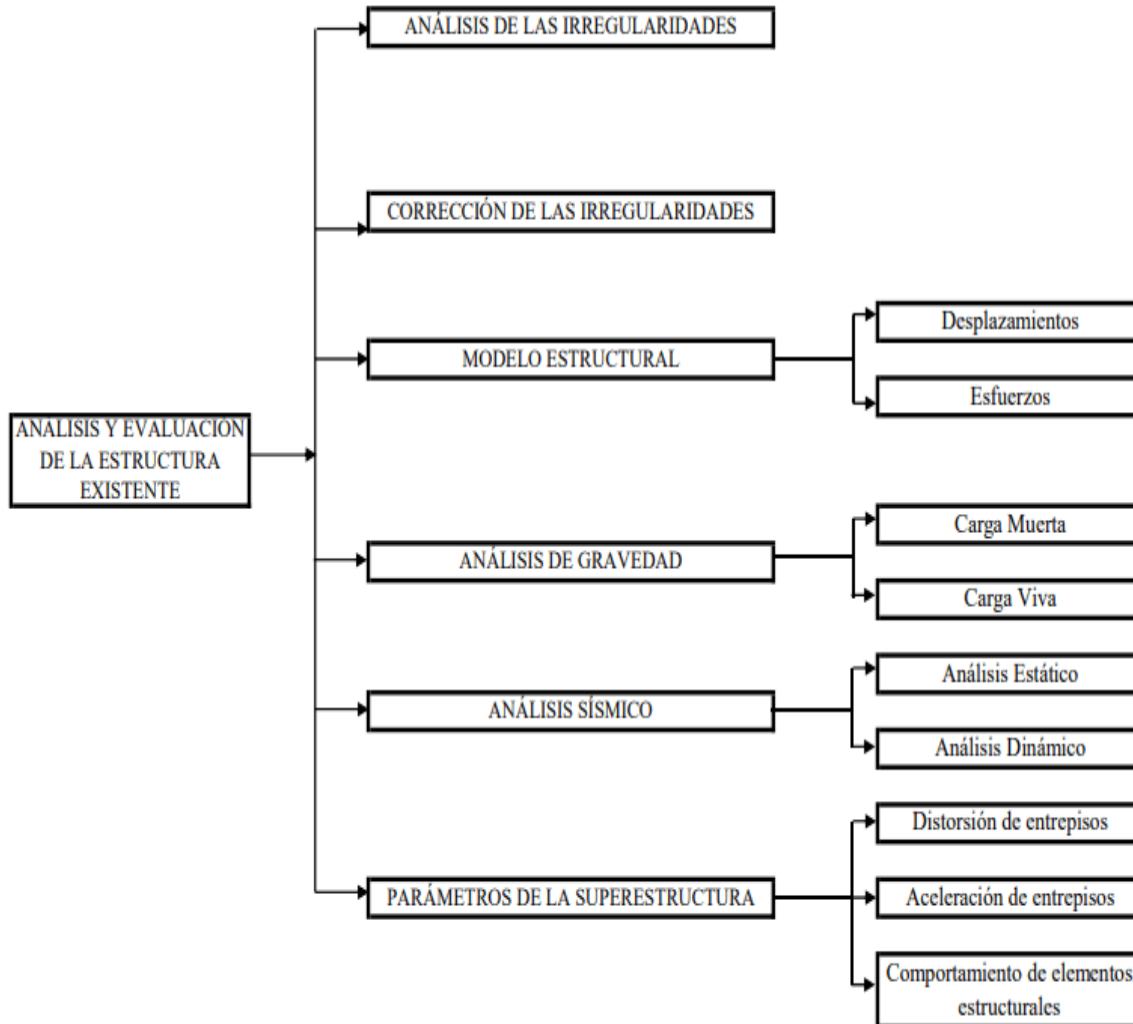


Figura 10. Procedimiento de la estructura convencional.

2.4.2. Procedimiento de la Estructura con evaluación tipo 01.

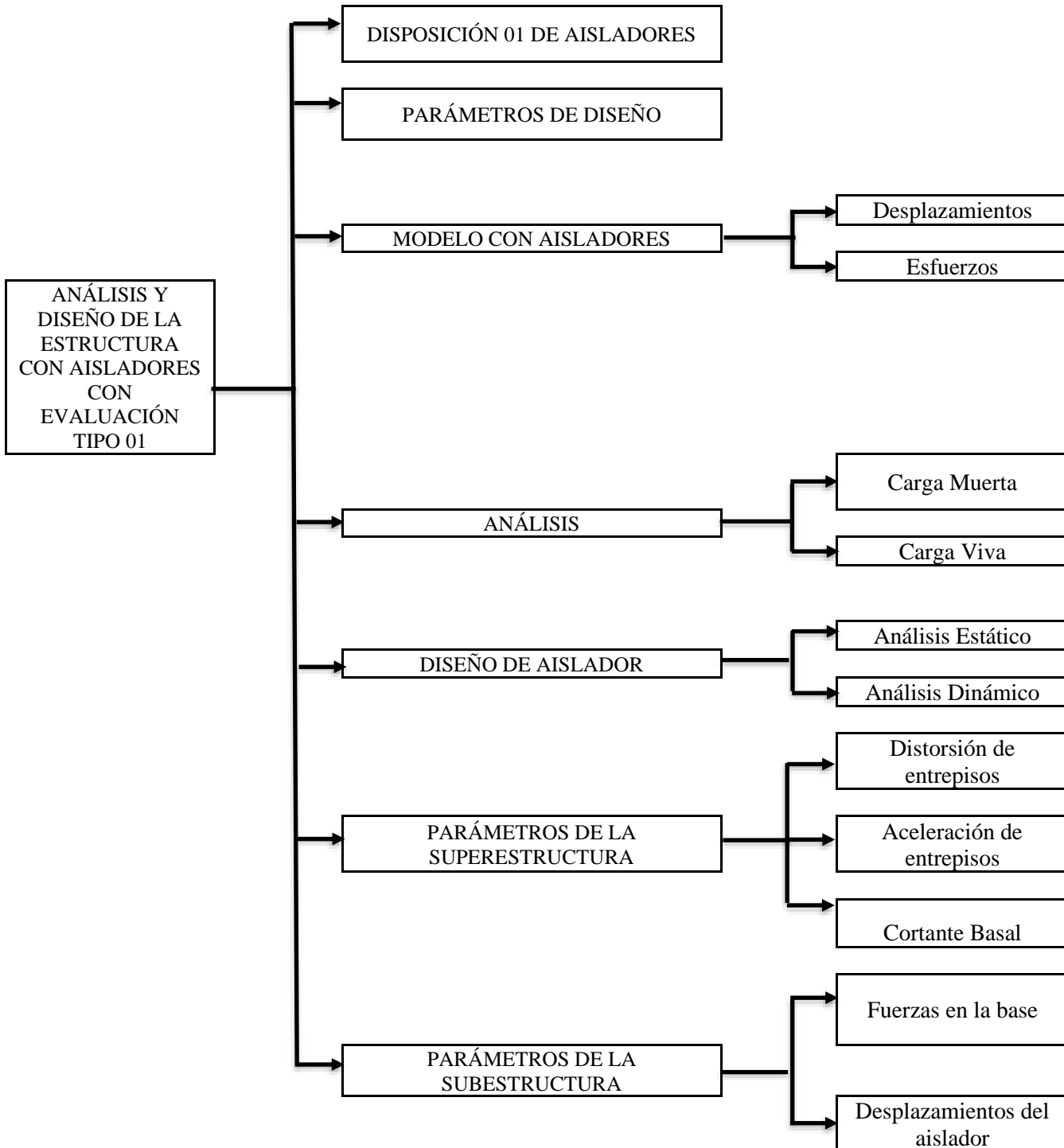


Figura 11. Procedimiento de la Estructura con Aislador LRB.

2.4.3. Procedimiento de la Estructura con evaluación tipo 02

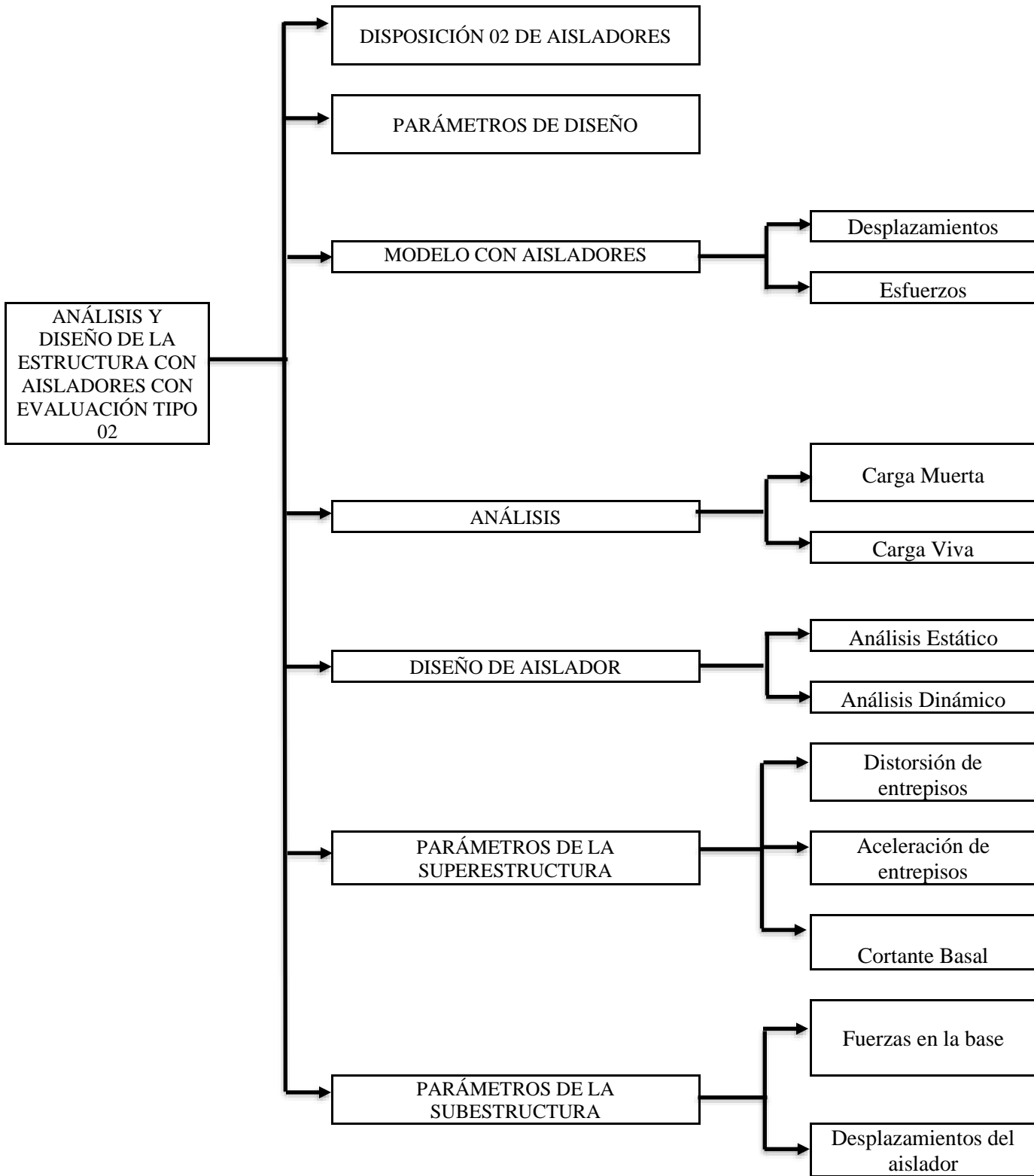


Figura 12. Procedimiento de la Estructura con Aislador Triple Péndulo.

Etapa 01: Análisis y Evaluación de la Estructura existente.

Análisis de las Irregularidades.

Según la Norma E-030 “Diseño Sismorresistente” para analizar las irregularidades se usará los Factores de Irregularidad, en el cual se detalla a continuación:

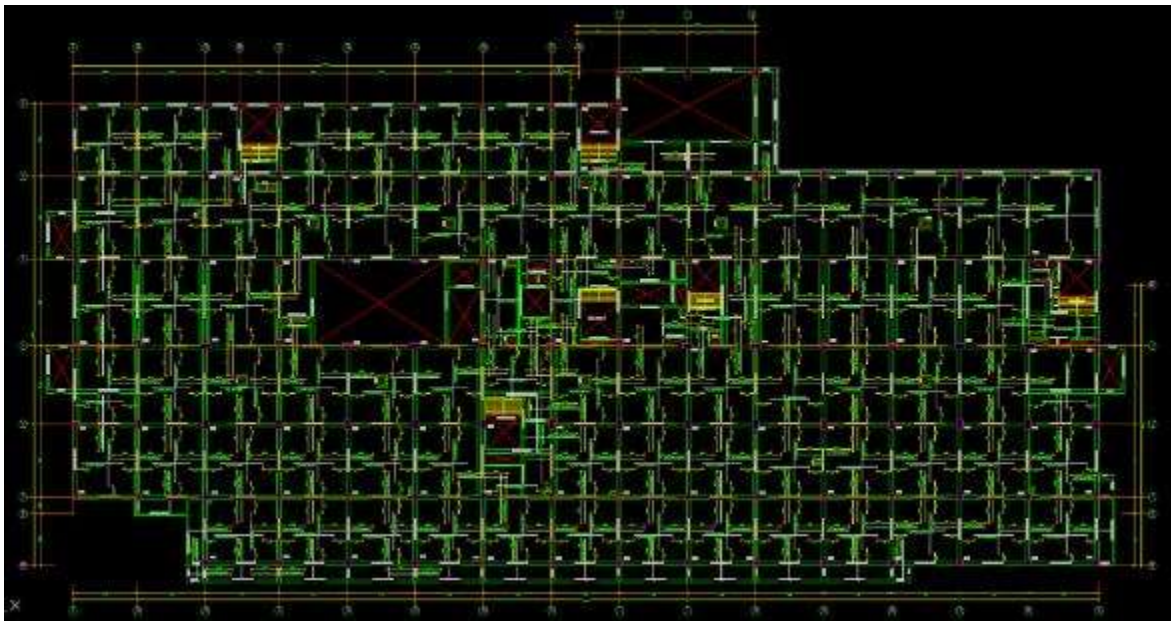


Figura 13. Techo del 1er Piso.

Tabla 6.
Irregularidad de Rigidez-Piso Blando

	Irregularidad Estructurales en Altura	
	la	Aplica
Irregularidad de Rigidez-Piso Blando	0.75	No
Irregularidad de Resistencia-Piso Débil	0.75	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

No existe Irregularidad de Rigidez-Piso Blando; debido a que la distorsión de entrepiso no es mayor a lo correspondiente indicado, que, en este caso, es 1,4 veces al piso superior.

Además, la resistencia de fuerzas cortantes no es menor al 80% de la resistencia de las fuerzas cortantes al piso superior.

Tabla 7.

Irregularidad extrema de rigidez-Irregularidad en Altura.

Irregularidad Estructurales en Altura		
	la	Aplica
Irregularidad extrema de Rigidez	0.5	No
Irregularidad extrema de resistencia	0.5	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 8.

Irregularidad de Masa o Peso-Irregularidad en Altura.

Irregularidad Estructurales en Altura		
	la	Aplica
Irregularidad de Masa o Peso	0.9	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 9.

Irregularidad Geométrica Vertical-Irregularidad en Altura.

Irregularidad Estructurales en Altura		
	la	Aplica
Irregularidad Geométrica Vertical	0.9	Sí

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 10.

Irregularidad Torsional-Irregularidad en Planta.

Irregularidad Estructurales en Planta		
	la	Aplica
Irregularidad Torsional	0.75	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 11.

Esquinas Entrantes-Irregularidad en Planta.

Irregularidad Estructurales en Planta		
	la	Aplica
Esquinas Entrantes	0.9	Sí

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 12.

Discontinuidad del Diafragma-Irregularidad en Planta.

Irregularidad Estructurales en Planta		
	la	Aplica
Discontinuidad del Diafragma	0.85	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

Tabla 13.

Sistemas no Paralelo-Irregularidad en Planta.

Irregularidad Estructurales en Planta		
	la	Aplica
Sistemas no Paralelos	0.9	No

Fuente: Elaboración Propia, (2020).

La estructura del presente proyecto de investigación presenta irregularidades en Planta y en Altura.

En Irregularidades en Planta, presenta en el factor de Esquinas Entrantes; debido a que sus dimensiones son mayores al 20% de las dimensiones total en planta.

Y en irregularidades en Altura, presenta en el factor de Geométrica Vertical; debido a que, las dimensiones de un piso son 1,3 veces mayor a las dimensiones del piso superior.

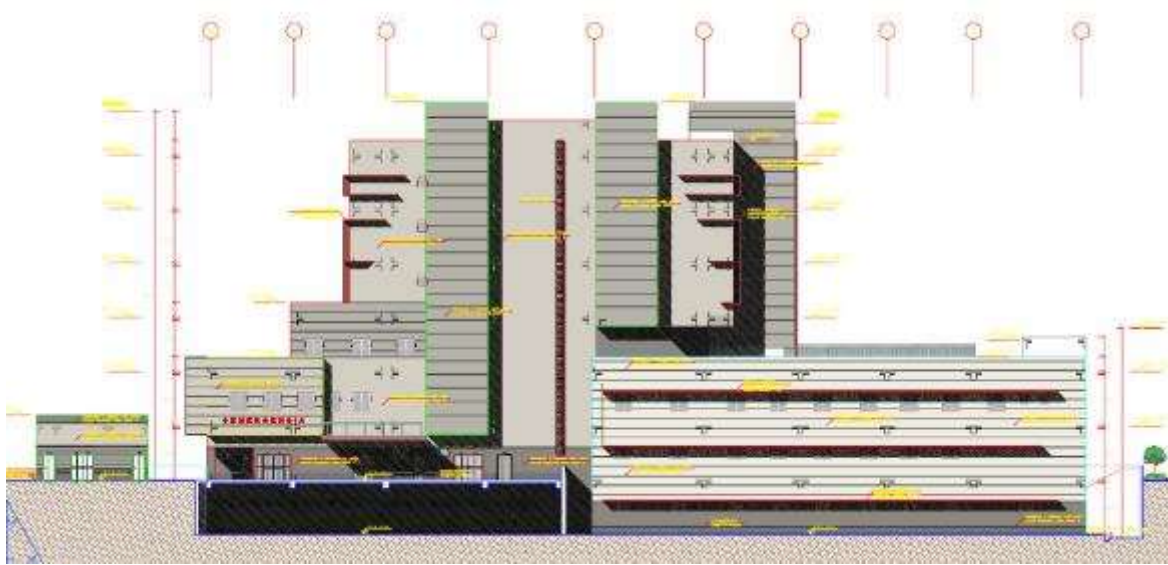


Figura 14. Irregularidad en Altura.

Corrección de las Irregularidades

Para la corrección de las Irregularidades, todos los niveles se volvieron típicos, así de esta manera el factor de Irregularidad se convierte en 1.00.

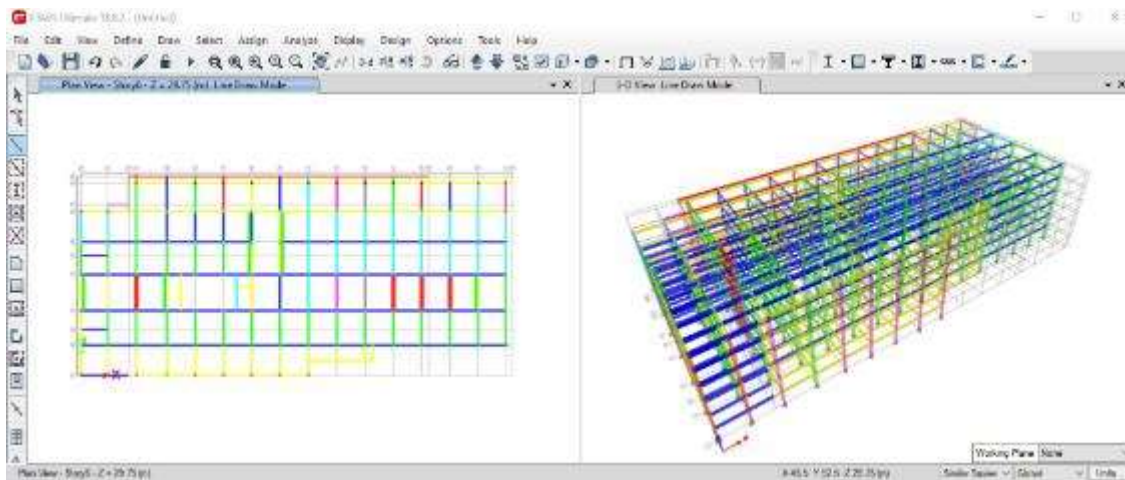


Figura 15. Corrección de las Irregularidades.

Modelo Estructural

A continuación se detalla el procedimiento para el modelamiento estructural en la Herramienta Etabs-Versión Educativa:

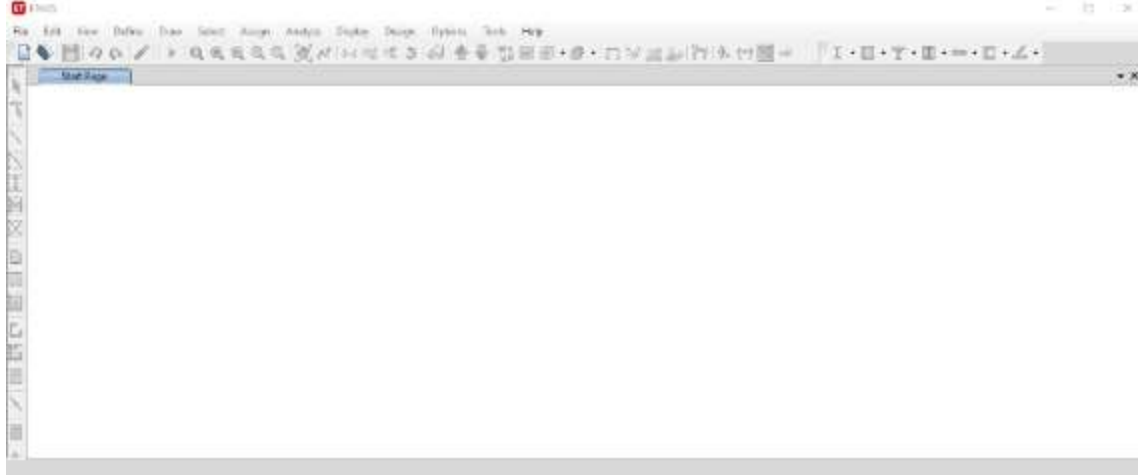


Figura 16. Modelamiento Estructural.

Procedemos a crear un nuevo modelo, accedemos a “New-Model” y nos cargará el cuadro “Model Initialization”.

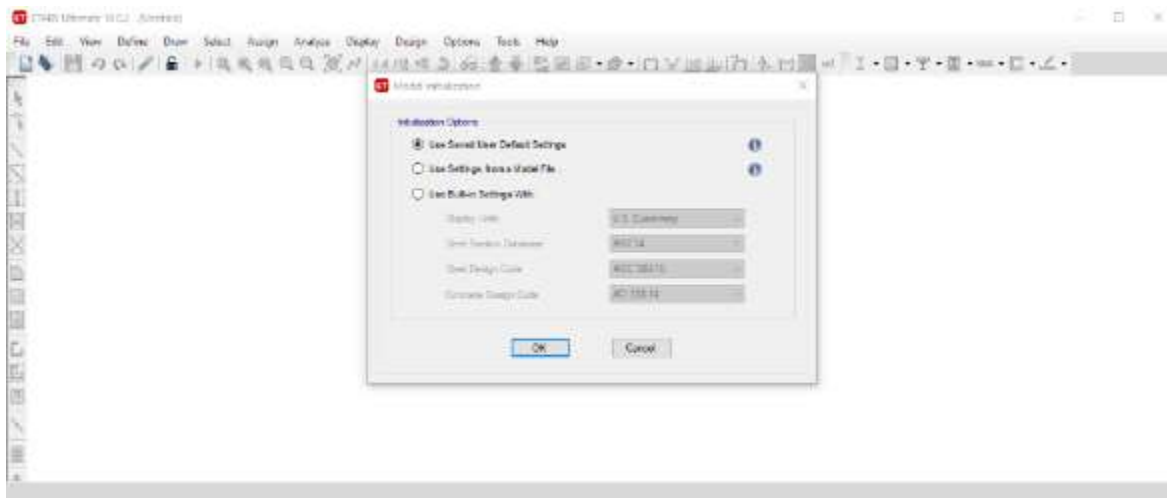


Figura 17. Model Initialization en ETABS.

Elegimos “Use Built-in Settings With” y en la opción Display Units, elegimos Metric SI, para así trabajar con las unidades del Sistema Internacional de Unidades.

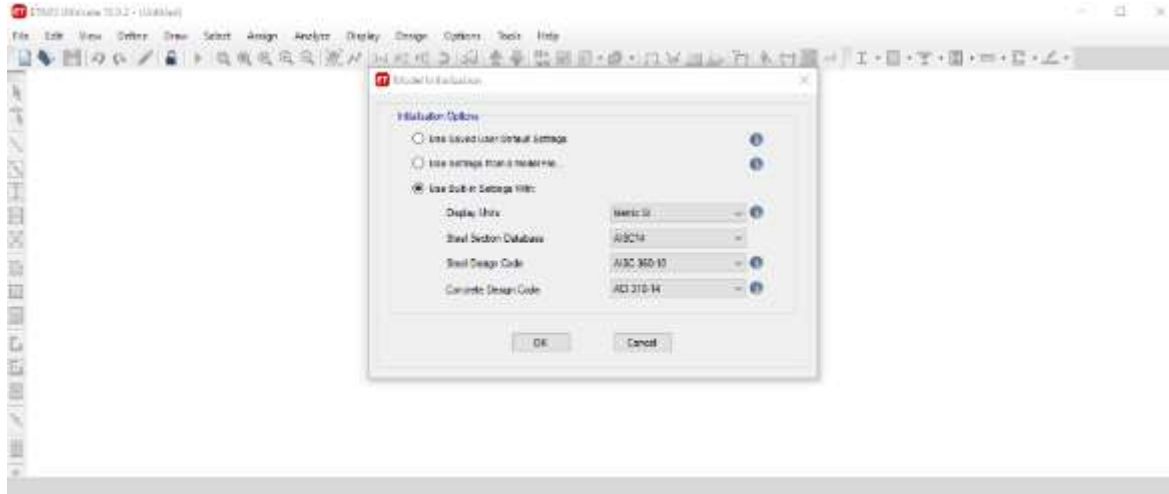


Figura 18. Unidades en el ETABS.

EJES Y NIVELES

En la opción Grid Dimensions (Plan), en la dirección “X” e “Y” tenemos 16 y 9 respectivamente, estos valores se ingresarán en la opción “Number of Grid Lines”, en la opción “Spacing of Grid in X and Y” se colocará la cota más alta y luego se modificará, finalmente seleccionamos “Custom Grid Spacing”.

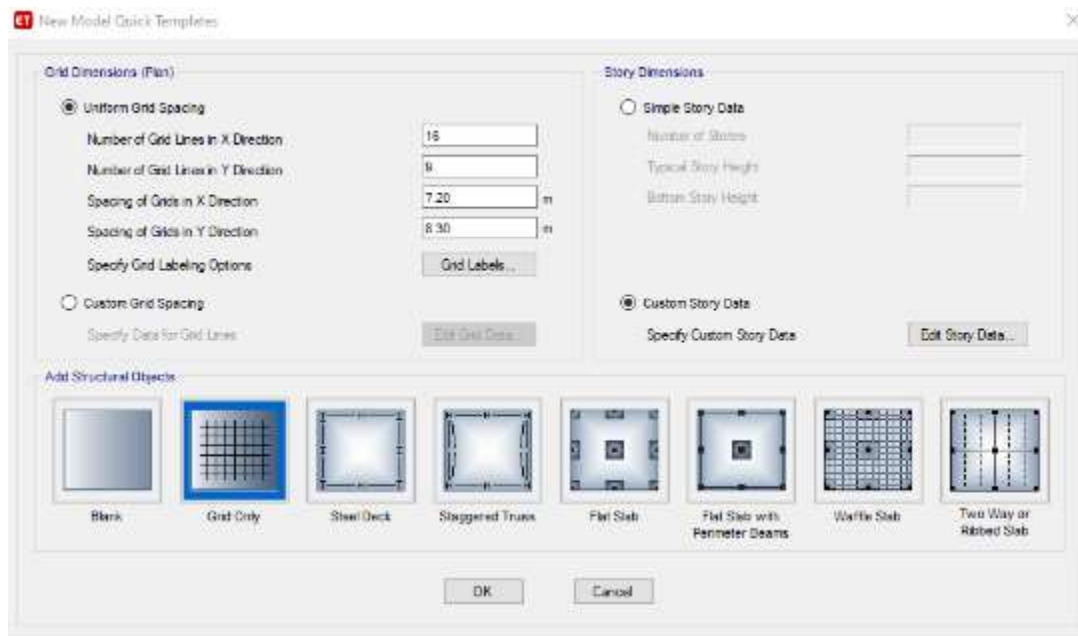


Figura 19. Dimensiones en Grilla.

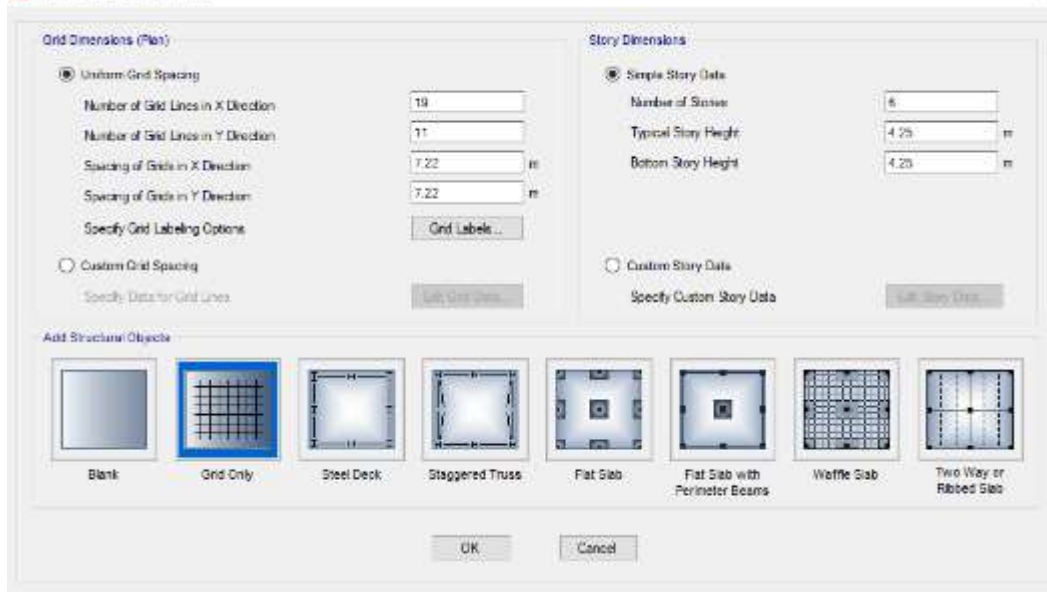


Figura 20. Dimensiones en ETABS.

El número de niveles se especifica en “Number of Stories” en el presente proyecto cuenta con 6 niveles más 1 azotea. En “Typical Story Height” ingresamos el valor de 4.5m que hace referencia a la altura que presenta en los niveles superiores. En “Battom Story Height” ingresamos el valor de 4.25m que es la altura del primer nivel. Luego hacemos selección en “Custom Story Data”.

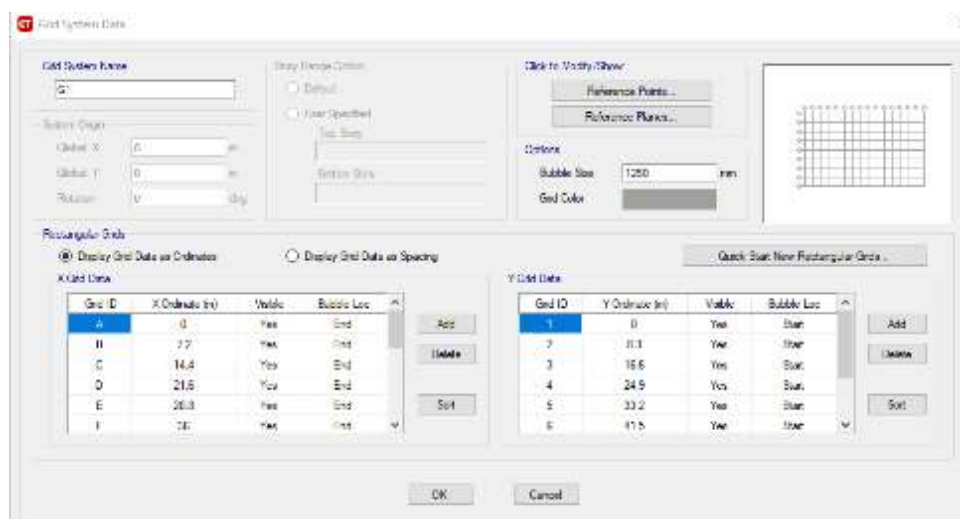


Figura 21. Datos del sistema de grilla.

Elegimos la opción “Display Grid Data as Ordinates” y empezamos en el eje A, 0 y en el eje B, aumentamos la cota que corresponde y así sucesivamente y posteriormente damos Ok.

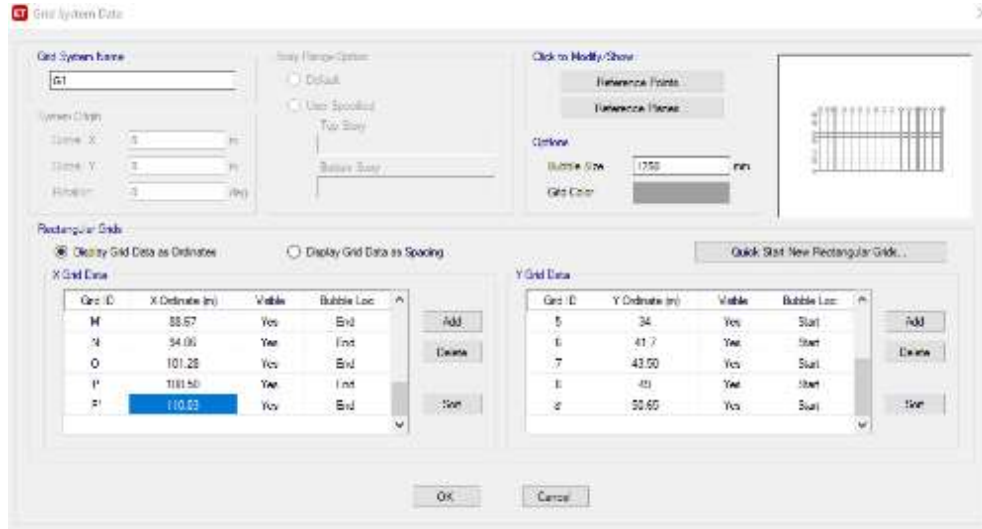


Figura 22.Datos del sistema de Grilla-continuación.

Editamos las alturas de los niveles en “Edit Story Data”, en este caso la altura es 4.25m y hacemos click en ok.

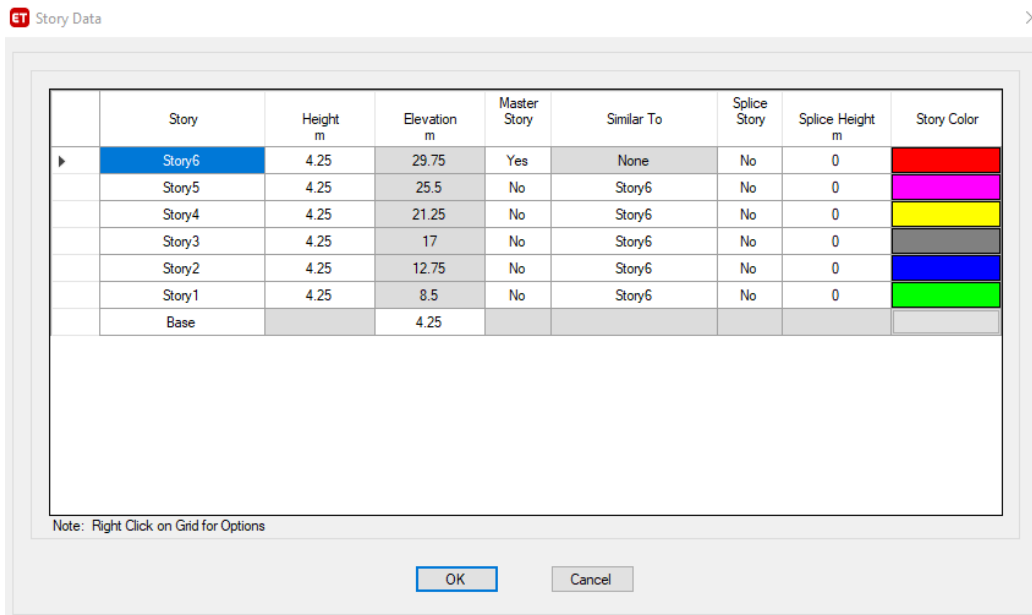


Figura 23.Espaciamientos de altura de la estructura.

En la ventana de “New Model Quick Templates”, damos a elegir la opción “Grid Only” para que nos muestre el dibujo de la grilla en planta y en 3D.

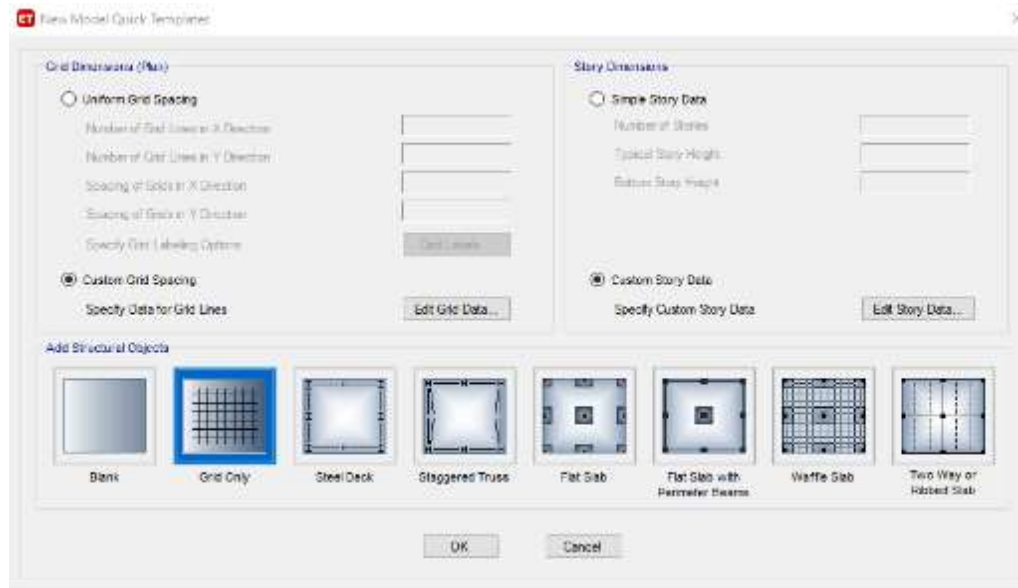


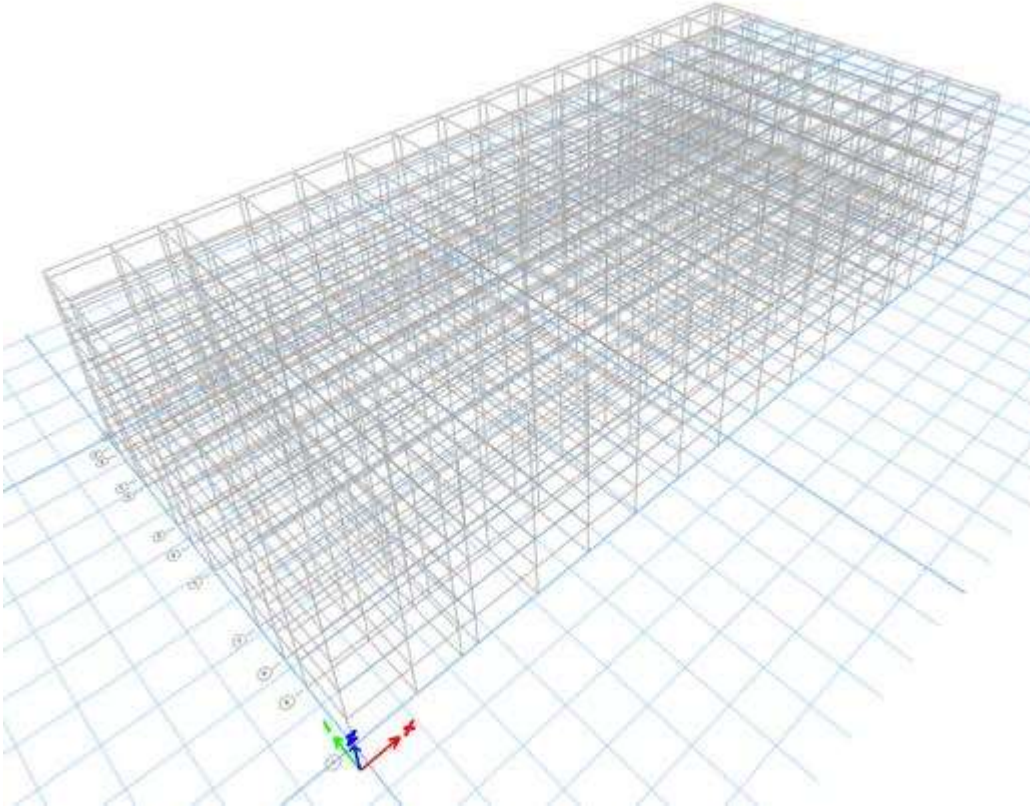
Figura 24. Cuadrícula.

A continuación, se presenta la grilla en planta.

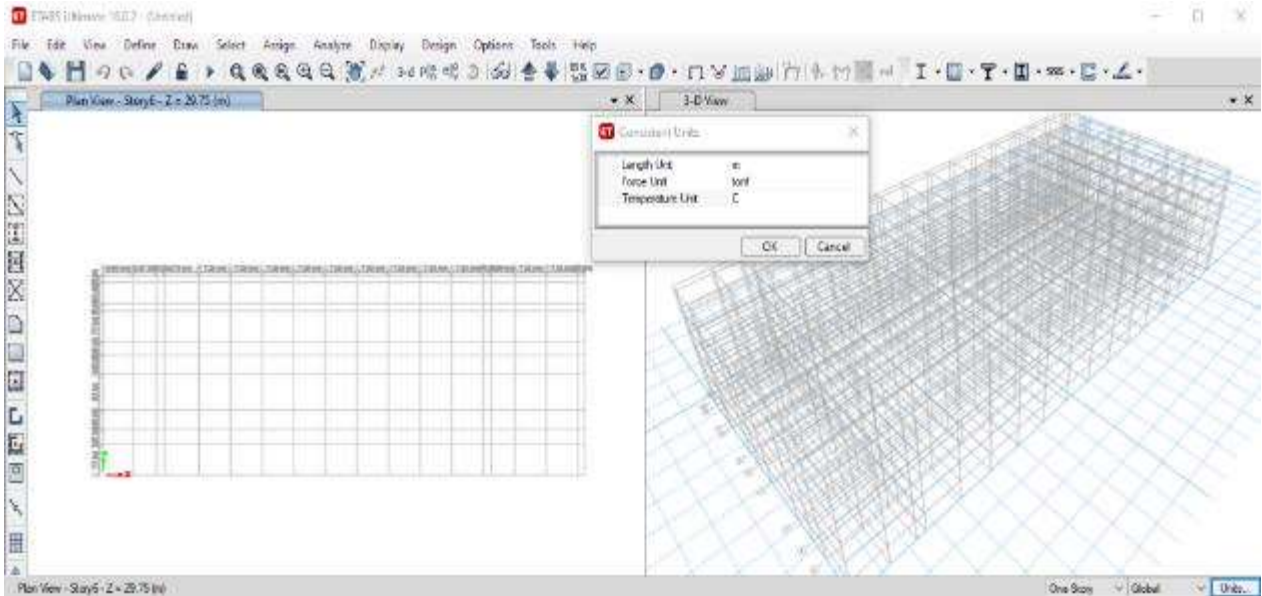
Figura 25. Grilla en Planta.



Se presenta el modelamiento en 3D.

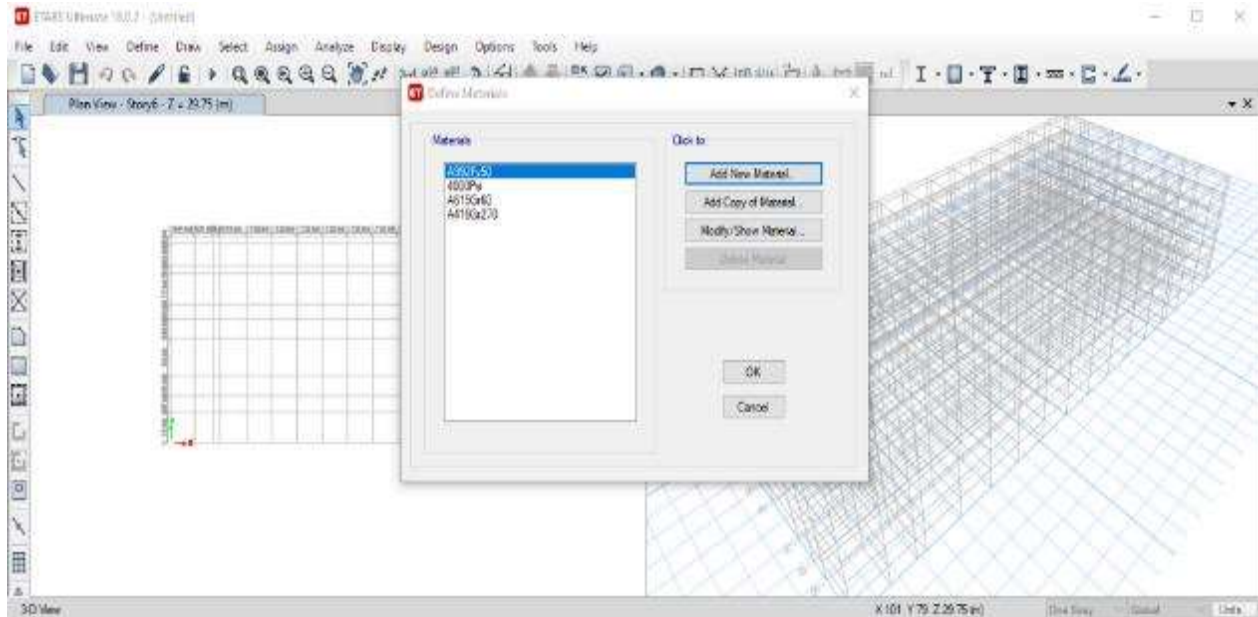


*Figura 26.*Grilla en Elevación.

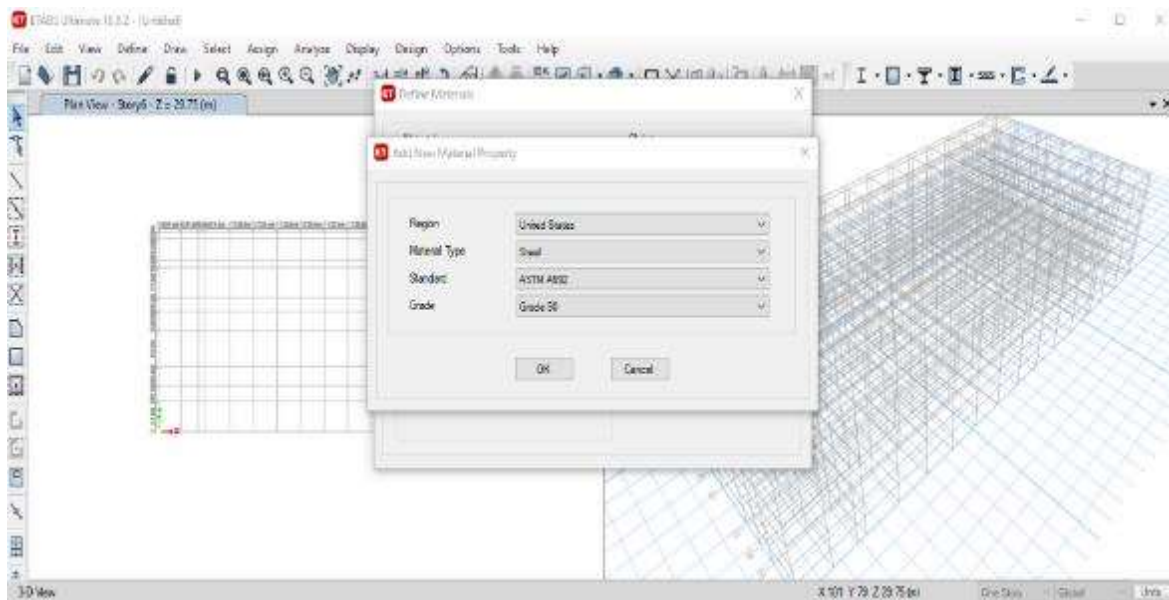


*Figura 27.*Cambio de Unidades.

Una vez configurado el modelamiento de las grillas, procedemos a configurar los materiales conociendo sus propiedades.



*Figura 28.*Definición de Materiales.



*Figura 29.*Adición de Material.

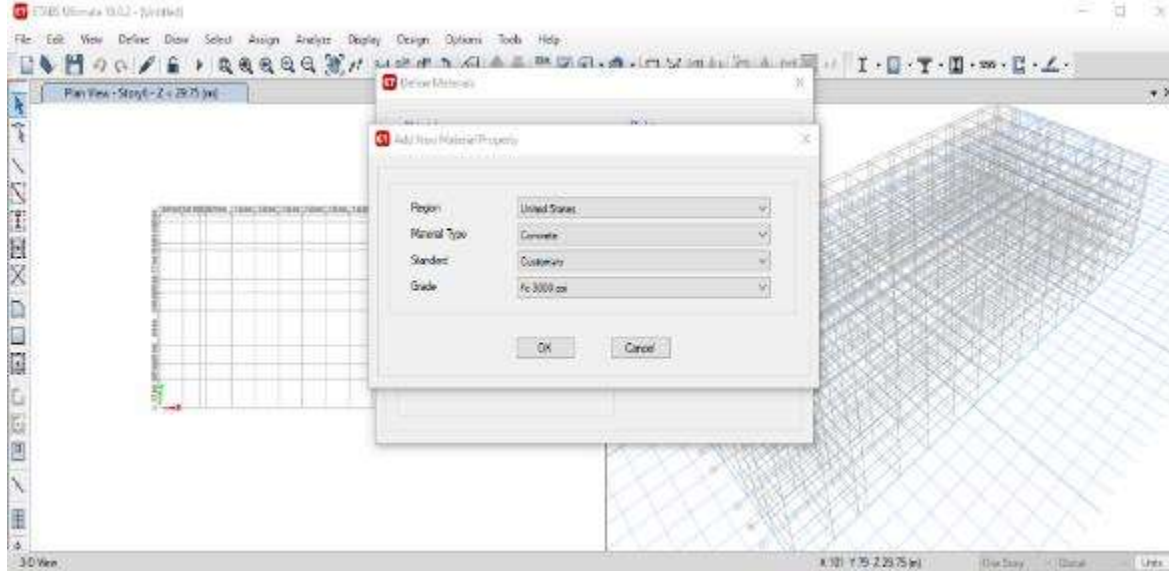


Figura 30. Propiedades de la Resistencia de Concreto de 210kg/cm²-ETABS.

Configuramos las propiedades del material para el Concreto 210 kg/cm².

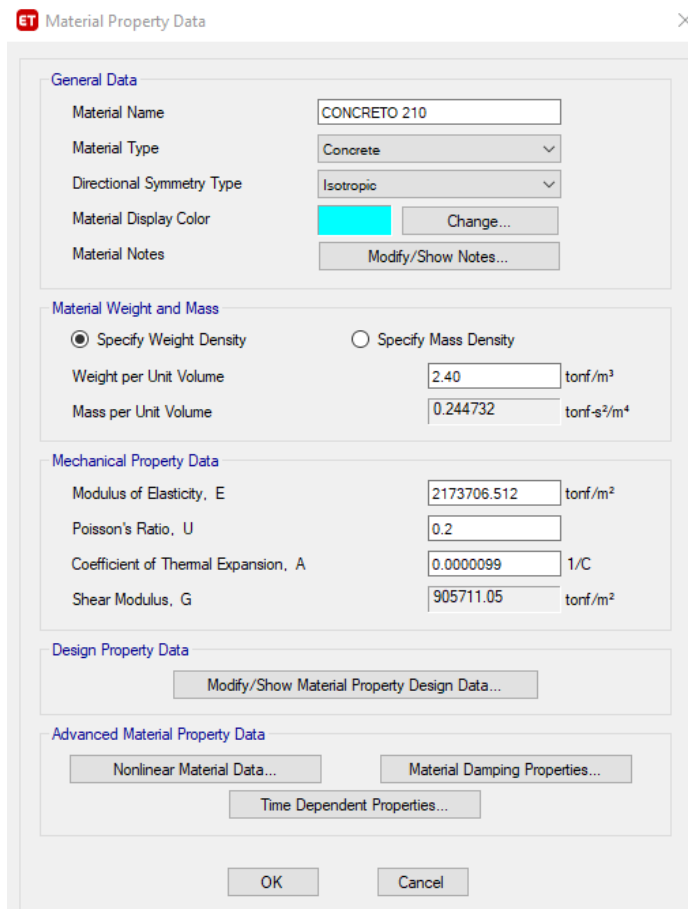


Figura 31. Configuración de las propiedades del concreto 210kg/cm².

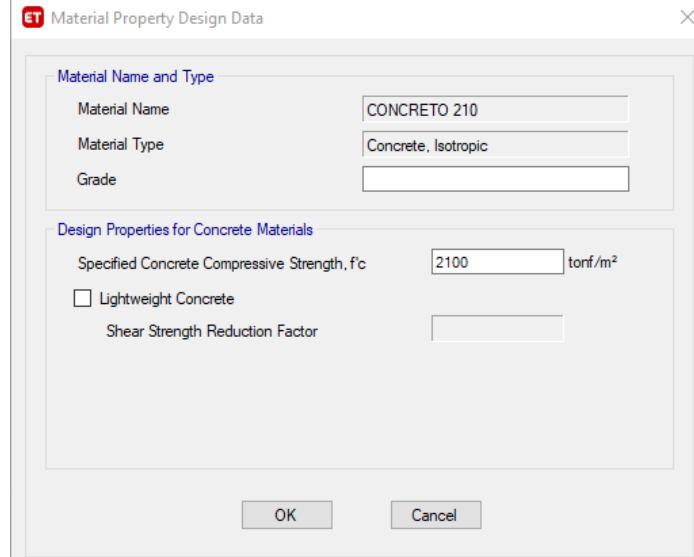


Figura 32. Compresión del concreto 210kg/cm².

En nuestro caso, tenemos 2 tipos de resistencias, de los cuales son el de 210kg/cm² y 240 kg/cm².

Para la configuración del Acero, se realizará lo siguiente:

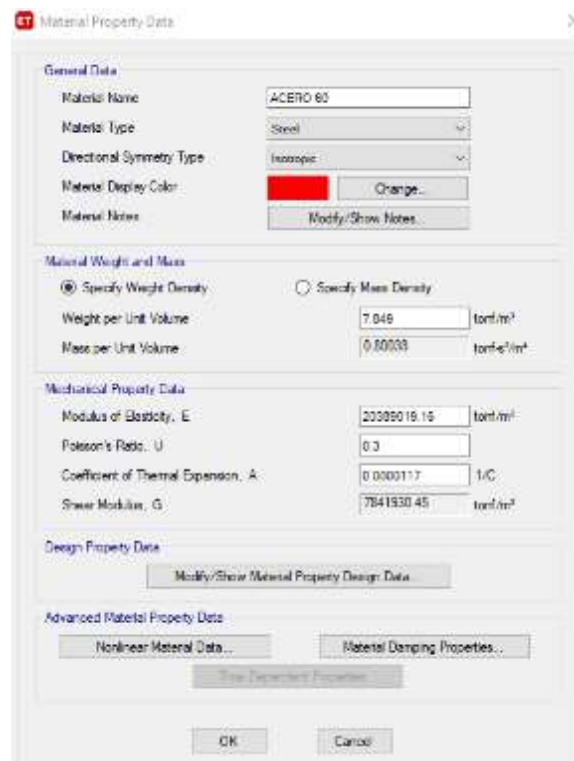


Figura 33. Propiedades del Acero.

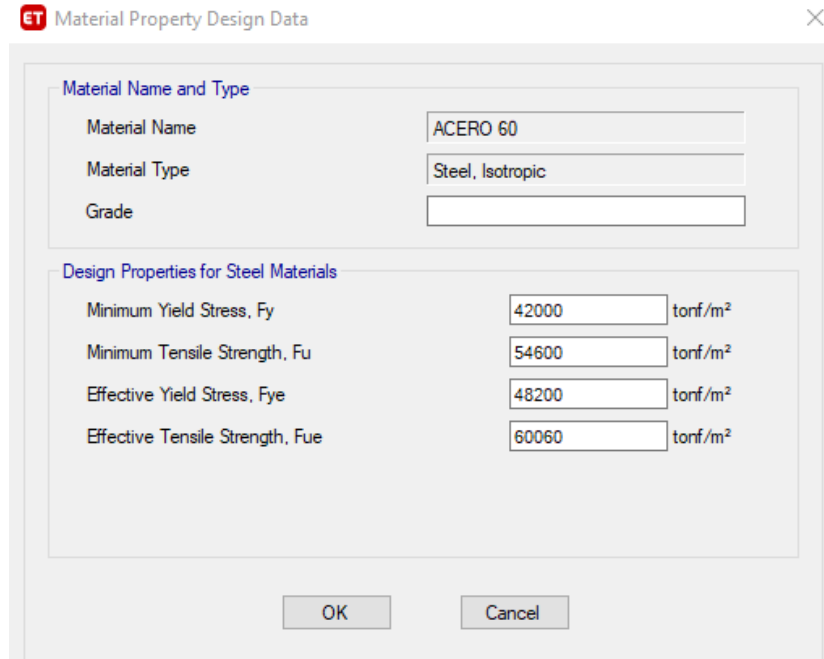


Figura 34. Diseño de las Propiedades del Acero.

Como ya se ha definido los nuevos materiales, se procederá a definir las columnas y las vigas.

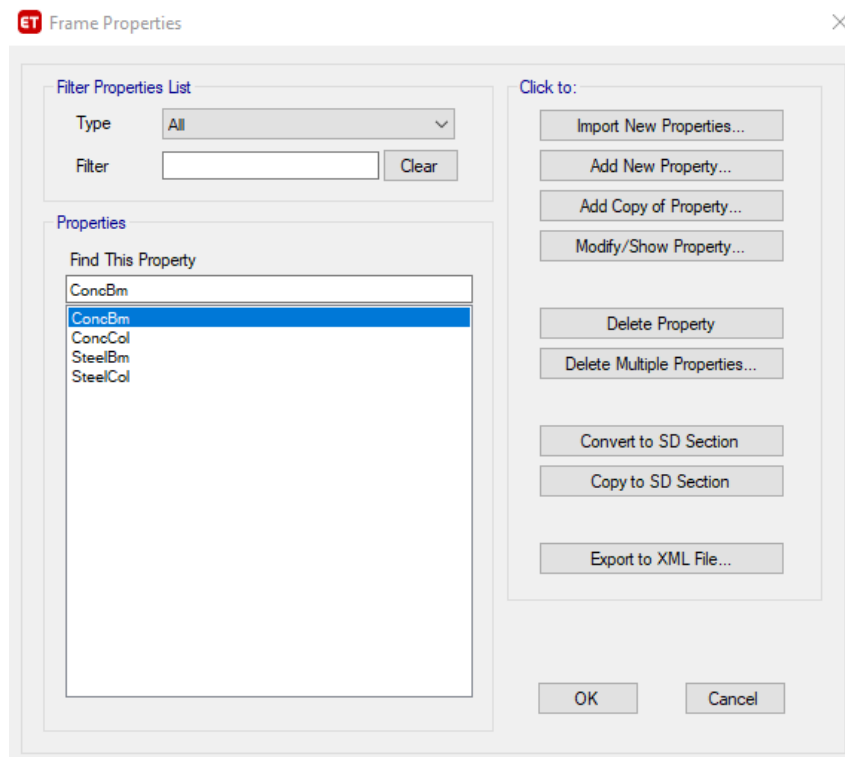


Figura 35. Definición de las columnas y vigas.

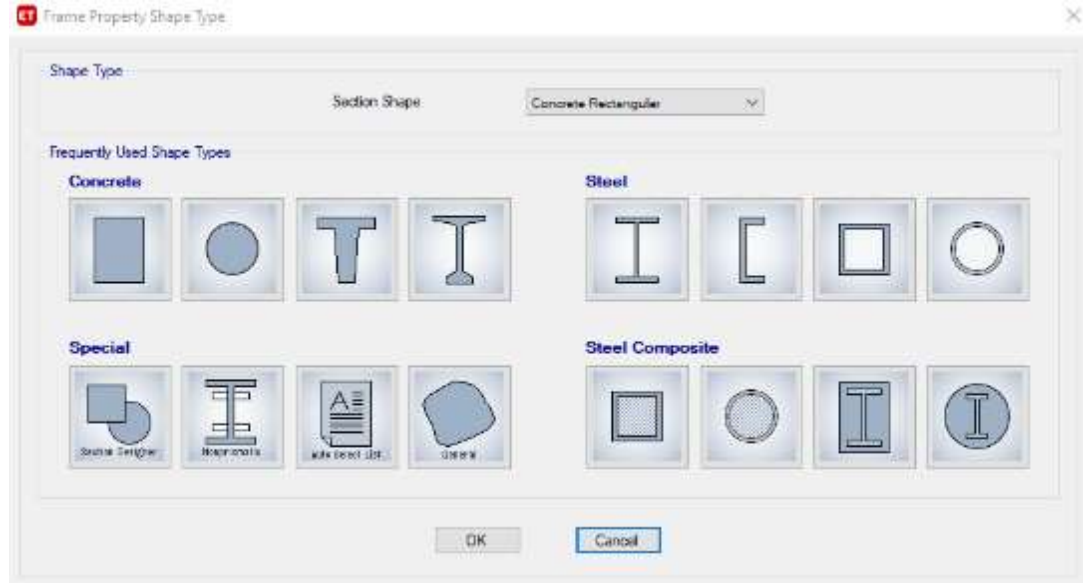


Figura 36. Tipo de forma de columnas y vigas.

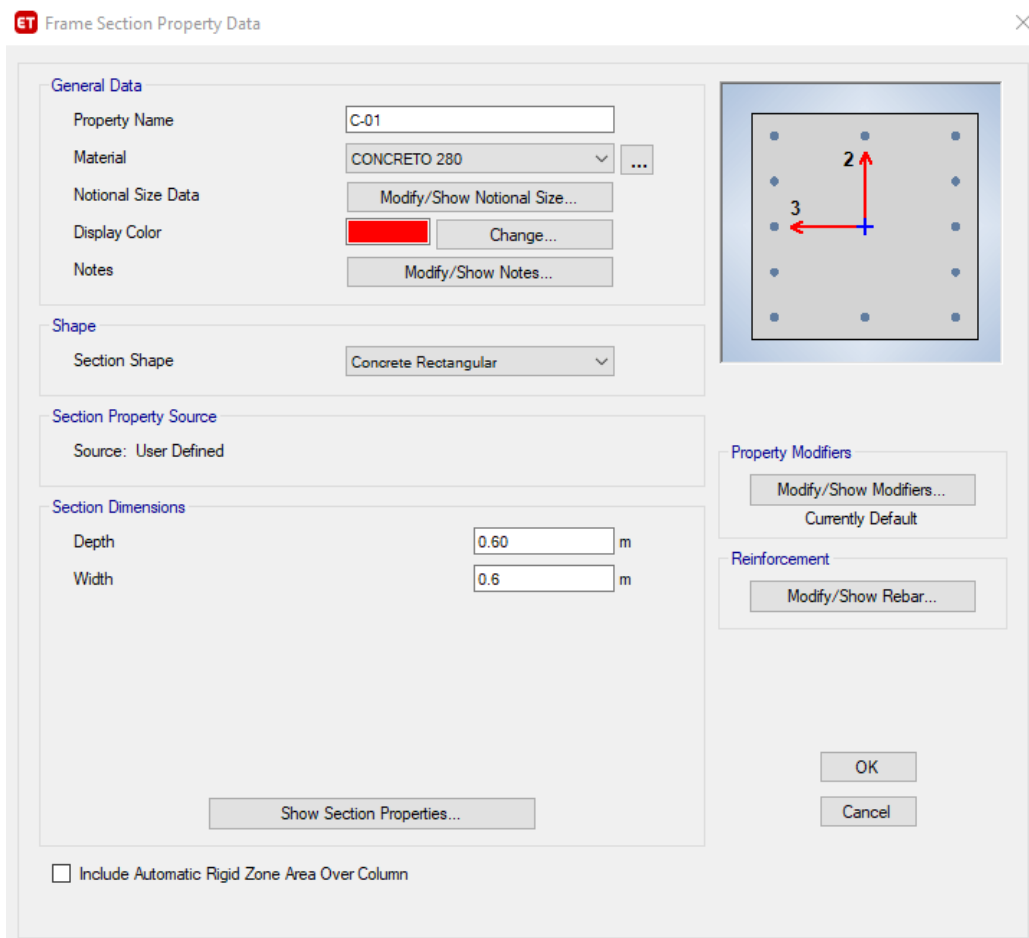
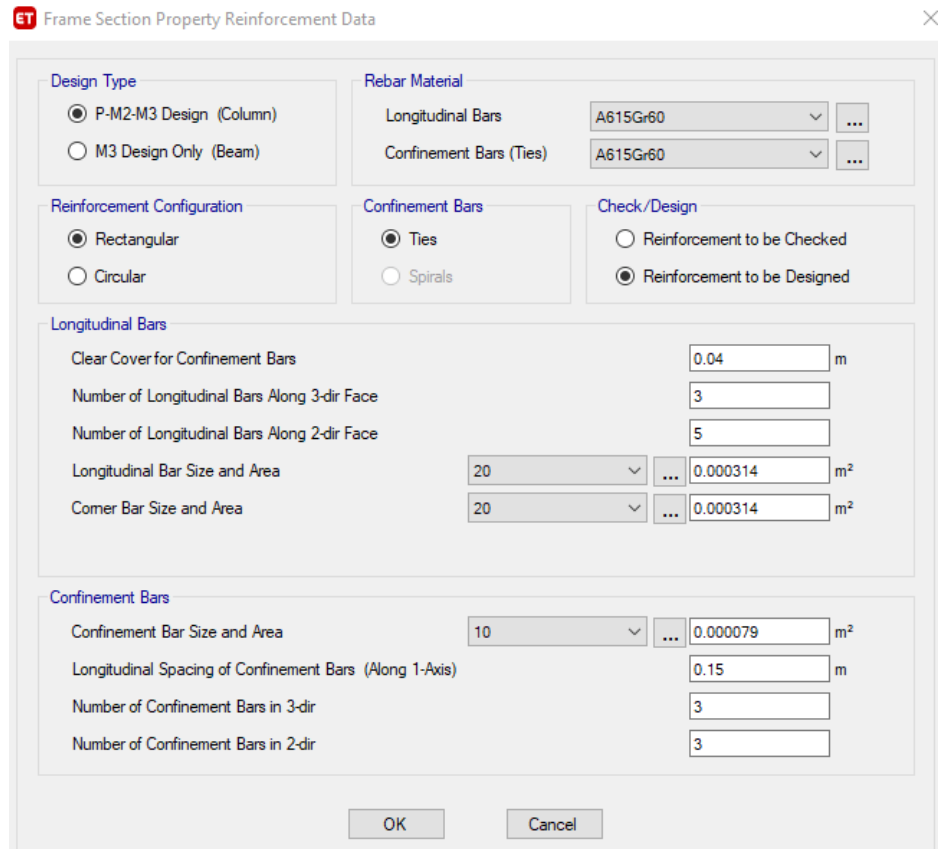


Figura 37. Propiedades de la Columna 01.



ET Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)
 M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: A615Gr60
 Confinement Bars (Ties): A615Gr60

Reinforcement Configuration

Rectangular
 Circular

Confinement Bars

Ties
 Spirals

Check/Design

Reinforcement to be Checked
 Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

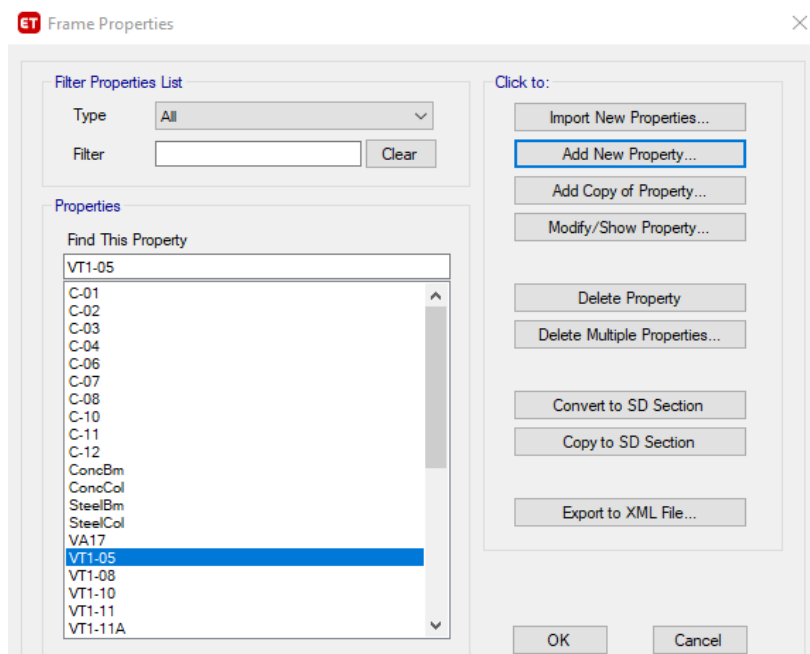
Clear Cover for Confinement Bars: 0.04 m
 Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3
 Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5
 Longitudinal Bar Size and Area: 20, 0.000314 m²
 Corner Bar Size and Area: 20, 0.000314 m²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: 10, 0.000079 m²
 Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0.15 m
 Number of Confinement Bars in 3-dir: 3
 Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK Cancel

Figura 38. Diseño de la columna 01.



ET Frame Properties

Filter Properties List

Type: All
 Filter: Clear

Properties

Find This Property

- VT1-05
- C-01
- C-02
- C-03
- C-04
- C-06
- C-07
- C-08
- C-10
- C-11
- C-12
- ConcBm
- ConcCol
- SteelBm
- SteelCol
- VA17
- VT1-05**
- VT1-08
- VT1-10
- VT1-11
- VT1-11A

Click to:

Import New Properties...
 Add New Property...
 Add Copy of Property...
 Modify/Show Property...
 Delete Property
 Delete Multiple Properties...
 Convert to SD Section
 Copy to SD Section
 Export to XML File...

OK Cancel

Figura 39. Codificación de columnas y vigas.

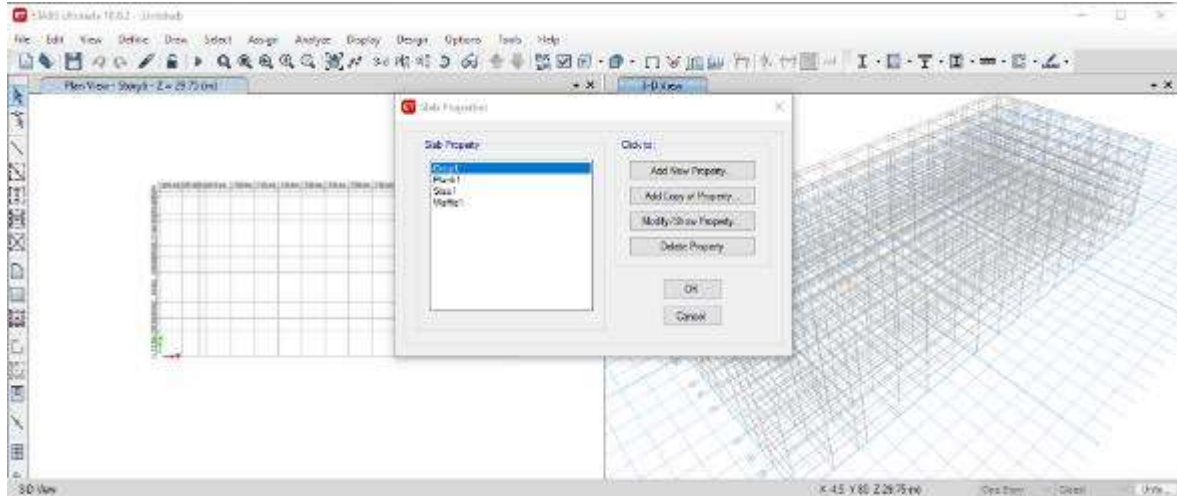


Figura 40. Definición de la Losa.

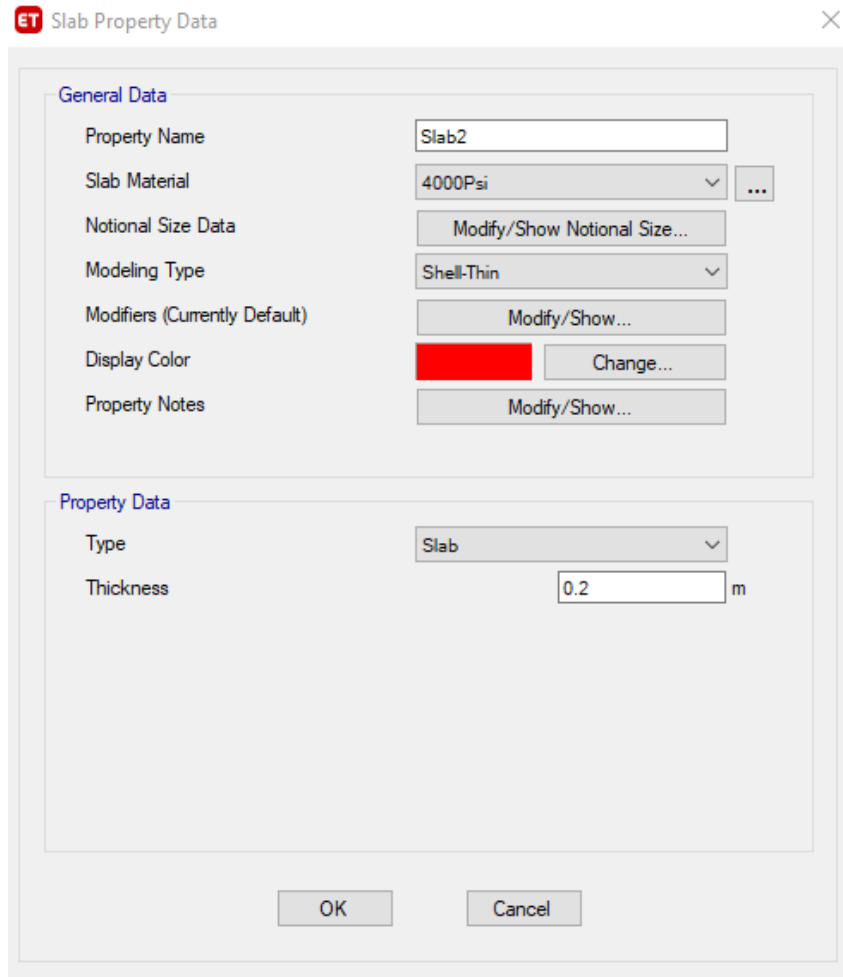


Figura 41. Propiedades de la Losa.

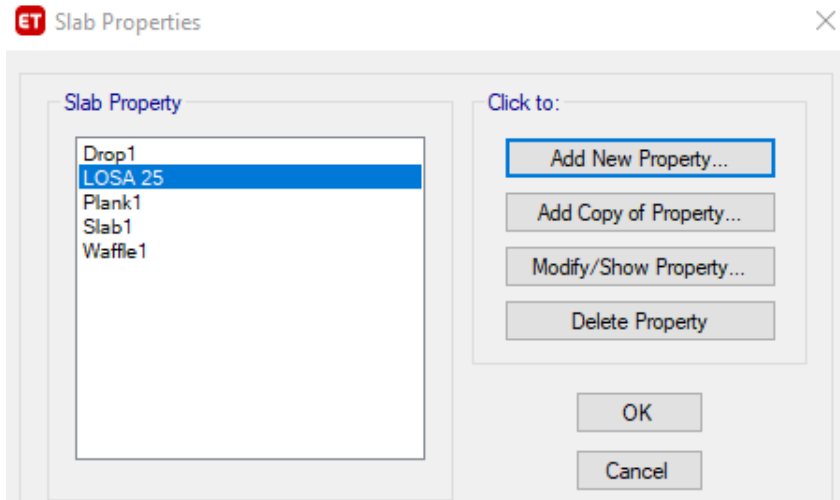


Figura 42. Codificación de la Losa.

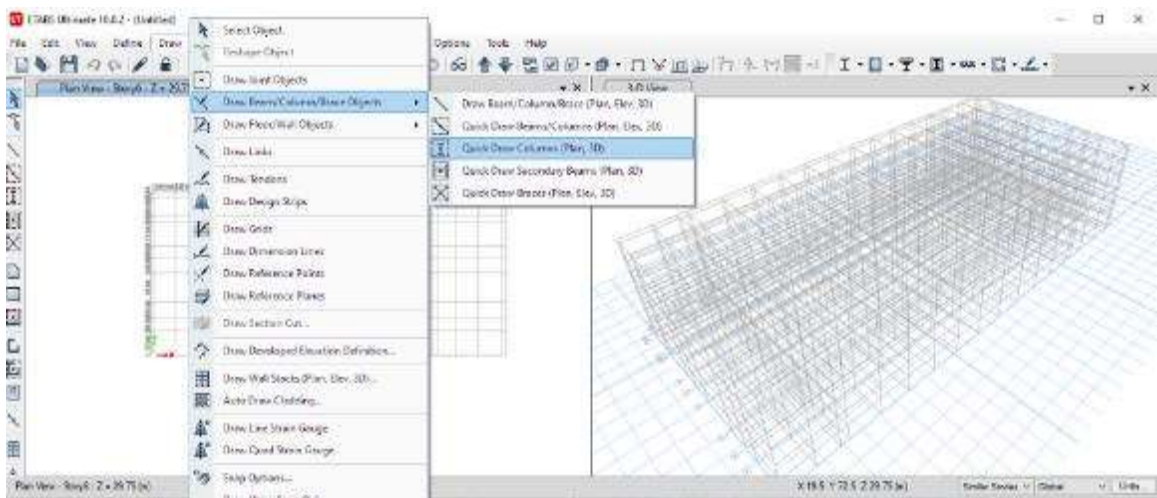


Figura 43. Dibujo de columnas.

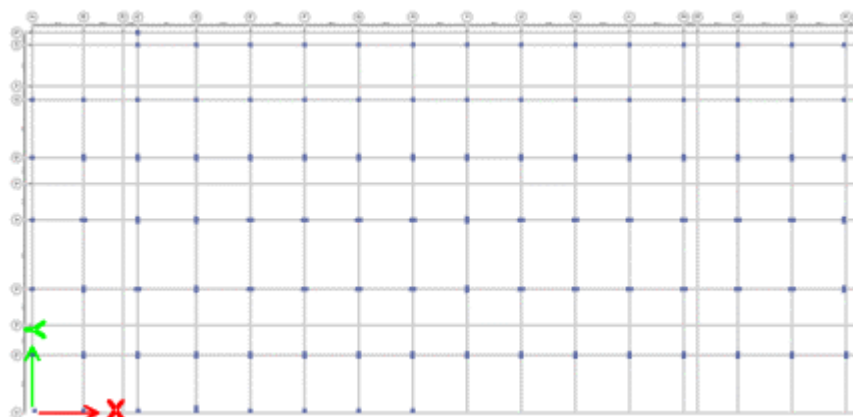


Figura 44. Cuadrícula del dibujo de columnas.

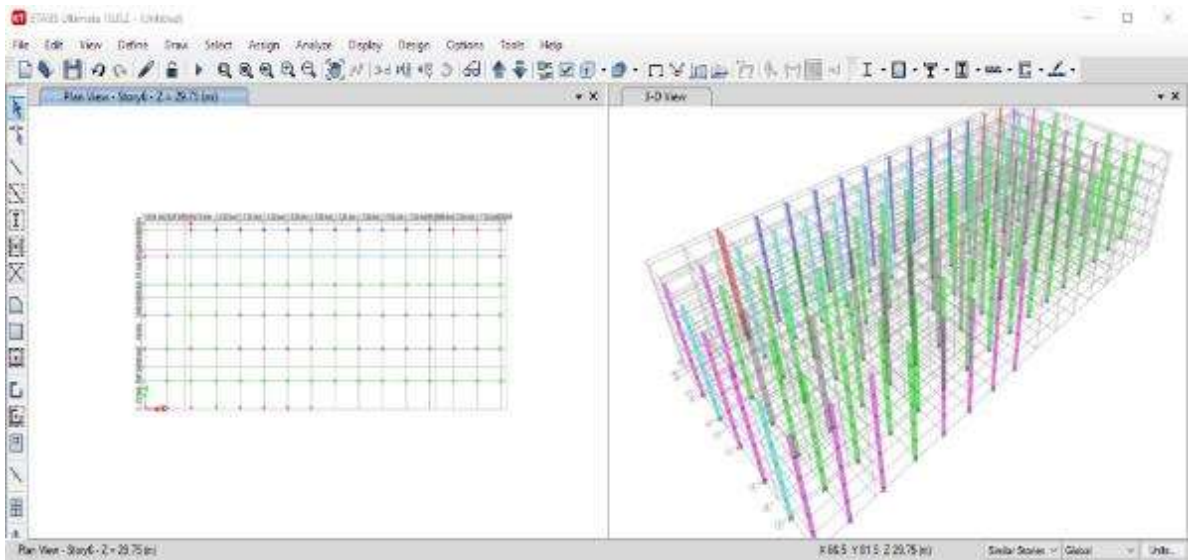


Figura 45. Colocación de la tipología de columnas.

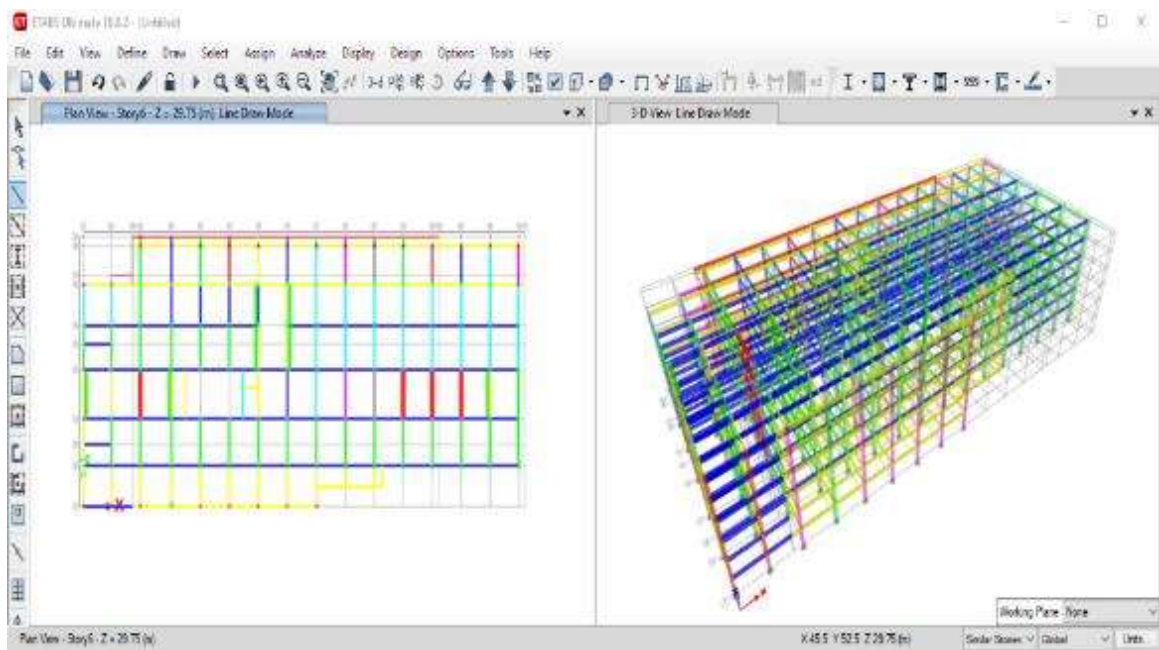


Figura 46. Colocación de vigas y columnas en la cuadrícula.

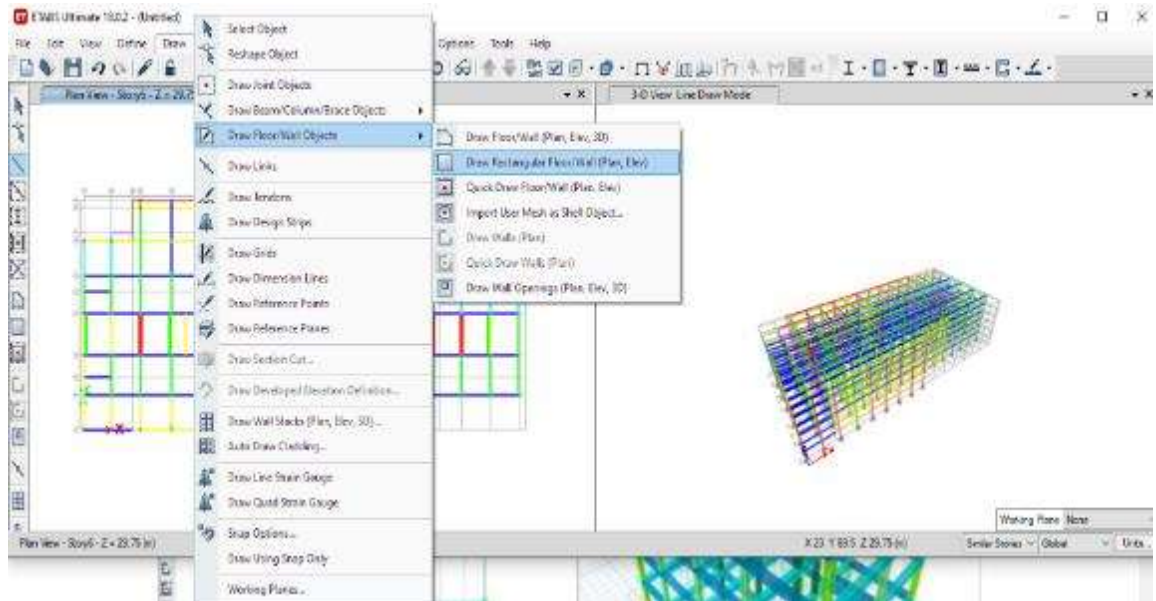


Figura 47. Dibujo de la losa.

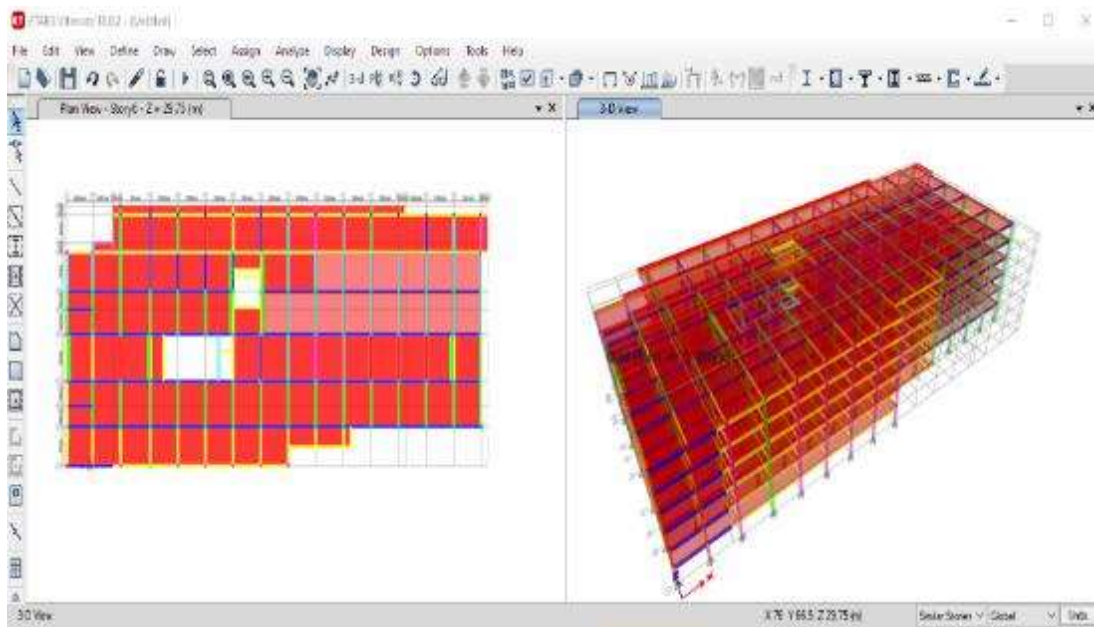


Figura 48. Colocación de la losa-ETABS.

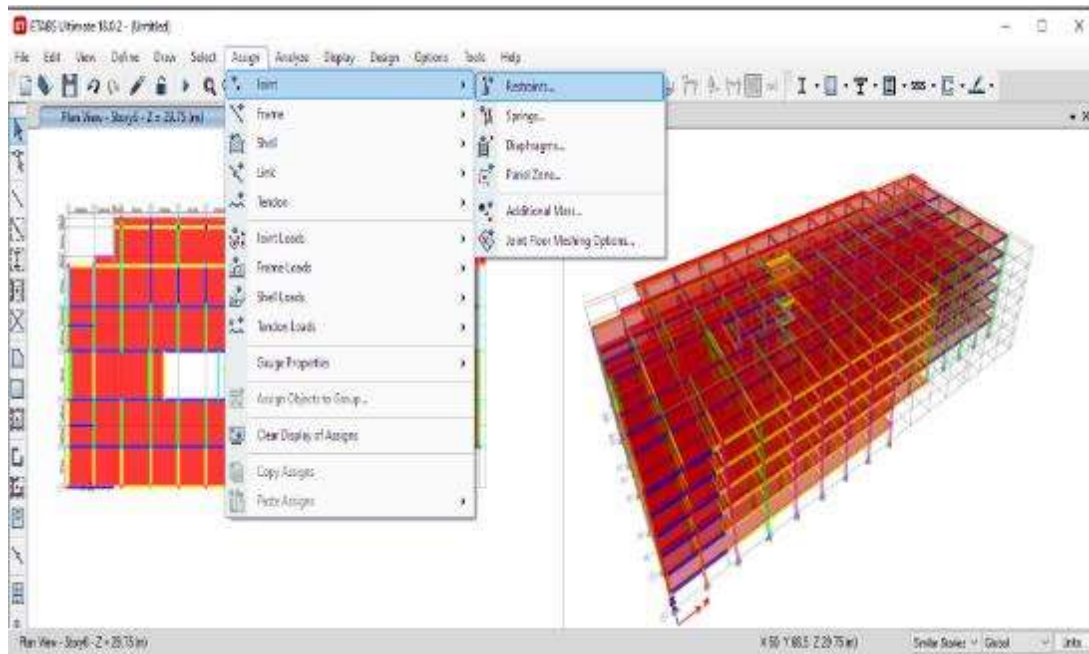


Figura 49. Restricciones en la base.

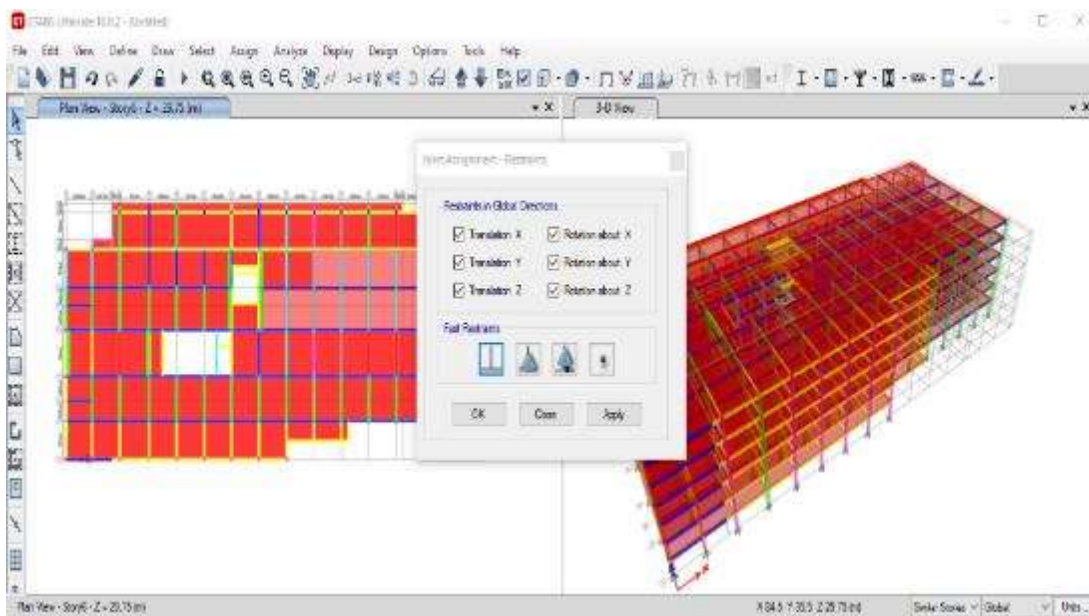


Figura 50. Empotramiento en la base.

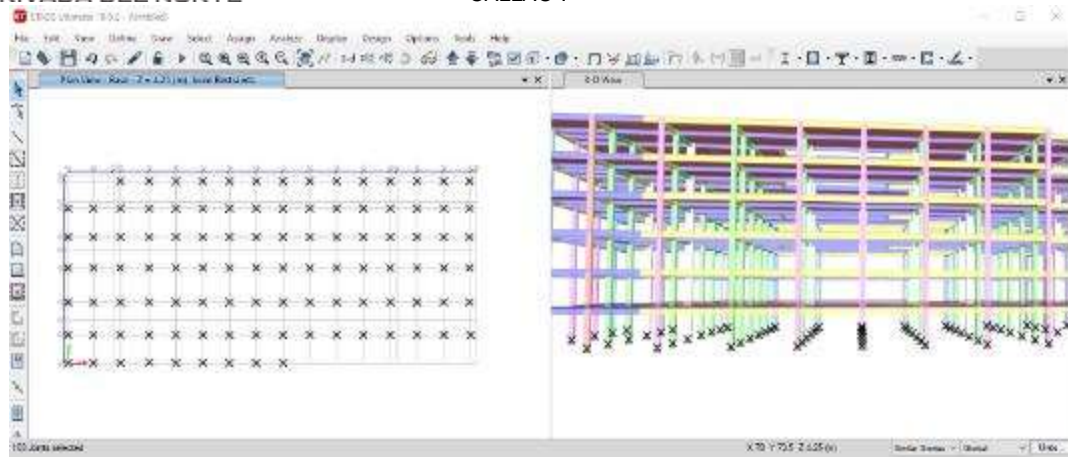


Figura 51. Colocación del empotramiento en las columnas.

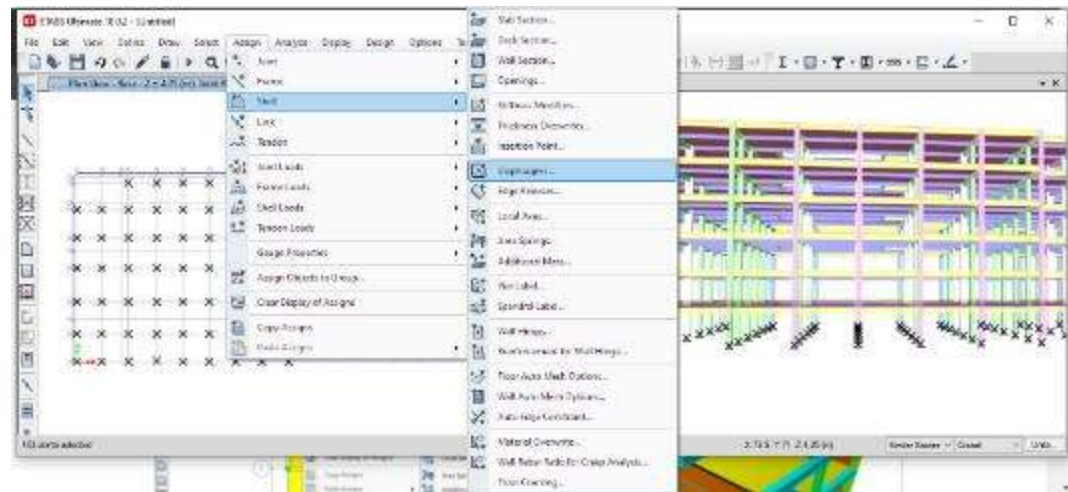


Figura 52. Diafragma.

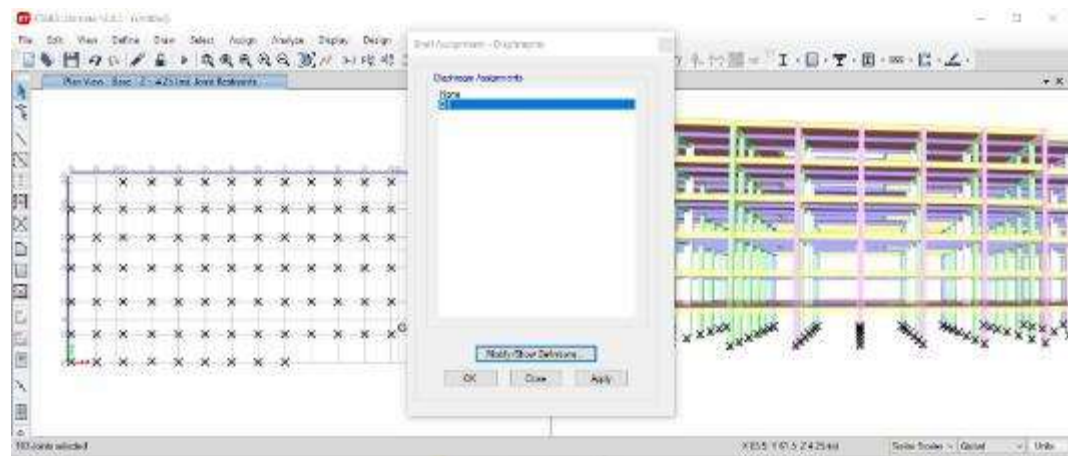


Figura 53. Elaboración del Diafragma para la estructura.

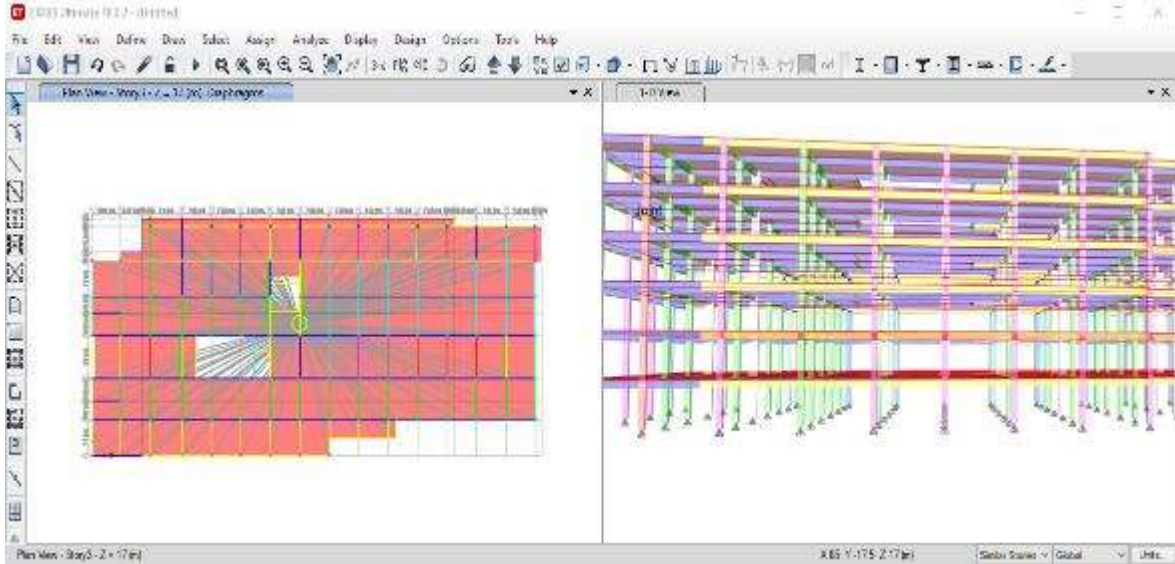


Figura 54. Centro de masa, para el cálculo de Torsión.

Análisis de Gravedad: Carga Muerta y Carga Viva.

SISMOXXPOS

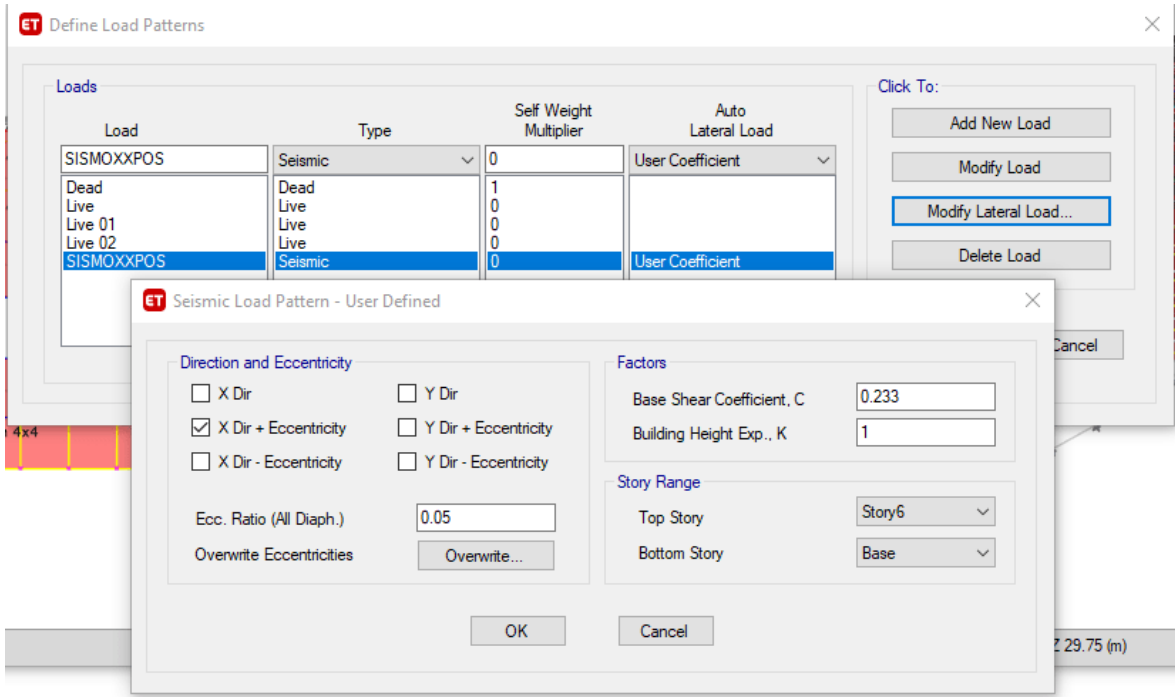


Figura 55. Carga SISMOXXPOS.

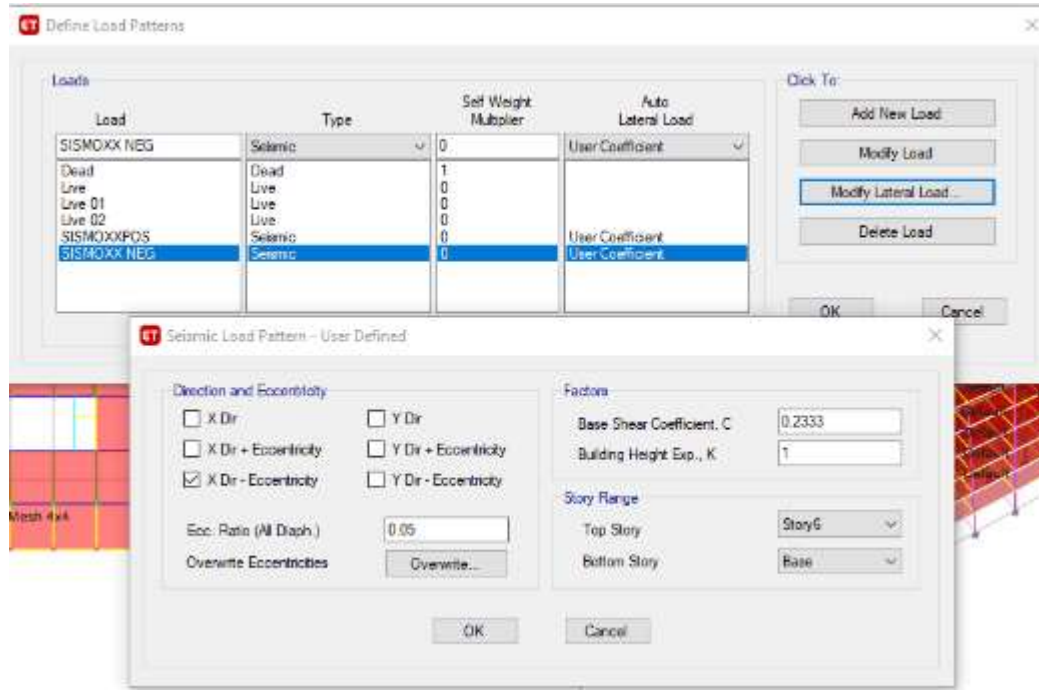


Figura 56. Carga SISMOXXNEG.

SISMOYY POS

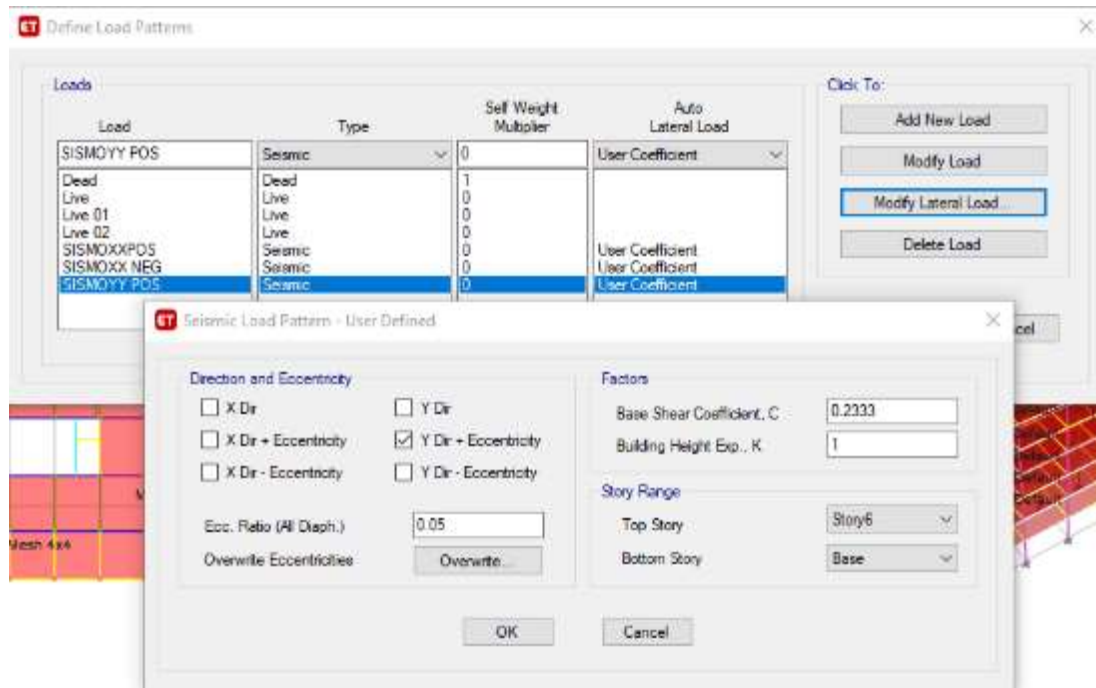


Figura 57. Carga SISMO YYPOS.

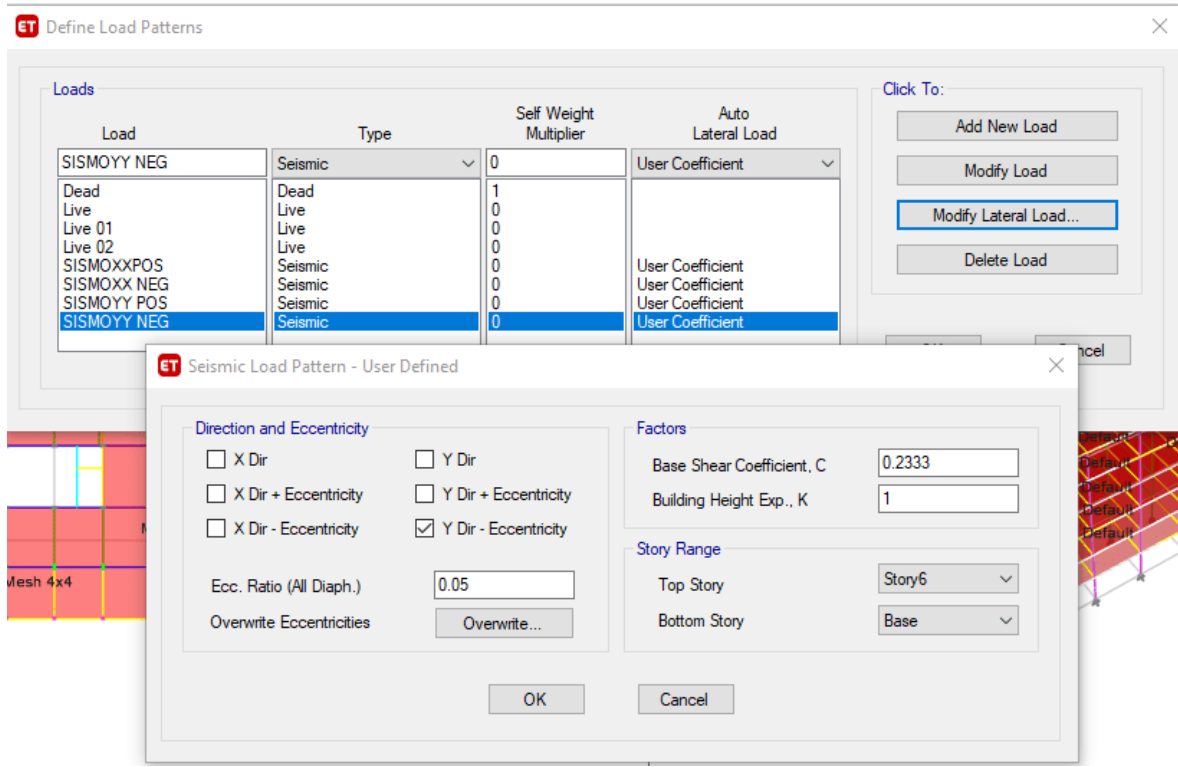


Figura 58. Carga SISMO YYNEG.

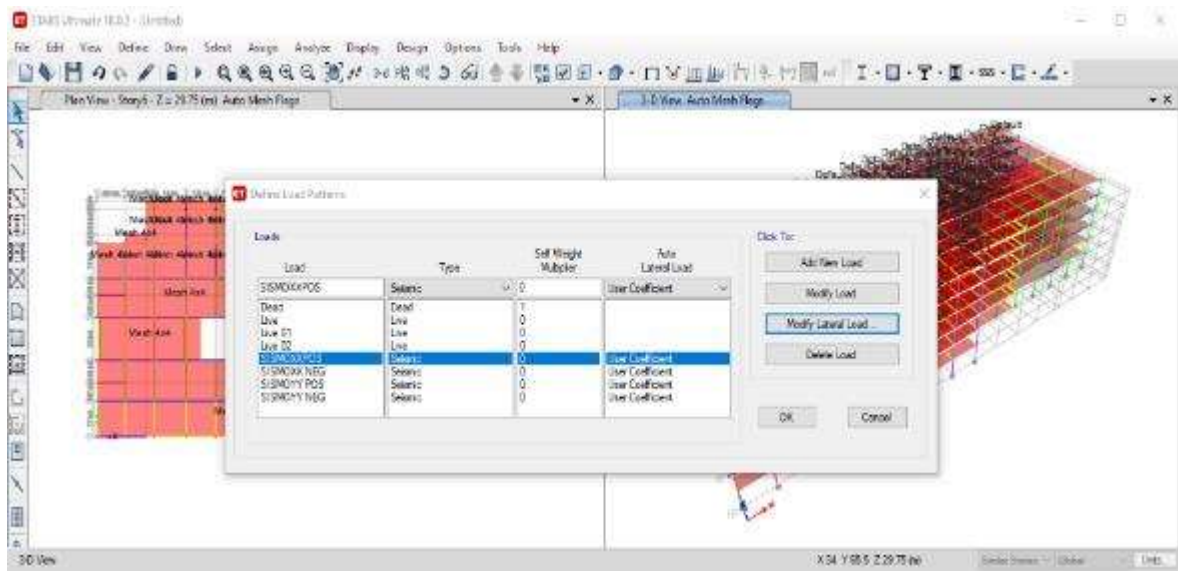


Figura 59. Cargas de la Estructura.

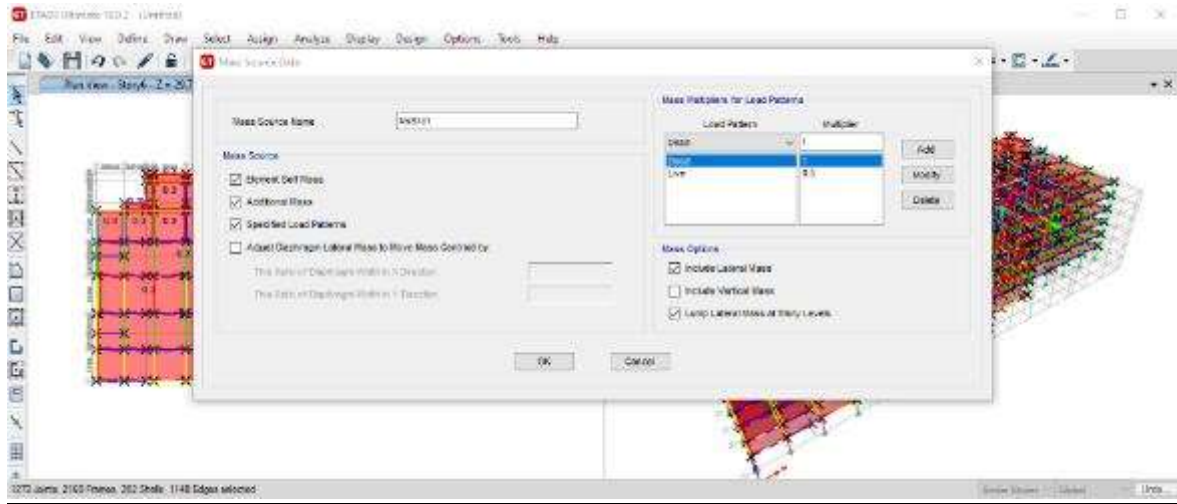


Figura 60. Combinación de Cargas.

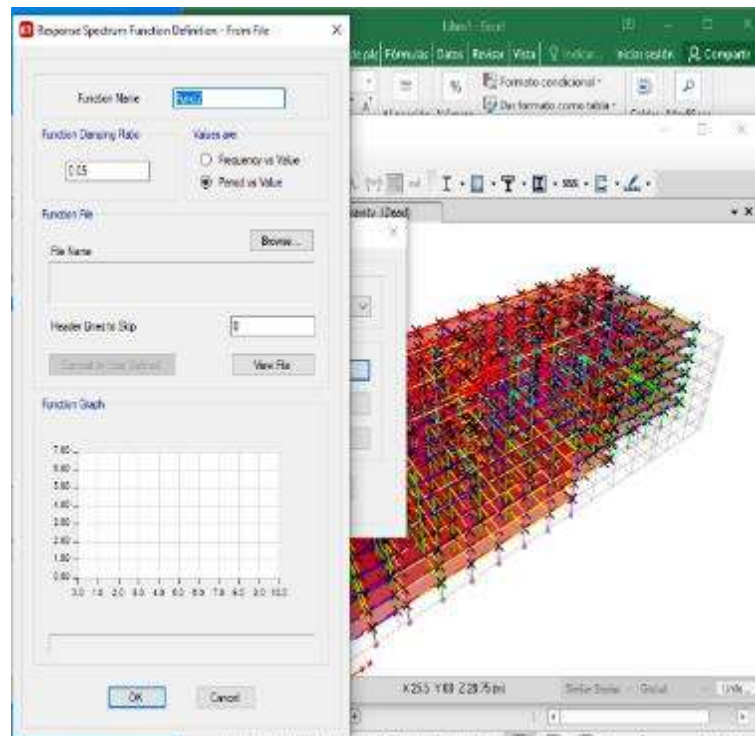


Figura 61. Aceleración Espectral.

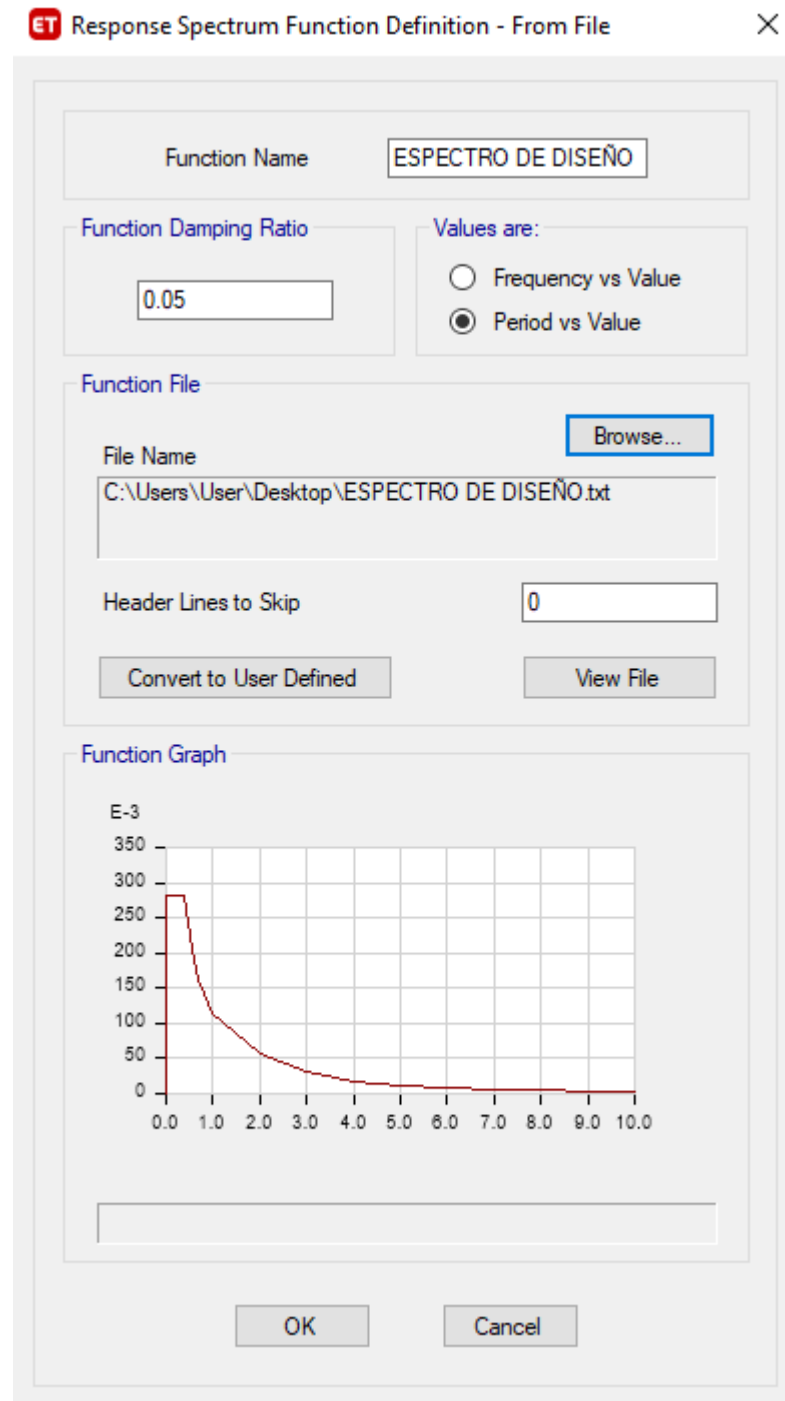
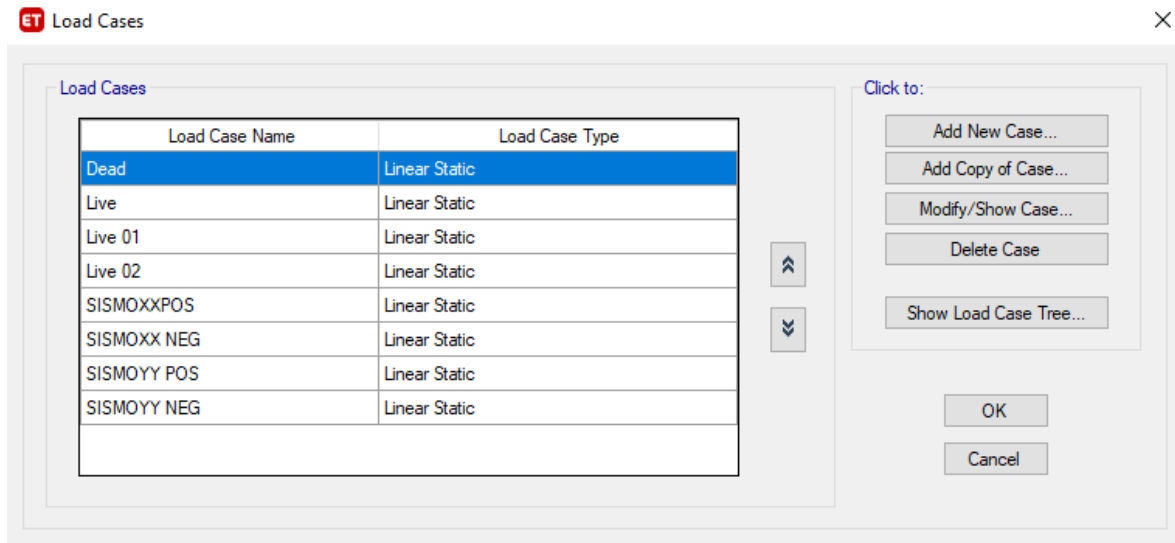
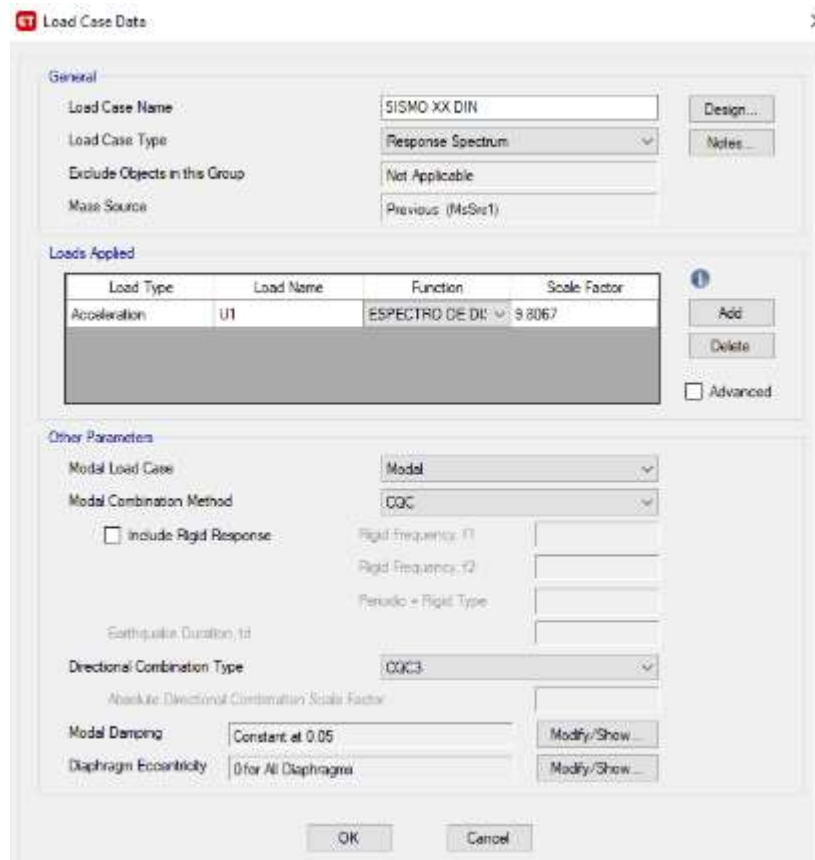


Figura 62. Espectro de Diseño.



*Figura 63.*Codificación de Cargas.

SISMO XX DINÁMICO



*Figura 64.*Carga SISMO XX Dinámico.

ET Load Case Data ×

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Notes...

Exclude Objects in this Group:

Mass Source:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO DE DI! ▾	9.8067

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: ▾

Modal Combination Method: ▾

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: ▾

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK
Cancel

Figura 65. Carga SISMO YY Dinámico.

Se deben utilizar la combinación que produzcan el efecto más desfavorable en el edificio, fundación, o el elemento estructural considerado. En algunos casos esto puede ocurrir cuando una o más cargas en la combinación no están presentes.

Análisis y Diseño de la estructura con aisladores Evaluación tipo 01.

- **Disposición de Aisladores:**

Para el diseño del aislador elastomérico, se tuvo en cuenta la Norma Técnica E-030 “Diseño Sismorresistente” para la estructura convencional y la Norma E-031 “Aislamiento Sísmico” para el diseño del aislador sísmico.

Para el diseño de los aisladores en la evaluación tipo 01 se colocaron en la cimentación y en todas las columnas de la edificación, haciendo una cantidad de 107 aisladores.

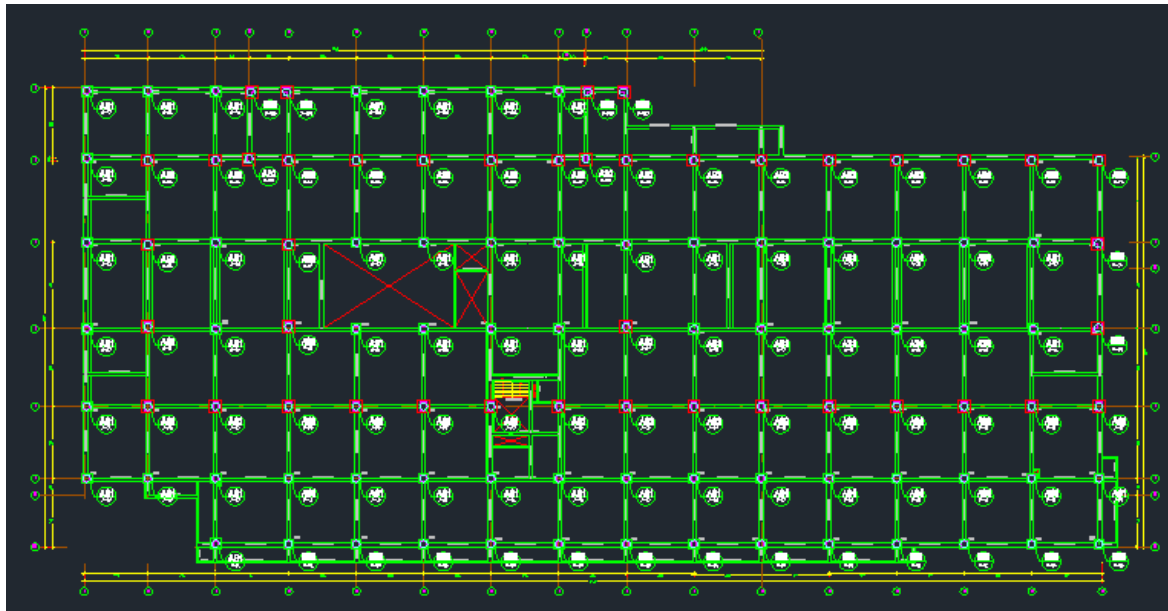


Figura 66. Disposición de Aisladores.

- **Parámetros de Diseño:**

Factor de Zona:

La zonificación del territorio nacional se encuentra dividido en 4 zonas. Según la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” afirma que este factor se interpreta como la aceleración máxima en el suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 14.

Parámetros de Diseño-Factor de zona Z.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Para nuestro caso, el factor de zona es 0.45

$$Z=0.45$$

Parámetros de Sitio:

Tabla 15.

Parámetros de Diseño-Factor de suelo S.

FACTORES DE SUELO "S"				
ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1.00	1.05	1.1
Z3	0.8	1.00	1.15	1.2
Z2	0.8	1.00	1.2	1.4
Z1	0.8	1.00	1.6	2

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Para nuestra edificación se toma lo siguiente:

Tipo de Suelo: S1

Factor de Suelo: 1.00

Tabla 16.
Parámetros de Diseño-Periodo T_p , T_l .

	PERIODOS " T_p " " T_l "			
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_p(S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_l(S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Periodos Predominantes de Vibración $T_p=0.4s$ y $T_l=2.5s$.

Factor de Amplificación Sísmica (C):

$T < T_p$	$C=2.5$
$T_p < T < T_l$	$C=2.5 (T_p/T)$
$T > T_l$	$C=2.5 \left(\frac{T_p * T_l}{T^2}\right)$

Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U):

Para Establecimientos de Salud del Sector Salud el factor U que tendrán aislamiento sísmico en la base y se encuentren en la zona sísmica 4 el factor es 1.00.

$$U=1.00$$

Sistemas Estructurales y Coeficientes Básico de Reducción (R_0):

Para edificaciones aisladas se toma el valor de $R=3/8R_0$; sin embargo, no debe ser mayor de 2.00, entonces para nuestra edificación es $R_0=6.00$.

Por ende: $R=3/8R_0$

$$R = \frac{3}{8*6} \quad R=0.0625$$

Tomaremos: $R=1.00$

Tabla 17.

Aceleración de entrepisos en X e Y sin aisladores y evaluación tipo 01.

T	Sa
0.10	0.5625
0.20	0.5625
0.30	0.5625
0.40	0.5625
0.50	0.45
0.60	0.375075
0.70	0.3213
0.80	0.28125
0.90	0.249975
1.00	0.225
2.00	0.1125
3.00	0.074925
4.00	0.05625
5.00	0.045
6.00	0.0375075
7.00	0.03213
8.00	0.028125

Fuente: Elaboración propia, (2020).

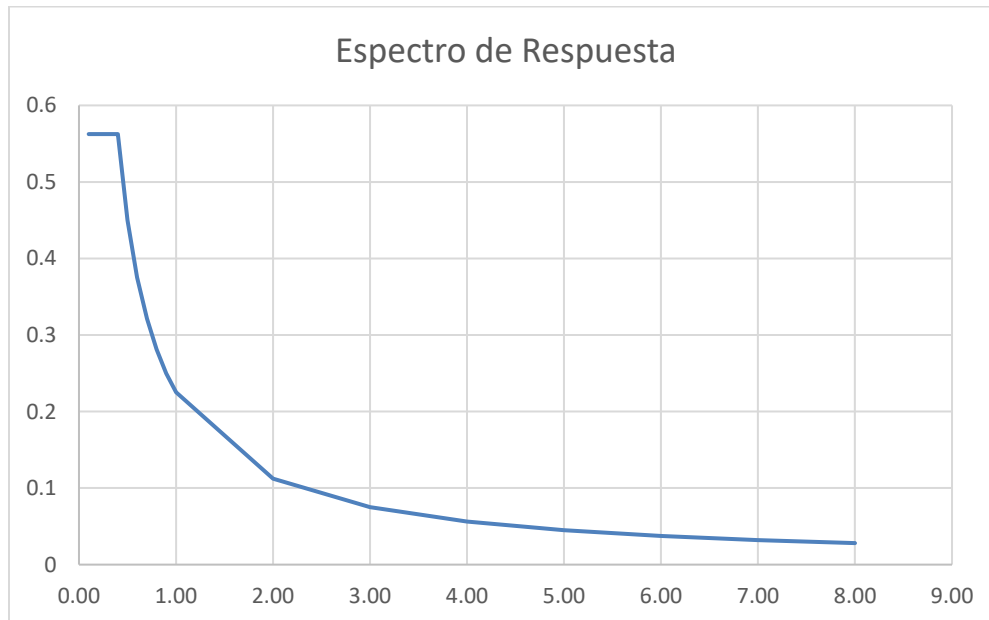


Figura 67. Espectro de Respuesta.

Según la Norma Técnica E-020 se determinaron las cargas para la edificación de hospitales.

Metrado de Cargas para Hospitales:

Tabla 18.
Valores de Cargas Vivas.

	Carga Viva (kg/m²)
Corredor y Escaleras	400
Cuartos	200
Salas de operación, laboratorios	300
Almacenes	500
Baños	300

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 19.
Valores de Cargas Muertas.

	Carga Muerta (kg/m²)
Tabiquería e=15cm	285
Dispositivos de servicios y equipos	400
Piso terminado	100
Losa	300

Fuente: Elaboración propia, (2020).

- **Diseño del Aislador:**

Para el diseño del aislador elastomérico se requiere de los siguientes datos iniciales:

Tabla 20.
Datos iniciales para el Aislador LRB.

Para dispositivos elastoméricos	
Peso sísmico de la estructura (W)	tonf
Periodo objetivo (Td)	s
Peso sobre el aislador	Pu
Amortiguamiento efectivo (β_{eff})	
Desplazamiento de diseño (DD)	m
Aceleración espectral (S_a)	g

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Según el modo estático del FEMA274 se obtiene los desplazamientos máximos (D_M y desplazamiento total máximo (D_{TM}) y para el cálculo del desplazamiento máximo se usa la siguiente ecuación:

$$D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) * ZUCS * T_M}{B_M}$$

Siendo:

g: Aceleración de la gravedad.

B_M :

Tabla 21.
Valores del Amortiguamiento Efectivo

Amortiguamiento Efectivo	
(%)	B_M
<2	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
>50	2

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Asumimos que el amortiguamiento que el amortiguamiento β_{eff} es 15%, entonces realizamos una interpolación lineal:

Tabla 22.
Interpolación del Amortiguamiento.

Interpolación	
10	1.2
15	β_{eff}
20	1.5

Fuente: Elaboración propia, (2020).

$$\frac{20 - 10}{15 - 10} = \frac{1.5 - 1.2}{\beta_{\text{eff}} - 1.2}$$

$$\frac{10}{5} = \frac{0.3}{\beta_{\text{eff}} - 1.2}$$

$$2 * (\beta_{\text{eff}} - 1.2) = 0.3$$

$$\beta_{\text{eff}} = 1.35$$

T_M: Periodo de la estructura con aisladores, que se estima que es 3 veces el periodo fundamental de la estructura sin aisladores.

Tabla 23.

Periodo de la Estructura sin Aisladores.

Mode	Periodo (s)
1	0.692
2	0.685
3	0.676
4	0.363
5	0.356
6	0.35
7	0.29
8	0.232
9	0.228

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Entonces:

$$T_M = 3 * 0.692 = 2.076$$

Factor de Amplificación Sísmica (C):

$$T_p < T_M < T_l \quad C = 2.5 (T_p / T_M)$$

Reemplazamos todos los datos en la ecuación ya dada:

$$D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) * ZUCS * T_M}{B_M}$$

$$D_M = \frac{\left(\frac{9.81}{4\pi^2}\right) * 0.45 * 1 * 0.481 * 1.00 * 2.076}{1.35} = 0.08271m$$

Y para obtener el desplazamiento total máximo, se usa la ecuación siguiente:

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

e: Es la excentricidad accidental que equivale al 5% de la mayor dimensión en planta.

$$e = 5\%(108.80) = 5.44$$

d y b: Dimensiones en planta de la estructura.

y: Distancia del centro de masa al aislador más alejado.

$$D_{TM} = 0.08271 * \left(1 + 61.31 \frac{12 * 5.44}{49^2 + 108.80^2}\right) = 0.10596m$$

Hi: Cálculo de la altura efectiva del aislador

$$H_i = \frac{D_{TM}}{\gamma_S}$$

$$H_i = \frac{0.10596}{1.5} = 0.0706m$$

Se tomará en cuenta H_i igual a 10cm.

En la altura efectiva se tendrán cauchos cada una de 6mm de espesor, entonces el número de láminas de cauchos está dado por la siguiente ecuación:

$$N^\circ = \frac{0.10}{0.006} = 16.667$$

La altura efectiva de caucho está compuesta por 17 láminas de 6mm de espesor.

Área neta efectiva del aislador:

$$\text{Área neta} = \frac{P_{u,máx}}{\sigma_{máx perm}}$$

$$\text{Área neta} = \frac{173.450}{815} = 0.2128m^2$$

Estimación de la Capacidad de Carga Q_d :

Es el 6% de la masa W que recibe cada aislador.

$$\text{Por ende: } W = \frac{6454.955}{107} = 60.32t$$

Entonces:

$$Q_d = 6\% * 60.32t = 3.6192t$$

Cálculo del diámetro de plomo D_p :

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

$$D_p = \sqrt{\frac{4 * 3.6192}{\pi * 1020}} = 0.067214m$$

Redondeamos el valor a 7cm, entonces recalculamos el valor de Q_d .

$$Q_d = \frac{\pi * \sigma_y * D_p^2}{4}$$

$$Q_d = \frac{\pi * 1020 * 0.07^2}{4} = 3.95t$$

Definimos el diámetro del aislador a utilizar D_i :

$$D_i = 570mm = 0.57m$$

Con este nuevo valor comercial, se recalcula el área efectiva.

$$\text{Área neta} = \frac{(D_i^2 - D_p^2) * \pi}{4}$$

$$\text{Área neta} = \frac{(0.57^2 - 0.07^2) * \pi}{4} = 0.2513$$

Como recomendación el nuevo D_p debe cumplir con lo siguiente:

$$D_i / 6 < D_p < D_i / 3$$

$$0.095 < 0.07 < 0.19$$

No cumple

Se volverá a recalcular $D_p=10\text{cm}$

$$\text{Área neta} = \frac{(D_i^2 - D_p^2) * \pi}{4}$$

$$\text{Área neta} = \frac{(0.57^2 - 0.10^2) * \pi}{4} = 0.2473$$

$$\text{Área neta} = 0.2473\text{m}^2$$

$$D_i / 6 < D_p < D_i / 3$$

$$0.095 < 0.1 < 0.19$$

$$Q_d = \frac{\pi * \sigma_y * D_p^2}{4}$$

$$Q_d = \frac{\pi * 1020 * 0.1^2}{4}$$

$$Q_d = 8.011\text{t}$$

Cálculo de la rigidez secundaria K_d :

$$K_d = \frac{\pi * (D_i^2 - D_p^2) * G}{4 * H_i}$$

Para el valor de G el módulo de corte es 54t/m^2 .

$$K_d = \frac{\pi * (0.57^2 - 0.1^2) * 54}{4 * 0.10}$$

$$K_d = \frac{\pi * (0.57^2 - 0.1^2) * 54}{4 * 0.10} = 133.55t/m$$

Cálculo de la rigidez efectiva K_{eff} :

$$K_{eff} = \frac{Q_d}{D_{tm}} + K_d$$

$$K_{eff} = \frac{8.011}{0.10596} + 133.55$$

$$K_{eff} = 209.154t/m$$

Cálculo del amortiguamiento efectivo β_{eff} :

Según la propuesta FEMA, calculamos el amortiguamiento con la siguiente ecuación:

$$\beta_{eff} = \frac{4Q_d * (D_{TM} - \frac{1.1Q_d}{10K_d})}{2\pi * K_{eff} * D_{TM}^2}$$

$$\beta_{eff} = \frac{4 * 8.011 * (0.10596 - \frac{1.1 * 8.011}{10 * 133.55})}{2\pi * 209.154 * 0.10596^2}$$

$$\beta_{eff} = 0.2157$$

Cálculo del periodo T_M :

$$T_M = 2\pi * \sqrt{\frac{M}{K_M * g}}$$

$$K_M = K_d * 107 \text{ aisladores}$$

$$K_M = 133.55 * 107 = 14289.85$$

$$T_M = 2\pi * \sqrt{\frac{M}{K_M * g}}$$

$$T_M = 2\pi * \sqrt{\frac{6454.955}{14289.85 * 9.81}}$$

$$T_M = 1.348s$$

Verificamos si los datos de los valores obtenidos se asemejan o son iguales a los propuestos.

$$\beta_{eff} \text{ propuesto} = 0.15 \neq \beta_{eff} \text{ calculado} = 0.2157$$

$$T_M \text{ propuesto} = 2.076 \neq T_M \text{ calculado} = 1.348$$

Debido a que no se asemejan, se debe realizar un proceso iterativo hasta obtener los valores reales de T_M y β_{eff} .

Tabla 24.

Primera iteración del Aislador LRB.

Parámetro	Primera Iteración
TM	1.348
B_{eff}	0.1907
BM	1.6686
DM(m)	0.0434
DTM (m)	0.0556
Hi	0.1
Di (m)	0.57
Dp (m)	0.1
Qd (t)	8.011
Kd (t/m)	133.55
K_{eff} (t/m)	209.154

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Segunda iteración:

Tabla 25.
Segunda iteración del Aislador LRB.

Parámetro	Segunda Iteración
TM	1.348
B _{eff}	0.1861
BM	1.5186
DM(m)	0.0477
DTM (m)	0.0607
Hi	0.1
Di (m)	0.57
Dp (m)	0.1
Qd (t)	8.011
Kd (t/m)	133.55
K _{eff} (t/m)	209.154

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tercera iteración:

Tabla 26.
Tercera Iteración del Aislador LRB.

Parámetro	Tercera Iteración
TM	1.348
B _{eff}	0.1864
BM	1.5287
DM(m)	0.0474
DTM (m)	0.0607
Hi	0.1
Di (m)	0.57
Dp (m)	0.1
Qd (t)	8.011
Kd (t/m)	133.55
K _{eff} (t/m)	209.154

Fuente: Elaboración propia, (2020).

$$\beta_{eff} \text{ propuesto} = 0.1861 = \beta_{eff} \text{ calculado} = 0.1864$$

$$T_M \text{ propuesto} = 1.348 = T_M \text{ calculado} = 1.348$$

En resumen, las propiedades del aislador son las siguientes:

Tabla 27.

Propiedades del Aislador LRB.

Parámetro	Valores
TM	1.348
Beff	0.186
Hi	0.1
Di (m)	0.57
Dp (m)	0.1
Kd (t/m)	133.55
Keff (t/m)	209.154

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Cálculo de la altura total del aislador H_T

Para nuestro aislador se calculó un promedio de 17 láminas, por ende, se necesitará 16 láminas de acero, cada lámina de acero tiene un espesor de 3mm.

$$H_T = H_i + 16 * 0.003 = 0.148$$

Cálculo de la rigidez vertical K_V

$$K_V = \frac{E_C A_{acero}}{H_i} + \frac{E_p A_{plomo}}{H_T}$$

$$K_V = \frac{E_C A_{acero}}{H_i} + \frac{E_p A_{plomo}}{H_T}$$

$$K_V = \frac{80054.55 * 0.1575}{0.10} + \frac{1400000 * 0.005}{0.148} = 173383.2278t/m$$

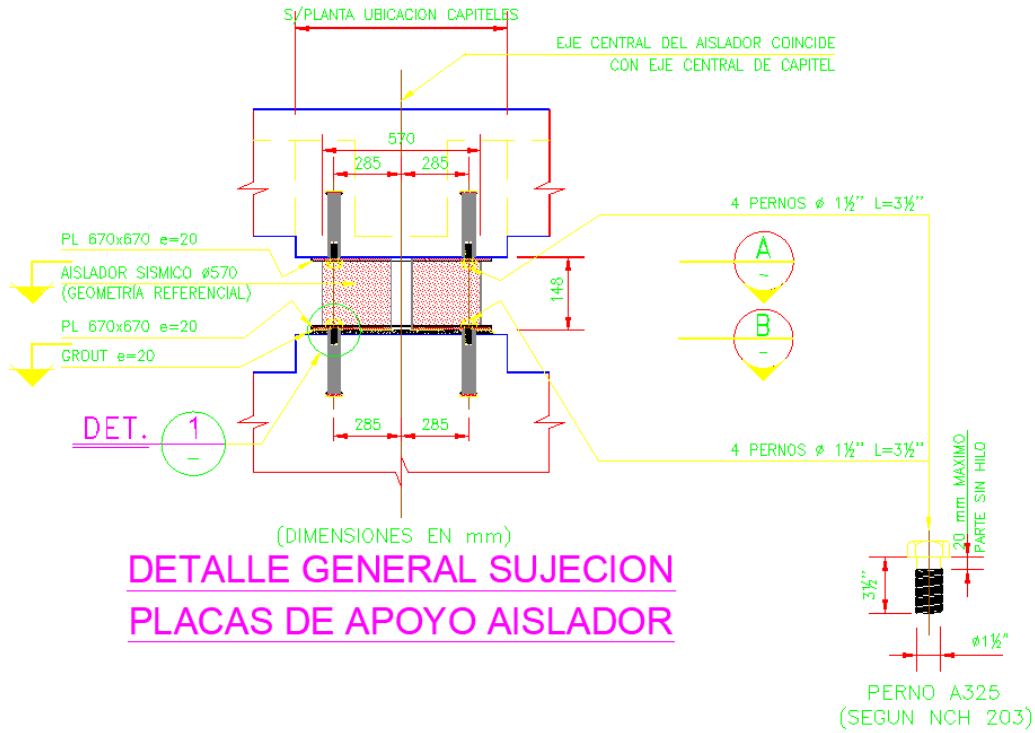


Figura 68.Detalle General del Aislador Elastomérico LRB.

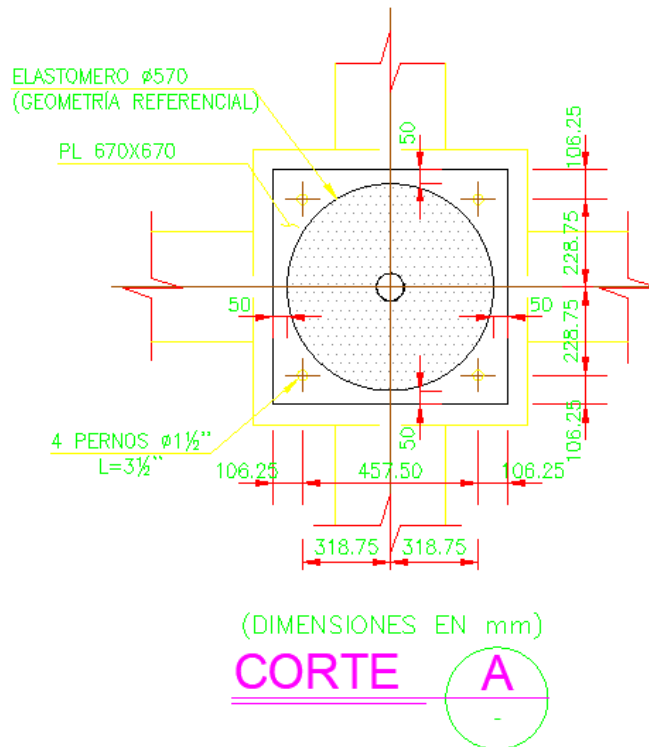


Figura 69.Corte A-Aislador Elastomérico LRB.

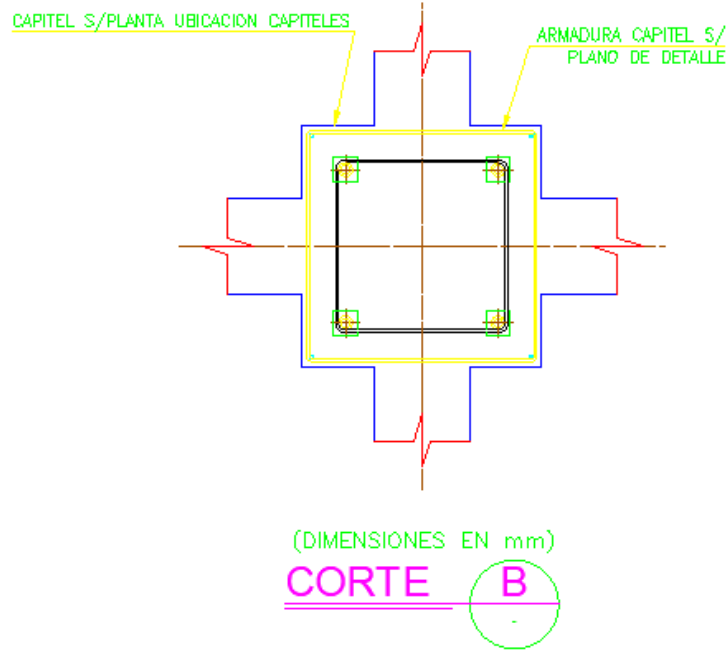


Figura 70.Corte B-Aislador Elastomérico LRB.

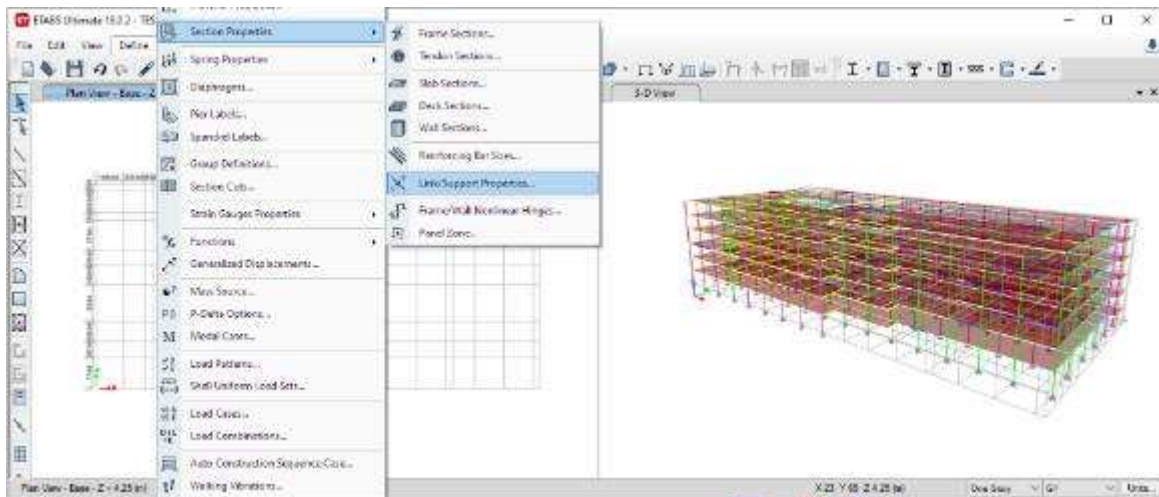


Figura 71.Opción para el ingreso del Aislador Elastomérico LRB.

ET Link Property Data

General

Link Property Name: ELASTOMÉRICO Link Type: Rubber Isolator

Link Property Notes: Modify/Show Notes... P-Delta Parameters: Modify/Show...

Total Mass and Weight

Mass: 0 tonf-s²/m Rotational Inertia 1: 0 tonf-m-s²

Weight: 0 tonf Rotational Inertia 2: 0 tonf-m-s²

Rotational Inertia 3: 0 tonf-m-s²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: 1 m

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: 1 m²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

Fix All Clear All

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases: Effective Stiffness from Zero, Else Nonlinear

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping: Initial Stiffness (K0)

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor: 1

OK Cancel

Figura 72. Propiedades del Aislador Elastomérico.

ET Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: ELASTOMÉRICO

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 173383.2278 tonf/m

Effective Damping: 209.154 tonf-s/m

OK Cancel

Figura 73. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U1.

ET Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: ELASTOMÉRICO

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 209.154 tonf/m

Effective Damping: 0.186 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 1335.5 tonf/m

Yield Strength: 5.64 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.1

OK Cancel

Figura 74. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U2.

ET Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: ELASTOMÉRICO

Direction: U3

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 209154 tonf/m

Effective Damping: 0.186 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 1335.5 tonf/m

Yield Strength: 5.64 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.1

OK Cancel

Figura 75. Propiedades del Aislador LRB-Dirección U3.

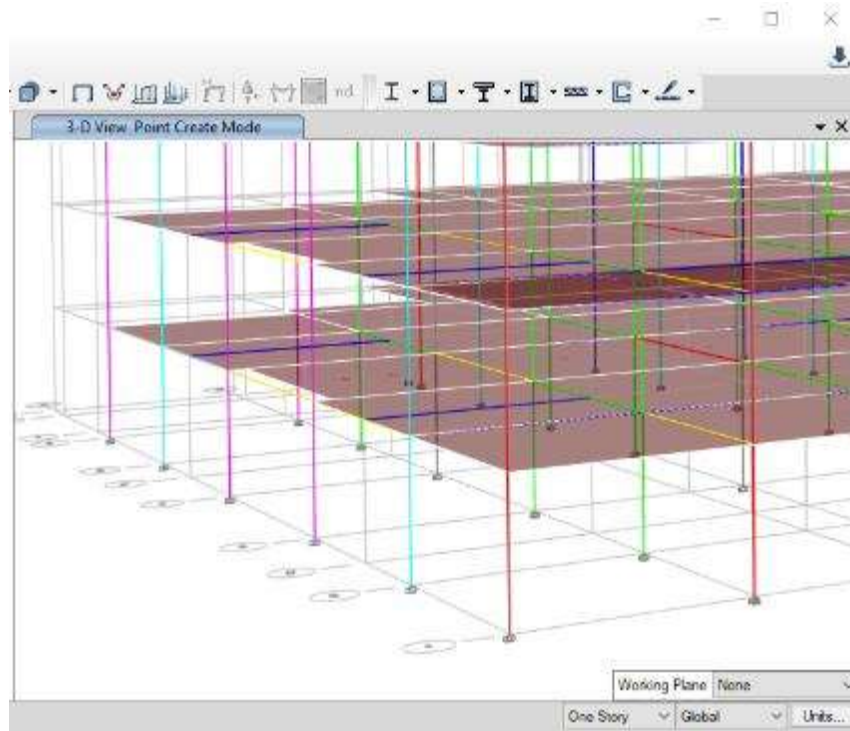


Figura 76. Colocación de Aislador LRB en la base.

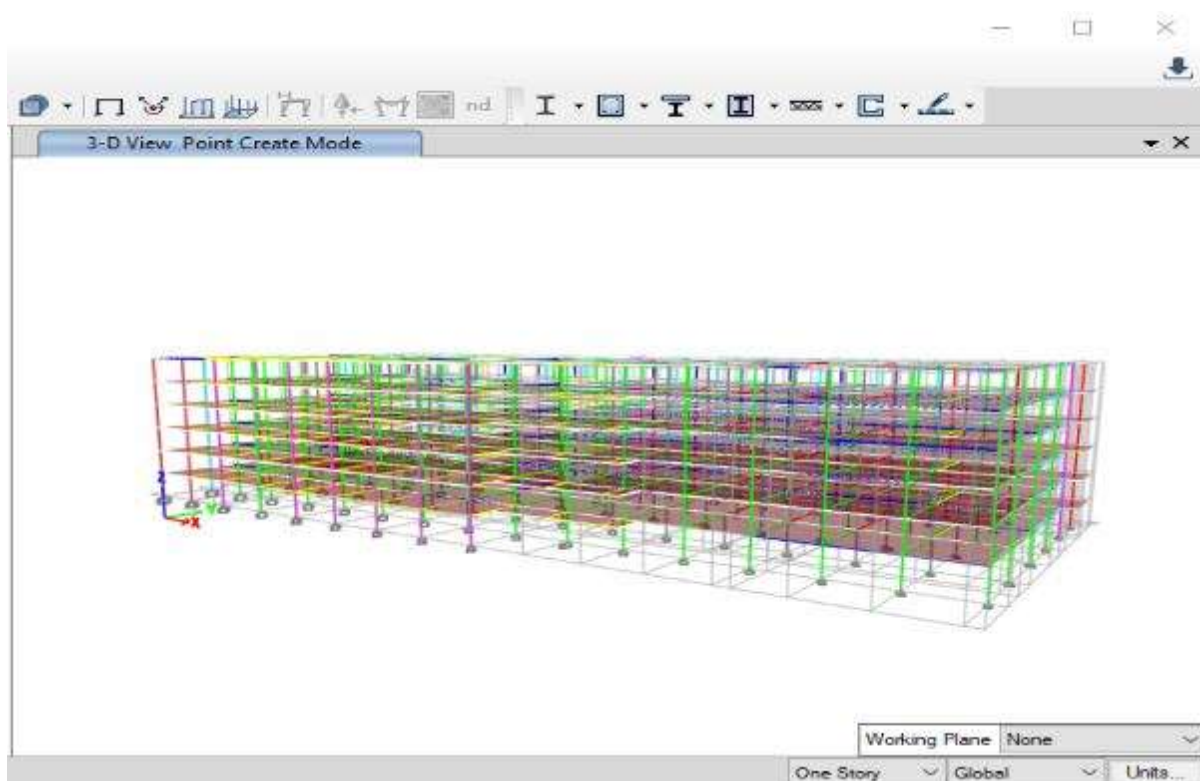


Figura 77. Colocación del Aislador LRB en la interfaz de Aislación.

Análisis y Diseño de la estructura con aisladores Evaluación tipo 02.

- **Disposición de Aisladores:**

Para el diseño del aislador triple péndulo, se tuvo en cuenta la Norma Técnica E-030 “Diseño Sismorresistente”, la Norma E-031 “Aislamiento Sísmico” y el Manual de SEOAC 2014 para el diseño del aislador sísmico elastomérico.

Para el diseño de los aisladores en la evaluación tipo 01 se colocaron en la cimentación y en todas las columnas de la edificación, haciendo una cantidad de 107 aisladores.

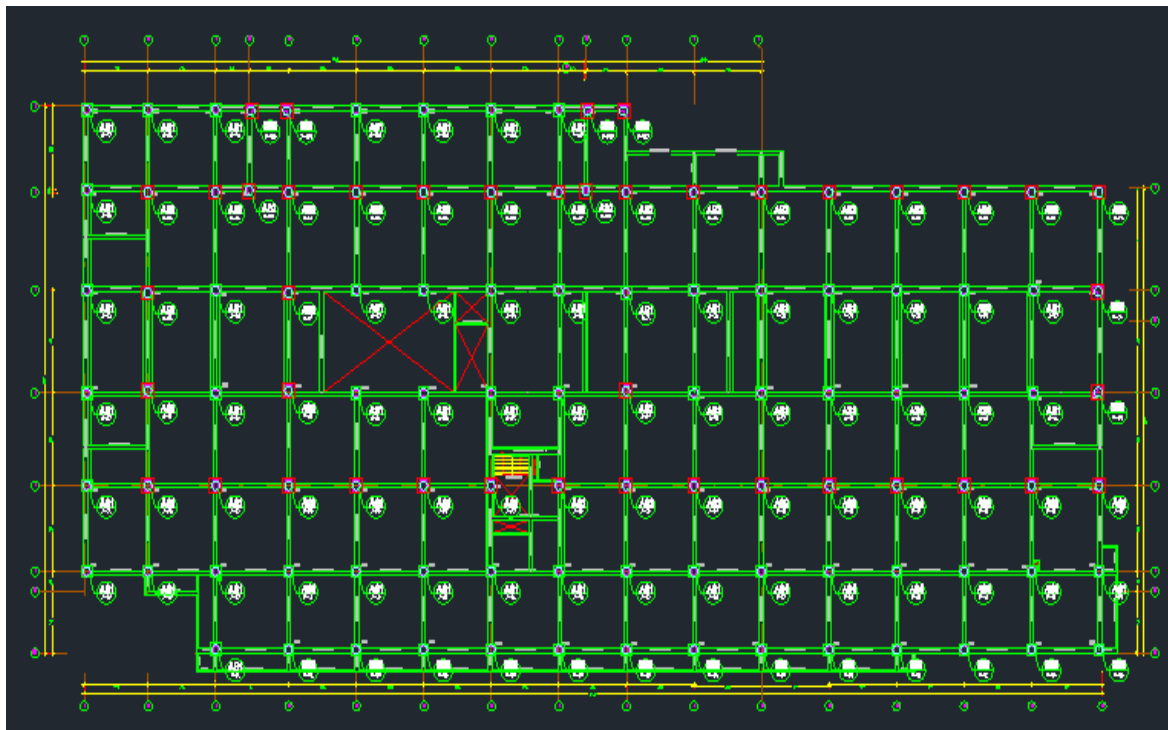


Figura 78. Disposición del Aislador Triple Péndulo.

- **Parámetros de Diseño:**

Factor de Zona:

La zonificación del territorio nacional se encuentra dividido en 4 zonas. Según la Norma Técnica Peruana E.030 "Diseño Sismorresistente" afirma que este factor se interpreta como la aceleración máxima en el suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años, se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 28.

Parámetros de Diseño para el FPS-Factor de Zona.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: Norma E-030, (2018).

Para nuestro caso, el factor de zona es 0.45

$$Z=0.45$$

Parámetros de Sitio:

Tabla 29.

Parámetros de Diseño para el FPS-Factor de suelo.

FACTORES DE SUELO "S"				
ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1.00	1.05	1.1
Z3	0.8	1.00	1.15	1.2
Z2	0.8	1.00	1.2	1.4
Z1	0.8	1.00	1.6	2

Fuente: Norma E-030, (2018).

Para nuestra edificación se toma lo siguiente:

Tipo de Suelo: S1

Factor de Suelo: 1.00

Tabla 30.
Parámetros de Diseño para el FPS-Periodos T_p - T_l .

	PERIODOS " T_p " " T_l "			
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_p(S)	0.30	0.40	0.60	1.00
T_l(S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E-030, (2018).

Periodos Predominantes de Vibración $T_p=0.4s$ y $T_l=2.5s$.

Factor de Amplificación Sísmica (C):

$T < T_p$	$C=2.5$
$T_p < T < T_l$	$C=2.5 (T_p/T)$
$T > T_l$	$C=2.5 \left(\frac{T_p * T_l}{T^2}\right)$

Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U):

Para Establecimientos de Salud del Sector Salud el factor U que tendrán aislamiento sísmico en la base y se encuentren en la zona sísmica 4 el factor es 1.00.

$$U=1.00$$

Sistemas Estructurales y Coeficientes Básico de Reducción (R_0):

Para edificaciones aisladas se toma el valor de $R=3/8R_0$; sin embargo, no debe ser mayor de 2.00, entonces para nuestra edificación es $R_0=6.00$.

Por ende: $R=3/8R_0$

$$R = \frac{3}{8*6} \quad R=0.0625$$

Tomaremos: $R=1.00$

Tabla 31.

Espectro de Diseño con Aislamiento.

T	S_a
0.10	0.5625
0.20	0.5625
0.30	0.5625
0.40	0.5625
0.50	0.45
0.60	0.375075
0.70	0.3213
0.80	0.28125
0.90	0.249975
1.00	0.225
2.00	0.1125
3.00	0.074925
4.00	0.05625
5.00	0.045
6.00	0.0375075
7.00	0.03213
8.00	0.028125

Fuente: Elaboración propia, (2020).

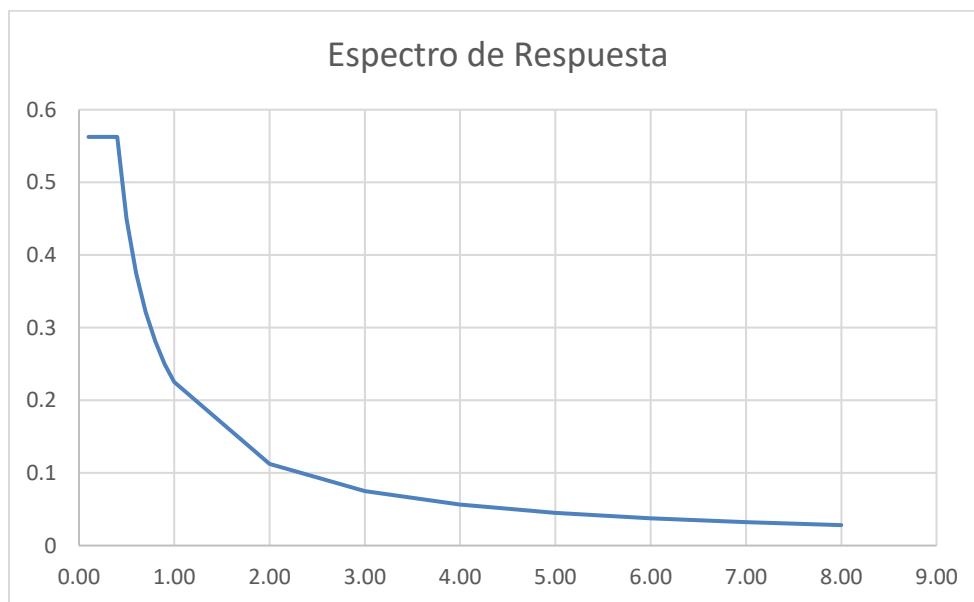


Figura 79. Espectro de Diseño con Aislamiento.

Según la Norma Técnica E-020 se determinaron las cargas para la edificación de hospitales.

Metrado de Cargas para Hospitales:

Tabla 32.

Parámetros de Diseño para el FPS-Carga Viva.

	Carga Viva (kg/m²)
Corredor y Escaleras	400
Cuartos	200
Salas de operación, laboratorios	300
Almacenes	500
Baños	300

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 33.

Parámetros de Diseño para el FPS-Carga Muerta.

	Carga Muerta (kg/m²)
Tabiquería e=15cm	285
Dispositivos de servicios y equipos	400
Piso terminado	100
Losa	300

Fuente: Elaboración propia, (2020).

- **Diseño del Aislador:**

Para el diseño del aislador triple péndulo se requiere de los siguientes datos iniciales:

DR: Diámetro del deslizador rígido. Según Constantinou,2011 el diámetro no puede ser menor a 8in.

$$D_R \geq \sqrt{\frac{4A_R}{\pi}} \text{ cm}$$

Y el A_R : Área del deslizador rígido.

$$A_R \geq \frac{P}{\sigma_{max}} \text{ cm}^2$$

Donde P es la carga promedio de la estructura.

$$P_{promedio} = \frac{1.7CV + 1.4CM}{\# \text{ de aisladores}}$$

$$P_{promedio} = 219.675t$$

Entonces el área del deslizador rígido es

$$A_R \geq \frac{P}{\sigma_{max}} cm^2$$

$$A_R \geq \frac{219.675}{13839.321} m^2 = 0.01587 m^2$$

Reemplazando datos:

$$D_R \geq \sqrt{\frac{4(0.01587)}{\pi}} m$$

$$D_R \geq 0.1421m = 5.60in$$

$$D_R = 8in \text{ (asumido)}$$

Aplicando el criterio de estabilidad, corroboramos lo siguiente:

$$\frac{h_2 + h_3}{D_R} \leq 1.0$$

$$\frac{h_2 + h_3}{8} \leq 1.0$$

$$h_2 \leq 4.0$$

$$h_3 \leq 4.0$$

Según los antecedentes para las placas 2 y 3 debe ser al menos 1in, entonces:

$$h_1 + h_4 \geq h_2 + h_3 + 2in$$

$$h_1 + h_4 \geq 4 + 4 + 2in$$

$$h_1 \geq 5$$

$$h_4 \geq 5$$

Radios de Curvatura:

Para los radios de curvatura de las superficies externas, se obtienen de la tabla Radio de Curvatura, por lo cual se asumen 88in y 156in; así mismo, procedemos a calcular los radios efectivos (radios de curvatura internos) R_{ef1}, R_{ef4} .

$$R_{efi} = R_i - h_i$$

$$R_{ef1,4} = 88 - 5 = 83in$$

$$R_{ef1,4} = 156 - 5 = 151in$$

Para los radios de curvatura internas ($R_{ef1,2}, R_{ef3}$) se usan los del Manual SEAOC (2014), de los cuales son:

$$R_{ef2} = R_{ef3} = 5.5$$

$$R_2 = R_3 = 9.5$$

$$R_{ef2} = R_{ef3} = 12$$

$$R_2 = R_3 = 16$$

$$R_{ef2} = R_{ef3} = 23$$

$$R_2 = R_3 = 27$$

$$R_{ef2} = R_{ef3} = 33$$

$$R_2 = R_3 = 37$$

Coefficientes de fricción:

Los coeficientes de fricción de superficies externas e internas ($\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$).

En este caso se usará coeficientes de fricción externos $\mu_1 < \mu_4$ 8% y 10% respectivamente.

Para las coeficientes de fricción internos $\mu_2, = \mu_3$ se establece el valor de 2% debido a que existe poca influencia en los desplazamientos y cortantes basal.

Carga sobre el aislador: Debido a que el comportamiento del aislador triple péndulo no depende del peso soportado, se asume que el peso es $W=0.453t$.

Capacidades de desplazamiento: $d_2 = d_3 / d_1 = d_4$

Ya que aún no está diseñado el aislador FPT, se debe optar o asumir valores que sean relativamente grandes, para que así este puede oscilar libremente en los rangos de operación.

$$d_2 = d_3 = 1.5in$$

$$d_1 = d_4 = 10in$$

Dados estos datos asumidos, se usa la siguiente ecuación:

$$D_S = D_R + 2t_{r2} + d_2 + d_3$$

Se asume para el espesor del anillo retenedor de la placa 2, $t_{r2} = 0.5in$.

$$D_S = 8 + 2(0.5) + 1.5 + 1.5 = 12in$$

Diámetro de las placas externas 1 y 4 (D_c)

$$D_c = D_s + d_1 + d_4$$

$$D_c = 12 + 10 + 10 = 32in$$

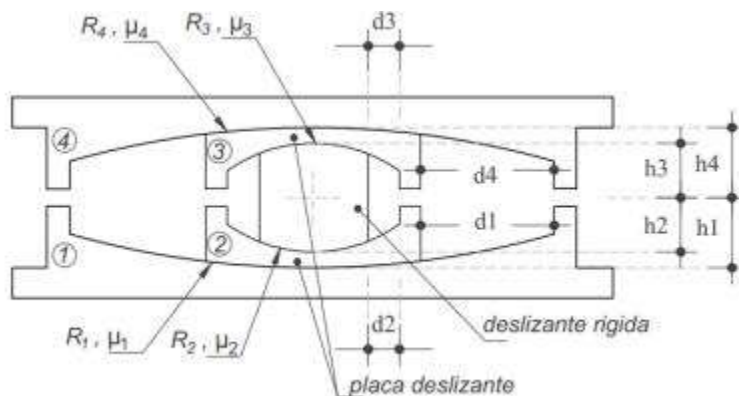


Figura 80. Parámetros del Aislador Triple Péndulo.

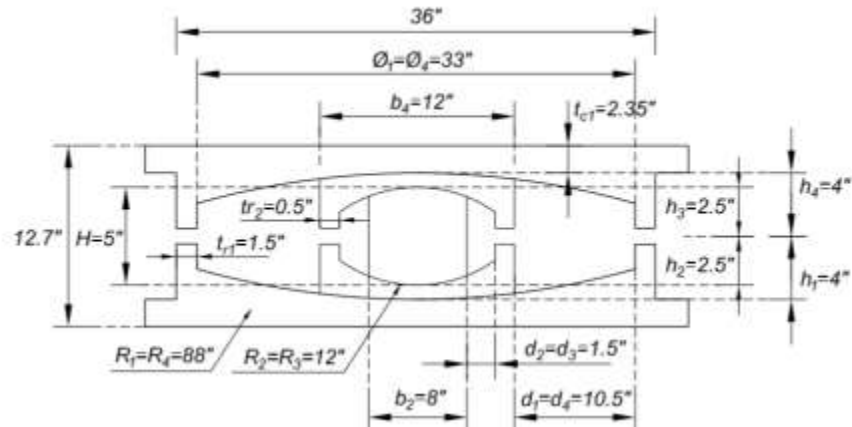


Figura 81. Geometría del Aislador FPT.

Cálculo de las propiedades para modelar en el ETABS el FPT8833/12-12/8-5

-Peso del aislador: $W = 0.8164t$.

-Masa del aislador: $m = \frac{0.8164}{9.81} = 0.008322t \frac{seg^2}{m} \times \frac{1m}{39.37} = 0.00213tn. \frac{seg^2}{in}$

-Inercia rotacional en las direcciones horizontales (X e Y)

$$I_x = I_y = \frac{mr^2}{4}$$

$$I_x = I_y = \frac{0.00213 * 16.5^2}{4} = 0.13632tn. in. seg$$

-Inercia rotacional eje vertical:

$$I_z = \frac{mr^2}{2}$$

$$I_y = \frac{0.00213 * 16.5^2}{2} = 0.28994tn. in. seg$$

Rigidez vertical (K_v)

Se asume que el aislador es un cilindro con el diámetro D_R y la altura es del aislador

FPT8833/12-12/8-5 12.7", entonces se redondea a 13".

$$K_v = \frac{EA_R}{h_T}$$

Área de un cilindro:

$$A_R = \pi * \left(\frac{D_R}{2}\right)^2 = \pi * (4^2) = 50.27in^2$$

E: Es el módulo de elasticidad del acero ($E=29000\frac{kip}{in}$), pero para considerar que el aislador

tenga una mayor deformabilidad, se toma $E/2= 14500\frac{kip}{in}$.

Reemplazamos datos:

$$K_v = \frac{14500 * 50.27}{13} = 56070\frac{kip}{in} = 1001295.411\frac{tn}{m}$$

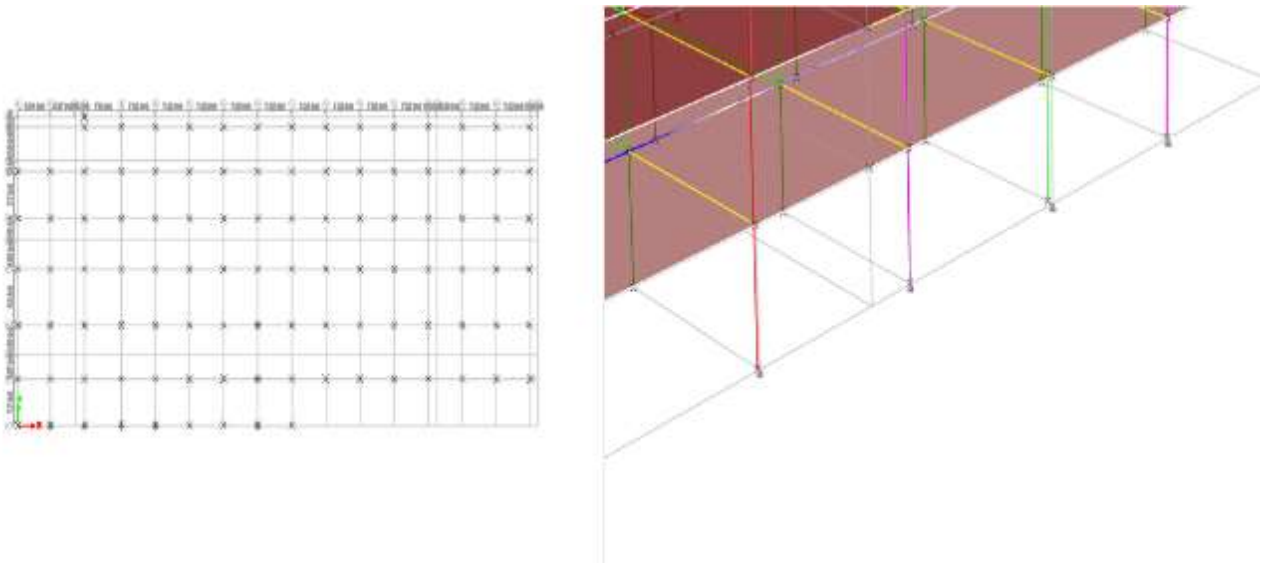


Figura 82. Ubicación del Aislador FPS en la estructura.

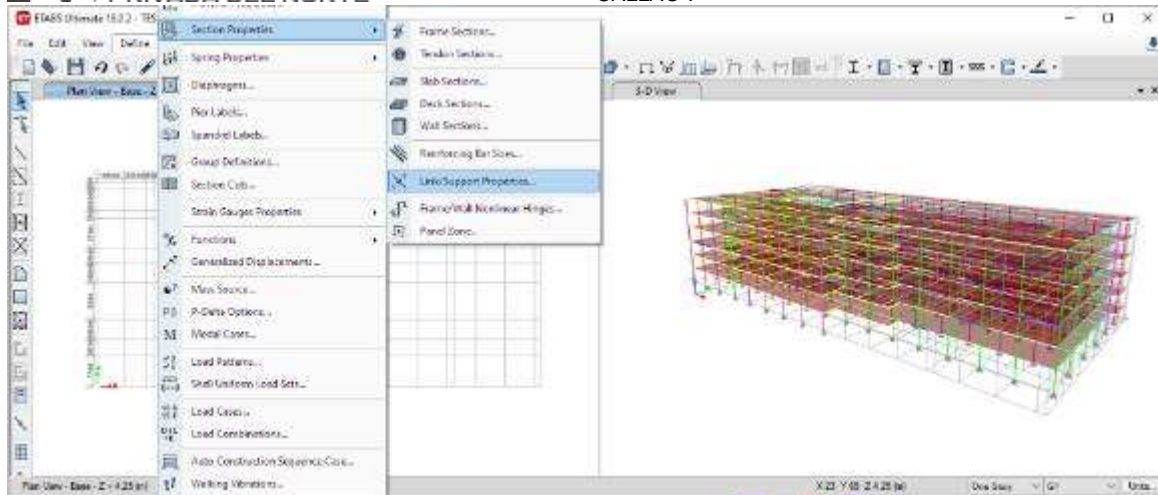


Figura 83. Opción para el Ingreso de propiedades del Aislador FPS.

ET Link Property Data ×

General

Link Property Name: Link Type: v

Link Property Notes: P-Delta Parameters:

Total Mass and Weight

Mass: tonf-s²/m Rotational Inertia 1: tonf-m-s²

Weight: tonf Rotational Inertia 2: tonf-m-s²

Rotational Inertia 3: tonf-m-s²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: m

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: m²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U1..."/>	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R1..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U2..."/>	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R2..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U3..."/>	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R3..."/>

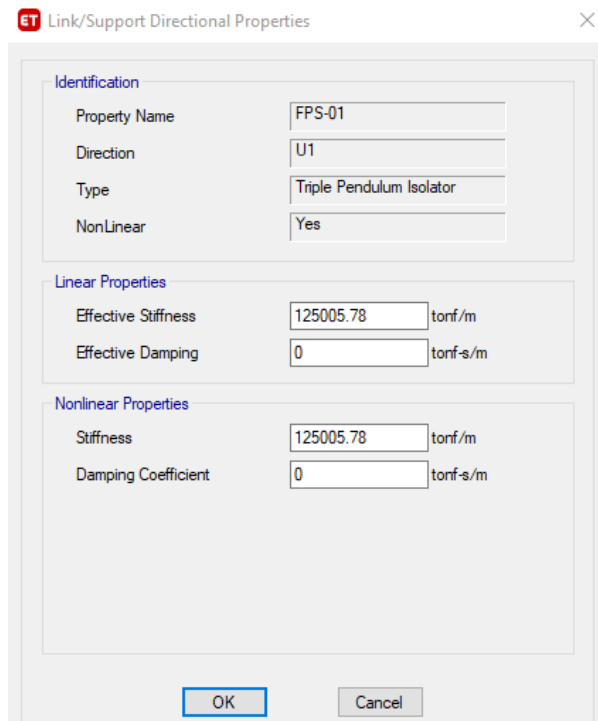
Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases: v

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping: v

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor:

Figura 84. Propiedades del Aislador FPS.



ET Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS-01
 Direction: U1
 Type: Triple Pendulum Isolator
 NonLinear: Yes

Linear Properties

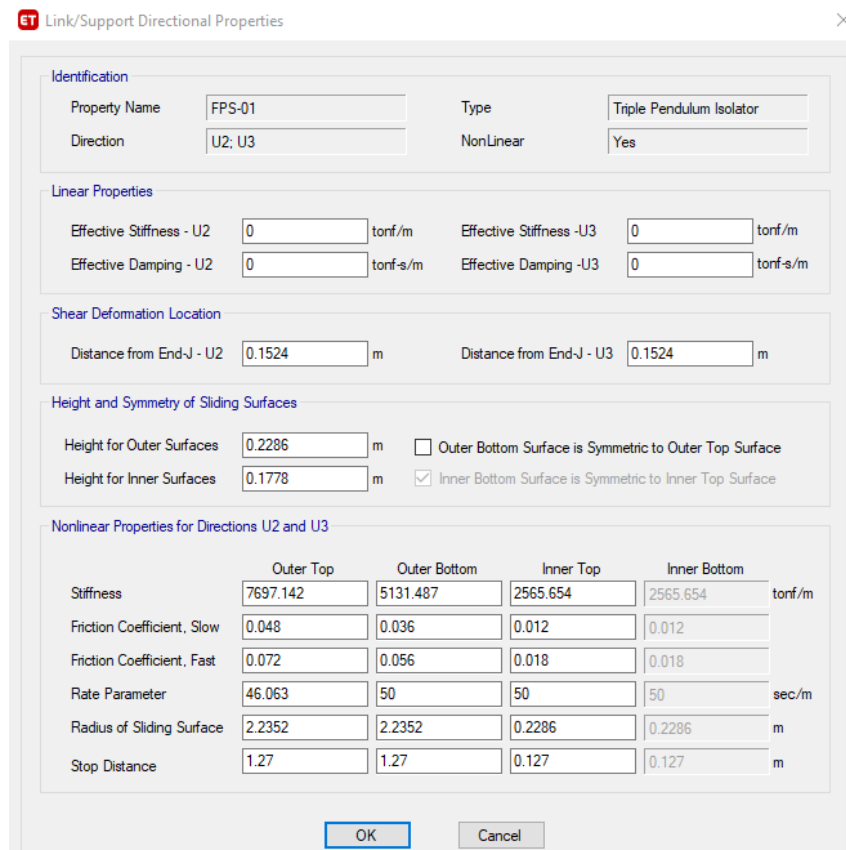
Effective Stiffness: 125005.78 tonf/m
 Effective Damping: 0 tonf-s/m

Nonlinear Properties

Stiffness: 125005.78 tonf/m
 Damping Coefficient: 0 tonf-s/m

OK Cancel

Figura 85. Propiedades del Aislador FPS-Dirección U1.



ET Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: FPS-01
 Direction: U2; U3
 Type: Triple Pendulum Isolator
 NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness - U2: 0 tonf/m
 Effective Stiffness - U3: 0 tonf/m
 Effective Damping - U2: 0 tonf-s/m
 Effective Damping - U3: 0 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J - U2: 0.1524 m
 Distance from End-J - U3: 0.1524 m

Height and Symmetry of Sliding Surfaces

Height for Outer Surfaces: 0.2286 m
 Height for Inner Surfaces: 0.1778 m
 Outer Bottom Surface is Symmetric to Outer Top Surface
 Inner Bottom Surface is Symmetric to Inner Top Surface

Nonlinear Properties for Directions U2 and U3

	Outer Top	Outer Bottom	Inner Top	Inner Bottom	
Stiffness	7697.142	5131.487	2565.654	2565.654	tonf/m
Friction Coefficient, Slow	0.048	0.036	0.012	0.012	
Friction Coefficient, Fast	0.072	0.056	0.018	0.018	
Rate Parameter	46.063	50	50	50	sec/m
Radius of Sliding Surface	2.2352	2.2352	0.2286	0.2286	m
Stop Distance	1.27	1.27	0.127	0.127	m

OK Cancel

Figura 86. Propiedades del Aislador FPS-Dirección U2-U3.

2.5.Aspectos Éticos:

En la presente investigación los datos recolectados se ajustan a la verdad; ya que, se han utilizado las normas pertinentes para su realización de las cuales son la Norma E.020, E.030, E.031, E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones junto con el Manual de Diseño Sísmico SEOAC (2014). Además, también se hizo uso de la herramienta del Software ETABS con licencia (Ver Anexo N°11) por lo que se respetó la propiedad intelectual de los creadores. Asimismo, el presente trabajo tiene un impacto beneficioso para la sociedad y comunidad de investigación en el ámbito de Ingeniería.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados de la variable dependiente.

3.1.1. Resultados de la Subestructura

• Fuerzas en los Aisladores

Tabla 34.

Fuerzas en los Aisladores.

	FUERZAS EN LOS AISLADORES	
	X	Y
	3258.492	3258.492
Aislador FPS	2411.28408	2411.28408
Aislador LRB	2769.7182	2769.7182
Δ	358.43412	358.43412
% Δ	13%	13%

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 35.

Fuerza en el Aislador Elastomérico.

	FUERZAS EN LOS AISLADORES	
	X	Y
	3258.492	3258.492
Aislador Triple Péndulo	2411.28408	2411.28408
Δ	847.20792	847.20792
% Δ	74%	74%

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 36.

Fuerza en el Aislador Triple Péndulo.

	FUERZAS EN LOS AISLADORES	
	X	Y
	3258.492	3258.492
Aislador LRB	2769.7182	2769.7182
Δ	488.7738	488.7738
% Δ	85%	85%

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Según las tablas mostradas, se presentará gráficamente los datos presentados.

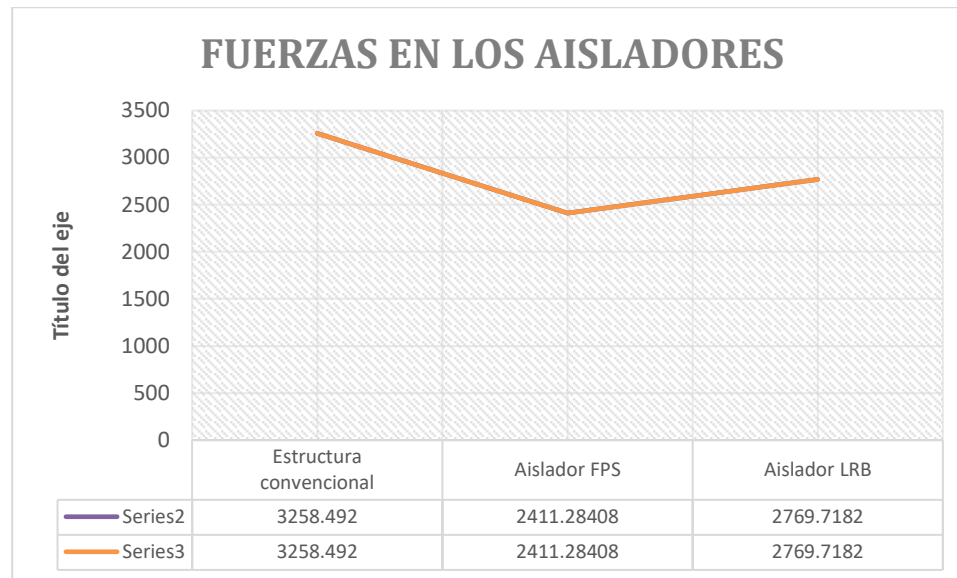


Figura 87. Comparación de fuerzas en los Aisladores.

Al realizar la comparación del sistema de Aislación LBR versus el Sistema de Aislación FPS; podemos observar que el FPS absorbe menos porcentaje de la fuerza sísmica que el LRB, con una diferencia de 358.434Ton y un porcentaje de 13% de variación.

El sistema de Aislación con Aislador Triple Péndulo, absorbe un porcentaje de 74% de la fuerza sísmica en el eje X y en el eje Y, es decir la fuerza del aislador para este prototipo es de 2411.28408Ton, mientras que, para el LRB, absorbe el 85% de la fuerza producida por el sismo, dando como referencia de 2769.7182Ton de fuerza en el aislador.

Los proveedores comerciales de estos prototipos, aseguran que el aislador puede absorber hasta el 90% de la fuerza sísmica y el 10% restante es disipada por todos los elementos estructurales.

Según los resultados obtenidos e indicado en los párrafos anteriores se acepta la primera hipótesis específica, debido a que la respuesta sísmica en relación a las fuerzas en los aisladores mejora con la evaluación del aislador triple péndulo, siendo este el mejor sistema, absorbiendo el

74% de la cortante basal en el eje X y eje Y, trayendo como consecuencia un mejor comportamiento estructural y menos daños estructurales.

- **Desplazamientos del Sistema de Aislación**

Tabla 37.

Desplazamientos del Sistema de Aislación.

DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN		
TIPO DE AISLACIÓN	SISMO X	SISMO Y
AISLADOR LBR	31.2	31.09
AISLADOR FPS 8833	29.50	28.30
Δ	1.7	2.79
% Δ	5%	9%

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Un sistema estructural está sujeto a fuerzas laterales, más conocido como el desplazamiento lateral de entrepiso y para evitar daños en sus elementos estructurales y no estructurales, no deben presentar desplazamientos considerablemente elevados.

Los valores mostrados representan los desplazamientos en los dos tipos de evaluación de aislador, en el caso del Aislador Triple Péndulo (FPS 8833), en la interfaz de aislación presenta menor deformación con un desplazamiento 29.50 en el Sismo X (dirección X) y 28.30cm en Sismo Y (dirección Y).

En la evaluación del Aislador con Núcleo de Plomo LBR, presenta una mayor deformación con 31.2cm de desplazamiento en el Sismo X (dirección X) y 31.09cm en el Sismo Y (dirección Y).

Realizando la comparación, se observa que el sistema de Aislación LBR se desplaza 1.70cm más que el sistema de Aislación FPS en la dirección X y 2.79cm en la dirección Y, que equivalen al 5 y al 9% respectivamente.

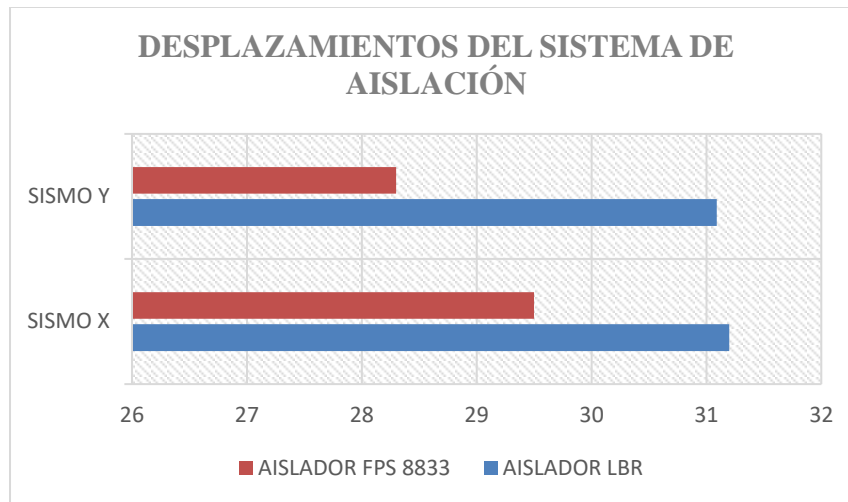


Figura 88.Desplazamientos del Sistema de Aislación.

Al comparar los datos de la tabla 37 y reflejados en la figura 88, podemos observar que los valores de los sistemas de aislación del Triple péndulo presentan mejores resultados tanto en X, Y; esto se debe a su mayor amortiguamiento.

Según los resultados obtenidos e indicado en los párrafos anteriores se acepta la segunda hipótesis específica, debido a que la respuesta sísmica en relación a los desplazamientos en los aisladores mejora con la evaluación del aislador triple péndulo, siendo este el mejor sistema, presentando una deformación en la interfaz de aislación de 29.50 en el Sismo X y 28.30 en el Sismo Y, trayendo como consecuencia una mejor reducción de los desplazamientos en la superestructura.

Hasta este punto se ha realizado la comparación de las fuerzas y desplazamientos de los aisladores en la subestructura, dando la aceptación de las dos Hipótesis Específicas de los indicadores de la primera dimensión.

3.1.2. Resultados de la Superestructura

• Cortante Basal.

Tabla 38.

Fuerzas en las bases de la estructura convencional y con evaluación tipo 01.

	CORTANTE BASAL	
	X	Y
Estructura convencional	3258.492	3258.492
Aislador Triple Péndulo	2411.28408	2411.28408
Δ	847.20792	847.20792
$\% \Delta$	26%	26%

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Tabla 39.

Fuerzas en la estructura convencional y con evaluación tipo 02.

	CORTANTE BASAL	
	X	Y
Estructura convencional	3258.492	3258.492
Aislador LRB	2769.7182	2769.7182
Δ	488.7738	488.7738
$\% \Delta$	15%	15%

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Tabla 40.

Comparación de las Cortante Basal.

	Cortante Basal	
	Drift X	Drift Y
Estructura convencional	3258.492	3258.492
Estructura con Aislador FPS	2411.28408	2411.28408
Estructura con Aislador LRB	2769.7182	2769.7182

Fuente: Elaboración propia, (2020)

La cortante basal nos permite valorar los esfuerzos de los elementos estructurales, las plastificaciones de dichos elementos y por lo tanto el nivel de daño que pueden sufrir.

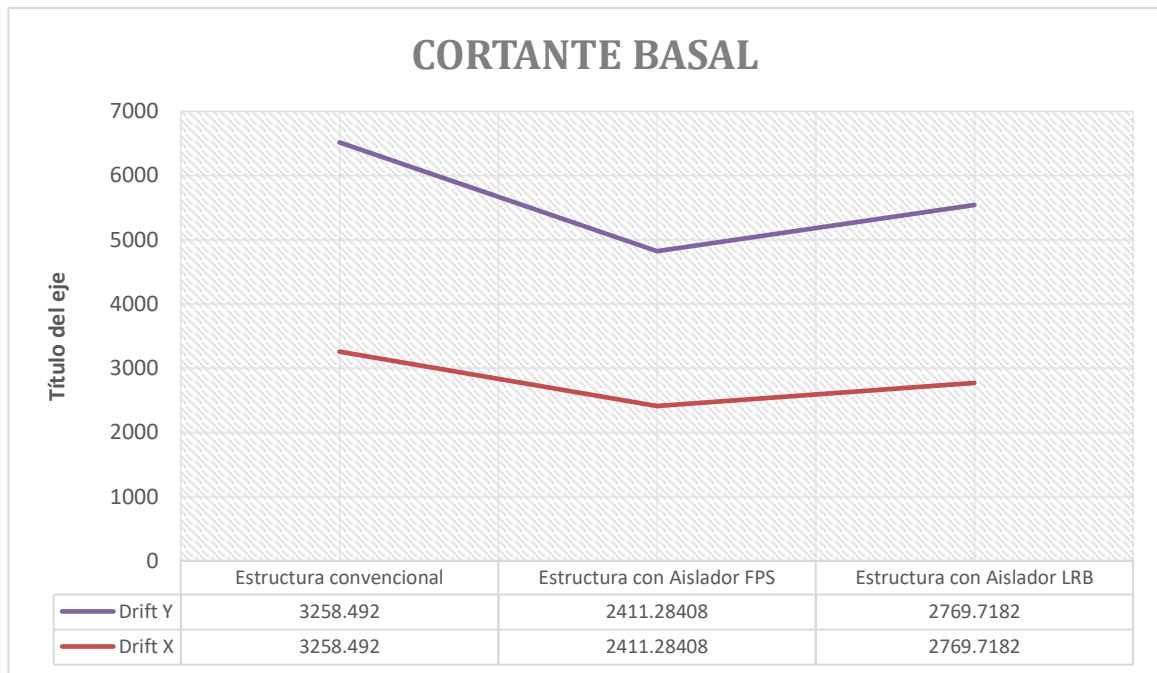


Figura 89.Cortante Basal.

Según lo presentado en la figura, la estructura con evaluación Triple Péndulo, presenta menor cortante basal tanto en la dirección X como en Y; con valores de 2411.28408Ton en el eje X y 2411.28408Ton en el eje Y. La estructura con Aislador LRB, presenta valores de 2769.7182Ton y 2769.7182Ton en el eje X y, Y respectivamente.

El sistema menos conveniente es el sistema convencional; ya que, su valor de la cortante basal es mayor, con unos valores de 3258.492Ton en el eje X, Y.

El sistema convencional versus el Sistema FPS existe una reducción de 26% y entre el sistema convencional versus el LRB se da una reducción de 15%.

Según los resultados obtenidos e indicado en los párrafos anteriores se acepta la tercera hipótesis específica, debido a que la respuesta sísmica en relación a la cortante basal mejora con la evaluación del aislador triple péndulo, siendo este el mejor sistema, presentando una reducción

del 26% de la cortante basal de la estructura convencional, trayendo como consecuencia un mejor comportamiento de la estructura, del cual contribuirá en salvaguardar las vidas humanas que se encuentren dentro del Hospital durante la acción sísmica

Distorsión de entrepisos sin Aislamiento.

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección X es 0.007498.

Tabla 41.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X.

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SISMOXX	Drift X	0.007498
Nivel 05	SISMOXX	Drift X	0.006476
Nivel 04	SISMOXX	Drift X	0.005605
Nivel 03	SISMOXX	Drift X	0.005072
Nivel 02	SISMOXX	Drift X	0.004168
Nivel 01	SISMOXX	Drift X	0.003560

Fuente: Elaboración propia, (2020)

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección Y es 0.008852.

Tabla 42.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y.

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOXX	Drift Y	0.008852
Nivel 05	SISMOXX	Drift Y	0.007937
Nivel 04	SISMOXX	Drift Y	0.007252
Nivel 03	SISMOXX	Drift Y	0.006941
Nivel 02	SISMOXX	Drift Y	0.006289
Nivel 01	SISMOXX	Drift Y	0.005331

Fuente: Elaboración propia, (2020)

- **Distorsión de entrepisos con evaluación tipo 01.**

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección X es 0.006456.

Tabla 43.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X-LBR

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SISMOXX	Drift X	0.006456
Nivel 05	SISMOXX	Drift X	0.005417
Nivel 04	SISMOXX	Drift X	0.004429
Nivel 03	SISMOXX	Drift X	0.003562
Nivel 02	SISMOXX	Drift X	0.003087
Nivel 01	SISMOXX	Drift X	0.002980

Fuente: Elaboración propia, (2020)

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección Y es 0.006993.

Tabla 44.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y-LBR

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOXX	Drift Y	0.006993
Nivel 05	SISMOXX	Drift Y	0.006748
Nivel 04	SISMOXX	Drift Y	0.006537
Nivel 03	SISMOXX	Drift Y	0.006183
Nivel 02	SISMOXX	Drift Y	0.005617
Nivel 01	SISMOXX	Drift Y	0.004125

Fuente: Elaboración propia, (2020)

- **Distorsión de entrepisos con evaluación tipo 02.**

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección X es 0.006078.

Tabla 45.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección X-FPS.

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SISMOXX	Drift X	0.006078
Nivel 05	SISMOXX	Drift X	0.005329
Nivel 04	SISMOXX	Drift X	0.004412
Nivel 03	SISMOXX	Drift X	0.003098
Nivel 02	SISMOXX	Drift X	0.002827
Nivel 01	SISMOXX	Drift X	0.002301

Fuente: Elaboración propia, (2020)

La distorsión de entrepisos máxima en la dirección Y es 0.006772.

Tabla 46.

Distorsión de entrepisos de todos los pisos en dirección Y-FPS

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOXX	Drift Y	0.006772
Nivel 05	SISMOXX	Drift Y	0.006359
Nivel 04	SISMOXX	Drift Y	0.005523
Nivel 03	SISMOXX	Drift Y	0.005074
Nivel 02	SISMOXX	Drift Y	0.004601
Nivel 01	SISMOXX	Drift Y	0.003898

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Resumen de la Distorsión de entrepisos en la Superestructura.

Tabla 47.

Reducción de Distorsión de Entrepisos-LBR

	DISTORSIÓN DE ENTREPISOS	
	X	Y
Estructura convencional	0.007498	0.008852
Aislador Elastomérico LRB	0.006456	0.006993
Δ	0.001042	0.001859
$\% \Delta$	14%	21%

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Tabla 48.

Reducción de Distorsión de Entrepisos-FPS

	DISTORSIÓN DE ENTREPISOS	
	X	Y
Estructura convencional	0.007498	0.008852
Aislador Triple Péndulo	0.006078	0.006772
Δ	0.00142	0.00208
$\% \Delta$	19%	23%

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Tabla 49.

Resumen de las distorsiones de entrepiso.

PISO	DERIVA RESPECTO AL SISMO EN X			DERIVA RESPECTO AL SISMO EN Y		
	CONVENCIONAL	LBR	FPS	CONVENCIONAL	LBR	FPS
NIVEL 01	0.003560	0.002980	0.002301	0.005331	0.004125	0.003898
NIVEL 02	0.004168	0.003087	0.002827	0.006289	0.005617	0.004601
NIVEL 03	0.005072	0.003562	0.003098	0.006941	0.006183	0.005074
NIVEL 04	0.005605	0.004429	0.004412	0.007252	0.006537	0.005523
NIVEL 05	0.006476	0.005417	0.005329	0.007937	0.006748	0.006359
NIVEL 06	0.007498	0.006456	0.006078	0.008852	0.006993	0.006772

Fuente: Elaboración propia, (2020)

Según los datos expuestos en la tabla, observamos que para la estructura convencional las distorsiones son notablemente altas, alcanzando como el más alto el de 0.007498 en el Sismo X y 0.008852 en el Sismo Y; a diferencia de la estructura con la evaluación de los tipos de aisladores, para el Sistema de Aislación LBR la distorsión en X es 0.006456 y en Y 0.006993, para el sistema de Aislación de Triple Péndulo, la distorsión en X es 0.006078 y en Y es 0.006772.

Podemos deducir, que, en la evaluación del sistema de Aislación de Triple Péndulo, presenta mejores resultados; es decir, a mayor amortiguamiento las distorsiones son menores.

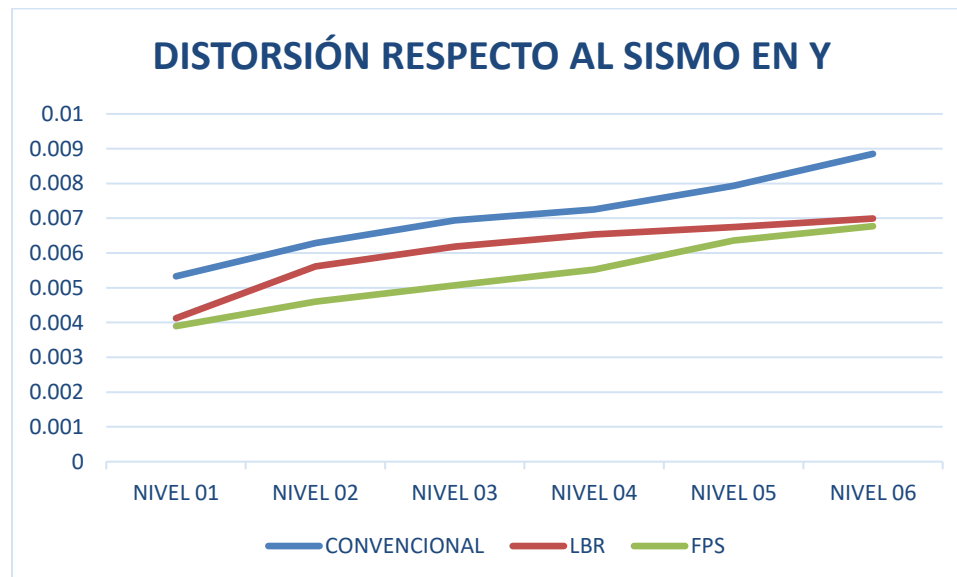


Figura 90. Distorsión Respecto al Sismo en Y.

En la figura mostrada se puede apreciar que el Sistema de Aislación Triple Péndulo, respecto al Sismo en X, presenta menos desplazamientos comparado al Sistema Convencional y al Sistema de Aislación LBR.

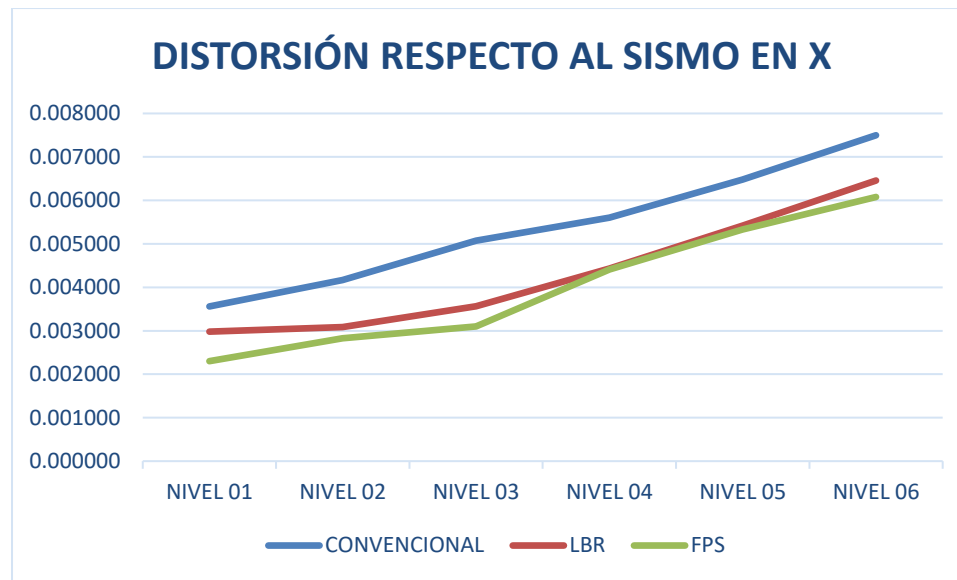


Figura 91. Distorsión Respecto al Sismo en Y.

En la figura mostrada se puede apreciar que el Sistema de Aislación Triple Péndulo, respecto al Sismo en Y, presenta menos desplazamientos comparado al Sistema Convencional y al Sistema de Aislación LBR.

Según los resultados obtenidos e indicado en los párrafos anteriores se acepta la cuarta hipótesis específica, debido a que la respuesta sísmica en relación a las distorsiones de entrepisos mejora con la evaluación del aislador triple péndulo, siendo este el mejor sistema, presentando una reducción de 19% en el sismo en X y 23% en el sismo en Y de las distorsiones de entrepisos de la estructura convencional, trayendo como consecuencia una mayor rigidez al edificio aislado.

- **Aceleración de entrepisos sin Aislamiento.**

Las aceleraciones absolutas por piso, permiten evaluar el nivel de daños que sufrirá el Hospital en relación a sus equipamientos en el interior respecto a la fuerza sísmica, además recordemos que la función vital del Hospital es estar disponible para las personas afectadas por el sismo.

Por lo tanto, a continuación, se mostrará los valores mayores de las aceleraciones de entrepisos respecto al sismo en X y sismo en Y de la estructura convencional.

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección X es 1.4035 m/sec²

Tabla 50.

Aceleración de entrepisos en dirección X-Sin Aislamiento.

Nivel	Combo	Item	UX
Nivel 06	SISMOXX	UX m/sec ²	1.4035
Nivel 05	SISMOXX	UX m/sec ²	1.064
Nivel 04	SISMOXX	UX m/sec ²	1.0685
Nivel 03	SISMOXX	UX m/sec ²	1.1311
Nivel 02	SISMOXX	UX m/sec ²	1.1191
Nivel 01	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9723

Fuente: Elaboración propia, (2020).

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección Y es 1.4059 m/sec².

Tabla 51.

Aceleración de entrepisos en dirección Y-Sin Aislamiento.

Nivel	Combo	Item	UY
Nivel 06	SISMOXX	UY m/sec ²	1.4059
Nivel 05	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9366
Nivel 04	SISMOXX	UY m/sec ²	1.0891
Nivel 03	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9915
Nivel 02	SISMOXX	UY m/sec ²	1.1551
Nivel 01	SISMOXX	UY m/sec ²	0.737

Fuente: Elaboración propia, (2020).

- **Aceleración de entrepisos con evaluación tipo 01.**

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección X es 1.1078 m/sec².

Tabla 52.

Aceleración de entrepisos en dirección X-LRB.

Nivel	Combo	Item	UX
Nivel 06	SISMOXX	UX m/sec ²	1.1078
Nivel 05	SISMOXX	UX m/sec ²	1.0896
Nivel 04	SISMOXX	UX m/sec ²	1.0082
Nivel 03	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9841
Nivel 02	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9592
Nivel 01	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9257

Fuente: Elaboración propia, (2020).

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección Y es 1.1079 m/sec².

Tabla 53.

Aceleración de entrepisos en dirección Y-LRB.

Nivel	Combo	Item	UY
Nivel 06	SISMOXX	UY m/sec ²	1.1079
Nivel 05	SISMOXX	UY m/sec ²	1.0864
Nivel 04	SISMOXX	UY m/sec ²	1.0022
Nivel 03	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9798
Nivel 02	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9588
Nivel 01	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9246

Fuente: Elaboración propia, (2020).

- **Aceleración de entrepisos con evaluación tipo 02.**

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección X es 0.9852 m/sec².

Tabla 54.

Aceleración de entrepisos en dirección X-FPS.

Nivel	Combo	Item	UX
Nivel 06	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9852
Nivel 05	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9764
Nivel 04	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9960
Nivel 03	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9801
Nivel 02	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9561
Nivel 01	SISMOXX	UX m/sec ²	0.9084

Fuente: Elaboración propia, (2020).

La aceleración de entrepisos máxima en la dirección Y es 0.9847 m/sec².

Tabla 55.

Aceleración de entrepisos en dirección Y-FPS.

Nivel	Combo	Item	UY
Nivel 06	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9847
Nivel 05	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9757
Nivel 04	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9924
Nivel 03	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9786
Nivel 02	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9542
Nivel 01	SISMOXX	UY m/sec ²	0.9023

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Resumen de la Aceleración de entrepisos en la Superestructura.

Tabla 56.

Reducción de Aceleración de Entrepisos-LRB.

	DISTORSIÓN DE ENTREPISOS	
	X	Y
Estructura convencional	1.4035	1.4059
Aislador Elastomérico LRB	1.1078	0.9852
Δ	0.2957	0.4207
%Δ	21%	30%

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 57.

Reducción de Aceleración de Entrepisos-FPS.

	ACELERACIÓN DE ENTREPISOS	
	X	Y
Estructura convencional	1.4035	1.4059
Aislador Triple Péndulo	0.9852	0.9847
Δ	0.4183	0.4212
%Δ	30%	30%

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Tabla 58.

Aceleración respecto al sismo en X, Y.

PISO	ACELERACIÓN RESPECTO AL SISMO EN X			ACELERACIÓN RESPECTO AL SISMO EN Y		
	CONVENCIONAL	LBR	FPS	CONVENCIONAL	LBR	FPS
NIVEL 01	0.9723	0.9257	0.9084	0.737	0.9246	0.9023
NIVEL 02	1.1191	0.9592	0.9561	1.1551	0.9588	0.9542
NIVEL 03	1.1311	0.9841	0.9801	0.9915	0.9798	0.9786
NIVEL 04	1.0685	1.0082	0.996	1.0891	1.022	0.9924
NIVEL 05	1.064	1.0896	0.9764	0.9366	1.0864	0.9757
NIVEL 06	1.4035	1.1078	0.9852	1.4059	1.1079	0.9847

Fuente: Elaboración propia, (2020).

Las aceleraciones absolutas para el sismo en Y son menores que para el sismo en X, aunque en general las aceleraciones son de magnitud pequeña sin presentar mayores diferencias entre cada sistema, lo que implica que no existen importantes efectos torsionales.

En la tabla mostrada, observamos que el sistema de Aislación Triple Péndulo presenta menor aceleración con 0.9084 m/sec² para el sismo en X al igual para el sismo en Y, a comparación del Sistema convencional con 0.9723 m/sec² y el Sistema de Aislación LBR con 0.9257 m/sec²-

Debido a que la estructura es un hospital, obtener valores bajos ayudarán a evitar el pánico entre los visitantes y trabajadores del edificio.

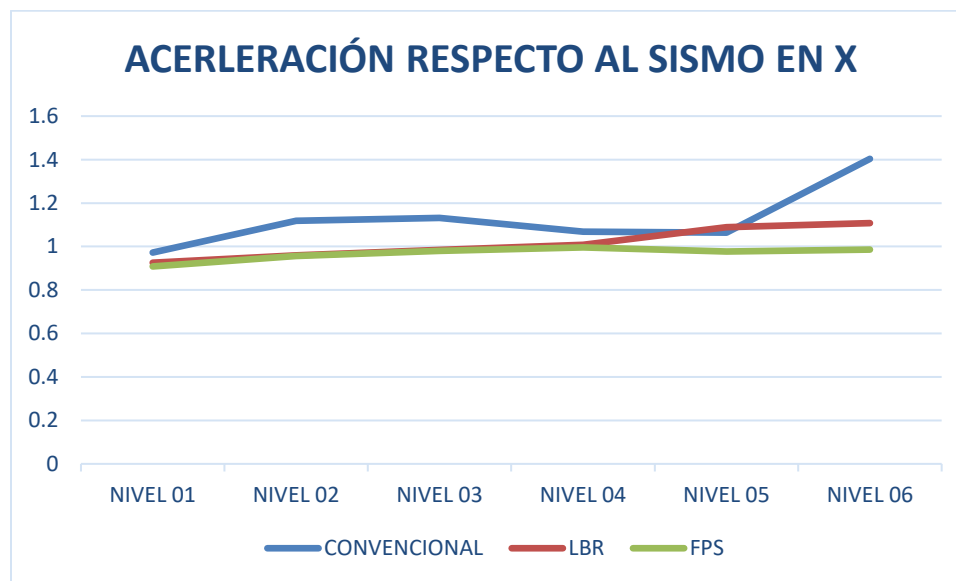


Figura 92. Aceleración respecto al Sismo en X.

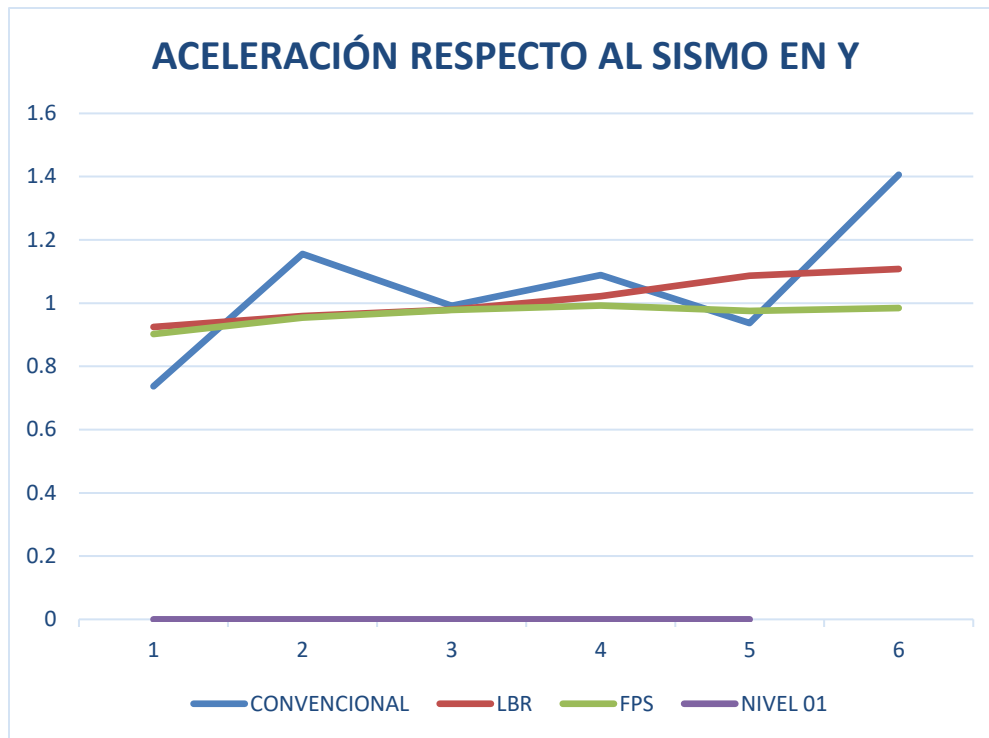


Figura 93. Aceleración respecto al Sismo en Y.

Según los resultados obtenidos e indicado en los párrafos anteriores se acepta la quinta hipótesis específica, debido a que la respuesta sísmica en relación a las aceleraciones de entresijos mejora con la evaluación del aislador triple péndulo, siendo este el mejor sistema, presentando una reducción de 30% en el sismo en X y 30% en el sismo en Y de las aceleraciones de entresijos de la estructura convencional, teniendo como consecuencia un mejor comportamiento, ya que el hecho de reducir de manera importante las aceleraciones absolutas se traduce en una reducción de los daños de la estructura misma y principalmente de los equipos y contenidos.

- **Análisis Tiempo-Historia.**

Para la presente tesis, se realizó el Análisis Tiempo-Historia se decidió trabajar con el Evento Sísmico Lima-1974.

Tabla 59.

Análisis Tiempo-Historia SISMOXX.

PISO	ITEM	LOAD COMBO	CONVENCIONAL	LBR	FPS
			DRIFT	DRIFT	DRIFT
NIVEL 01	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00482	0.00288	0.00205
NIVEL 02	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00476	0.00311	0.00208
NIVEL 03	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00407	0.00298	0.00211
NIVEL 04	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00429	0.00312	0.00201
NIVEL 05	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00476	0.00295	0.00198
NIVEL 06	MAX DRIFT X	LIMA 1966 XX MAX	0.00470	0.00314	0.00211

Fuente: Elaboración propia, (2020).

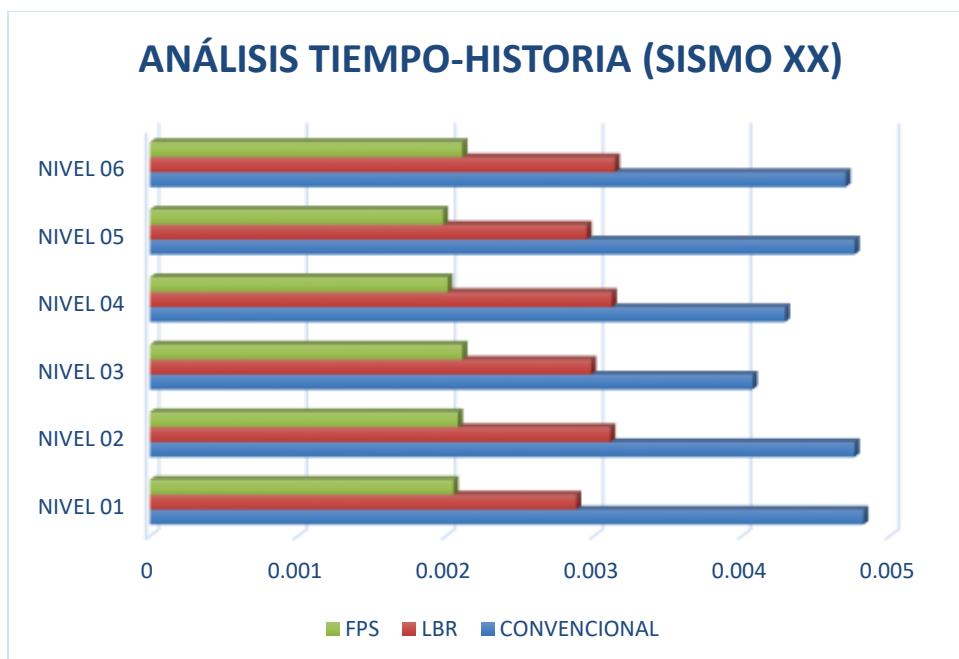


Figura 94. Análisis Tiempo-Historia Sismo XX.

En la tabla mostrada, observamos que para el Análisis Tiempo-Historia en el sistema convencional en el sismo X es de 4.82×10^{-3} , para el Aislador con Núcleo de Plomo es de 3.14×10^{-3} y para el Aislador Triple Péndulo es de 2.11×10^{-3} .

Tabla 60.

Análisis Tiempo-Historia SISMOYY.

PISO	ITEM	LOAD COMBO	CONVENCIONAL		LBR	FPS
			DRIFT		DRIFT	DRIFT
NIVEL 01	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.0054	7	0.00352	0.00295
NIVEL 02	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.00571		0.00383	0.00298
NIVEL 03	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.00509		0.00364	0.00284
NIVEL 04	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.00547		0.00324	0.00298
NIVEL 05	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.00558		0.00395	0.00314
NIVEL 06	MAX DRIFT Y	LIMA 1966 YY MAX	0.00569		0.00397	0.00334

Fuente: Elaboración propia, (2020).

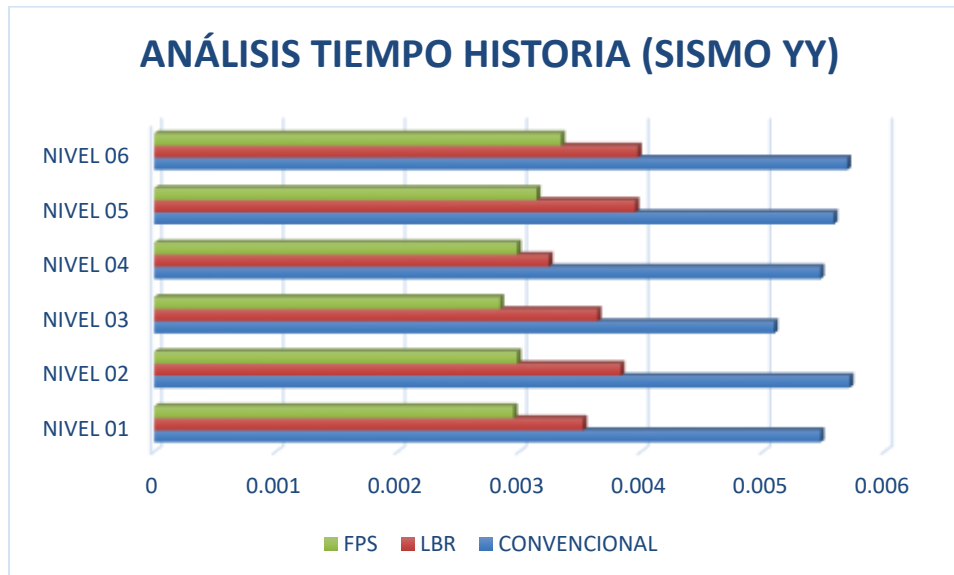


Figura 95. Análisis Tiempo Historia en Sismo Y.

Para el Análisis Tiempo-Historia en el sistema convencional en el sismo Y es de 5.69×10^{-3} , para el Aislador con Núcleo de Plomo es de 3.97×10^{-3} y para el Aislador Triple Péndulo es de 3.34×10^{-3} .

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- Para las fuerzas en los aisladores, se obtuvo una absorción de la fuerza sísmica de 74% para el sistema de Aislación FPS 8833 y 85% para el LRB, este valor es similar al obtenido por Soriano (2014), con el uso del Aislador HDR más LRB donde obtuvo una absorción del 79% y Díaz y Araya (2019) respecto al Aislador FPS, obtuvo una absorción del 70%.
- El resultado para el desplazamiento del sistema de aislación de Núcleo de Plomo en el Sismo X fue de 31.2cm y para el Sismo en Y fue de 31.09cm y para el Aislador Triple Péndulo, en el Sismo X fue de 29.50cm y Sismo en Y de 28.30cm, estos valores son mayores a los obtenidos por Proaño (2014), de los cuales son para el Aislador FPS en el Sismo X, 7.46cm y Sismo en Y, 7.06cm y para el sistema de Aislación LBR, 8.00cm y 9.12cm respectivamente, ésta diferencia es debido a que el edificio estudiado es un análisis de un edificio en acero, del cual logra tener mayor arrostramiento.
- Para la fuerza cortante, el Aislador Triple Péndulo reduce un 26% en ambas direcciones y para el Aislador LRB, reduce un 15% del mismo modo; estos valores son similares a los valores obtenidos por Soriano (2014), con el uso del Aislador HDR más LRB, donde obtuvo una reducción del 11.63% y Díaz y Araya (2019), respecto al Aislador FPS, obtuvo una reducción de 30%.
- Las distorsiones de entrepiso para el Aislador LRB, presenta un valor de 0.006456 en el Sismo X y 0.006993 en el Sismo Y; sin embargo, para el Aislador Triple Péndulo en el Sismo X, 0.006078 y Sismo en Y, 0.006993, estos valores son mayores a los obtenidos por Proaño (2014), de los cuales con el uso del aislador LRB más HDR obtuvo una distorsión para el Sismo X, 0.00137 y para el Sismo Y, 0.00053 y Lema (2013), respecto al FPS obtuvo una distorsión de 0.0051 para el Sismo en X y 0.0038 Sismo en Y.

- El resultado de la aceleración absoluta de entrepiso para el Aislador LRB, presenta una aceleración de 1.1078m/sec^2 para sismo en X y sismo en Y; y para el Aislador Triple Péndulo, presenta una aceleración de 0.9852m/sec^2 respectivamente, estos valores son similares de los obtenidos por Proaño (2014), de los cuales para el Aislador FPS presenta valores en el Sismo X, 0.7583m/sec^2 y para el Sismo en Y un valor de 1.0518m/sec^2 y para el Aislador LRB, 1.1230m/sec^2 y 1.1191m/sec^2 , en X, Y respectivamente.

4.2 Conclusiones

- Se ha determinado que la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031 en relación a las fuerzas en los aisladores mejoran de la siguiente manera; el Aislador FPS absorbe el 74% de la cortante basal y el Aislador LRB, absorbe el 85%; por lo tanto, el mejor sistema de aislación, es el Aislador Triple Péndulo, según indica las tablas 35 y 36 y la gráfica 87. Esto contribuye a que los elementos estructurales y no estructurales tengan un menor daño y que la estructura siga operativa después de un sismo.
- Asimismo, se ha analizado que la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031 en relación a los desplazamientos en los aisladores mejoran de la siguiente manera, para el Aislador LRB, se obtuvo un desplazamiento de 31.2cm y el FPS, un valor de 29.50cm, por consiguiente, el mejor Sistema de Aislación es el Aislador Triple Péndulo, con una diferencia de 1.7cm, según indica la Tabla 37 y el gráfico 88. Esto influye positivamente a que las distorsiones de entrepiso sean menores y estén dentro de los límites.
- Se ha demostrado que la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031 en relación a la cortante basal mejora de la siguiente manera, para el Aislador Triple Péndulo se redujo en un 26% y para el Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo un 15%; por eso, el mejor Sistema de Aislación, respecto a la cortante basal; es el FPS, según indica las

Tablas 38, 39 y la gráfica 89, por ende el mejor Sistema de Aislación para el Hospital Mi Perú es el Aislador Triple Péndulo.

- Además, se ha analizado que la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031 en lo que concierne a las distorsiones de entrepiso mejora de la siguiente manera, para el Aislador LRB en el sismo X, Y hubo una reducción de 14% y 21% y para el Aislador FPS, una reducción de 19 y 23%, según presentan las Tablas 47y48: por ende, el mejor Sistema de Aislación es el FPS.
- También, se ha determinado que la evaluación del Aislador Elastomérico y Aislador Triple Péndulo según la Norma E.031 respecto a las distorsiones de entrepiso mejora de la siguiente manera, el Aislador Triple Péndulo, se redujo un 30% para el Sismo en X, Y, para el Sistema de Aislación LRB, se redujo un 21% para el Sismo X y 30% para el sismo Y; por lo tanto, el mejor Sistema de Aislación, en cuanto a las aceleraciones absolutas es el Aislador Triple Péndulo, como se observa en la tabla 56, 57 y figura 92.

Finalmente, se determinó que, en relación a las deformaciones relativas de la superestructura se obtuvo una reducción de 23%, para las aceleraciones absolutas una reducción de 30% y la cortante basal en un 26%, todos los resultados presentados en los análisis garantizan que el Sistema de Aislación Triple Péndulo, es el que mejor influye positivamente en la superestructura, asegurando un mejor comportamiento de la estructura, avalando de este modo una disminución notable de los daños de los elementos estructurales y no estructurales.

REFERENCIAS

1. Amaral, F., & Guerreiro, L. (2014). Effect of the vertical component of earthquake on the response of a friction pendulum bearing base isolation system. 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul.
2. Cango, A. (2018). *Diseño y análisis de edificaciones con aisladores de base tipo FPT* (Tesis de Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
3. Chunque, J. (2013). *Nivel de desempeño sísmico del edificio "a" de la Universidad Privada del Norte – sede* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Cajamarca, Perú.
4. Díaz, A. & Araya, K. (2019). *Comportamiento Sísmico de una edificación incorporando péndulo de fricción* (Tesis de pregrado) Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.
5. Fenz, D., & Constantinou, M. (2006). Behaviour of the double concave friction pendulum bearing. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 35(11), 1403–1424.
6. Korswagen, P., Arias, J., y Huaranga, P. (2012). *Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú* (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
7. Lema, E. (2013). *Análisis y Diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en Etabs* (Tesis de Pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
8. M. Constantinou, I. K. (2011). LRFD- based analysis and design procedures for bridge bearings and seismic isolators. MCEER.
9. Mestanza, J. (2015). *Análisis de una edificación mediante un sistema propuesta de Aislamiento sísmico del Tipo Péndulo Friccional* (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

10. Ministerio de Vivienda y Construcción (MVC) (2018). *Aislamiento Sísmico, Resolución Ministerial N°430-2018*, Lima, Perú.
11. Ministerio de Vivienda y Construcción (MVC) (2018). *Diseño Sismorresistente, Resolución Ministerial N°355-2018*, Lima, Perú.
12. Pérez, N. y Vásquez, M. (2016). *Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado* (Tesis de pregrado). Universidad CentroAmericana, Managua, Nicaragua.
13. Proaño, J. (2014). *Análisis y Diseño Sísmico de un edificio en acero con Aisladores Sísmicos, modelamiento en Etabs* (Tesis de Pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
14. SEAOC. (2014). "2012 IBC SEAOC Structural/Seismic Design Manual", Volume 5: Examples for Seismically Isolated Buildings and Buildings with Supplemental Damping. International Building Code. International Code Council: Washington DC, United States.
15. Soriano, J. (2014). *Comparación de la respuesta estructural del pabellón de la Universidad Privada del Norte con Aisladores Sísmicos Elastoméricos y sin Aisladores Sísmicos* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
16. Valerio, J. (2015). *Análisis comparativo de un edificio fijo en la base Vs. un edificio aislado utilizando 4 tipos de Aisladores Sísmicos* (Tesis de Master). Escola de Camins, Barcelona, España.
17. Zayas, V., & Mahin, S. (2010). Seismic design methodology to avoid damage to structures, nonstructural components and contents. *Open Journal of Civil Engineering*, 7(April), 14–31.

18. Zayas, V., Mahin, S., & Constantinou, M. (2016). Safe and Unsafe Seismically Isolated Structures, (2016–1).

ANEXOS

ANEXO N°01: Plano de Diseño del Aislador Elastomérico.

ANEXO N°02: Plano de Diseño del Aislador Triple Péndulo.

ANEXO N°03: Ficha Técnica de Fuerzas en los Aisladores.

ANEXO N°04: Ficha Técnica de Desplazamientos del Sistema de Aislación.

ANEXO N°05: Ficha Técnica de Cortante Basal.

ANEXO N°06: Ficha Técnica de Distorsión de entrepisos.

ANEXO N°07: Ficha Técnica de Aceleración de entrepisos.

ANEXO N°08: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 01.

ANEXO N°09: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 02.

ANEXO N°10: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 03.

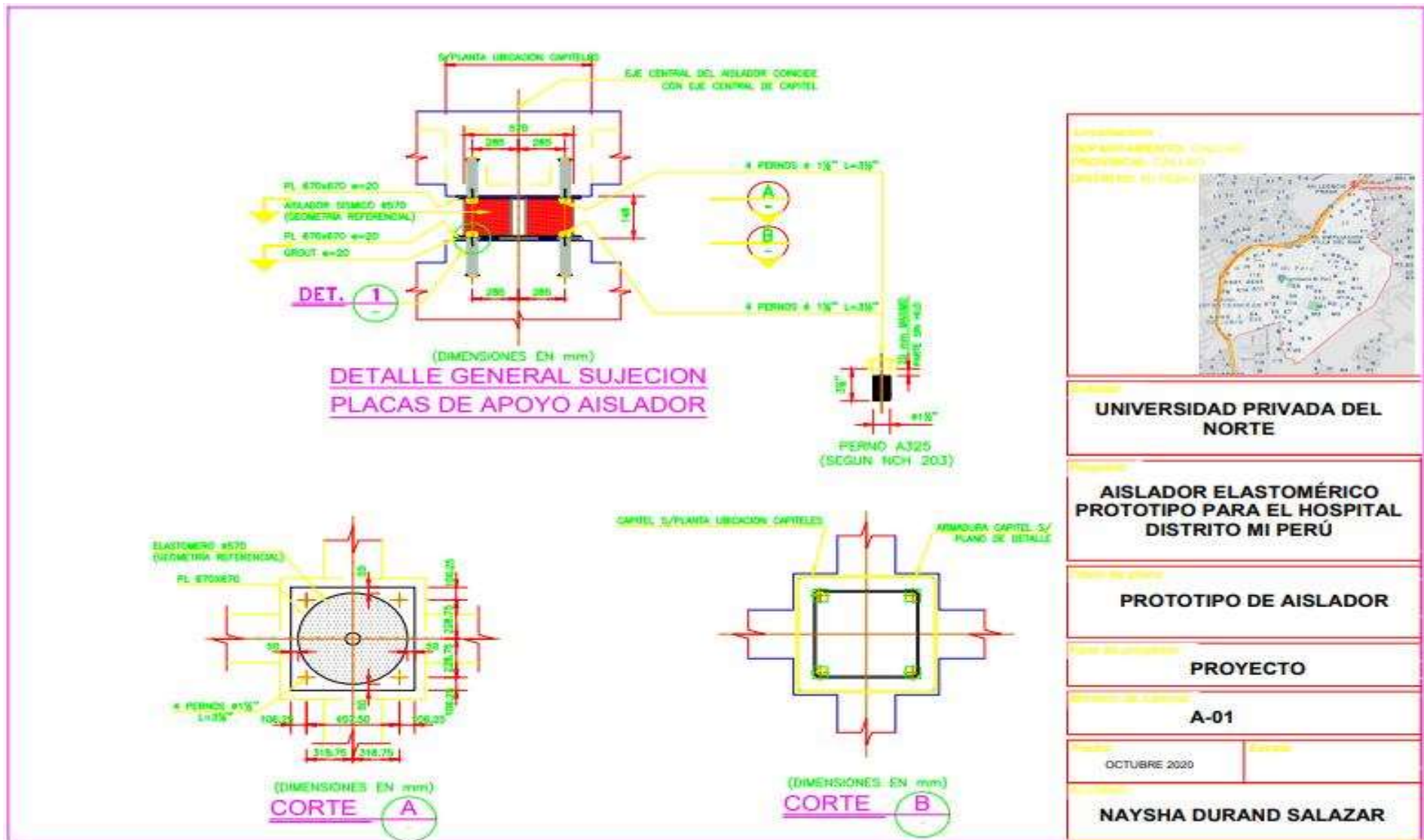
ANEXO N°11: Ficha Técnica del Aislador LRB.

ANEXO N°12: Ficha Técnica del Aislador FPS8833.

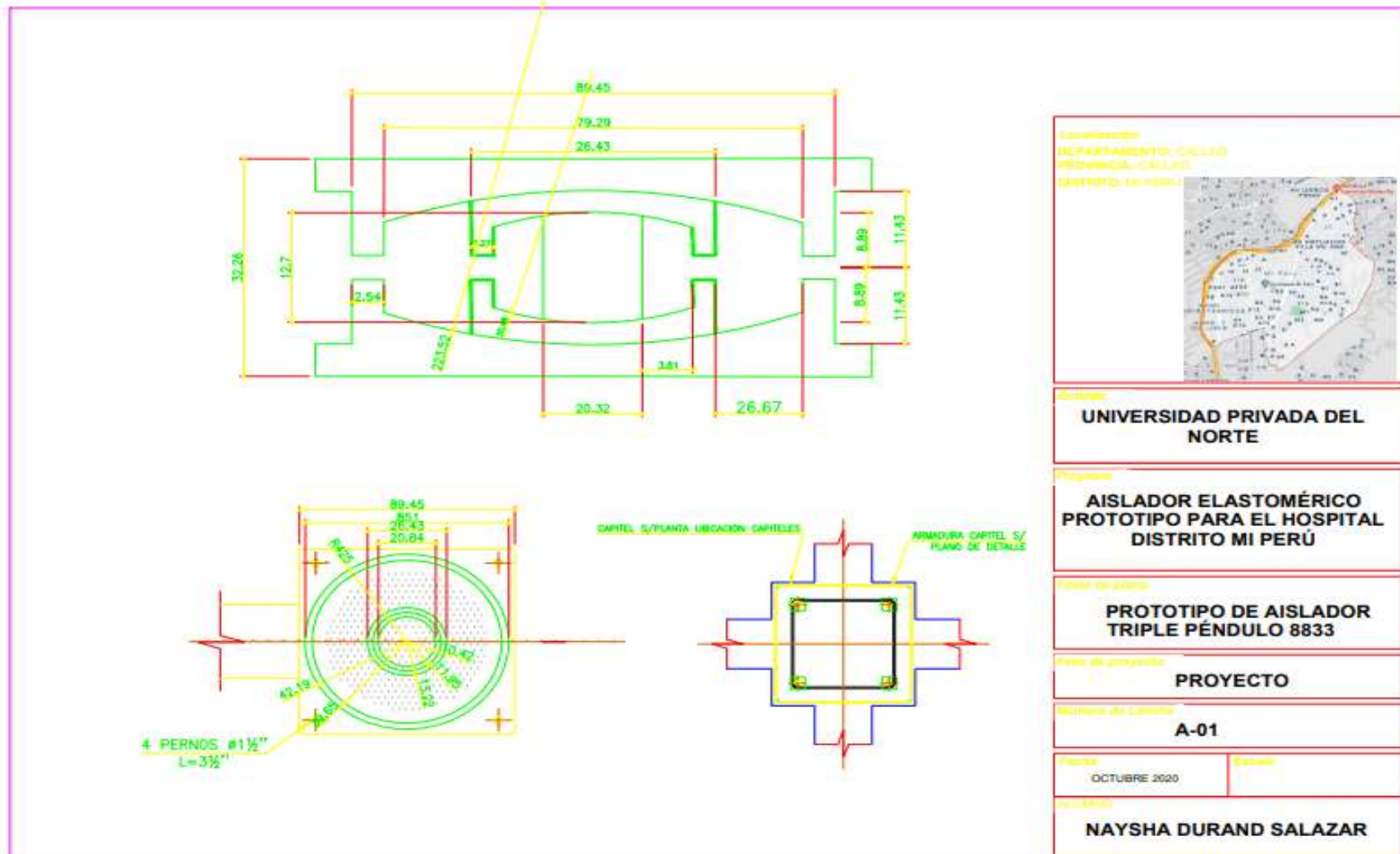
ANEXO N°13: Confiabilidad del ETABS.

ANEXO N°14: Matriz de consistencia.


ANEXO N°01: Plano de Diseño del Aislador Elastomérico.




ANEXO N°02: Plano de Diseño del Aislador Triple Péndulo.




ANEXO N°03: Ficha Técnica de Fuerzas en los Aisladores.

Evaluación de Tipos de Aisladores para la respuesta sísmica del Hospital del Distrito Mi Perú de la Región Callao.		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FICHA TÉCNICA DE FUERZA EN LOS AISLADORES			
Datos del Aislador Elastomérico			
		FUERZAS EN LOS AISLADORES	
		X	Y
Aislador Elastomérico LRB			
Datos del Aislador Triple Péndulo			
		FUERZAS EN LOS AISLADORES	
		X	Y
Aislador Triple Péndulo			
Comparación de Fuerzas en los Aisladores			
		FUERZAS EN LOS AISLADORES	
		X	Y
Aislador Elastomérico LRB Aislador Triple Péndulo Δ $\% \Delta$			


ANEXO N°04: Ficha Técnica de Desplazamientos del Sistema de Aislación.

Evaluación de Tipos de Aisladores para la respuesta sísmica del Hospital del Distrito Mi Perú de la Región Callao.		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FICHA TÉCNICA DE DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN			
Datos del Aislador Elastomérico			
		DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN	
		X	Y
Aislador Elastomérico LRB			
Datos del Aislador Triple Péndulo			
		DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN	
		X	Y
Aislador Triple Péndulo			
Comparación de Desplazamientos en el Sistema de Aislación			
		DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AISLACIÓN	
		X	Y
Aislador Elastomérico LRB			
Aislador Triple Péndulo			
Δ			
$\% \Delta$			

ANEXO N°05: Ficha Técnica de Cortante Basal.

Evaluación de Tipos de Aisladores para la respuesta sísmica del Hospital del Distrito Mi Perú de la Región Callao.		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
FICHA TÉCNICA DE LA CORTANTE BASAL			
Cortante Basal de la Estructura Convencional y estructura con evaluación tipo 01			
		CORTANTE BASAL	
		Drift X	Drift Y
Estructura Convencional			
Estructura con evaluación tipo 01			
Δ			
$\% \Delta$			
Cortante Basal de la Estructura Convencional y estructura con evaluación tipo 02			
		CORTANTE BASAL	
		Drift X	Drift Y
Estructura Convencional			
Estructura con evaluación tipo 02			
Δ			
$\% \Delta$			
Comparación de la Cortante Basal			
		CORTANTE BASAL	
		Drift X	Drift Y
Estructura Convencional			
Estructura con evaluación tipo 01			
Estructura con evaluación tipo 02			

ANEXO N°06: Ficha Técnica de Distorsión de entrepisos.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

Evaluación de Tipos de Aisladores para la respuesta sísmica del Hospital del Distrito MI Perú de la Región Callao.

FICHA TÉCNICA DE DISTORSIÓN DE ENTREPISOS

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS SIN AISLAMIENTO

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SSMOXX	Drift X	
Nivel 05	SSMOXX	Drift X	
Nivel 04	SSMOXX	Drift X	
Nivel 03	SSMOXX	Drift X	
Nivel 02	SSMOXX	Drift X	
Nivel 01	SSMOXX	Drift X	

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 05	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 04	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 03	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 02	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 01	SSMOYY	Drift Y	

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS CON AISLADOR LRB

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SSMOXX	Drift X	
Nivel 05	SSMOXX	Drift X	
Nivel 04	SSMOXX	Drift X	
Nivel 03	SSMOXX	Drift X	
Nivel 02	SSMOXX	Drift X	
Nivel 01	SSMOXX	Drift X	

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 05	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 04	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 03	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 02	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 01	SSMOYY	Drift Y	

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS CON AISLADOR TRIPLE PÉNDULO


DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SSMOXX	Drift X	
Nivel 05	SSMOXX	Drift X	
Nivel 04	SSMOXX	Drift X	
Nivel 03	SSMOXX	Drift X	
Nivel 02	SSMOXX	Drift X	
Nivel 01	SSMOXX	Drift X	

DISTORSIÓN DE ENTREPISOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 05	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 04	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 03	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 02	SSMOYY	Drift Y	
Nivel 01	SSMOYY	Drift Y	

ANEXO N°07: Ficha Técnica de Aceleración de entresijos.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

Evaluación de Tipos de Aisladores para la respuesta sísmica del Hospital del Distrito Mi Perú de la Región Callao.

FICHA TÉCNICA DE ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS SIN AISLAMIENTO

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item	Drift X
Nivel 06	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 05	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 04	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 03	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 02	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 01	SISMORX	UX m/sec2	

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 05	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 04	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 03	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 02	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 01	SISMOY	UY m/sec2	

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS CON AISLADOR LRB

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 05	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 04	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 03	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 02	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 01	SISMORX	UX m/sec2	

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 05	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 04	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 03	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 02	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 01	SISMOY	UY m/sec2	

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS CON AISLADOR TRIPLE PÉNDULO

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN X

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift X
Nivel 06	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 05	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 04	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 03	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 02	SISMORX	UX m/sec2	
Nivel 01	SISMORX	UX m/sec2	

ACELERACIÓN DE ENTRESIJOS MÁXIMA EN LA DIRECCIÓN Y

Nivel	Combo	Item-Direction	Drift Y
Nivel 06	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 05	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 04	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 03	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 02	SISMOY	UY m/sec2	
Nivel 01	SISMOY	UY m/sec2	

ANEXO N°08: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 01.



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "EVALUACIÓN DEL AISLADOR ELASTOMÉRICO Y TRIPLE PÉNDULO SEGÚN NORMA E.031, PARA LA MEJORA DE LA RESPUESTA SÍSMICA DEL HOSPITAL MI PERÚ, REGIÓN CALLAO"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Daniel Abdías Vega Luna
- 1.2. Grado académico: Titulado, Colegiado
- 1.3. Especialidad: Ingeniero Civil
- 1.4. Institución laboral: JLV Consultores
- 1.5. Cargo: Supervisor en Estructuras
- 1.6. Tipo de instrumento: Fichas técnicas
- 1.7. Lugar y fecha: 30 de octubre del 2020.

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que desees evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	5
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	5
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	5
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	45


DANIEL ABDÍAS VEGA LUNA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 207063

ANEXO N°09: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 02.



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: EVALUACIÓN DEL AISLADOR ELASTOMÉRICO Y TRIPLE PÉNDULO SEGÚN NORMA E.031, PARA LA MEJORA DE LA RESPUESTA SÍSMICA DEL HOSPITAL MI PERÚ, REGIÓN CALLAO.

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Martín Oswaldo Pascual Vega
- 1.2. Grado académico: Titulado, Colgado
- 1.3. Especialidad: Ingeniero Civil
- 1.4. Institución laboral: JLV Consultores
- 1.5. Cargo: Supervisor en Estructuras
- 1.6. Tipo de instrumento: Fichas técnicas
- 1.7. Lugar y fecha: 30 de octubre del 2020.

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN	
		Formato	
1	Perinencia de indicadores	4	
2	Formulado con lenguaje apropiado	5	
3	Adecuado para el objeto de estudio	5	
4	Facilita la prueba de hipótesis	5	
5	Suficiencia para medir las variables	4	
6	Facilita la interpretación del instrumento	5	
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4	
8	Expresado en hechos perceptibles	4	
9	Tiene secuencia lógica	5	
10	Basado en aspectos teóricos	4	
Total		45	


MARTIN OSWALDO
PASCUAL VEGA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 152120

ANEXO N°10: Validación de Instrumentos de Recolección de Datos-Experto 03.



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "EVALUACIÓN DEL AISLADOR ELASTOMÉRICO Y TRIPLE PÉNDULO SEGÚN NORMA E.031, PARA LA MEJORA DE LA RESPUESTA SÍSMICA DEL HOSPITAL MI PERÚ, REGIÓN CALLAO"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. **Nombre y apellidos:** Omar Tello Malpartida
- 1.2. **Grado académico:** Doctor en Ingeniería Civil
- 1.3. **Especialidad:** Estructuras.
- 1.4. **Institución laboral:** Consultor Independiente.
- 1.5. **Cargo:** Gerente
- 1.6. **Tipo de instrumento:** Fichas técnicas
- 1.7. **Lugar y fecha:** 30 de octubre del 2020.

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	3
2	Formulado con lenguaje apropiado	2
3	Adecuado para el objeto de estudio	3
4	Facilita la prueba de hipótesis	3
5	Suficiencia para medir las variables	3
6	Facilita la interpretación del instrumento	3
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	3
8	Expresado en hechos perceptibles	3
9	Tiene secuencia lógica	3
10	Basado en aspectos teóricos	3
	Total	29



Firma

ANEXO N°11: Ficha Técnica del Aislador LRB.



Protección sísmica

Infraestructura | Edificaciones | Estructuras industriales

Protección antisísmica mageba – preservación fiable de estructuras



Aislador con Núcleo de Plomo LASTO® LRB
eficaz, seguro, versátil



mageba



Protección sísmica

Características del producto

Principio

El aislador elastomérico con núcleo de plomo de mageba LASTO®LRB trabaja bajo el principio de aislamiento base y limita la energía transferida del terreno a la estructura en caso de terremoto. Este aislador, que consiste en un elastómero reforzado con acero y un núcleo de plomo, está diseñado para soportar el peso de la estructura y proporcionar elasticidad más allá del límite de fluencia. El elastómero consigue aislar y re-centrar el aislador tras un sismo. El núcleo de plomo experimenta una deformación plástica bajo acciones de carga cortantes, disipando energía en forma de calor.

Propiedades

El aislador elastomérico con núcleo de plomo LASTO®LRB consiste en capas alternas de material elastomérico y láminas de acero vulcanizado con un núcleo de plomo. El aislador LASTO®LRB proporciona un alto nivel de amortiguamiento, de hasta el 30 %, debido a la gran capacidad de absorción del núcleo.

Al estar las placas de acero totalmente incrustadas en el elastómero, éstas se encuentran selladas y por lo tanto protegidas contra la corrosión. Los dispositivos se fabrican con el elastómero vulcanizado a las placas de conexión superior e inferior. Los aisladores también pueden suministrarse con placas de anclaje adicionales, permitiendo mayor facilidad de reemplazo en operaciones de mantenimiento.

Aplicaciones

Los dispositivos LASTO®LRB se fabrican con un elastómero natural (NR), proporcionando una alta resistencia al desgaste mecánico.

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo presentan amplias aplicaciones en estructuras. Esto se debe a su simplicidad y a la combinación de aislamiento y disipación de energía en un dispositivo único y compacto. En cuanto a protección antisísmica, resulta crucial minimizar la transferencia de energía a la superestructura y limitar los desplazamientos horizontales del dispositivo.

En condiciones normales de funcionamiento, los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo de mageba actúan como

aisladores elastoméricos convencionales. Por ello, en aquellas estructuras con espacio limitado para aisladores y dispositivos de protección antisísmica ambas funciones pueden combinarse en un solo dispositivo.

El uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo es uno de los métodos de aislamiento más utilizados, habiendo demostrado su efectividad en numerosos terremotos. El sistema ha sido mejorado y simplificado durante las pasadas décadas y permite al ingeniero estructural realizar una simulación de la respuesta del dispositivo de manera sencilla, mediante el uso de modelos bilineales.

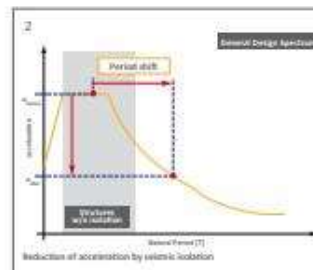
Aislamiento sísmico

El aislamiento sísmico desacopla la estructura de los movimientos del terreno inducidos por terremotos que podrían causar daños a la estructura. Esto se consigue mediante el uso de una serie de dispositivos antisísmicos llamados aisladores, que se colocan de manera estratégica en la estructura permitiendo que actúen adecuadamente durante un terremoto.

Los aisladores sísmicos proporcionan suficiente flexibilidad a la estructura para garantizar que el período natural de ésta difiera del período natural del terremoto en la mayor medida posible. Esto evita la aparición de resonancia, que podría conducir a daños severos o incluso al colapso de la estructura.

Un sistema efectivo de aislamiento sísmico debe presentar las siguientes funciones principales:

- Rendimiento óptimo bajo cargas de servicio, verticales y horizontales, siendo tan eficaz como un apoyo estructural convencional.
- Proporcionar la suficiente flexibilidad horizontal para alcanzar el período natural deseado para la estructura aislada.
- Capacidad de re-centrado después de la ocurrencia de un gran terremoto para que ningún desplazamiento residual pueda alterar la capacidad de servicio de la estructura.
- Proporcionar un nivel de disipación de energía adecuado con el fin de controlar los desplazamientos que podrían dañar otros elementos estructurales.



- 1 Vista 3D de un dispositivo LASTO®LRB
- 2 Principio de aislamiento sísmico
- 3 Dispositivo LASTO®LRB listo para instalación
- 4 Viaducto de Chillón, equipado con LASTO®LRB



Protección sísmica

Calidad y soporte

Calidad

Durante cinco décadas, los productos mageba han demostrado su alta calidad en miles de estructuras, bajo las condiciones más exigentes. Además de la eficacia y características del producto, la amplia experiencia del personal calificado de mageba en la fabricación e instalación contribuye también en gran medida a la calidad y durabilidad de sus productos.

mageba dispone de un sistema de calidad de procesos certificado según la norma ISO 9001:2008. La calidad es también inspeccionada regularmente por Institutos independientes, como el Instituto de Ensayos de Materiales de la Universidad de Stuttgart. Los talleres de mageba están certificados para la soldadura de acuerdo con la norma ISO 3834-2 y con el estándar actual de construcción con acero EN 1090.

Certificación CE

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo LASTO®LRB están diseñados y fabricados de acuerdo con la normativa europea EN 15129:2009 y EN 1337. Los aisladores cuentan con la marca CE, lo que confirma que cumplen todos los requisitos de esta norma, sin excepción. Todas las pruebas necesarias para la certificación de los dispositivos LASTO®LRB se llevaron a cabo en laboratorios independientes y bajo la supervisión de un organismo de certificación.

Los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo LASTO®LRB también pueden ser diseñados y fabricados de acuerdo con otras especificaciones internacionales, tales como la "Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico" de la norma AASHTO, las especificaciones japonesas, normas nacionales, etc.

Ensayos

Si el cliente lo requiere, mageba puede realizar ensayos de control de producción a escala real. mageba realiza dichos ensayos tanto en sus instalaciones como en colaboración con institutos de control independientes. Comúnmente los ensayos realizados se basan en la norma europea EN 15129:2009 o en la "Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico" de la norma AASHTO. A petición, también pueden realizarse ensayos personalizados basados en otros códigos.

Atención al cliente

Nuestros especialistas estarán encantados de asesorarle en la selección de la solución óptima para su proyecto y de ofrecerle un presupuesto.

Para mayor información sobre nuestros productos diríjase a nuestra página web, mageba-group.com, donde también encontrará listas de referencia y documentos de licitación.

Proyectos de referencia para dispositivos antisísmicos de mageba



Puente Awaza (TM)

Flendruz (CH)

Langenargen (DE)

Puente Ramstore (KZ)

Puente Agin (TR)

Puente Vasco da Gama (PT)

Protección antisísmica mageba



RESTON®SA & STU

RESTON®PSD

RESTON®PENDULUM

LASTO®LRB & HORB

mageba
mageba-group.com

engineering connections®

2020.01.LATAM-ES@mageba

mageba LLC - 1384 Broadway, 4th Floor - New York, NY 10018 - USA - T +1 212-644-3335 - info.latam@mageba-group.com

ANEXO N°12: Ficha Técnica del Aislador FPS8833.

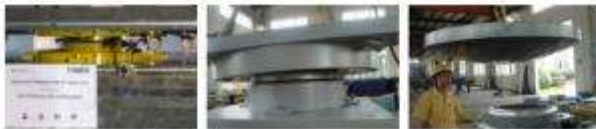


Infraestructura | Edificaciones | Estructuras Industriales

Protección antisísmica mageba – preservación fiable de estructuras



Aislador deslizante RESTON® PENDULUM
versátil, innovador, seguro



mageba



Protección sísmica

Tipos y características principales

Principio

El aislador de magueba RESTON®PENDULUM se basa en el principio del péndulo. Este dispositivo permite los desplazamientos horizontales de la estructura, proporcionando el cambio necesario en el periodo natural de la misma. Al activarse debido a un terremoto, el aislador permite la disociación de la estructura soportada de los movimientos del terreno. Tras el evento sísmico, la fuerza gravitatoria restaura la posición inicial del dispositivo. El comportamiento del apoyo depende principalmente de su radio de curvatura y coeficiente de fricción.

Propiedades

Los aisladores RESTON®PENDULUM cumplen las siguientes funciones:

- En condiciones de servicio, los dispositivos transmiten cargas verticales y permiten desplazamientos horizontales.
- En caso de sismo, brindan flexibilidad lateral debido al deslizamiento sobre la superficie curva.
- Se produce disipación de energía debido a la fricción dinámica entre la superficie deslizante y el material deslizante de alto rendimiento ROBO®SLIDE.
- Finalmente, la función de re-centrado se consigue combinando la gravedad y las características geométricas del aislador.

Aislamiento sísmico

El aislamiento sísmico desacopla la estructura de los movimientos del terreno inducidos por terremotos que podrían causar daños a la estructura. Esto se consigue mediante el uso de dispositivos antisísmicos llamados aisladores, que se colocan de manera estratégica en la estructura permitiendo que actúen adecuadamente durante un terremoto.

Los aisladores sísmicos, tales como los RESTON®PENDULUM, proporcionan la suficiente flexibilidad a la estructura para garantizar que su periodo natural difiera del periodo natural del terremoto en la mayor medida posible. Esto evita la aparición de resonancia, que podría conducir a daños severos o incluso al colapso de la estructura.

Tipos

RESTON®PENDULUM Mono (PM)

Los aisladores deslizantes de magueba RESTON®PENDULUM Mono consisten en tres elementos básicos: una superficie curva principal, cuyo radio de curvatura determina el periodo de oscilación del dispositivo, un elemento de acero equipado con ROBO®SLIDE que se desliza sobre la superficie primaria, y una superficie curva secundaria de acero diseñada especialmente para permitir las rotaciones. El tamaño de la superficie curva principal depende de los requerimientos sobre el desplazamiento máximo de diseño.

RESTON®PENDULUM Duplo (PD)

Los aisladores deslizantes de magueba RESTON®PENDULUM Duplo incluyen dos superficies curvas principales. Esto permite mayores desplazamientos horizontales con menores dimensiones del aislador. Los dispositivos Duplo disponen de un elemento deslizante equipado con una articulación que permite al aislador acomodar giros. Esta característica resulta esencial, especialmente en el caso de puentes, donde se requieren grandes desplazamientos y capacidad rotacional importante.

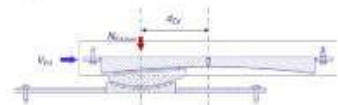
Los planos mostrados a continuación comparan las medidas de los deslizadores RESTON®PENDULUM Mono y Duplo. Los requerimientos dinámicos de ambos tipos son idénticos.



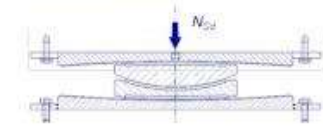
1 a) Condición de servicio



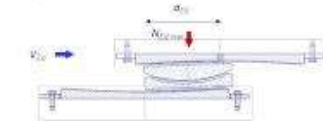
1 b) Condición sísmica



2 a) Condición de servicio



2 b) Condición sísmica



- 1 Elemento articulado oscilante de RESTON®PENDULUM Mono (PM) provee una gran capacidad de rotación
- 2 RESTON®PENDULUM (Duplo) PD



Protección sísmica

Calidad y soporte

Calidad

Durante cinco décadas, los productos mageba han demostrado su alta calidad en miles de estructuras, bajo las condiciones más exigentes. Además de la eficacia y características del producto, la amplia experiencia del personal calificado de mageba en la fabricación e instalación contribuye también en gran medida a la calidad y durabilidad de sus productos.

mageba dispone de un sistema de calidad certificado según la norma ISO 9001:2008. Los talleres de mageba están certificados para la soldadura de acuerdo con la norma ISO 3834-2 y con el estándar actual de construcción con acero EN 1090.

Certificación CE

Los dispositivos RESTON®PENDULUM están diseñados y fabricados de acuerdo con la normativa europea EN 15129:2009 y EN 1337. Los aisladores cuentan con la certificación CE, lo que confirma que cumplen todos los requisitos de esta norma, sin excepción. Todos los ensayos necesarios para la certificación de los dispositivos RESTON®PENDULUM se llevaron a cabo en laboratorios de pruebas independientes y bajo la supervisión de un organismo de certificación.

Ensayos

Si es requerido por el cliente, mageba puede realizar ensayos de control de producción a escala real. mageba realiza dichos ensayos tanto en sus instalaciones como con institutos de control independientes. Comúnmente los ensayos realizados se basan en la norma europea EN 15129:2009 o en la "Guía de especificaciones para el diseño con aislamiento sísmico" de la norma AASHTO. A petición, también pueden realizarse ensayos personalizados basados en otros códigos.

Combinación

Cuando sea requerido por las especificaciones del proyecto, los aisladores RESTON®PENDULUM pueden combinarse con otros dispositivos antisísmicos de mageba tales como los amortiguadores RESTON®SA, los transmisores de choque RESTON®STU o los amortiguadores de resorte pretensado RESTON®PSD.

mageba proporciona la consultoría necesaria para el aislamiento sísmico y la solución de amortiguación más eficaz y apropiada.

Instalación

mageba ofrece supervisión de la instalación de sus productos en todo el mundo. La supervisión es muy recomendable para garantizar una correcta instalación de los dispositivos y beneficiarse así de la total garantía de mageba.

Para evitar daños, el transporte y la instalación de los dispositivos requieren una manipulación cuidadosa de los mismos.

Inspección y mantenimiento

Gracias al uso de componentes de alta calidad, la aplicación de métodos avanzados de diseño y al control sistemático de la calidad interna, los dispositivos de protección antisísmica de mageba no requieren mantenimiento.

Sin embargo, mageba recomienda una inspección visual de las unidades cada 3-5 años o después de cada evento sísmico de importancia. Bajo petición, dichas inspecciones pueden realizarse por especialistas de mageba, informando de los resultados en una memoria detallada.

En el momento de la entrega de las unidades, mageba proporciona a sus clientes manuales de instalación y mantenimiento, permitiendo una inspección regular y apropiada por parte del personal de operación y mantenimiento.

Atención al cliente

Nuestros especialistas estarán encantados de asesorarle en la selección de la solución óptima para su proyecto y de ofrecerle un presupuesto.

Para mayor información sobre nuestros productos diríjase a nuestra página web, mageba-group.com, donde también encontrará listas de referencia y documentos de licitación.

Proyectos de referencia para dispositivos antisísmicos de mageba



Puente Awazá (TM)



Flendruz (CH)



Langenargen (DE)



Puente Ramstore (KZ)



Puente Agin (TR)



Puente Vasco da Gama (PT)

Protección antisísmica mageba



RESTON®SA & STU



RESTON®PSD



RESTON®PENDULUM



LASTO®LRB & HDRB

mageba
mageba-group.com

engineering connections®

ANEXO N°13: Confiabilidad del ETABS.

Registro novo utilizador CSI Espana > Recibidos x



CSI <geral@csiportugal.com>
para mí ▾

Estimado cliente,

Su registro en la página web de [CSI Spain](#) está casi completo.

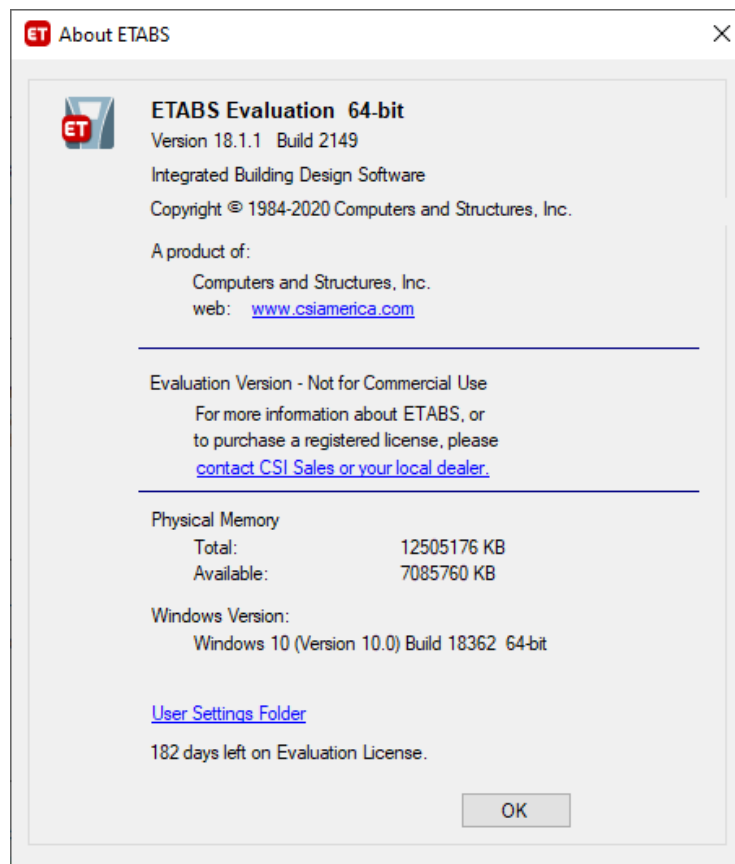
Haga clic en el enlace para confirmar su correo y finalizar el proceso.
https://www.csiespana.com/conf.php?code=conf_5f931a39ef8cd4.17091964

Si no desea continuar con el registro, por favor no considere este correo.

Gracias por su atención.
CSI Spain

← Responder

➡ Reenviar



ANEXO N°14: Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><u>PROBLEMA GENERAL:</u></p> <p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL:</u></p> <p>Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL:</u></p> <p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u></p> <p>Evaluación del Aislador Elastomérico y Triple Péndulo según Norma E.031</p>	<p>Aislador Elastomérico.</p> <p>Aislador Triple Péndulo.</p>	<p>Ubicación de los aisladores.</p> <p>Cantidad de los aisladores.</p> <p>Ubicación de los aisladores.</p> <p>Cantidad de los aisladores.</p>	<p><u>MÉTODO:</u></p> <p>Observación, medición.</p> <p><u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>La orientación de la investigación es aplicada, porque toma en cuenta las investigaciones elaboradas sobre el tipo de aislador triple péndulo en el Hospital del Distrito de Mi Perú de la Región Callao.</p>
<p><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</u></p> <p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p> <p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p>	<p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</u></p> <p>Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p> <p>Analizar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</u></p> <p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las fuerzas en los aisladores mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p> <p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a los desplazamientos en los aisladores mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u></p> <p>Mejora de la Respuesta Sísmica del Hospital de Mi Perú.</p>	<p><u>Subestructura:</u></p> <p><u>Superestructura:</u></p>	<p><u>Subestructura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Fuerzas en los aisladores. Desplazamientos del aislador (Δ) <p><u>Superestructura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Distorsión de entrepisos. (Δ). Aceleración de entrepisos. Cortante Basal. 	<p><u>NIVEL INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Descriptivo - Analítico.</p> <p><u>DISEÑO INVESTIGACIÓN:</u></p> <p>Descriptivo - Analítico.</p> <p><u>UNIVERSO:</u></p> <p>Estructura de Edificaciones.</p> <p><u>POBLACIÓN:</u></p> <p>Hospitales de la Región Callao.</p> <p><u>MUESTRA:</u></p> <p>Hospital del Distrito de Mi Perú.</p> <p><u>INSTRUMENTOS:</u></p> <p>AutoCAD. ETABS.</p>

<p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a la cortante basal con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p>	<p>Demostrar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación al cortante basal con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a la cortante basal mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>				
<p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p>	<p>Analizar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las distorsiones de entrepisos mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>				
<p>¿De qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031?</p>	<p>Determinar de qué manera mejorará la respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>	<p>La respuesta sísmica del Hospital Mi Perú de la Región Callao en relación a las aceleraciones de entrepisos mejora con la evaluación del aislador elastomérico y triple péndulo según la Norma E.031.</p>				