



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Análisis sísmico de un edificio multifamiliar de 7 pisos con la norma
E.030 2003 y 2018, Miraflores, Lima – 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Sovero Cordero, Andherson Daygoro(orcid.org/0000-0003-3455-4661)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raul Antonio (orcid.org/0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía día a día y brindarme las fuerzas para nunca rendirme. A mis padres por brindarme su apoyo, amor y confianza durante estos años de mi formación universitaria, alentándome en lograr mis objetivos a pesar de las dificultades que se presentaron.

Agradecimiento

A nuestra casa de estudios la Universidad César Vallejo por brindarnos una larga formación académica que nos permitió desarrollarnos y prepararnos para la elaboración de este proyecto de investigación. A mi asesor Mg. Pinto Barrantes Raúl Antonio quien con su experiencia y dedicación indujo sus conocimientos para la correcta elaboración de la tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de investigación	27
3.2. Variable y operacionalización.....	27
3.3. Población, muestra y muestreo.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONSLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 1. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en X – E.030 2018	32
Tabla 2. Período fundamental de vibración para X – E.030 2018	33
Tabla 3. Regularidad estructural – E.030 2018	33
Tabla 4. Cortante basal en dirección X – E.030 2018	34
Tabla 5. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en Y – E.030 2018	34
Tabla 6. Período fundamental de vibración en Y – E.030 2018	34
Tabla 7. Cortante basal en dirección Y – E.030 2018	35
Tabla 8. Parámetros estáticos para X e Y – E.030 2018.....	35
Tabla 9. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X; E.030 2018.....	36
Tabla 10. Distribución de las fuerzas sísmicas en Y-Y; E.030 2018	37
Tabla 11. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos dinámicos en X – E.030 2018	38
Tabla 12. Pseudoaceleración o aceleración espectral – E.030 2018.....	38
Tabla 13. Espectro horizontal E.030 2018	39
Tabla 14. Derivas de entrepiso estático en X-X; E.030 2018	41
Tabla 15. Derivas de entrepiso estático en Y-Y; E.030 2018	42
Tabla 16. Derivas de entrepiso dinámico en X-X; E.030 2018	42
Tabla 17. Derivas de entrepiso dinámico en Y-Y; E.030 2018	42
Tabla 18. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en X - E.030 2003	43
Tabla 19. Período fundamental de vibración en X - E.030 2003	43
Tabla 20. Regularidad estructural en X - E.030 2003.....	44
Tabla 21. Cortante basal en dirección X - E.030 2003.....	44
Tabla 22. Datos del edificio y coeficientes sísmicos en Y - E.030 2003.....	44
Tabla 23. Período fundamental de vibración en Y - E.030 2003	45
Tabla 24. Cortante basal en dirección Y-Y; E.030 2003.....	45
Tabla 25. Parámetros sísmicos estáticos en X e Y - E.030 2003.....	45
Tabla 26. Distribución de las fuerzas sísmicas en X-X; E.030 2003	46
Tabla 27. Distribución de las fuerzas sísmicas en Y-Y; E.030 2003	47

Tabla 28. Espectro de diseño para X e Y - E.030 2003	48
Tabla 29. Pseudoaceleración o aceleración espectral - E.030 2003.....	49
Tabla 30. Espectro horizontal - E.030 2003	50
Tabla 31. Derivas de entrepiso estático en X-X; E.030 2003	52
Tabla 32. Derivas de entrepiso estático en Y-Y; E.030 2003	53
Tabla 33. Derivas de entrepiso dinámico en X-X; E.030 2003	53
Tabla 34. Derivas de entrepiso dinámico en Y-Y; E.030 2003	53

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de placas tectónicas.....	12
Figura 2. Subducción	13
Figura 3. Teoría de las placas tectónicas.....	13
Figura 4. Mapa sísmico del Perú.....	15
Figura 5. Sismicidad norma 2003.....	17
Figura 6. Sismicidad norma 2018.....	17
Figura 7. Sistemas estructurales en Concreto.....	20
Figura 8. Parámetros sísmicos.....	22
Figura 9. Modos de vibración	25
Figura 10. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X E.030 2018.....	36
Figura 11. Distribución de fuerzas sísmicas en Y-Y E.030 2018.....	37
Figura 12. Espectro de diseño E.030 2018	41
Figura 13. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X E.030 2003.....	47
Figura 14. Distribución de fuerzas sísmicas en Y-Y E.030 2003.....	48
Figura 15. Espectro de diseño E.030 2003	52

Resumen

La investigación tuvo como objetivo, evaluar la respuesta estructural que se genera al aplicar las normas E.030 2003 y 2018 en el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima 2022.

La metodología científica es de tipo aplicada ya que se realizó el análisis sísmico estático y dinámico de una edificación multifamiliar de 7 pisos y el diseño de investigación es experimental porque se determinaron las respuestas estructurales de la edificación de 7 pisos mediante el análisis de fuerzas equivalentes (estático) y el análisis dinámico modal espectral usando las normas E.030 2003 y 2018.

En los resultados obtenidos de la investigación se pudo observar que usando la E.030 2018 se obtuvo derivas del análisis estático para la dirección X e Y de 0.0055 y 0.010 respectivamente y de la E.030 2003 se obtuvo derivas de 0.0048 y 0.0086, mientras que para el análisis sísmico dinámico con la E.030 2018 se obtuvieron los desplazamientos laterales máximos para la dirección X e Y 0.0038 y 0.0069, y de la norma del año 2003 se obtuvo desplazamientos laterales máximos de 0.0034 y 0.0062. Al evaluar y relacionar los parámetros sísmicos la E.030 2018 es más conservadora que la norma del año 2003, ya que se obtuvo un 18% menos de la cortante de la norma del año 2018 respecto a la norma del 2003.

En conclusión, se observa que para esta edificación los cambios constantes que sufre la norma E.030 sirvieron para mejorar la respuesta estructural y tener una construcción más económica.

Palabras claves: Análisis sísmico, desplazamientos, análisis estático, análisis dinámico, edificación.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the structural response generated by applying the E.030 2003 and 2018 standards in the seismic analysis of the 7-story multifamily building, Miraflores, Lima 2022.

The scientific methodology is of an applied type since the static and dynamic seismic analysis of a multifamily building of 7 floors was carried out and the research design is experimental because the structural responses of the 7-story building were determined through the analysis of equivalent forces (static) and the dynamic modal spectral analysis using the E.030 2003 and 2018 standards.

In the results obtained from the research, it was possible to observe that using the E.030 2018, drifts were obtained from the static analysis for the X and Y direction of 0.0055 and 0.010 respectively and from the E.030 2003, drifts of 0.0048 and 0.0086 were obtained, while for the dynamic seismic analysis with the E.030 2018 the maximum lateral displacements for the X and Y direction 0.0038 and 0.0069 were obtained, and the 2003 standard resulted in maximum lateral displacements of 0.0034 and 0.0062. When evaluating and relating the seismic parameters, the E.030 2018 is more conservative than the 2003 standard, since 18% less than the shear of the 2018 standard was obtained compared to the 2003 standard.

In conclusion, it is observed that for this building the constant changes suffered by the E.030 standard served to improve the structural response and have a more economical construction.

Keywords: Seismic analysis, displacements, static analysis, dynamic analysis, building.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país los reglamentos de construcción y diseño son subjetivamente actuales. Hasta poco más del siglo XX, todo diseño para construir obras de diversos proyectos de infraestructura se realizaba utilizando y aplicando reglamentos o normas y recomendaciones estadounidenses y europeas. En la década de los 70 se da el primero código peruano de diseño sísmico, en aquel entonces el llamado Reglamento Nacional de Construcciones presentó el Capítulo IV “Seguridad Contra el Efecto Destructivo de los Sismos”, esta primera norma nace producto de las experiencias del terremoto en 1966 que afectó Lima y Callao y toda la franja litoral del norte. Más tarde se publica la segunda norma en el año 1977, este contempla como antecedentes a los terremotos ocurridos en Chimbote – Huaraz en el año de 1970 y la en la capital Lima en el año de 1974. Posteriormente se complementa esta norma y emerge la tercera norma sismorresistente peruana E.030 del año 2003, esta norma nace bajo una minuciosa verificación y modificación de la norma anterior del año 1997 y esta nueva norma como antecedentes tiene a los terremotos ocurrido en Nazca (1996) y del Ático – Arequipa, Moquegua y Tacna (2001). Seis años después, a esta se le sumó otro catastrófico terremoto en Pisco (2007) y con ellos se modifican y actualizan los códigos de diseño sismorresistentes dando así la nueva norma E.030 del año 2016. En la actualidad, está vigente la E.030 de diseño sismorresistente 2018 que contempla ligeras modificaciones de la norma del 2016. Se sabe que nuestro país está situado en una zona de un alto nivel de peligro sísmico, exactamente está localizado en el cinturón del pacífico, la costa peruana se encuentra expuesta en peligro sísmico donde se da la famosa convergencia de las placas tectónicas, ocurre el choque entre la placa Nazco y la Sudamericana, a ese fenómeno natural se le conoce como subducción, estas rocas están en constante movimiento y al interaccionar estas placas originan gran disipación de energía.

En el Perú nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones fue modificando las diferentes Normas Técnicas que la contemplan entre ellas está la E.030 diseño sismorresistente, la cual ha ido evolucionando en relación a los terremotos ocurrido en distintos lugares y diferentes años del Perú. El incremento que tuvo el sector construcción en nuestro país se relaciona en el cambio y evolución económica del

país, sumado a ello las diversas disposiciones de programas que ayudan a realizar cálculos como análisis y diseño de estructuras computarizados conocidos como (software), estos programas automatizados generan diversos resultados para una mejora continua de las infraestructuras. Es por ello que en este mercado de la construcción influyen varios elementos que desarrollan la paz de la sociedad, siendo entre los más relevantes la constante renovación de nuestra Norma Técnica del Perú (NTP) de diseño sismorresistente la E.030. Teniendo conocimiento sobre lo mencionado se sabe que en nuestro país están de pie algunas edificaciones antiguas que hasta la actualidad se mantienen en pie pese a los diferentes eventos sísmicos ocurridos a lo largo de los años, el propósito de la NTP (Norma Técnica Peruana) exclusivamente la E.030, tiene como finalidad guiar al lector para realizar un adecuado análisis sísmico de estructuras, para que esté presente daños menores frente a algún evento sísmico y no colapse, para mantener esta filosofía la norma se va modificando periódicamente, porque este desastre natural nos permite recaudar información real y estos plasmarlos por medio de nuestra norma sismorresistente E.030.

Por ello en esta investigación se desarrollará el “Análisis sísmico de una edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018, Miraflores, Lima – 2021” con el objetivo de poder determinar las respuestas sísmicas y compararlos teniendo en cuenta a la E.030 – 2003 y la vigente E.030 – 2018 por medio de un estudio sísmico empleando los criterios, códigos y restricciones que nos demanda la norma E.030, a la vez emplear el software Etabs, programa que nos permite realizar un modelo matemático tridimensional y realizar el estudio de fuerzas equivalentes como el estudio dinámico modal espectral, aplicando dichos parámetros establecidos en cada norma, así mismo, pondremos también en práctica la filosofía que nos establece la E.030, el cual nos plantea lo siguiente: toda edificación no puede derrumbarse ni generar pérdidas mayores a los habitantes a causa de las sollicitaciones sísmicas conocidos como sismos de diseño o severo, con el propósito de que este pueda seguir brindando su funcionalidad sin mayores inconvenientes.

La formulación del problema nos permite plantear la pregunta más importante a responder el cual nos plantea la siguiente interrogante. Problema General: ¿Cuál

de las normas E.030 2003 y 2018 generará mayor respuesta estructural mediante el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima – 2021? Se plantean los problemas específicos: ¿Cómo varían los parámetros sísmicos en el análisis estático y dinámico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018? ¿Cómo será la distribución de la cortante basal en los entresijos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018? ¿Cómo varía el espectro de respuesta para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018?

En relación a la justificación teórica: Se tomará en cuenta todos los parámetros sísmicos y procedimientos mencionados en la NTP E.030 para realizar el análisis sísmico. Justificación práctica: La investigación permitirá analizar cuál de las dos Normas Técnicas Peruanas E.030 es más conservadora, permitirá evaluar la diferencia del nivel de seguridad cuando ocurra un temblor denominado (sismo severo). Justificación económica: La investigación permitirá evaluar las dos normas técnicas de diseño sismorresistente y verificar si va a mejorar la situación económica de las personas. Justificación social: Mediante la investigación a realizarse se comprobará de qué forma este análisis comparativo de la norma E.030 2003 y 2018 generará un impacto en la sociedad.

Para la investigación se formularon los objetivos que se indican a continuación. Objetivo general: Evaluar la respuesta estructural que se genera al aplicar las normas E.030 2003 y 2018 en el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima – 2021. En cuanto a los objetivos específicos: Realizar el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018. Realizar la distribución de la cortante basal en los entresijos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018. Determinar la variación del espectro de respuesta para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018.

La hipótesis general: Al realizar el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018 se verificará cual de estos genera mayor respuesta estructural. Respecto a las hipótesis específicas: El análisis

sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos variará al aplicar la norma E.030 2003 y 2018. Existe variación en la distribución de cargas en los entrepisos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018. El espectro de respuesta para el análisis estructural de la edificación de 7 pisos variará en relación a la pseudoaceleración vs el periodo de acuerdo a lo establecido en la norma E.030 2003 y 2018.

II. MARCO TEÓRICO

Valdivia (2019) tuvo como objetivo diferenciar las dos NTP E.030 del año 2006 y 2016, con el objetivo de verificar cuál de las dos normas generará un mayor desplazamiento lateral de la estructura irregular de 3 pisos, ubicado en Cajamarca. La metodología presenta un estudio descriptivo porque consistía en evaluar y analizar toda característica que contempla la estructura irregular, también porque este especifica la realidad de cómo se encuentra la edificación sin alterarla, interpretando y explicando su comportamiento estructural. Entre los resultados se pudo observar al realizar el análisis sísmico de la estructura utilizando las normas E.030 2006 y 2016 en Cajamarca, contribuye considerablemente en la resistencia de la estructura, teniendo como referencia a la norma E.030 2016 incrementa en 22.18% en relación a la norma del año 2006 y este disminuye en un 15.27% con respecto a la norma E.030 2016, también se observó que las distorsiones máximas en el centro de masas en el eje X con respecto a la norma E.030 2016 aumenta en un 25.61% y en el eje Y aumenta hasta un 23.67% comparado con la norma E.030 2006. Como conclusión se pudo determinar que el diseño de la edificación comparando las normas E.030 2016 y 2006, la del año 2016 es más exigente que la del año 2006, a causa del factor de reducción sísmica y los desplazamientos laterales.

Mucha (2019) planteo su objetivo general comparar y evaluar el procedimiento sísmico de un colegio usando la Norma E.030 antigua y la vigente. La metodología que planteo el autor fue no experimental, porque los resultados que se obtendrá a partir de la variable independiente no serán modificados, ya que la norma E.030 define parámetros ya especificados para el diseño sismorresistente. Entre los resultados se observó que se produjo un cambio con respecto a la zonificación sísmica, por ende, la cortante basal para el análisis estático y dinámico se redujo en un 17% en la vigente norma, con relación a la norma antigua sismorresistente, también se presentó una variación en el momento flector máximo de 0 a 23% en los tramos de las vigas y en los momentos mínimos varió de 0 a 9% con respecto a la norma vigente con la norma antigua. Concluye que al evaluar el edificio mediante el análisis sísmico las derivas máximas, redujeron en un 17%, por esta razón la cuantía de acero disminuyó en un 25% en las columnas ya construidas en

relación a las columnas que se diseñó con la vigente norma, así mismo, las vigas que presenta la edificación contienen 30% más de acero, este aumento de acero se dio debido a la reducción de la cortante basal de la edificación calculado con la norma vigente 2018.

Rivera (2018) tuvo como objetivo general llevar a cabo un estudio donde comprobaría la diferencia del estudio estático y del análisis sísmico dinámico de una edificación regular de más de 30m de altura en la ciudad de Huancayo. La metodología aplicada es no experimental puesto que el estudio principal a realizar es una investigación comparando el análisis sísmico estático y dinámico de una edificación regular de más de 30m de altura en la ciudad de Huancayo. Entre sus resultados obtenidos se observó que en la comparación de la repartición de los esfuerzos sísmicos en la altura de la edificación de la cortante dinámica y estática en el eje X varía en un 27% ya que la cortante dinámica obtenida en el eje X fue de 608.07ton y la cortante estática en el eje X fue de 773.90ton, en la dirección Y varía en un 26%, obteniendo como dato la cortante dinámica fue de 605.11ton y la cortante estática fue de 761.80ton respectivamente, con relación a los desplazamientos se pudo diferenciar que el análisis estático genera mayores desplazamientos con respecto al análisis dinámico, la variación en el eje X es de 28% por lo que en análisis estático requiere mayor rigidez lateral de sus elementos y en la dirección Y varía en un 38% por consiguiente en esta dirección realizando un análisis sísmico estático va requerir rigidizar a la estructura. Como conclusión se infiere que el problema al momento de realizar una análisis estático este te restringe cumplir con las derivas de la E.030 ya que es más conservadora que un análisis dinámico a medida que este aumenta su altura, el análisis estático requiere de elementos estructurales más robusto para poder cumplir con los desplazamientos permisibles de la Norma E.030 y esto es prácticamente inviable y costoso, a diferencia del estudio dinámico, al tener distintos modos de vibrar la edificación, nos genera una mejor respuesta estructural y por consiguiente tener un comportamiento estructural que es más cercano a la realidad.

Alvitez (2017) tuvo como objetivo analizar la comparación de la NTP E.030 2006 y 2016 (diseño sísmico). La metodología de la investigación fue experimental – cuasiexperimental, porque se realizará el modelamiento de 5 estructuras para

evaluarlos detalladamente y verificar las variaciones que estos presentan de acuerdo a los requerimientos sismorresistentes de la NTP. Entre los resultados se pudo apreciar, que del sistema de muros estructurales según la NTP E.030 2006 varía en un 23.33% con respecto a la norma 2016 y este varía en un 20.63% en relación al del 2006. Concluye que la actual norma contempla mejoras en los parámetros sismorresistentes para un mejor control del diseño de la edificación, la norma del año 2016 nos dice que, si la estructura es un sistema regular, este nos brindará un decrecimiento importante en los desplazamientos laterales de acuerdo a las disposiciones que este presenta.

Villegas y Cárdenas (2019) plantea el siguiente objetivo, analizar la desigualdad que se encontrará al momento de modelar la edificación ubicado en Lima empleando la norma peruana E.030 de los años 2003, 2016 y 2018. El método de investigación fue no experimental. En sus resultados se observa que para la edificación de siete niveles $T = 0.40$ segundos en el eje X y $T = 0.31$ segundos en el eje Y, estos se conservaron para el análisis de las 3 normas E.030 2003, 2016 y 2018, en su evaluación se obtuvo que con la E.030 2016 presentó irregularidad torsional, por otro lado, la norma E.030 de los años 2003 y 2018 la edificación resultó ser un sistema regular. En conclusión, al realizar el valor de la fuerza sísmica de la edificación con la norma del año 2016, este aumentó en un 70% en relación con la norma del año 2003. Así mismo, las fuerzas laterales con la norma del año 2018 disminuyó en un 33% en comparación con la E.030 2016.

Cardona (2017) su objetivo general fue evaluar la predominación en la respuesta dinámica del procedimiento de estudio dinámico cronológico del Reglamento De Colombia de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), en construcciones representativas de Medellín y compararlas con los comportamientos del estudio estático y dinámico. El método de investigación aplicado fue cualitativo, no experimental. Como resultados se verificó que los datos de los diferentes parámetros sísmicos son similares, este criterio aplicado garantizó que no sobrevalore la aceleración que demanda el periodo T de la edificación, según la clasificación del reglamento NSR-10 se consideró dos tipos de suelos C y D, para el análisis por el método DTH se consideró un suelo D y este presentó resultados semejantes para la variables analizadas por el método FHE y DME con el tipo de

suelo C, de la misma manera, el análisis DME representa una variación entre el rango de 1% a 22% en sección con fisura y de 0% a 0.56% en secciones no fisuradas. En conclusión, se determinó que sin contar con equipos que registren acelerogramas en el país, hay referencias necesarias que nos permiten representar de manera adecuada una amenaza sísmica.

Caillagua y Durán (2019) tuvieron como objetivo general comparar los resultados realizados mediante un análisis y diseño sísmico para una edificación de concreto armado, empleando la NEC – 2015 y la norma técnica mexicana 2004. La metodología de la investigación aplicada fue cualitativo y cuantitativa a la vez. En sus resultados se pudo observar que el periodo fundamental por el método estático y dinámico respectivamente con la norma mexicana 2004 es para X= 0.698 s; para Y= 0.656 s y con la norma NEC-SE-DS 2015 es: (0.59 s en ambos sentidos X e Y) y (Tx= 0.563 s; Ty= 0.544 s), la cortante basal aplicada con los métodos estáticos y dinámicos fueron según la norma NEC - 2015 fue 309.89 ton y 263 ton, según la norma NTC-PDPS 2004 es de 83.10 ton y 66.78 ton respectivamente. En conclusión, la norma mexicana PDPS – 2004 y la norma técnica ecuatoriana NEC – 2015 estipulan que los desplazamientos inelásticos no deben ser mayores a 0.006 y 0.02 respectivamente y en ventaja de ello se tiene una mayor ductilidad.

Tavárez (2016) tuvo como objetivo general determinar la debilidad sísmica de una vivienda familiar de muros de concreto armado de 4 pisos ubicado en República Dominicana. La metodología de investigación fue no experimental – longitudinal ya que se recolectaron información a lo largo del tiempo en puntos específicos. En los resultados se observa que al realizar un análisis sísmico para un sismo severo la edificación tendrá una deriva en el eje X de 2.086cm y para el eje Y un valor de 3.253cm, para un sismo extremo las derivas que se generaran para el eje X es 2.804cm y para el eje Y 5.240cm, la cortante basal de la estructura presentó valores de: 3615 KN y 3071 KN, estos valores son mayores a los valores obtenidos con la norma MOPC – 2011 para un sismo severo es de 1360 KN y para un sismo extremo fue de 1964 KN. En conclusión, ambos métodos presentan similitud con respecto a los valores de los desplazamientos laterales, estos resultados tanto del análisis estático y dinámico otorgaran una mejor fluencia, resistencia y rigidez de la estructura.

Mora y Rodas (2018), su objetivo general fue distinguir los resultados del diseño sismorresistente tradicional aplicado en Ecuador, Estados Unidos y del sistema gravitacional, en una edificación de concreto armado. La metodología de investigación es cualitativa no experimental. En los resultados se puede observar que para el análisis estático por el método empleado en Ecuador el período es de 1.129s y el método empleado en EEUU es de 1.288s, el peso de la estructura por el MEE es de 6628.08 ton y por el MEEU es 6197.55 ton, la cortante basal calculado por el MEE es de 696.907 ton y por el MEEU es 571.196 ton, para el análisis dinámico el período obtenido por el MEE es de 1.203s y por el MEEU es de 1.416s con un incremento de 0.128s, el peso de la estructura por el MEE es 6344.44 ton y por el MEEU es de 5888.87 ton, mientras que la cortante basal por el MEE calculado fue de 592.501 ton y por el MEEU fue de 486.365 ton. En conclusión, las exigencias para un análisis sísmico dependen del peso de la edificación, generando este una variación de la cortante basal, ya que al aplicar el MEE presenta y genera mayor peso de la estructura, por ende, se requirió diseñar con una cortante basal de 100 ton más de lo que se calculó por el MEEU.

Alvarado, Bustos y Quintero (2015), tuvieron como objetivo general determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos niveles en la localidad Real Uribe – Bogotá. La metodología de investigación que aplicaron es cualitativa. En sus resultados se observó que el índice frente a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones fue de 1% alta, 71% medias y 28% baja, con respecto a las irregularidades, este afecta a las edificaciones en vulnerabilidad sísmica en un 3% alta 7% media y 91% baja. En conclusión, se determinó que para las viviendas evaluadas el grado de vulnerabilidad sísmica fue de 2, por lo cual esta metodología aplicada en esta investigación permite clasificar a las viviendas como vulnerables media con un 71%.

Alaa, El-Kashif y Salem (2022) tuvieron como objetivo general, analizar 15 edificios de sistema dual utilizando análisis dinámico no lineal para proponer una nueva definición de irregularidad torsional considerando los efectos de la asimetría del plano en la respuesta sísmica de edificios de sistema dual de media altura teniendo en cuenta la irregularidad torsional de varios códigos como el ASCE 7 – 16, EC – 8 y el código japonés. Entre sus resultados obtenidos se observó que las rotaciones

de los entrepisos aumentan a medida que aumenta la distancia entre el centro de masa y la rigidez, se usaron elementos rígidos ubicados a 8 m, 12 m y 16 m mientras aumenta la distancia entre el centro de masa y centro de rigidez, aumenta las rotaciones del piso y aumentan las relaciones de demanda de ductilidad, también se observó que el aumentar el PGA en las rotaciones del piso usando el análisis dinámico no lineal, las rotaciones del piso aumentan a medida que aumenta la aceleración máxima del suelo (PGA), también se observó que este efecto en las rotaciones de piso aumenta a medida que los números de pisos se incrementan, y alcanza su rotación máxima se da en el último piso, también se observó que el ignorar las disposiciones de irregularidad torsional se reduce en un 41% para excentricidades pequeñas y hasta 50% para excentricidades grandes, para el EC – 8 no existe reducción en la relación de fuerza de diseño para excentricidades pequeñas y un 6% para excentricidades grandes, para el ASCE 7 – 16 se reduce en un 27% para excentricidades pequeñas y hasta un 44% para excentricidades grandes y para el código japonés, existe una reducción en la relación de fuerza de diseño de los elementos laterales rígidos hasta un 41% para excentricidades pequeñas y un 42% para excentricidades grandes. Concluye que, al comparar los resultados de las ecuaciones derivadas basadas en la rotación de las fuerzas de diseño de los elementos laterales rígidos del sistema simétrico normalizado del sistema no simétrico con los resultados de las fórmulas de los códigos, los resultados indican que todas las disposiciones de irregularidad torsional de los códigos no son conservativas.

Khanal y Chaulagain (2020) tuvieron como objetivo modelar un marco de construcción de concreto reforzado regular y seis diferentes formas de L para el análisis numérico y evaluar el efecto de la irregularidad de la configuración del plano cuando se somete al ángulo variable del espectro de respuesta de entrada. Entre sus resultados se observa que se evaluaron 6 diferentes formas de L, los desplazamientos máximos de piso junto con la altura de los edificios irregulares de 10 pisos fueron; para el MIR L6 su desplazamiento máximo superior fue de 128.50mm, para los modelos irregulares L1, L2, L3, L4, L5 son: 97.40mm, 99.20mm, 100.60mm, 101.20mm, 116.50mm respectivamente, estas demandas de respuesta de desplazamiento lateral aumentaron con el aumento del nivel de irregularidad de la configuración de la estructura, también se observó la relación

máxima de deriva entre piso sobre la altura del edificio para los diferentes modelos sujetos a cargas sísmicas para los modelos L1, L2, L3, L4, L5 y L6 son: 0.005576, 0.005677, 0.005727, 0.00614, 0.006457, 0.007382 respectivamente, lo que confirma el efecto significativo de la irregularidad del piso, también se verifico las deformaciones por irregularidad torsional para los diferentes tipos de modelos L1, L2, L3, L4, L5 y L6 son: 1, 1.01, 1.02, 1.05, 1.09 y 1.11 respectivamente. Concluye que al aumentar la irregularidad en planta del edificio la deriva absoluta entre pisos alcanza su valor máximo en el primero piso, lo que muestra que los pisos inferiores se ven más afectados que los pisos superiores, también concluyeron que el aumento de la irregularidad da como resultado un aumento de las demandas de fuerza de corte en los elementos resistentes verticales ubicados en la periferia de las estructuras en comparación con los edificios regulares y agregaron que el código estándar indio (IS) no ha podido incorporar el aspecto de diseño de los edificios complejos, como las edificaciones en forma de L.

Estructura: Para Giordani y Leone (2013) definen estructura como: “Un agrupamiento firme de elementos resistentes de una edificación, que tienen como función soportar cargas tanto vivas como muertas, para transmitirlos directamente al suelo, también comenta que estos elementos son diseñados para recibir cargas externas, que posteriormente también serán transmitidos al suelo.” (pág. 02)

Análisis Estructural: Es el procedimiento donde se puede determinar la respuesta de un sistema estructural ante un estado de carga específico. Según Giordani y Leone (2013) “Es parte de la mecánica basado en el estudio estructural, que consiste en determinar las deformaciones y esfuerzos a las que está sometido, por causas externas como: fuerzas sísmicas, de viento, cargas gravitacionales, variación de la temperatura, etc.) (pág. 02)

Sobre conceptos de sismología Santana (2013) comenta lo siguiente: Un movimiento sísmico es un movimiento brusco de la Tierra, que es causado por la liberación de energía acumulada a lo largo de un largo tiempo. La energía es transmitida a el área a modo de ondas sísmicas que se propagan en cada una de las direcciones. Se debería comprender que la tierra está constituida por decenas de placas de alrededor de 70km de grosor. A medida que pasan millones de años, estas placas se van acomodando; todo lo mencionado ha originado los continentes

que en la actualidad se sabe. Empero una vez que las placas chocan entre sí, una pasa por abajo o arriba de la otra y esto origina cambios en la topografía. No obstante, si el movimiento se dificulta, se empieza a juntar energía que se liberará una vez que una de las placas se mueva bruscamente originando el desplazamiento del suelo. Los sismos se acostumbran crear en regiones donde la concentración de fuerzas generadas por las fronteras de las placas tectónicas provoca desplazamientos para su reajuste en el profundo y en el área. Acostumbran producirse finalmente de un periodo nombrado periodo sísmico, que es el lapso de tiempo a lo largo del cual se acumula deformación en el interior de la Tierra que luego se liberará repentinamente. Dicha liberación se corresponde con el sismo, luego la deformación comienza a acumularse nuevamente. (pág. 03)

Según el Servicio Geológico de México comenta sobre el origen de los sismos por Bordes Convergentes o regiones de subducción (bordes destructivos). En donde 2 placas se topan, por sus movimientos en sentido opuesto, la más pesada se hunde abajo de la menos pesada a lo que se le conoce cómo zona de subducción; la placa que subduce se va hacia el interior del manto, calentándose y fundiéndose parcialmente generando magma que sube a el área. Una zona de subducción se caracteriza por su alteración, vulcanismo, formación de montañas, metamorfismo, actividad sísmica y depósitos minerales relevantes.

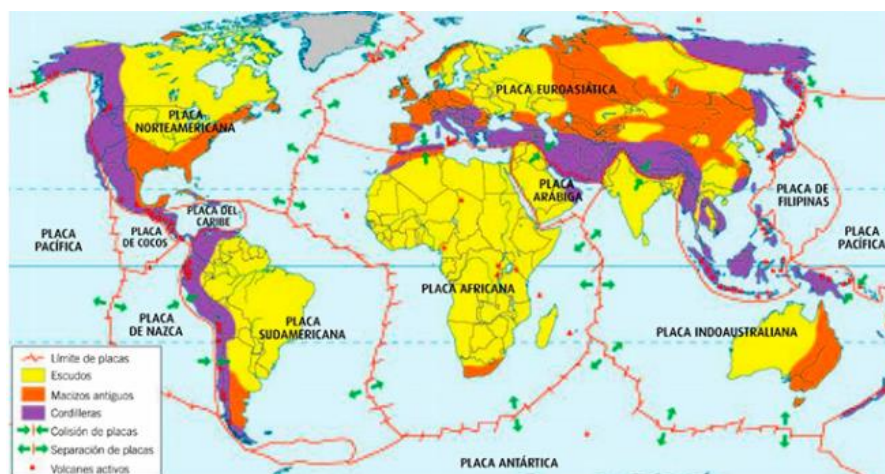


Figura 1. Mapa de placas tectónicas Fuente: Servicio Geológico de México



Figura 2. Subducción Fuente: Servicio Geológico de México

De igual manera Delgado (2011) afirma lo siguiente: De muchas teorías existentes sobre el origen de los terremotos, la teoría de las placas es la más aceptada, cuando la corteza terrestre está dividida en grandes bloques o placas que tiene movilidad de respuesta a los procesos convectivos que ocurren en las profundidades de la tierra. La continua presión de fuerzas internas, el desplazamiento de bloques de corteza terrestre, la elasticidad de la piedra madre y su capacidad para guardar energía son causa de los terremotos. Los inicios de los terremotos en el Perú son debido a la interacción entre la placa de Nazca y la Sudamericana, la placa de Nazca al desplazarse horizontalmente e introducirse por abajo de la Sudamericana este crea presión lo cual hace alteraciones concéntricas de fuerzas, cuando estos esfuerzos exceden cierto límite, la presión es liberada por un movimiento profundo de la placa generándose ondas expansivas formando así el desplazamiento sísmico. (pág. 09;10)

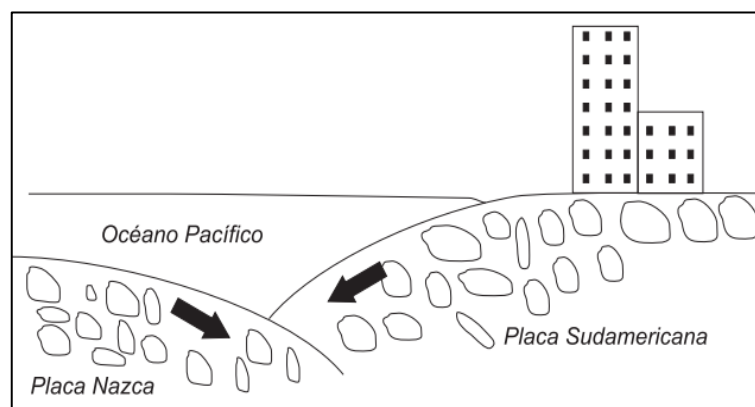


Figura 3. Teoría de las placas tectónicas Fuente: Genaro Delgado

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) muestra el Mapa Sísmico del Perú donde se observa el reparto espacial de los eventos con dimensiones igual o más grandes a 4.0 en la escala "intensidad instantánea" (MW) ocurridos a lo largo del lapso de 1960-

2019. La información usada corresponde a los catálogos del Instituto Geofísico del Perú y de Engdahl & Villaseñor (2002). Los sismos fueron clasificados en funcionalidad de la hondura de sus focos en superficiales, intermedios y profundos. En el mapa, la medida de los símbolos sugiere el tamaño del terremoto y representa la proporción de energía liberada y que podría ser expresada en las escalas de Richter (ML), ondas de volumen (MB), ondas superficiales (MS) y recientemente desde el instante sísmico (MW). Otra forma de cuantificar al movimiento sísmico es por la fuerza del sacudimiento del suelo y por los perjuicios que ocasionan en las regiones urbanas, siendo medido con grados de magnitud en la escala de Mercalli Modificada (MM). Debería entenderse que el poder destructivo de un terremoto y/o movimiento sísmico es dependiente de componentes como su intensidad, hondura del foco, duración del desplazamiento, características físicas de las piedras por donde viajan las ondas sísmicas, los materiales y propiedades constructivas de las casas, inmuebles y obras de ingeniería.

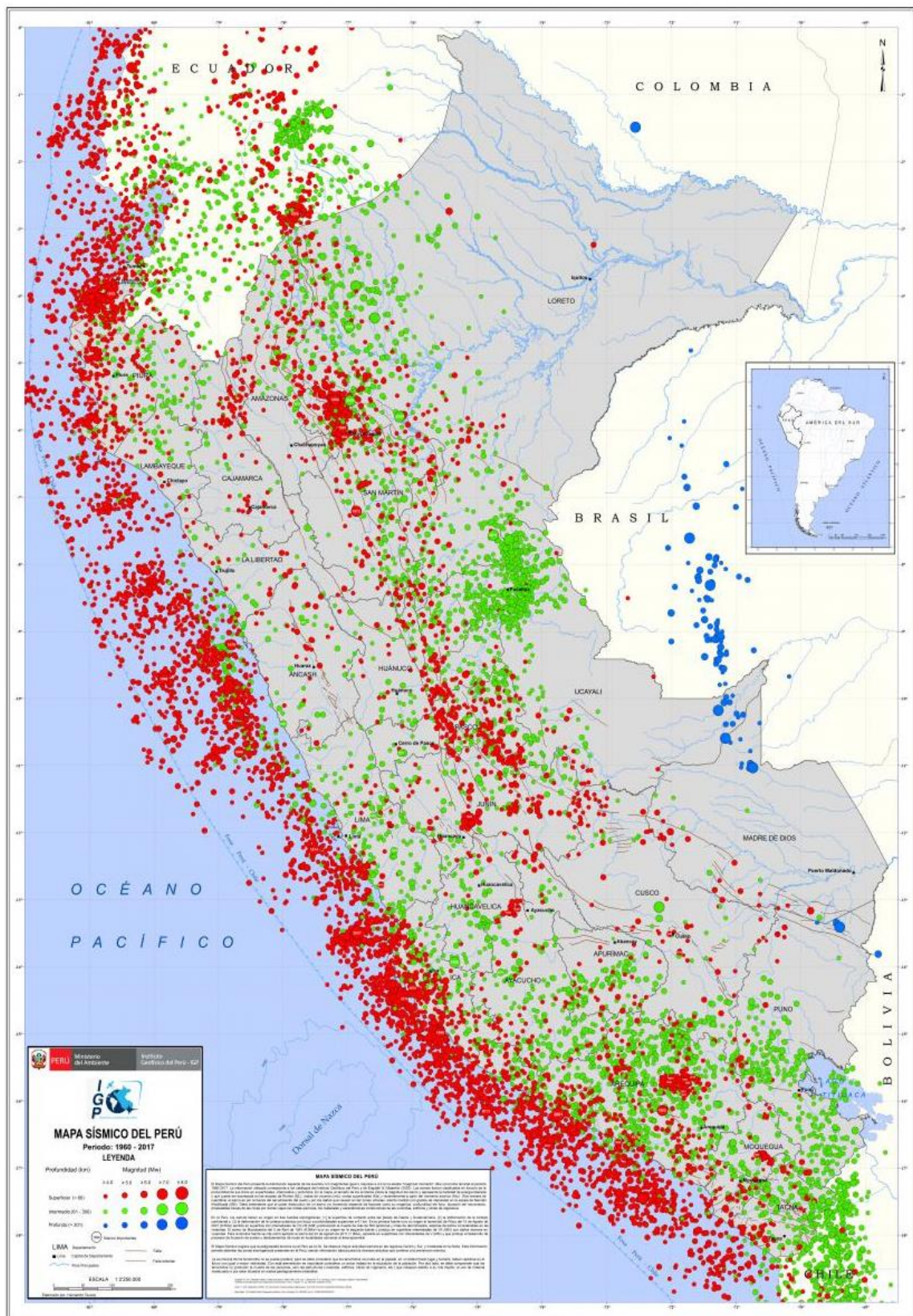


Figura 4. Mapa sísmico del Perú Fuente: Instituto Geológico del Perú 2019

El Mapa Sísmico indica que el peligro sísmico en el Perú es “Alta”. Se observa más actividad sísmica en las zonas Centro y Sur, y moderada en la Norte. Esta información posibilita definir las regiones sismogénicas presentes en el Perú, siendo información elemental para los diferentes estudios que conlleve a la prevención sísmica.

Análisis Estático, Méndez y Díaz (2019) comentan que: “El estudio de fuerzas equivalentes o estático de una estructura radica en, determinar la cortante sísmica, generado en la parte inferior del edificio y se le denomina cortante basal estática, este se verá evidenciado en la composición de la edificación, esto se logra distribuyendo la cortante sísmica al centro de masa de cada entrepiso de la estructura presente una deformación, que está en relación al peso de sí mismo.” (pág. 37)

Análisis Dinámico, Wakabayashi (2006) afirman lo siguiente: “El estudio dinámico posibilita decidir la contestación de una composición diseñada estáticamente bajo una fuerza dinámica y apreciar la estabilidad de la respuesta de la edificación, para hacer este estudio se debería sustituir la construcción total por un sistema de vibración, el cual, este al ser estudiado otorga propiedades dinámicas de la edificación (frecuencias, periodos, modos, derivas de entrepiso, etcétera.)” (pág. 218)

Norma E.030, instituye criterios para realizar un adecuado diseño sismorresistente de estructuras, esta norma contempla una filosofía y principios del diseño sismorresistente basados en: Eludir las pérdidas humanas, asegurar la continuidad de servicios básicos, reducir los perjuicios a la propiedad, en relación con la filosofía mencionada se dan los siguientes principios: La composición estructural no debe colapsar ni provocar perjuicios graves a los individuos, empero si podría tener daños relevantes, gracias a movimientos telúricos calificados como sismos severos.

Parámetros Sísmicos del Reglamento Nacional de Edificaciones (2003 – 2018)

Zonificación, Muñoz (2020) comenta lo siguiente: “Debido a los conocimientos de riesgo sísmico lo cual empezaron a ampliar en el Perú, a partir de la norma técnica del año 1997 el componente Z corresponde a un dato de aceleración vinculada a

sismos con periodos de retorno de 475 años (sismo severo). En la norma técnica de 1997 y 2003, el dato Z correspondía a la aceleración de un suelo rocoso, en la vigente norma técnica (2018) Z compete a la aceleración esperada en suelo bueno.” (pág. 14)



Figura 5. Sismicidad norma 2003 Fuente: AMP 2020

La tabla N°1 de las zonificaciones del artículo 5 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003 se ubica en el anexo 04.

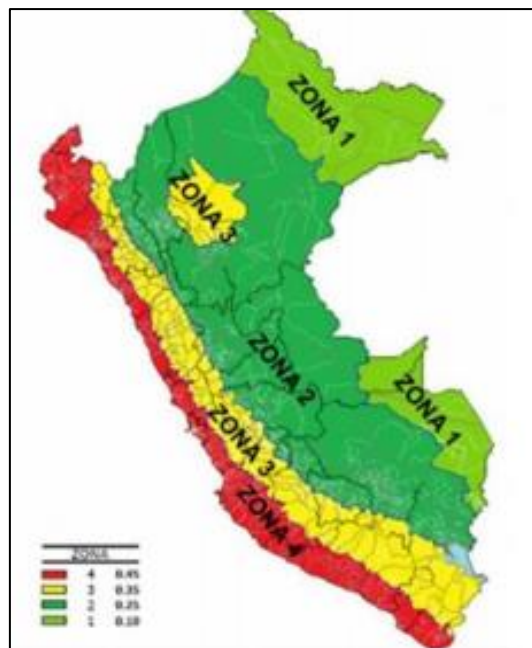


Figura 6. Sismicidad norma 2018 Fuente: AMP 2020

La tabla N°1 de las zonas sísmicas del artículo 10 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018 se ubica en el anexo 05.

Parámetros de sitio, Muñoz (2020) comenta que: “La E.030 establece el espectro de diseño para cuatro tipos de suelos, incluyendo el parámetro de zonificación, hay 2 factores que pertenecen únicamente del tipo de suelo como: El parámetro de lugar S y los períodos para el diseño del espectro T_p y T_L . El elemento S se interpreta como un dato de modificación de la aceleración pico del suelo para un perfil determinado respecto al Perfil Tipo S1; por lo tanto, el producto ZS se interpreta como la aceleración máxima en el sector para cada Zona Sísmica y Tipo de Perfil determinado.” (pág. 17)

En el artículo 6 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003, la tabla N°2 muestra los parámetros del suelo $T_P(S)$ y S se ubican en el anexo 06.

De la misma manera el artículo 13 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018, la tabla N°3 muestra los factores de suelo (S) y la tabla N°4 muestra los valores de períodos T_P y T_L que se visualizan en el anexo 07 y 08 respectivamente.

El factor de amplificación sísmica (C), Muñoz (2020) Nos dice que: “El movimiento máximo que alcanzaría en un sismo a una edificación flexible de un nivel de independencia es dependiente tanto de la aceleración que consigue en su base, como de lapso importante de vibración (T). El cociente entre el precio mayor de la aceleración en la estructura y el precio pico de la aceleración en su base. Se llama elemento de amplificación. La regla posibilita estimar el componente de amplificación en funcionalidad del lapso de la composición y de las etapas TP y TL por medio de expresiones sencillas. (pág. 18)

La norma técnica de diseño sismorresistente E.030 – 2003 propone la siguiente expresión en función a los parámetros de sitio:

$$C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right); C \leq 2.5$$

La norma técnica de diseño sismorresistente E.030 – 2018 modificó este parámetro planteando las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} T < T_P & C = 2.5 \\ T_P < T < T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right) \\ T > T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right) \end{array}$$

Respecto al factor de uso (U), Muñoz (2020) comenta lo siguiente: “Para entablar la categoría de una estructura, la norma estima diversos puntos como el valor del inmueble para el manejo del estado y para la administración de emergencias, el número de individuos que podría albergar e inclusive su trascendencia para la metrópoli, como en la situación de inmuebles que son parte de sistemas de transporte masivo.” (pág. 20)

En la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003, el artículo 10: Categoría de las Edificaciones muestra la tabla N°3 los factores de clasificación (U), que se visualiza en el anexo 09.

De igual manera la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018, el artículo 15: Categoría de las edificaciones y factor de uso (U) muestra la tabla N°5 que se visualiza en el anexo 10.

Sistemas Estructurales, Muñoz (2020) define que: “La norma E.030 considera ciertos sistemas de soporte hechos de hormigón armado, acero mampostería, madera y tierra con diversos fines, antes que nada, establecer el elemento de reducción de fuerzas sísmicas, especificar el movimiento lateral mayor permisible y su uso conforme el sentido y el área de la estructura” (pág. 21)

Estructuras de concreto, nuestra norma peruana E.030 estima 4 sistemas estructurales de hormigón armado: Sistema de pórticos, muros estructurales, sistema dual y muros de ductilidad limitada.

De la misma manera en el capítulo 21 de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado establece ciertas especificaciones a cumplir para poder determinar qué tipo de sistema estructural corresponde una estructura, de la misma manera Muñoz (2020) agrega que: “La fuerza cortante basal tomado para las columnas es mayor o igual

al 80% de la fuerza total, esta estructura se llama sistema de pórticos. De igual manera, si la cortante basal que toman las placas es más grande o igual al 70% de la fuerza total, esta estructura es denominada muros estructurales. Al final, la fuerza final que adquieren las columnas permanece entre el 30% y 80% de la fuerza total, este sistema se llama como dual de concreto armado (pág. 22).

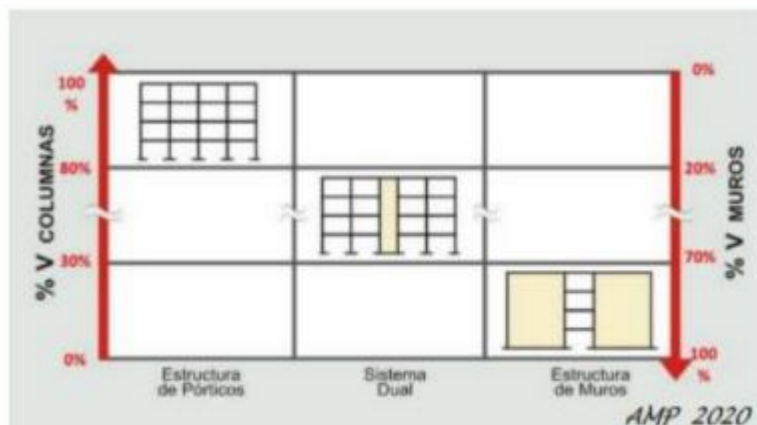


Figura 7. Sistemas estructurales en Concreto Fuente: AMP 2020

Sistema Estructural (R_0), Muñoz (2020) comenta lo siguiente: “La fuerza sísmica total que la estructura recibirá, será reducido para calcular la fuerza de diseño de la estructural, el (R_0) está definido en relación al tipo de la estructura.” (pág. 23)

El artículo 12 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003, la tabla N°6 indica los valores de coeficientes de reducción (R), según la clasificación de los materiales a usarse y sistema de estructuración sismorresistente, que se visualizan en el anexo 11.

De igual forma en el artículo 18 de la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018, muestra la tabla N°7 de la clasificación de los sistemas estructurales con sus respectivos coeficientes básicos de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0), lo cual se puede visualizar en el anexo 12.

Regularidad Estructural, Muñoz (2020) comenta que: “Es necesario calificar todos los edificios como regulares e irregulares para determinar el método analítico apropiado, establecer el coeficiente de reducción de esfuerzos sísmicos (R) y finalmente excluir del uso una estructura irregular de acuerdo con la importancia y ubicación del edificio.” (pág. 24)

La Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003, muestra el artículo 11: Configuración estructural, estructuras regulares e irregulares: La tabla N°4 de irregularidades estructurales en altura y la tabla N°5 de irregularidades estructurales en planta, las tablas se visualizan en los anexos 13 y 14 respectivamente.

De la misma manera la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018, en el artículo 19 menciona la regularidad estructural como estructuras regulares e irregulares y en el artículo 20 menciona los factores de Irregularidad en altura y planta (I_a , I_p) en las tablas N°8 y 9, estas tablas se visualizan en los anexos 15 y 16 respectivamente.

Peso de la estructura, Muñoz (2020), nos menciona que: “El peso sísmico utilizado para hallar las fuerzas sísmicas, comúnmente conocido como (Peso sísmico), se analiza como el peso posible que el edificio podría poseer durante el terremoto de diseño. El peso sísmico debe asumirse como el peso muerto total y la carga viva se asume un porcentaje de acuerdo con el uso del edificio.” (pág. 34)

Tanto la E.030 del 2003 y la E.030 del 2018 estipulan lo siguiente: En edificaciones contempladas en la categoría esencial e importante se usará el 50% de la carga viva, el 25% en la categoría de edificaciones comunes, en almacenes de depósitos se usará el 80% de la carga, en el último nivel como azotea o techos se tomará el 25% de la carga mencionada.

Análisis Sísmico: Estudio Estático, la norma técnica E.030 sugiere que este procedimiento representa las solicitaciones sísmicas por medio de un grupo de fuerzas actuando en el interior de masas de cada grado de la construcción.

Fuerza cortante en la base, Muñoz (2020) comenta lo siguiente: “La cortante sísmica de la estructura (V), se halla en relación al peso de la edificación (P), dos valores que son parte de la zona ubicada la estructura (Z , S), así mismo, también depende de la categorización de la edificación (U) y de parámetros propios de la estructura tales como el coeficiente de amplificación sísmica (C) y el factor de reducción sísmica (R).” (pág. 35)

La norma E.030 – 2003 representa la siguiente expresión para dicho cálculo:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P \qquad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

La norma E.030 – 2018 representa la siguiente expresión para dicho cálculo:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P \qquad \frac{C}{R} \geq 0.11$$

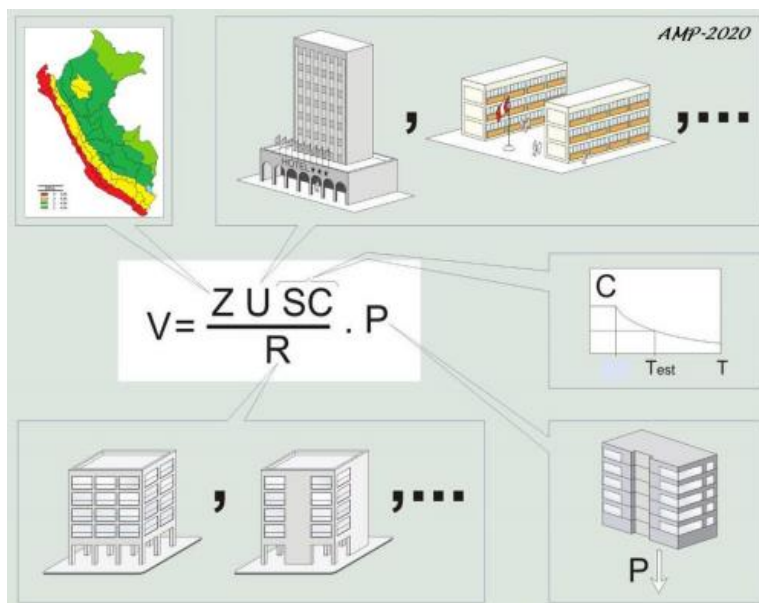


Figura 8. Parámetros sísmicos Fuente: AMP 2020

Repartición de la cortante sísmica en altura, Muñoz (2020) comenta que: “La cortante sísmica total de la edificación (V), se distribuye de manera equitativa en F_1, F_2, \dots, F_n que son distribuidos en el centro de masa de cada piso.” (pág. 36)

La Norma E.030 – 2003 indica lo siguiente en el artículo 17.4

Si el ciclo T , es inferior a $0.7s$, una de las secciones de la cortante sísmica, llamada F_a . Esta fuerza está determinada en el siguiente termino:

$$F_a = 0.07 \cdot T \cdot V \leq 0.15 \cdot V$$

Lo demás de la fuerza cortante, o sea $(V - F_a)$ se distribuirá entre los diversos niveles, incluyendo el último, con el siguiente modo:

$$F_i = \frac{P_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot h_j} \cdot (V - F_a)$$

Por otra parte, la norma también hace mención del efecto torsión el cual la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debería considerarse el efecto de excentricidades accidentales. Para este análisis la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), considerará como 0.005 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la de la acción de las fuerzas. El momento accidental se denomina en la siguiente expresión:

$$Mt_i = \pm F_i \cdot e_i$$

La norma técnica E.030 – 2018 Capítulo 4.5.3 menciona los siguientes pasos para calcular el repartimiento de la cortante sísmica.

La fuerza sísmica horizontal en cualquier nivel i , correspondiente a la dirección considerada, se cuantificará por medio de la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

Donde: n es la cantidad de pisos de la estructura, k es un factor del periodo fundamental de vibración (T) que se calculará mediante:

De la misma forma, esta norma también hace mención a la excentricidad accidental y este se calculará de la misma forma mencionada anteriormente:

$$Mt_i = \pm F_i \cdot e_i$$

Período fundamental, Muñoz (2020) indica que: “El factor más importante para obtener los resultados del análisis sísmico, es el periodo fundamental de vibración. Esta expresión tiene un valor aproximado a las dispersiones, por lo cual se recomienda emplear la fórmula de Rayleigh.” (pág. 37)

Para obtener este valor la NTE – E.030 tanto del 2003 y 2018 plantean expresiones aproximadas para su cálculo respectivo:

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

Donde C_T puede tomar los valores de 35, 45 y 60.

Alternativamente se puede usar la expresión de Rayleigh, este método dinámico permite utilizar la rigidez y distribución de masas en la edificación:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2)}{(g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i)}}$$

Procedimiento de análisis sísmico: Método del análisis dinámico modal espectral, de acuerdo a la norma E.030 se puede aplicar para el diseño sismorresistente de toda estructura, usando resultados del análisis dinámico por combinación modal espectral.

Modos de vibración, Muñoz (2020) comenta lo siguiente: “Los métodos de vibración tienen la posibilidad de calcular tomando un modelo tridimensional que represente correctamente el reparto de rigidez y masa del edificio, y que se utilicen al menos los 3 primeros métodos de vibración que predominan o el número de métodos impredecibles para que la sumatoria de dichos sea más grande o igual a 90% de la masa total de una construcción”. (pág. 39)

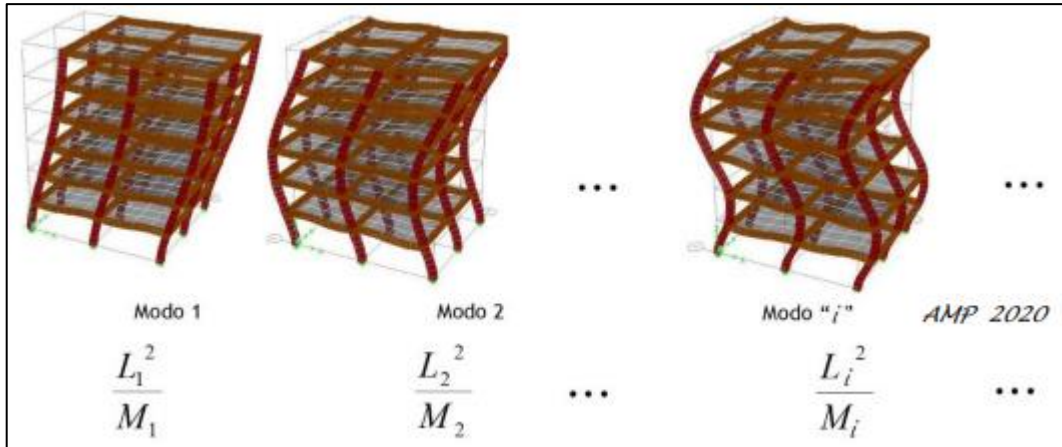


Figura 9. Modos de vibración Fuente: AMP 2020

Aceleración espectral, la norma técnica E.030 no instituye un valor mínimo para la aceleración espectral; el valor límite para la interacción entre C/R solamente se aplica para el estudio sísmico por el procedimiento estático, en esta situación para calcular el espectro de diseño de aceleración espectral se usará la siguiente fórmula:

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

La norma E.030 – 2003 y 2018 indican que para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro usado para las direcciones horizontales. Pero solo la E.030 – 2018 agrega lo siguiente:

Considerando los valores de C, definidos anteriormente se debe considerar una rampa de subida desde C=1 hasta C=2.5 para períodos cortos entre ($T < 0.2T_p$) en la que se considerará:

$$T < 0.2T_p \quad C = 1 + 7.5 \cdot \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

Determinación de los desplazamientos laterales, la norma técnica E.0.30 - 2018 en el artículo 31 menciona que, en edificios regulares, las derivas son calculadas por el producto de 0.75R de las respuestas obtenidos del análisis sísmico y 0.85R para

estructuras irregulares, mientras que la norma E.030 – 2003 dice que las derivas se hallarán por el producto de $0.75R$ ya sea un sistema regular o irregular.

La Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2003, en el artículo 15: Desplazamientos laterales, plantea la tabla N°8 de los límites para desplazamiento lateral de entrepiso, esta tabla se visualiza en el anexo 17.

De igual forma en la Norma Técnica de Edificación E.030 de diseño sismorresistente 2018, en el artículo 32: Desplazamientos laterales relativos admisibles, indica la tabla N°11 los máximos desplazamientos relativos de entrepiso, la tabla se ubica en el anexo 18.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: Comentan Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) “El tipo de investigación aplicada está dirigida en resolver adecuadamente problemas de desarrollo de circulación, distribución, producción y consumo de bienes y servicios, de las actividades humanas, pero primordialmente del tipo infraestructural, industrial, comercial, etc” (pág. 93)

Por ende, guardando relación con Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez la investigación realizada será de tipo aplicada porque se realizará el análisis sísmico de fuerzas equivalentes (estático) y dinámico modal espectral de una vivienda multifamiliar de 7 pisos.

Diseño de investigación: Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) mencionan que: “La investigación experimental tiene un nivel de investigación alto ya que utiliza el experimento como método o técnica de investigación.” (pág. 331)

De tal forma, tomando en consideración lo que los autores mencionan el diseño de investigación será experimental, porque realizaremos una comparación del análisis sísmico de fuerzas equivalentes (estático) y dinámico modal espectral usando dos normas de DSR E.030 2003 y 2018.

3.2. Variable y operacionalización

Variable Independiente (X): Norma E.030 diseño sismorresistente

Variable Dependiente (Y): Análisis sísmico

- Definición conceptual

Variable Independiente (X) Norma E.030 diseño sismorresistente: Según Muñoz (2020) “Toda norma de diseño sismorresistente tiene una serie de pasos para poder determinar la respuesta y demanda sísmica. Todo el método de diseño sismorresistente que conlleva a tener un edificio resistente y dúctil, están en las normas de Concreto Armado, Albañilería o Acero como la NTP E.030 que contempla los pasos y restricciones para un adecuado Análisis Sismorresistente cumpliendo todos los parámetros establecidos en ella.” (pág. 05)

Variable Dependiente (Y) Análisis sísmico: Según Castro (2018) define lo siguiente: “El análisis sísmico de una estructura básicamente se diferencia de otros análisis por la definición de los diversos períodos de vibración resaltantes de una estructura basado en su modelación geométrica y las matrices de rigidez de la misma estructura.” (pág. 02)

- Definición operacional:

Variable Independiente (X) Norma E.030 diseño sismorresistente: Nuestra variable independiente es Norma E.030, será aplicado para realizar el estudio sísmico de una edificación multifamiliar, donde se tomará en cuenta todo el procedimiento establecido en esta norma para realizar el estudio sísmico: Los factores de zonificación, parámetros de sitio, categoría de uso, factor de amplificación sísmica, irregularidades en altura y planta, factor básico de reducción sísmica y todo proceso aplicativo de expresiones numéricas para el análisis estático y dinámico.

Variable Dependiente (Y) Análisis sísmico: La variable dependiente Análisis Sísmico es la parte donde se aplicará las diversas fórmulas y expresiones definidas en la NTP E.030, se tomará en cuenta los procedimientos y restricciones del análisis estático y el análisis dinámico modal espectral para poder determinar los desplazamientos admisibles establecidos en esta norma.

- Dimensiones

Variable Independiente (X) Norma E.030 diseño sismorresistente: Zonificación, Parámetros de sitio, Amplificación sísmica, Coeficiente de reducción sísmica, Irregularidad en altura e Irregularidad en planta.

Variable Dependiente (Y) Análisis sísmico: Análisis estático y Análisis dinámico.

- Indicadores

Variable Independiente (X) Norma E.030 diseño sismorresistente: Para Espinoza (2019) “Un indicador es una unidad o señal que va permitir estudiar y cuantificar una variable.” (pág. 175)

Los indicadores según las dimensiones mencionadas son:

- Z1, Z2, Z3 Y Z4

- S0, S1, S2, S3
- C
- R_o
- I_a y I_p

Variable Dependiente (Y) Análisis sísmico: Las características de esta variable según las dimensiones consideradas para este son:

- Cortante basal estática.
 - Espectro de diseño.
 - Períodos de vibración.
 - Distribución de la cortante basal en los entrepisos.
 - Desplazamientos laterales de los entrepisos.
- Escala de medición

Variable Independiente (X) Norma E.030 diseño sismorresistente: Espinoza (2019) comenta lo siguiente: “Se llama medición al proceso de asignar un valor numérico a una variable, esta escala de medición ayuda a definir la información sobre las clasificaciones que se harán a las variables.” (pág. 176)

Por esta razón con relación a lo que menciona Espinoza, la variable tiene una escala de medición: de razón.

Variable Dependiente (Y) Análisis sísmico: Para la variable dependiente la escala de medición será: de razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: López (2004) nos hace saber que “La población es el grupo de individuos y objetos donde se desea saber algo de una indagación. Mundo o población puede estar formado por personas, registros médicos, animales, muestras de laboratorio entre otro.” (pág. 69)

En relación a lo mencionado por López la población será todas las edificaciones de concreto armado ubicados en la zona de estudio la Calle Berlín.

Muestra: Según López (2004) comenta que: “La muestra es una parte de la población donde se realizará la investigación.” (pág. 69)

Así mismo, la muestra será el edificio Berlín multifamiliar de 7 pisos.

Muestreo: Define López (2004) que: “El muestreo es un procedimiento usado para elegir a los elementos de la muestra del total poblacional.” (pág. 69)

Por otro lado, nuestro muestreo serán todos los elementos estructurales del edificio multifamiliar de 7 pisos Berlín.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Comenta Hernández y Duana (2020) que la técnica de recolección de datos abarca en el proceso y eficiencias que hará que el investigador tenga la suficiente información para dar respuesta de su pregunta de investigación. (pág. 52)

En relación a lo que comentan los autores la técnica aplicada para esta investigación será la observación.

De la misma manera Hernández y Duana (2020) agregan que el instrumento usado para la recolección de datos de una investigación debe ser confiable, objetiva y que cuenta con validez, si no cumple con algunos de estos puntos importantes el instrumento no será útil y los resultados no serán auténticos. (pág. 52)

De igual forma según comentaron los autores el instrumento para la investigación será la Norma Técnica Peruana E.030 2003 y 2018 contemplada en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

3.5. Procedimientos

Para este proyecto de investigación la recolección de información en primera instancia fue obtener los planos tanto de arquitectura como el de estructuras, también se obtuve información de la Norma Técnica Peruana E.030 2003 y 2018 que describe el procedimiento adecuado para realizar el análisis sismorresistente de estructuras.

3.6. Método de análisis de datos

El procedimiento realizado para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, en primera instancia se hizo una previa lectura de los planos de arquitectura y estructuras, para obtener una mejor información detallada en estos, se verificaron los cortes, elevaciones y niveles de entresijos de la vivienda, al igual que las dimensiones de los elementos estructurales, columnas, vigas, placas, losas y las

especificaciones técnicas descritas en los planos, para luego realizar el modelamiento matemático tridimensional empleando el software Etabs v.19, para el análisis sísmico, se siguió el procedimiento especificado en la Norma Técnica Peruana E.030 2003 y 2018, que contempla todos los parámetros, criterios y pautas para un adecuado análisis sismorresistente de estructuras y plantear cuadros comparativos de los resultados obtenidos aplicando estas dos normas peruanas.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación contiene información, ideas, imágenes de terceros los cuales fueron citadas según la norma ISO 690, acreditándoles el mérito por su aporte e investigación, dentro del marco de la ley respetando su propiedad intelectual, media ambiente, a la sociedad y propiedad privada.

IV. RESULTADOS

Disposiciones generales

La Norma Técnica Peruana E.030 de diseño sismorresistente nos establece las condiciones mínimas para un diseño y análisis sismorresistente de las edificaciones, la norma contempla una filosofía y principios del diseño sismorresistente que consiste en:

- ✓ Evitar pérdidas de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos, minimizar los daños a la propiedad.

En concordancia con la filosofía, se reconoce que dar protección completa de la estructura frente a los sísmicos no es técnica ni económicamente factible, por ello la Norma presenta los siguientes principios:

- ✓ La estructura no debería colapsar ni causar daños graves, pero podría presentar daños importantes, debido a los movimientos sísmicos.

Análisis sísmico con la NTP E.030 – 2018

Análisis sísmico estático en X – NTP 2018

Siguiendo las indicaciones y criterios de la NTP E.030 2018 para el análisis estático tendremos los siguientes parámetros:

Tabla 1. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en X – E.030 2018

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA		4
CATEGORÍA EDIFICACIÓN		C. Edificación Común
PERFIL SUELO		S2. Suelos Intermedios
SISTEMA ESTRUCTURAL		CºAº Muros Estructurales
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
T_L (s)	2	Periodo de zona con desplazamiento constante
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo

Fuente: Elaboración propia.

- Factor de amplificación sísmica (C)

$$T < T_P$$

$$C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L$$

$$C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L$$

$$C = 2.5 \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Para calcular el factor C debemos determinar el rango donde se encuentra el período fundamental de vibración del edificio.

Tabla 2. Período fundamental de vibración para X – E.030 2018

PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN		
hn (m)	22	Altura de la Edificación
Ct	60	Albañilería, CºAº Muros, Duales y EMDL
T (s)	0.367	Periodo Fundamental Estimado
T (s)	0.4348	Periodo Fundamental para Cálculos en X
C	2.5	Factor de Amplificación Sísmica

Fuente: Elaboración propia.

- Sistema estructural y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

Tabla 3. Regularidad estructural – E.030 2018

REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
R₀	6	Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas
I_a	1	Factor de Irregularidad en Altura
I_p	0.9	Factor de Irregularidad en Planta
R	5.4	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas
Tipo	Estructura Irregular	

Fuente: Elaboración propia.

- Cortante basal estática del edificio en la dirección X.

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

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Tabla 4. Cortante basal en dirección X – E.030 2018

CORTANTE BASAL	
C/R	0.463
ZUCS/R	0.2188
P (tonf)	2643.22
k	1.000
V_b (tonf)	578.20

Fuente: Elaboración propia.

Análisis sísmico estático en Y – NTP 2018

Tabla 5. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en Y – E.030 2018

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA		4
CATEGORÍA EDIFICACIÓN		C. Edificación Común
PERFIL SUELO		S2. Suelos Intermedios
SISTEMA ESTRUCTURAL		CºAº Muros Estructurales
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
T_L (s)	2	Periodo de zona con desplazamiento constante
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo

Fuente: Elaboración propia.

- Factor de amplificación sísmica (C)

Tabla 6. Período fundamental de vibración en Y – E.030 2018

PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN		
h_n (m)	22	Altura de la Edificación
C_t	60	Albañilería, CºAº Muros, Duales y EMDL
T (s)	0.367	Periodo Fundamental Estimado
T (s)	0.56	Periodo Fundamental para Cálculos en Y
C	2.5	Factor de amplificación sísmica

Fuente: Elaboración propia.

- Cortante basal estática del edificio en la dirección Y.

Tabla 7. Cortante basal en dirección Y – E.030 2018

CORTANTE BASAL	
C/R	0.463
ZUCS/R	0.2188
P (tonf)	2643.22
k	1.028
V_b (tonf)	578.20

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros sísmicos estáticos para el edificio en la dirección X e Y

Tabla 8. Parámetros estáticos para X e Y – E.030 2018

DATOS	DIRECCIÓN X-X	DIRECCIÓN Y-Y
Z	0.45g	0.45g
U	1.0	1.0
C	2.5	2.5
S	1.05	1.05
T _P	0.6	2.0
T _L	0.6	2.0
R _O	6.0	6.0
I _a	1.0	1.0
I _p	0.9	0.9
T	0.435	0.556
P (tonf)	2643.22	2643.22
V _b (tonf)	578.20	578.20

Fuente: Elaboración propia.

Distribución de la Fuerza Sísmica en altura

La NTP E.030 – 2018 en el artículo 28.3 nos indica la fórmula que debemos considerar para determinar la distribución horizontal en cualquier nivel de la estructura, se usará:

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad \alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j (h_j)^k} \quad Mt_i = \pm F_i \cdot e_i$$

- K es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T) y se calculará mediante:

- a) Para T menor o igual a 0.5s $k=1.0$
- b) Para T mayor que 0.5s $k=(0.75+0.5T) \leq 2.0$

- Distribución de las fuerzas sísmicas en la dirección X-X

Tabla 9. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X; E.030 2018

PISO	P _i (tonf)	h _i - h _{i-1}	h _i (m)	P _i * h _i ^k	α _i	F _i (tonf)	M _{ti} (tonf*m)
az	94.68	2.75	22	2082.960	0.070	40.34	29.35
7	330.86	2.75	19.25	6369.055	0.213	123.35	89.73
6	370.74	2.75	16.5	6117.210	0.205	118.47	86.19
5	371.11	2.75	13.75	5102.763	0.171	98.82	71.89
4	371.50	2.75	11	4086.500	0.137	79.14	57.58
3	371.11	2.75	8.25	3061.658	0.103	59.29	43.14
2	370.73	2.75	5.5	2039.015	0.068	39.49	28.73
1	362.49	2.75	2.75	996.847	0.033	19.31	14.04
Total	2643.22			29856.008	0.659	578.20	

Fuente: Elaboración propia

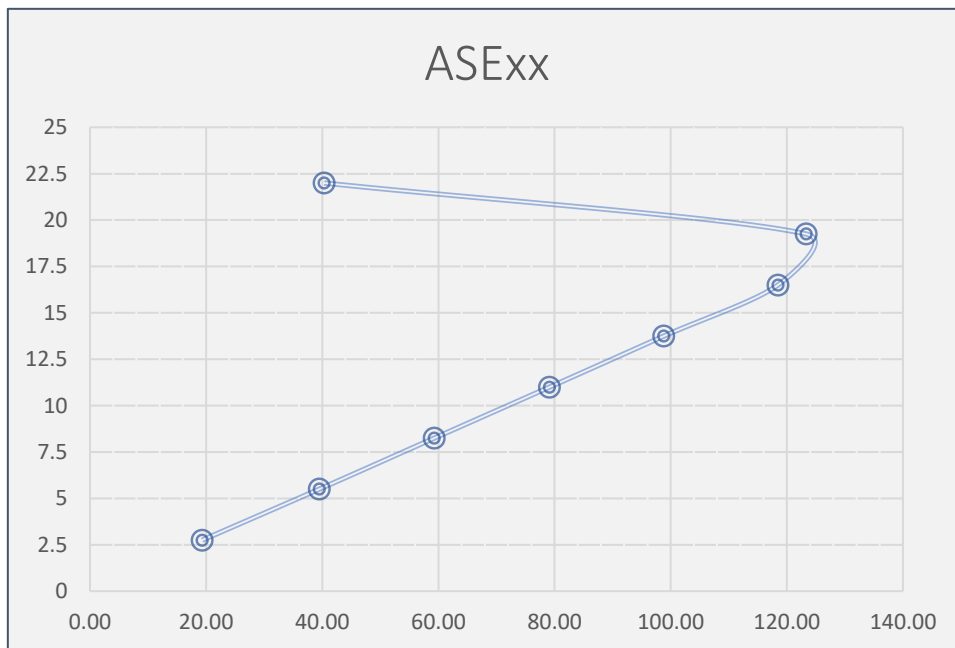


Figura 10. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X E.030 2018

Fuente: Elaboración propia

- Distribución de la fuerza sísmica en Y-Y

Tabla 10. Distribución de las fuerzas sísmicas en Y-Y; E.030 2018

PISO	Pi (tonf)	hi - hi-1	hi (m)	Pi * hik	ai	Fi (tonf)
az	94.68	2.75	22	2271.270	0.071	40.94
7	330.86	2.75	19.25	6918.932	0.216	124.70
6	370.74	2.75	16.5	6616.723	0.206	119.26
5	371.11	2.75	13.75	5491.334	0.171	98.97
4	371.50	2.75	11	4370.292	0.136	78.77
3	371.11	2.75	8.25	3248.010	0.101	58.54
2	370.73	2.75	5.5	2138.703	0.067	38.55
1	362.49	2.75	2.75	1025.487	0.032	18.48
Total	2643.22			32080.751	0.664	578.20

Fuente: Elaboración propia

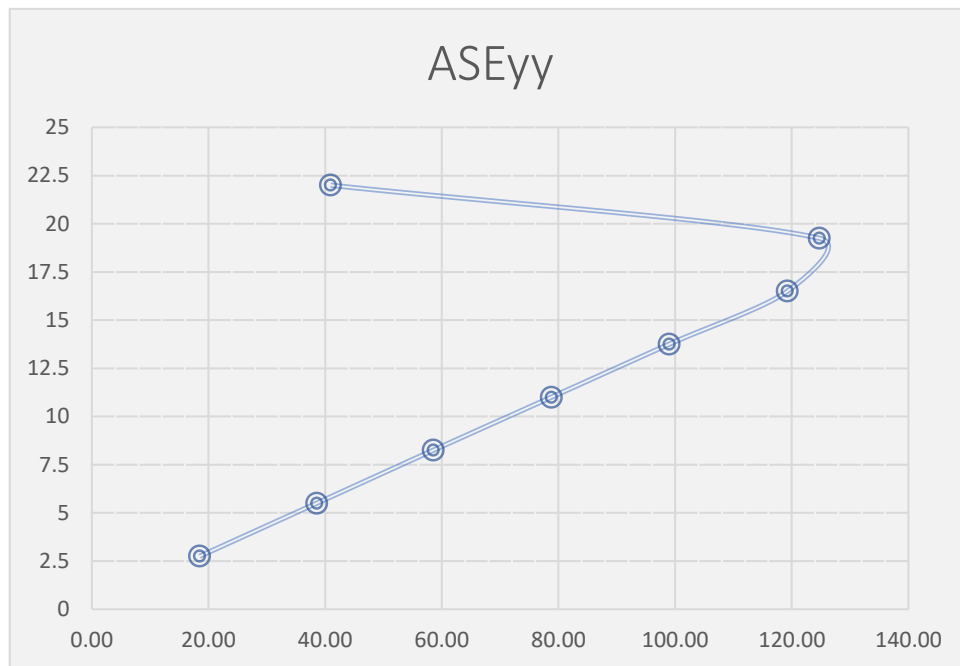


Figura 11. Distribución de fuerzas sísmicas en Y-Y E.030 2018

Fuente: Elaboración propia

Análisis sísmico dinámico con la NTP E.030 – 2018

- Espectro de diseño para las direcciones X-X e Y-Y

Tabla 11. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos dinámicos en X – E.030 2018

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA		4
CATEGORIA EDIFICACION		C. Edificación Común
PERFIL SUELO		S2. Suelos Intermedios
SISTEMA ESTRUCTURAL		CºAº Muros Estructurales
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
C	Var.	Factor de Amplificación Sísmica
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
T_L (s)	2	Periodo de zona con desplazamiento constante
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo
REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
R₀	6	Coefficiente Básico de Reducción de Fuerzas
I_a	1	Factor de Irregularidad en Altura
I_p	0.9	Factor de Irregularidad en Planta
R	5.4	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas
Tipo		Estructura Irregular

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 12. Pseudoaceleración o aceleración espectral – E.030 2018

PSEUDOACELERACIÓN	
g (m/s²)	9.81
ZUSg/R	0.85838

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Espectro horizontal E.030 2018

Espectro Horizontal		
T	C	Sa
0.000	2.50	2.14594
0.025	2.50	2.14594
0.050	2.50	2.14594
0.075	2.50	2.14594
0.100	2.50	2.14594
0.125	2.50	2.14594
0.150	2.50	2.14594
0.175	2.50	2.14594
0.200	2.50	2.14594
0.225	2.50	2.14594
0.250	2.50	2.14594
0.275	2.50	2.14594
0.300	2.50	2.14594
0.325	2.50	2.14594
0.350	2.50	2.14594
0.375	2.50	2.14594
0.400	2.50	2.14594
0.425	2.50	2.14594
0.450	2.50	2.14594
0.475	2.50	2.14594
0.500	2.50	2.14594
0.525	2.50	2.14594
0.550	2.50	2.14594
0.575	2.50	2.14594
0.600	2.50	2.14594
0.625	2.40	2.06010
0.650	2.31	1.98087
0.675	2.22	1.90750
0.700	2.14	1.83938
0.725	2.07	1.77595
0.750	2.00	1.71675
0.775	1.94	1.66137
0.800	1.88	1.60945

0.825	1.82	1.56068	1.775	0.85	0.72539
0.850	1.76	1.51478	1.800	0.83	0.71531
0.875	1.71	1.47150	1.825	0.82	0.70551
0.900	1.67	1.43063	1.850	0.81	0.69598
0.925	1.62	1.39196	1.875	0.80	0.68670
0.950	1.58	1.35533	1.900	0.79	0.67766
0.975	1.54	1.32058	1.925	0.78	0.66886
1.000	1.50	1.28756	1.950	0.77	0.66029
1.025	1.46	1.25616	1.975	0.76	0.65193
1.050	1.43	1.22625	2.000	0.75	0.64378
1.075	1.40	1.19773	2.025	0.73	0.62798
1.100	1.36	1.17051	2.050	0.71	0.61276
1.125	1.33	1.14450	2.075	0.70	0.59808
1.150	1.30	1.11962	2.100	0.68	0.58393
1.175	1.28	1.09580	2.125	0.66	0.57027
1.200	1.25	1.07297	2.150	0.65	0.55708
1.225	1.22	1.05107	2.175	0.63	0.54435
1.250	1.20	1.03005	2.200	0.62	0.53205
1.275	1.18	1.00985	2.225	0.61	0.52016
1.300	1.15	0.99043	2.250	0.59	0.50867
1.325	1.13	0.97175	2.275	0.58	0.49755
1.350	1.11	0.95375	2.300	0.57	0.48679
1.375	1.09	0.93641	2.325	0.55	0.47638
1.400	1.07	0.91969	2.350	0.54	0.46630
1.425	1.05	0.90355	2.375	0.53	0.45653
1.450	1.03	0.88797	2.400	0.52	0.44707
1.475	1.02	0.87292	2.425	0.51	0.43790
1.500	1.00	0.85838	2.450	0.50	0.42901
1.525	0.98	0.84430	2.475	0.49	0.42039
1.550	0.97	0.83069	2.500	0.48	0.41202
1.575	0.95	0.81750	2.525	0.47	0.40390
1.600	0.94	0.80473	2.550	0.46	0.39602
1.625	0.92	0.79235	2.575	0.45	0.38837
1.650	0.91	0.78034	2.600	0.44	0.38094
1.675	0.90	0.76869	2.625	0.44	0.37371
1.700	0.88	0.75739	2.650	0.43	0.36670
1.725	0.87	0.74641	2.675	0.42	0.35987
1.750	0.86	0.73575	2.700	0.41	0.35324

2.725	0.40	0.34679
2.750	0.40	0.34051
2.775	0.39	0.33440
2.800	0.38	0.32846
2.825	0.38	0.32267
2.850	0.37	0.31704
2.875	0.36	0.31155
2.900	0.36	0.30620
2.925	0.35	0.30099
2.950	0.34	0.29591
2.975	0.34	0.29095
3.000	0.33	0.28613
3.025	0.33	0.28142
3.050	0.32	0.27682
3.075	0.32	0.27234
3.100	0.31	0.26796
3.125	0.31	0.26369
3.150	0.30	0.25952
3.175	0.30	0.25545
3.200	0.29	0.25148
3.225	0.29	0.24759
3.250	0.28	0.24380
3.275	0.28	0.24009
3.300	0.28	0.23647
3.325	0.27	0.23292
3.350	0.27	0.22946
3.375	0.26	0.22607
3.400	0.26	0.22276
3.425	0.26	0.21952
3.450	0.25	0.21635
3.475	0.25	0.21325
3.500	0.24	0.21021
3.525	0.24	0.20724
3.550	0.24	0.20433
3.575	0.23	0.20149
3.600	0.23	0.19870
3.625	0.23	0.19597
3.650	0.23	0.19329

3.675	0.22	0.19067
3.700	0.22	0.18810
3.725	0.22	0.18559
3.750	0.21	0.18312
3.775	0.21	0.18070
3.800	0.21	0.17833
3.825	0.21	0.17601
3.850	0.20	0.17373
3.875	0.20	0.17150
3.900	0.20	0.16930
3.925	0.19	0.16715
3.950	0.19	0.16505
3.975	0.19	0.16298
4.000	0.19	0.16095
4.025	0.19	0.15895
4.050	0.18	0.15700
4.075	0.18	0.15508
4.100	0.18	0.15319
4.125	0.18	0.15134
4.150	0.17	0.14952
4.175	0.17	0.14774
4.200	0.17	0.14598
4.225	0.17	0.14426
4.250	0.17	0.14257
4.275	0.16	0.14090
4.300	0.16	0.13927
4.325	0.16	0.13767
4.350	0.16	0.13609
4.375	0.16	0.13454
4.400	0.15	0.13301
4.425	0.15	0.13151
4.450	0.15	0.13004
4.475	0.15	0.12859
4.500	0.15	0.12717
4.525	0.15	0.12577
4.550	0.14	0.12439
4.575	0.14	0.12303
4.600	0.14	0.12170

4.625	0.14	0.12039
4.650	0.14	0.11909
4.675	0.14	0.11782
4.700	0.14	0.11657
4.725	0.13	0.11534
4.750	0.13	0.11413
4.775	0.13	0.11294
4.800	0.13	0.11177
4.825	0.13	0.11061
4.850	0.13	0.10947
4.875	0.13	0.10836
4.900	0.12	0.10725
4.925	0.12	0.10617
4.950	0.12	0.10510
4.975	0.12	0.10404
5.000	0.12	0.10301

Fuente: Elaboración propia

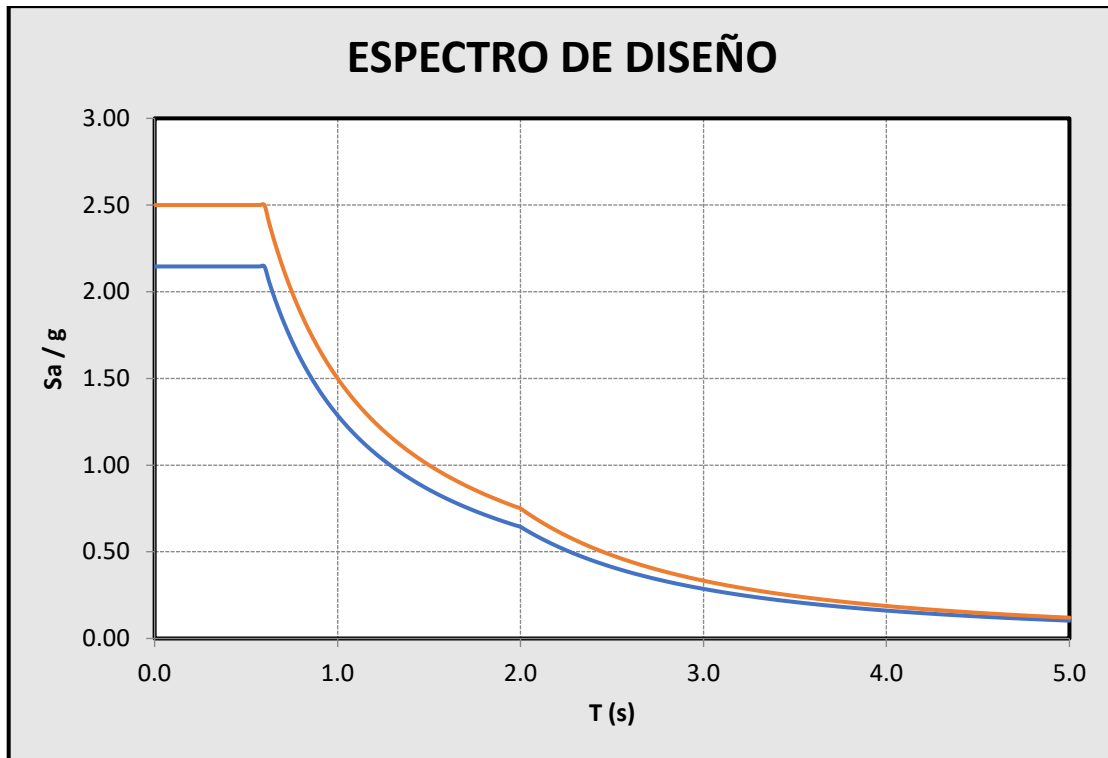


Figura 12. Espectro de diseño E.030 2018

Fuente: Elaboración propia

Desplazamientos laterales relativos admisibles

- Derivas del análisis sísmico estático

Tabla 14. Derivas de entrepiso estático en X-X; E.030 2018

TABLE: DERIVA DE ENTREPISO X-X							
Story	Output Case	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
10 techo Az	DERIVA ESTXX	X	0.00474	62	18.213	3.25	28.6
09 techo 7N	DERIVA ESTXX	X	0.00477	422	20.563	14.55	25.85
08 techo 6N	DERIVA ESTXX	X	0.00509	47	20.563	0	23.1
07 techo 5N	DERIVA ESTXX	X	0.00543	47	20.563	0	20.35
06 techo 4N	DERIVA ESTXX	X	0.00553	123	22.038	0	17.6
05 techo 3N	DERIVA ESTXX	X	0.00526	123	22.038	0	14.85
04 techo 2N	DERIVA ESTXX	X	0.00442	45	11.038	0	12.1
03 techo 1N	DERIVA ESTXX	X	0.00264	123	22.038	0	9.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Derivas de entrepiso estático en Y-Y; E.030 2018

TABLE: DERIVA DE ENTREPISO Y-Y							
Story	Output Case	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
10 techo Az	DERIVA ESTYY	Y	0.00788	381	19.613	5.925	28.6
09 techo 7N	DERIVA ESTYY	Y	0.00867	268	23.638	6.125	25.85
08 techo 6N	DERIVA ESTYY	Y	0.00935	268	23.638	6.125	23.1
07 techo 5N	DERIVA ESTYY	Y	0.00993	268	23.638	6.125	20.35
06 techo 4N	DERIVA ESTYY	Y	0.01011	268	23.638	6.125	17.6
05 techo 3N	DERIVA ESTYY	Y	0.00955	268	23.638	6.125	14.85
04 techo 2N	DERIVA ESTYY	Y	0.00793	268	23.638	6.125	12.1
03 techo 1N	DERIVA ESTYY	Y	0.00449	268	23.638	6.125	9.35

Fuente: Elaboración propia

- Derivas del análisis sísmico dinámico

Tabla 16. Derivas de entrepiso dinámico en X-X; E.030 2018

TABLE: DERIVAS DE ENTREPISO X-X								
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
						m	m	m
10 techo Az	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0033	62	18.213	3.25	28.6
09 techo 7N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0035	422	20.563	14.55	25.85
08 techo 6N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0037	15	23.638	14.55	23.1
07 techo 5N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0038	422	20.563	14.55	20.35
06 techo 4N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0038	123	22.038	0	17.6
05 techo 3N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0036	123	22.038	0	14.85
04 techo 2N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0031	66	15.438	14.55	12.1
03 techo 1N	DERIVA DINAXX	Max	X	0.0019	422	20.563	14.55	9.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Derivas de entrepiso dinámico en Y-Y; E.030 2018

TABLE: DERIVA DE ENTREPISO Y-Y								
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
						m	m	m
10 techo Az	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0055	381	19.613	5.925	28.6
09 techo 7N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0058	268	23.638	6.125	25.85
08 techo 6N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0063	268	23.638	6.125	23.1
07 techo 5N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0067	268	23.638	6.125	20.35
06 techo 4N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0069	268	23.638	6.125	17.6
05 techo 3N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0065	268	23.638	6.125	14.85
04 techo 2N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.0053	268	23.638	6.125	12.1
03 techo 1N	DERIVA DINAYY	Max	Y	0.003	268	23.638	6.125	9.35

Fuente: Elaboración propia

Análisis sísmico con la NTP E.030 – 2003

- Análisis sísmico estático en X – NTP 2003

Para la NTP 2003 (antigua norma) seguiremos cada pauta y criterio para realizar el análisis sísmico estático.

Tabla 18. Datos de la edificación y coeficientes sísmicos estático en X - E.030 2003

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA	3	
CATEGORÍA EDIFICACIÓN	C. Edificación Común	
PERFIL SUELO	S2. Suelos Intermedios	
SISTEMA ESTRUCTURAL	CºAº Muros Estructurales	
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.4	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
S	1.2	Factor de Amplificación del Suelo

Fuente: Elaboración propia

- Factor de amplificación sísmica

$$C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right); C \leq 2.5$$

Para calcular el factor C debemos la relación que hay entre el T_P y el T.

Tabla 19. Período fundamental de vibración en X - E.030 2003

PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN		
hn (m)	22	Altura de la Edificación
C_t	60	Albañilería, CºAº Muros, Duales y EMDL
T (s)	0.367	Periodo Fundamental Estimado
T (s)	0.4348	Periodo Fundamental para Cálculos
C	2.5	Factor de Amplificación Sísmica

Fuente: Elaboración propia

- Sistema estructural y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

Tabla 20. Regularidad estructural en X - E.030 2003

REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
R₀	6	Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas
I_a	1	Factor de Irregularidad en Altura
I_p	0.75	Factor de Irregularidad en Planta
R	4.5	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas
Tipo	Estructura Irregular	

Fuente: Elaboración propia

- Cortante basal estática del edificio en la dirección X-X

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \qquad \frac{C}{R} \geq 0.125$$

Tabla 21. Cortante basal en dirección X - E.030 2003

CORTANTE BASAL	
C/R	0.556
ZUCS/R	0.2667
P (tonf)	2643.22
Fa	21.453
V_b (tonf)	704.859

Fuente: Elaboración propia

Análisis sísmico estático en la dirección Y-Y – NTP 2003

Tabla 22. Datos del edificio y coeficientes sísmicos en Y - E.030 2003

CATEGORÍA EDIFICACIÓN	C. Edificación Común	
PERFIL SUELO	S2. Suelos Intermedios	
SISTEMA ESTRUCTURAL	CºAº Muros Estructurales	
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.4	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
S	1.2	Factor de Amplificación del Suelo

Fuente: Elaboración propia

- Factor de amplificación sísmica

Tabla 23. Período fundamental de vibración en Y - E.030 2003

PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN		
hn (m)	22	Altura de la Edificación
Ct	60	Albañilería, CºAº Muros, Duales y EMDL
T (s)	0.367	Periodo Fundamental Estimado
T (s)	0.556	Periodo Fundamental para Cálculos
C	2.5	Factor de Amplificación Sísmica

Fuente: Elaboración propia

- Cortante basal estática del edificio en la dirección Y-Y.

Tabla 24. Cortante basal en dirección Y-Y; E.030 2003

CORTANTE BASAL	
C/R	0.556
ZUCS/R	0.2667
P (tonf)	2643.22
Fa	27.433
V_b (tonf)	704.859

Fuente: Elaboración propia

Parámetros sísmicos estáticos para el edificio en la dirección X e Y con la NTP E.030 – 2003

Tabla 25. Parámetros sísmicos estáticos en X e Y - E.030 2003

DATOS	DIRECCIÓN X-X	DIRECCIÓN Y-Y
Z	0.40g	0.40g
U	1.0	1.0
C	2.5	2.5
S	1.2	1.2
T _P	0.6	0.6
R _O	6.0	6.0
I _a	1.0	1.0
I _p	0.75	0.75
T	0.435	0.556
P (tonf)	2643.22	2643.22
V _b (tonf)	704.859	704.859

Fuente: Elaboración propia

Distribución de la Fuerza Sísmica en altura con la NTP – 2003

La NTP E.030 – 2003 en el artículo 17.4 nos indica la fórmula que debemos considerar para determinar la distribución horizontal en cualquier nivel de la estructura, se usará:

$$F_a = 0.07 \cdot T \cdot V \leq 0.15 \cdot V$$

$$Mt_i = \pm F_i \cdot e_i$$

$$F_i = \frac{P_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot h_j} \cdot (V - F_a)$$

La NTP nos indica que si el periodo fundamental T, es mayor que 0.7s, una parte de la fuerza cortante V, denominada F_a, deberá aplicarse como fuerza concentrada en la parte superior de la estructura.

- Distribución de las fuerzas sísmicas en la dirección X-X

Tabla 26. Distribución de las fuerzas sísmicas en X-X; E.030 2003

PISO	P _i (tonf)	h _i - h _{i-1}	h _i (m)	P _i * h _i	F _i (tonf)	Mt _i (tonf*m)
az	94.68	2.75	22	2082.960	47.679	34.69
7	330.86	2.75	19.25	6369.055	145.788	106.06
6	370.74	2.75	16.5	6117.210	140.023	101.87
5	371.11	2.75	13.75	5102.763	116.803	84.97
4	371.50	2.75	11	4086.500	93.540	68.05
3	371.11	2.75	8.25	3061.658	70.082	50.98
2	370.73	2.75	5.5	2039.015	46.673	33.95
1	362.49	2.75	2.75	996.847	22.818	16.60
Total	2643.22			29856.008	683.41	

Fuente: Elaboración propia

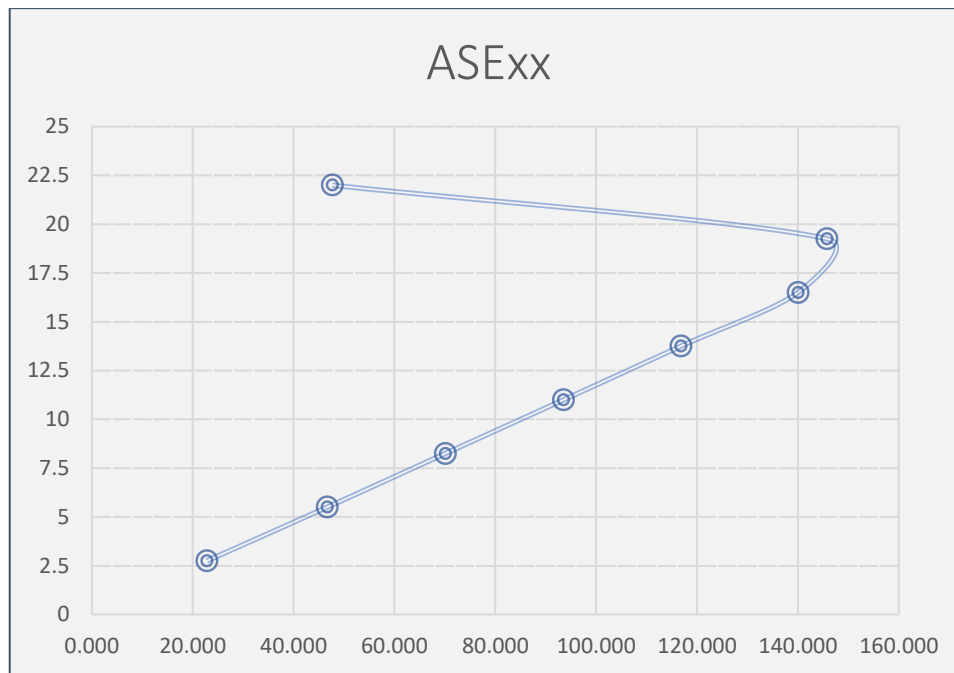


Figura 13. Distribución de fuerzas sísmicas en X-X E.030 2003

Fuente: Elaboración propia

- Distribución de la fuerza sísmica en la dirección Y-Y

Tabla 27. Distribución de las fuerzas sísmicas en Y-Y; E.030 2003

PISO	Pi (tonf)	hi - hi-1	hi (m)	Pi * hi	Fi (tonf)
az	94.68	2.75	22	2082.960	47.262
7	330.86	2.75	19.25	6369.055	144.512
6	370.74	2.75	16.5	6117.210	138.798
5	371.11	2.75	13.75	5102.763	115.780
4	371.50	2.75	11	4086.500	92.722
3	371.11	2.75	8.25	3061.658	69.468
2	370.73	2.75	5.5	2039.015	46.265
1	362.49	2.75	2.75	996.847	22.618
Total	2643.22			29856.008	677.426

Fuente: Elaboración propia

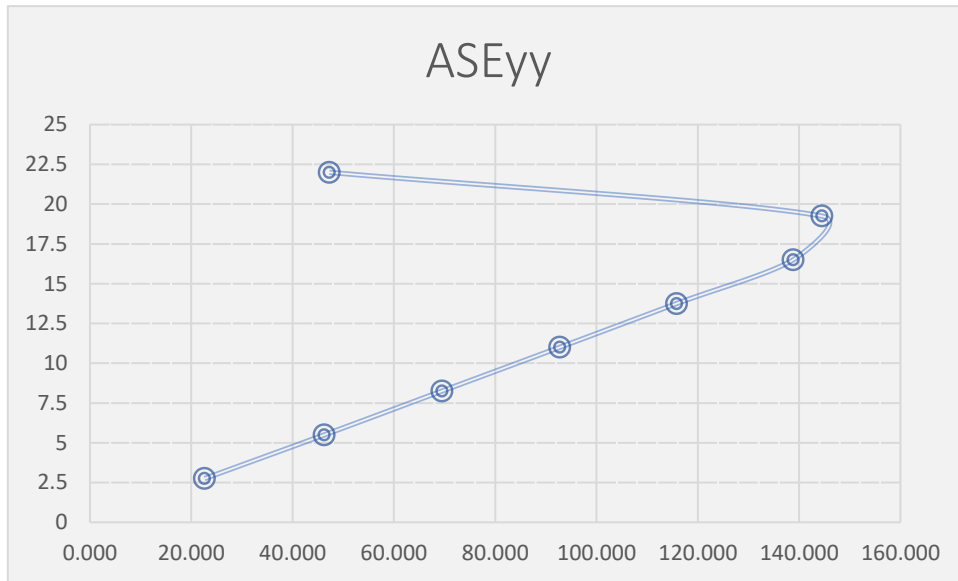


Figura 14. Distribución de fuerzas sísmicas en Y-Y E.030 2003

Fuente: Elaboración propia

Análisis sísmico dinámico con la NTP E.030 – 2003

Espectro de diseño para las direcciones X-X e Y-Y

Tabla 28. Espectro de diseño para X e Y - E.030 2003

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA		3
CATEGORIA EDIFICACION		C. Edificación Común
PERFIL SUELO		S2. Suelos Intermedios
SISTEMA ESTRUCTURAL		CºAº Muros Estructurales
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.4	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
C	Var.	Factor de Amplificación Sísmica
T_P (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
S	1.2	Factor de Amplificación del Suelo
REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
R₀	6	Coefficiente Básico de Reducción de Fuerzas
I_a	1	Factor de Irregularidad en Altura
I_p	0.75	Factor de Irregularidad en Planta
R	4.5	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas

Tipo	Estructura Irregular
-------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

- Aceleración espectral

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

Tabla 29. Pseudoaceleración o aceleración espectral - E.030 2003

PSEUDOACELERACIÓN	
g (m/s²)	9.81
ZUSg/R	1.046

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Espectro horizontal - E.030 2003

Espectro Horizontal		
T	C	Sa
0.000	2.50	2.61600
0.025	2.50	2.61600
0.050	2.50	2.61600
0.075	2.50	2.61600
0.100	2.50	2.61600
0.125	2.50	2.61600
0.150	2.50	2.61600
0.175	2.50	2.61600
0.200	2.50	2.61600
0.225	2.50	2.61600
0.250	2.50	2.61600
0.275	2.50	2.61600
0.300	2.50	2.61600
0.325	2.50	2.61600
0.350	2.50	2.61600
0.375	2.50	2.61600
0.400	2.50	2.61600
0.425	2.50	2.61600
0.450	2.50	2.61600
0.475	2.50	2.61600
0.500	2.50	2.61600
0.525	2.50	2.61600
0.550	2.50	2.61600
0.575	2.50	2.61600
0.600	2.50	2.61600
0.625	2.40	2.51136
0.650	2.31	2.41477
0.675	2.22	2.32533
0.700	2.14	2.24229
0.725	2.07	2.16497
0.750	2.00	2.09280
0.775	1.94	2.02529

0.800	1.88	1.96200	1.750	0.86	0.89691
0.825	1.82	1.90255	1.775	0.85	0.88428
0.850	1.76	1.84659	1.800	0.83	0.87200
0.875	1.71	1.79383	1.825	0.82	0.86005
0.900	1.67	1.74400	1.850	0.81	0.84843
0.925	1.62	1.69686	1.875	0.80	0.83712
0.950	1.58	1.65221	1.900	0.79	0.82611
0.975	1.54	1.60985	1.925	0.78	0.81538
1.000	1.50	1.56960	1.950	0.77	0.80492
1.025	1.46	1.53132	1.975	0.76	0.79473
1.050	1.43	1.49486	2.000	0.75	0.78480
1.075	1.40	1.46009	2.025	0.74	0.77511
1.100	1.36	1.42691	2.050	0.73	0.76566
1.125	1.33	1.39520	2.075	0.72	0.75643
1.150	1.30	1.36487	2.100	0.71	0.74743
1.175	1.28	1.33583	2.125	0.71	0.73864
1.200	1.25	1.30800	2.150	0.70	0.73005
1.225	1.22	1.28131	2.175	0.69	0.72166
1.250	1.20	1.25568	2.200	0.68	0.71345
1.275	1.18	1.23106	2.225	0.67	0.70544
1.300	1.15	1.20738	2.250	0.67	0.69760
1.325	1.13	1.18460	2.275	0.66	0.68993
1.350	1.11	1.16267	2.300	0.65	0.68243
1.375	1.09	1.14153	2.325	0.65	0.67510
1.400	1.07	1.12114	2.350	0.64	0.66791
1.425	1.05	1.10147	2.375	0.63	0.66088
1.450	1.03	1.08248	2.400	0.63	0.65400
1.475	1.02	1.06414	2.425	0.62	0.64726
1.500	1.00	1.04640	2.450	0.61	0.64065
1.525	0.98	1.02925	2.475	0.61	0.63418
1.550	0.97	1.01265	2.500	0.60	0.62784
1.575	0.95	0.99657	2.525	0.59	0.62162
1.600	0.94	0.98100	2.550	0.59	0.61553
1.625	0.92	0.96591	2.575	0.58	0.60955
1.650	0.91	0.95127	2.600	0.58	0.60369
1.675	0.90	0.93707	2.625	0.57	0.59794
1.700	0.88	0.92329	2.650	0.57	0.59230
1.725	0.87	0.90991	2.675	0.56	0.58677

2.700	0.56	0.58133	3.650	0.41	0.43003	4.600	0.33	0.34122
2.725	0.55	0.57600	3.675	0.41	0.42710	4.625	0.32	0.33937
2.750	0.55	0.57076	3.700	0.41	0.42422	4.650	0.32	0.33755
2.775	0.54	0.56562	3.725	0.40	0.42137	4.675	0.32	0.33574
2.800	0.54	0.56057	3.750	0.40	0.41856	4.700	0.32	0.33396
2.825	0.53	0.55561	3.775	0.40	0.41579	4.725	0.32	0.33219
2.850	0.53	0.55074	3.800	0.39	0.41305	4.750	0.32	0.33044
2.875	0.52	0.54595	3.825	0.39	0.41035	4.775	0.31	0.32871
2.900	0.52	0.54124	3.850	0.39	0.40769	4.800	0.31	0.32700
2.925	0.51	0.53662	3.875	0.39	0.40506	4.825	0.31	0.32531
2.950	0.51	0.53207	3.900	0.38	0.40246	4.850	0.31	0.32363
2.975	0.50	0.52760	3.925	0.38	0.39990	4.875	0.31	0.32197
3.000	0.50	0.52320	3.950	0.38	0.39737	4.900	0.31	0.32033
3.025	0.50	0.51888	3.975	0.38	0.39487	4.925	0.30	0.31870
3.050	0.49	0.51462	4.000	0.38	0.39240	4.950	0.30	0.31709
3.075	0.49	0.51044	4.025	0.37	0.38996	4.975	0.30	0.31550
3.100	0.48	0.50632	4.050	0.37	0.38756	5.000	0.30	0.31392
3.125	0.48	0.50227	4.075	0.37	0.38518			
3.150	0.48	0.49829	4.100	0.37	0.38283			
3.175	0.47	0.49436	4.125	0.36	0.38051			
3.200	0.47	0.49050	4.150	0.36	0.37822			
3.225	0.47	0.48670	4.175	0.36	0.37595			
3.250	0.46	0.48295	4.200	0.36	0.37371			
3.275	0.46	0.47927	4.225	0.36	0.37150			
3.300	0.45	0.47564	4.250	0.35	0.36932			
3.325	0.45	0.47206	4.275	0.35	0.36716			
3.350	0.45	0.46854	4.300	0.35	0.36502			
3.375	0.44	0.46507	4.325	0.35	0.36291			
3.400	0.44	0.46165	4.350	0.34	0.36083			
3.425	0.44	0.45828	4.375	0.34	0.35877			
3.450	0.43	0.45496	4.400	0.34	0.35673			
3.475	0.43	0.45168	4.425	0.34	0.35471			
3.500	0.43	0.44846	4.450	0.34	0.35272			
3.525	0.43	0.44528	4.475	0.34	0.35075			
3.550	0.42	0.44214	4.500	0.33	0.34880			
3.575	0.42	0.43905	4.525	0.33	0.34687			
3.600	0.42	0.43600	4.550	0.33	0.34497			
3.625	0.41	0.43299	4.575	0.33	0.34308			

Fuente: Elaboración propia

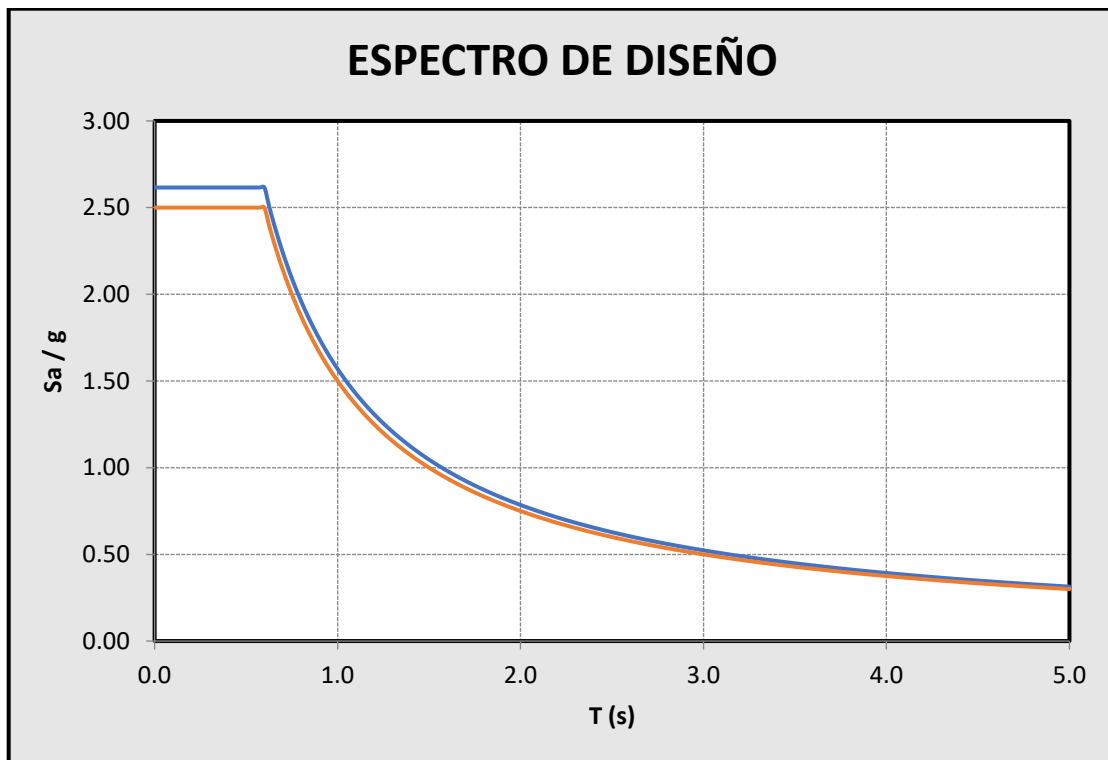


Figura 15. Espectro de diseño E.030 2003

Fuente: Elaboración propia

Desplazamientos laterales relativos admisibles

- Derivas del análisis sísmico estático

Tabla 31. Derivas de entrepiso estático en X-X; E.030 2003

TABLE: DERIVAS DE ENTREPISO X-X							
Story	Output Case	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
10 techo Az	DERIVA ESTXX	X	0.004118	62	18.213	3.25	28.6
09 techo 7N	DERIVA ESTXX	X	0.004148	422	20.563	14.55	25.85
08 techo 6N	DERIVA ESTXX	X	0.004419	47	20.563	0	23.1
07 techo 5N	DERIVA ESTXX	X	0.004715	47	20.563	0	20.35
06 techo 4N	DERIVA ESTXX	X	0.004807	123	22.038	0	17.6
05 techo 3N	DERIVA ESTXX	X	0.004567	123	22.038	0	14.85
04 techo 2N	DERIVA ESTXX	X	0.003837	45	11.038	0	12.1
03 techo 1N	DERIVA ESTXX	X	0.002295	123	22.038	0	9.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Derivas de entrepiso estático en Y-Y; E.030 2003

TABLE: DERIVAS DE ENTREPISO Y-Y							
Story	Output Case	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
10 techo Az	DERIVA ESTYY	Y	0.00674	381	19.613	5.925	28.6
09 techo 7N	DERIVA ESTYY	Y	0.007414	268	23.638	6.125	25.85
08 techo 6N	DERIVA ESTYY	Y	0.007995	268	23.638	6.125	23.1
07 techo 5N	DERIVA ESTYY	Y	0.008501	268	23.638	6.125	20.35
06 techo 4N	DERIVA ESTYY	Y	0.008659	268	23.638	6.125	17.6
05 techo 3N	DERIVA ESTYY	Y	0.008194	268	23.638	6.125	14.85
04 techo 2N	DERIVA ESTYY	Y	0.006811	268	23.638	6.125	12.1
03 techo 1N	DERIVA ESTYY	Y	0.003857	268	23.638	6.125	9.35

Fuente: Elaboración propia

Derivas del análisis sísmico dinámico

Tabla 33. Derivas de entrepiso dinámico en X-X; E.030 2003

TABLE: DERIVAS DE ENTREPISO X-X								
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
						m	m	m
10 techo Az	DERIVA DIN XX	Max	X	0.003	62	18.213	3.25	28.6
09 techo 7N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0031	422	20.563	14.55	25.85
08 techo 6N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0033	15	23.638	14.55	23.1
07 techo 5N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0034	422	20.563	14.55	20.35
06 techo 4N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0034	123	22.038	0	17.6
05 techo 3N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0032	123	22.038	0	14.85
04 techo 2N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0028	66	15.438	14.55	12.1
03 techo 1N	DERIVA DIN XX	Max	X	0.0017	422	20.563	14.55	9.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Derivas de entrepiso dinámico en Y-Y; E.030 2003

TABLE: DERIVAS DE ENTREPISO Y-Y								
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
						m	m	m
10 techo Az	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0049	381	19.613	5.925	28.6
09 techo 7N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0052	268	23.638	6.125	25.85
08 techo 6N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0057	268	23.638	6.125	23.1
07 techo 5N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.006	268	23.638	6.125	20.35
06 techo 4N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0062	268	23.638	6.125	17.6
05 techo 3N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0058	268	23.638	6.125	14.85
04 techo 2N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0048	268	23.638	6.125	12.1
03 techo 1N	DERIVA DIN YY	Max	Y	0.0027	268	23.638	6.125	9.35

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

La investigación permitió evaluar la respuesta estructural que se genera al aplicar las normas E.030 2003 y 2018 en el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima – 2021, se pudo observar que al realizar el modelamiento tridimensional de la edificación y realizar el análisis sísmico la norma E.030 2018 es más conservadora que la norma E.030 2003 ya que al realizar el análisis sísmico estático la actual norma presenta una deriva de entrepiso máximo en el piso 4 con un valor de 0.0055 (tabla 14) en la dirección X y en la dirección Y muestra su máxima deriva inelástica en el mismo piso con un valor de 0.010 (tabla 15) mientras que la norma E.030 2003 también muestra su deformación máxima en el piso 4 con una deriva de 0.0048 (tabla 31) en la dirección X mientras que en la dirección Y alcanza una deriva de 0.0086 (tabla 32) en el mismo piso de la edificación, y al realizar el análisis sísmico dinámico la deriva máxima que se presenta con la norma E.030 2018 está en el piso 4 con un valor de 0.0038 (tabla 16) en la dirección X y en la dirección Y muestra una deriva inelástica en el mismo nivel con un valor de 0.0069 (tabla 17) y con la norma E.030 2003 su deriva máxima también se encuentra en el piso 4 con un valor de 0.0034 (tabla 33) en la dirección X y en la dirección Y tiene una deriva de 0.0062 (tabla 34) en el piso 4. De acuerdo a Méndez y Díaz (2019) comenta que: “El estudio de fuerzas equivalentes o estático de una estructura radica en, determinar la cortante sísmica, generado en la parte inferior del edificio y se le denomina cortante basal estática, este se verá evidenciado en la composición de la edificación, esto se logra distribuyendo la cortante sísmica al centro de masa de cada entrepiso de la estructura presente una deformación, que está en relación al peso de sí mismo.” Y según Wakabayashi (2006) afirma que: “El estudio dinámico posibilita decidir la contestación de una composición diseñada estáticamente bajo una fuerza dinámica y apreciar la estabilidad de la respuesta de la edificación, para hacer este estudio se debería sustituir la construcción total por un sistema de vibración, el cual, este al ser estudiado otorga propiedades dinámicas de la edificación (frecuencias, periodos, modos, derivas de entrepiso, etcétera.)” en base a los resultados obtenidos estos son confiables ya que seguimos el procedimiento y criterios que las normas E.030 nos impusieron tanto para el análisis estático y dinámico. Asimismo, se realizó una

comparación con el autor Alvitez (2017) quién analizó el diseño sísmico comparando las NTPs E.030 2006 y 2016, en donde, se determinó que la norma E.030 del año 2016 contempla mejoras en los parámetros sismorresistentes para un mejor control del diseño de la edificación. Al relacionar los resultados del autor con lo obtenido en la investigación podemos comentar que si bien la actual norma es más conservadora este siempre nos brindará decrecimientos en las derivas o desplazamientos laterales siempre y cuando la configuración estructural sea regular y si la estructura es irregular este podría presentar derivas mayores a lo que la norma E.030 2003.

En la investigación se pudo realizar el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018 al identificar los parámetros sísmicos que estos requerían para el respectivo análisis estático y dinámico de la estructura en la tabla 8 se muestran los valores de los parámetros sísmicos según la norma E.030 2018 Z, U, C, S, T_P, T_L, R_O, I_a, I_p, T, tanto para la dirección X e Y, mientras que en la tabla 25 se muestran los parámetros sísmicos de la norma E.030 2003 Z, U, C, S, T_P, R_O, I_a, I_p, T, para X e Y. Según Muñoz (2020) nos dice que “Las normas de DSR contienen procedimientos para estimar la demanda sísmica y la respuesta estructural y establecen la resistencia y rigidez que deben tener las edificaciones según su importancia, ubicación y sistema estructural y para ellos es importante saber determinar los parámetros sísmicos de la norma E.030 de DSR” por lo expuesto los parámetros sísmicos de la edificación fueron identificados según la ubicación de la zona de estudio, el uso y sistema estructural del que está compuesto este. Asimismo, se realizó la comparación con el autor Rivera (2018) quien realizó un estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y dinámico y determinó que al momento de realizar un análisis estático este restringe cumplir con las derivas de la E.030 ya que es más conservadora que un análisis dinámico a medida que este aumenta su altura. En relación a nuestros resultados obtenidos podemos observar que el análisis estático nos pide rigidizar más la estructura para poder cumplir con las derivas que la E.030 establece y realizar esta rigidez es prácticamente inviable y más costoso.

En la investigación se pudo realizar la distribución de la cortante basal en los entrepisos de la edificación para el análisis sísmico estático empleando las normas

E.030 2003 y 2018 la (tabla 9) muestra los valores de la distribución de las fuerzas sísmicas y en la (figura 10) se observa cómo va a ser la distribución en cada entrepiso de la estructura para la dirección X de la misma manera se aprecia en la (tabla 10) y (figura 11) la distribución de las fuerzas sísmicas en la dirección Y para la norma del 2018 y para la norma del 2003 en la (tabla 26) y (figura 13) se observa la distribución de las fuerzas sísmicas en dirección X y para la dirección Y se observa la (tabla 27) y (figura 14) la distribución de las fuerzas sísmicas en los entrepisos de la estructura. Comenta Muñoz (2020) que “La cortante sísmica de la estructura (V), se halla en relación al peso de la edificación (P), dos valores que son parte de la zona ubicada la estructura (Z , S), así mismo, también depende de la categorización de la edificación (U) y de parámetros propios de la estructura tales como el coeficiente de amplificación sísmica (C) y el factor de reducción sísmica (R).” también agrega que “La cortante sísmica total de la edificación (V), se distribuye de manera equitativa en F_1, F_2, \dots, F_n que son distribuidos en el centro de masa de cada piso.” En la investigación se aplicaron las diferentes fórmulas contempladas en las normas E.030 2003 y 2018 para poder calcular los valores que serán distribuidos en los centros de masas de los entrepisos de la edificación. Asimismo, se realizó una comparación con los autores Villegas y Cárdenas (2019) quienes analizaron la desigualdad que encontraron al modelar una edificación empleando las normas peruanas E.030 de los años 2003, 2016 y 2018, determinando que los valores de las fuerzas sísmicas aumentaron en relación de la norma del año 2016 con el del 2003 y así mismo las fuerzas laterales disminuyeron en relación de la norma del año 2018 con el del 2016. Al relacionarlo con nuestros resultados obtenidos de la investigación podemos comentar que al comparar las dos normas del año 2003 y 2018 estas varían en los valores hallados de las fuerzas sísmicas, la distribución es mayor con la norma del 2003 que con la norma del 2018 esto hace que obtengamos menores desplazamientos y la E.030 2018 sea más conservadora.

VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó en análisis sísmico estático de la vivienda multifamiliar de 7 pisos empleando las dos normas de DSR 2003 y 2018 la deriva máxima que se presenta con la norma E.030 2018 está en el piso 4 con un valor de 0.0055 (tabla 14) en la dirección X y en la dirección Y muestra su máxima deriva inelástica en el mismo piso con un valor de 0.010 (tabla 15) mientras que la norma E.030 2003 también muestra su deformación máxima en el piso 4 con una deriva de 0.0048 (tabla 31) en la dirección X mientras que en la dirección Y alcanza una deriva de 0.0086 (tabla 32) en el mismo piso de la edificación.
2. Se realizó el análisis sísmico dinámico de la vivienda multifamiliar de 7 pisos empleando las dos normas de DSR 2003 y 2018 la deriva máxima que se presenta con la norma E.030 2018 está en el piso 4 con un valor de 0.0038 (tabla 16) en la dirección X y en la dirección Y muestra una deriva inelástica en el mismo nivel con un valor de 0.0069 (tabla 17) y con la norma E.030 2003 su deriva máxima también se encuentra en el piso 4 con un valor de 0.0034 (tabla 33) en la dirección X y en la dirección Y tiene una deriva de 0.0062 (tabla 34) en el piso 4.
3. Se logró evaluar el análisis sísmico de la vivienda multifamiliar de 7 pisos identificando los parámetros sísmicos con la norma E.030 2003 Z, U, C, S, T_P, R_O, I_a, I_p, T, para X e Y, para la norma del año 2018 Z, U, C, S, T_P, T_L, R_O, I_a, I_p, T.
4. Se logró calcular la cortante basal estático y distribuirla en los centros de masas de los entresijos de la edificación multifamiliar de 7 pisos obteniendo que la norma E.030 2003 tiene fuerzas sísmicas mayores que a los de la E.030 2018.
5. Se determinó la variación del espectro de diseño en relación de los períodos de la estructura de las normas E.030 2003 y 2018.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tener consideración lo que la norma de DSR E.030 comenta con relación al análisis sísmico estático, se puede realizar este análisis a cualquier edificación regular o irregular que se ubica en la zona sísmica 1. Si la edificación es regular este procedimiento se puede aplicar en todas las zonas sísmicas, también menciona en el artículo 19, este proceso se aplica a estructuras de no más de 30 m de altura.
2. Es importante tener en cuenta todas las irregularidades que la norma plantea y analizarlas cada una de ellas, ya que estos presentan diferentes factores que podrían modificar la respuesta lateral de la estructura, para la norma del 2018.
3. Para realizar el análisis sísmico el peso de la edificación es un dato importante por ello la norma E.020 de cargas del RNE en el artículo 5 nos dice que se debe considerar el peso de toda la tabiquería en la ubicación que indica los planos.
4. Se recomienda agregar a la norma E.030 en análisis estático no lineal (pushover) ya que ese método de análisis es más completo que un análisis por resistencia como la norma peruana estipula, este análisis nos permitirá evaluar y comprender de mejor manera el comportamiento estructural de las edificaciones.

REFERENCIAS

ALAA, Khaled, EL KASHIF, Khaled y SALEM, Hamed. Nueva definición de irregularidad torsional basada en rotaciones de pisos de edificios de hormigón armado. Departamento de Ingeniería Estructural, Universidad de El Cairo, Giza, Egipto. Revista de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Artículo [Acceso abierto]. 69, n°12. 26 de enero 2022. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022] Disponible en:

https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123592724&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=seismic+analysis&nlo=&nlr=&nls=&sid=5b481286cb5f0f74b50f6819c5596970&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28seismic+analysis%29&relpos=23&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggle=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

ISSN: 11101903

DOI: <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00061-5>

KHANAL Bharat y CHAULAGAIN Hemchandra. *Seismic elastic performance of L-shaped building frames through plan irregularities*. Estructuras, Volumen 27: 22-36, octubre de 2020. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012420302319>

ISSN: 2352-0124

<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.017>

VILLEGAS SANCHEZ, Katherine Giovana y CARENAS MUÑOZ, Braulio David. Comparación en el análisis sísmico de una estructura irregular considerando las normas E.030 2003, 2016 y 2018. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2019.

RIVERA SANTANA, Kevin Arnold. Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y dinámico para nuestra estructura regular mayor de 30m de altura en la ciudad de Huancayo. Universidad Continental. Huancayo, 2018.

MUCHA CAMPOSANO, Julio. Evaluación del comportamiento sismorresistente de un centro educativo empleando la norma técnica E.030, anterior y la actual vigente. Universidad Continental. Huancayo, 2019.

LAVITEZ CAMPOS, Luisin Guillermo. Análisis comparativo entre las normas técnicas E.030 diseño sismorresistente 2016 y la norma técnica E.030 diseño sismorresistente 2006. Universidad particular de Chiclayo. Lambayeque, 2017.

VALDIVIA CHILÓN, Jhony Frank. Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación de tres niveles de estructura irregular según las normas de sismorresistencia E.030 – 2006 y la E.030 – 2016, en la ciudad de Cajamarca. Universidad nacional de Cajamarca. Cajamarca, 2019.

ALVARADO PEREZ, Edwin Eduardo, BAYARDO BUSTOS, Linares y QUINTERO ROJAS, Cristhian. Análisis de vulnerabilidad spismica estructural caso asentamiento subnormal barrio hacienda los molinos localidad Rafael Uribe de Bogotá D.C. Universidad la Gran Colombia. Santafé de Bogotá D.C, 2015.

DELGADO CONTRERAS, Genaro. Dinámica Estructural. 1ª. ed. Lima – Perú, 2011. 124 pp.

GIODANI Claudio y LEONE Diego. Estructura. Cátedra Ingeniería Civil I. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario. Argentina, 2013.

WAKABAYASHI Minoru, Diseño de estructuras sismorresistentes. Universidad Nacional Autónoma de México, 2006.

MENDEZ LEON, Katherine Margeth y DIAZ SIESQUEN, Orlando Orson. Diseño estructural sismorresistente de un edificio de cuatro niveles en concreto armado. Universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho – Lima, 2019.

Ojeda, J. M., Parra, A., & Sánchez, R. (s.f.). Análisis estructural (Monografía). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/24507>

CARDONA MERINO, Natalia María, et al. Estudio del comportamiento estructural al usar los diferentes métodos de análisis sísmico del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. 2017. Tesis Doctoral. Universidad EAFIT.

<http://hdl.handle.net/10784/12270>

Matias Cabrera, I. S., & Pisfil Campos, M. R. (2019). Evaluación Sismoresistente de los Colegios Emblemáticos Juan Manuel Iturregui y San José según normas: Norma Peruana E030-2006, Norma Peruana E030-2016, Norma Chilena NCH 433-2012 Y Norma Mexicana Ntc-2004.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_ab9c69d36f48093fb9be3ca0114b6d2b

CAILLAGUA CASTRO, Juan Gabriel; DURÁN QUEVEDO, Silvia Alexandra. Comparación del análisis estructural de un edificio de hormigón armado con los criterios del capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS 2015) versus las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo de la ciudad de México. 2019. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19163>

ESCAMIROSA, L., et al. Evaluación sísmica en dos prototipos de vivienda rural construidos con bloques de concreto hueco, en Ocuilapa de Juárez, Chiapas, México. Revista ingeniería de construcción, 2018, vol. 33, no 1, p. 29-40.

TAVÁREZ FADUL, Jean. Análisis Estático y Dinámico Incremental de una estructura de muros de hormigón armado en la República Dominicana. 2016. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100603>

ARANCIBIA, Fernando. Ingeniería Sísmica y la construcción Civil. Universidad de Chile (2012)

Engdahl, R. & A. Villaseñor (2002). Global Seismicity: 1900-1999, in W. Lee, H Kanamori, P. C. Jennings, and C. Kisslinger (editors). International Handbook of Earthquakes and Engineering Seismology, Part A, Chapter 41, pp. 665-690,

Academic Press. Stein, S. & M. Wysession (2003). An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure. Blackwell Publishing, 498 pp.

Mora Ortega, A. G., & Rodas Correa, J. C. (2018). Análisis comparativo del sistema estructural sismorresistente empleado en Ecuador vs. el empleado en Estados Unidos (Bachelor's thesis). Retrieved from:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30318>

Zalabardo Armengol, M. Evaluación sismorresistente de un edificio de esquina del distrito de l'Eixample. Comparativa de resultados de acuerdo a ejes principales de análisis [en línea]. Treball Final de Grau, UPC, Escola d'Enginyeria de Barcelona Est, Departament de Ciència de los Materials i Enginyeria Metalúrgica, 2018. [Consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/2117/116196>.

MUÑOZ PELÁEZ, Alejandro. Comentario a la norma peruana E.030 diseño sismorresistente. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO 2020

Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis por Humberto Ñaupas Paitán [et al.]. 4a. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. 538 pp.

ISBN: 978-958-762-188-4

HERNÁNDEZ MENDOZA, Sandra y DUANA ÁVILA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Vol. 9, N°17, 2020, pp. 51-53.

ISSN: 2007-4913

LOPEZ, Pedro Luis. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [online]. 2004, vol.09, n.08, pp.69-74.

ISSN 1815-0276.

Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181502762004000100012

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica de Edificación. E.030 diseño sismorresistente. Lima, 2003.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente. Lima, 2018.

O. CASTRO, Ulises. Análisis sísmico – Combinaciones Modales. Universidad Central de Venezuela, 2018.

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Título: Análisis sísmico de un edificio multifamiliar de 7 pisos con la norma E.030 2003 y 2018, Miraflores, Lima – 2021

Autor: Sovero Cordero Andherson

Problemas	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿Cuál de las normas E.030 2003 y 2018 generará mayor respuesta estructural mediante el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima – 2021?	Evaluar la respuesta estructural que se genera al aplicar las normas E.030 2003 y 2018 en el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos, Miraflores, Lima – 2021.	Al realizar el análisis estructural de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018 se verificará cual de estos generará mayor respuesta estructural.	Variable Independiente (X): Norma E.030 diseño sismorresistente	Zonificación	Z1, Z2, Z3 Y Z4	Norma E.030
				Parámetros de sitio	S0, S1, S2 Y S3	Norma E.030
				Amplificación sísmica	C	Norma E.030
				Coefficiente de reducción sísmica	Ro	Norma E.030
				Irregularidad en altura	la	Norma E.030
				Irregularidad en planta	lp	Norma E.030
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿Cómo varían los parámetros sísmicos en el análisis estático y dinámico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018?	Realizar el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018.	El análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos variará al aplicar la norma E.030 2003 y 2018.	Variable Dependiente (Y): Análisis sísmico	Análisis estático	Cortante basal estática	Norma E.030
					Distribución de la cortante basal en los entrepisos	Software Etabs V.19
					Desplazamientos de los entrepisos	Microsoft Excel
¿Cómo será la distribución de la cortante basal en los entrepisos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018?	Realizar la distribución de la cortante basal en los entrepisos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018.	Existe variación en la distribución de cargas en los entrepisos para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018.	Análisis dinámico	Análisis dinámico	Espectro de respuesta	Norma E.020
					Periodos de vibración	Norma E.030
¿Cómo varía el espectro de respuesta para el análisis sísmico de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y la E.030 2018?	Determinar la variación del espectro de respuesta para el análisis estructural de la edificación multifamiliar de 7 pisos empleando la norma E.030 2003 y 2018.	El espectro de respuesta para el análisis sísmico de la edificación de 7 pisos variará en relación a la pseudo aceleración vs el periodo de acuerdo a lo establecido en la norma E.030 2003 y 2018.			Desplazamientos de los entrepisos	Software Etabs V.19 Microsoft Excel

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

Título: “Análisis sísmico de un edificio multifamiliar de 7 pisos con la norma E.040 2003 y 2018, Miraflores, Lima – 2021”

Autor: Sovero Cordero Andherson

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente (X): Norma E.030 diseño sismorresistente	Según Muñoz (2020) “Toda norma de diseño sismorresistente tiene una serie de pasos para poder determinar la respuesta y demanda sísmica. Todo el método de diseño sismorresistente que conlleva a tener un edificio resistente y dúctil, están en las normas de Concreto Armado, Albañilería o Acero como la NTP E.030 que contempla los pasos y restricciones para un adecuado Análisis Sismorresistente cumpliendo todos los parámetros establecidos en ella.”	La Norma E.030, será aplicado para realizar el estudio sísmico de una edificación multifamiliar, donde se tomará en cuenta todo el procedimiento establecido en esta norma para realizar el estudio sísmico: Los factores de zonificación, parámetros de sitio, categoría de uso, factor de amplificación sísmica, irregularidades en altura y planta, factor básico de reducción sísmica y todo proceso aplicativo de expresiones numéricas para el análisis estático y dinámico.	Zonificación	Z1, Z2, Z3 Y Z4	Razón
			Parámetros de sitio	S0, S1, S2, S3	Razón
			Amplificación sísmica	C	Razón
			Coeficiente de reducción sísmica	R_o	Razón
			Irregularidad en altura y planta	I_a y I_p	Razón
Variable Dependiente (Y): Análisis sísmico	Según Castro (2018) define lo siguiente: “El análisis sísmico de una estructura básicamente se diferencia de otros análisis por la definición de los diversos períodos de vibración resaltantes de una estructura basado en su modelación geométrica y las matrices de rigidez de la misma estructura.”	La variable dependiente Análisis Sísmico es la parte donde se aplicará las diversas fórmulas y expresiones definidas en la NTP E.030, se tomará en cuenta los procedimientos y restricciones del análisis estático y el análisis dinámico modal espectral para poder determinar los desplazamientos admisibles establecidos en esta norma.	Análisis estático	Cortante basal estática Distribución de la cortante basal en los entrepisos Desplazamientos de los entrepisos	Razón
			Análisis dinámico	Espectro de respuesta Periodos de vibración Desplazamientos de los entrepisos	Razón

Anexo 03:

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

SOLICITO: Permiso para realizar
proyecto de investigación.

Ing. Vivas Contreras, Walter Vicente
Residente de Obra

Yo, Sovero Cordero Andheron Daygoro, identificado con DNI N°75977316 domiciliado en la Asoc. De Viv. El Olivar de Vitarte MZ. E LT. 18 ubicado en el Departamento de Lima. Ante Usted con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, estando cursando el IX ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo – Sede Lima Norte, solicito a usted como tesista de la investigación “Análisis sísmico de un edificio multifamiliar de 7 pisos con la norma E.030 2003 y 2018, Miraflores, Lima – 2021” los planos de arquitectura y estructuras del proyecto “Edificio Multifamiliar Berlín” para realizar mi investigación y optar el título profesional de Ingeniero Civil.

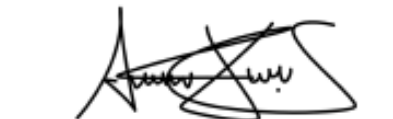
Sin otro particular, me despido.

Lima, 23 de noviembre 2021



WALTER VICENTE VIVAS CONTRERAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 71430

INGENIERO RESIDENTE



SOVERO CORDERO ANDHERSON

Tesista

Anexo 04: Factor de zona sísmica – NTP 2003

ZONA	(Z)
3	0.40
2	0.30
1	0.15

Fuente: R.N.E – 2003

Anexo 05: Factor de zona sísmica – NTP 2018

ZONA	(Z)
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: R.N.E – 2018

Anexo 06: Parámetros de sitio y períodos – NTP 2003

Tipo	Descripción	T _P (S)	S
S ₁	Suelo rígido	0.4	1.0
S ₂	Suelos intermedios	0.6	1.2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
S ₄	Condiciones excepcionales	será establecido por especialistas	

Fuente: R.N.E – 2003

Anexo 07: Factores de suelo – NTP 2008

		FACTOR (S)			
ZONA		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
SUELO					
S ₀		0.80	0.80	0.80	0.80
S ₁		1.00	1.00	1.00	1.00
S ₂		1.60	1.20	1.15	1.05
S ₃		2.00	1.40	1.20	1.10

Fuente: R.N.E – 2018

Anexo 08: Períodos T_P y T_L – NTP 2018

PERFIL DE SUELO	T_P (S)	T_L (S)
S_0	0.3	3.0
S_1	0.4	2.5
S_2	0.6	2.0
S_3	1.0	1.6

Fuente: R.N.E – 2018

Anexo 09: Categoría de las edificaciones y factor uso (U) – NTP 2003

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centro educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1.50
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.30
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas,	1.00

oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.

D Edificaciones Menores	Edificaciones que presentan daños menores que tiene la probabilidad de generar víctimas a baja escala, como: Cercos perimétricos de 1.50m, depósitos y viviendas temporales, etc.	---
----------------------------	---	-----

Fuente: R.N.E – 2003

Anexo 10: Categoría de las edificaciones y factor de uso – NTP 2018

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Criterio del proyectista
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. 	1.50

- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.
- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personal tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.30
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.00
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Criterio del proyectista

Fuente: R.N.E – 2018

Anexo 11: Sistemas estructurales y coeficiente de reducción R – NTP 2003

SISTEMAS ESTRUCTURALES	Coeficiente de Reducción, R para estructuras regulares
Pórticos dúctiles de acero	9.5
Arriostres Excéntricos en acero	6.5
Arriostres en Cruz en acero	6.0
Pórticos de concreto armado	8.0
Dual de concreto armado	7.0
Muros estructurales	6.0
Muros de ductilidad limitada	4.0
Albañilería Armada o Confinada	3.0

Anexo 12: Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0) – NTP 2018

SISTEMAS ESTRUCTURALES	Coeficiente básico de reducción R_0
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7

Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2018

Anexo 13: Irregularidades estructurales en altura – NTP 2003

IRREGULARIDADES ESTRUCTURAL EN ALTURA

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85% de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90% del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores

anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es altura diferente de piso y h_i es la altura de piso.

Irregularidad de Masa

Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas.

Irregularidad Geométrica Vertical

La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2003

Anexo 14: Irregularidades estructurales en planta – NTP 2003

IRREGULARIDADES ESTRUCTURAL EN PLANTA

Irregularidad Torsional

Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la tabla N°8 del Artículo 15(15.1).

Esquinas Entrantes

La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tiene esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayor que el 20% de la que corresponde dimensiones totales en planta.

Discontinuidad del Diafragma

Son Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo área abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2003

Anexo 15: Irregularidades estructurales en altura – NTP 2018

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
<p data-bbox="279 562 823 595">Irregularidad de Rigidez - Piso Blando</p> <p data-bbox="279 618 1102 875">Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o menos que 80% de la rigidez lateral promedio de los 3 niveles superiores adyacentes.</p> <p data-bbox="279 898 1102 1093">Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0.75
<p data-bbox="279 1173 890 1207">Irregularidades de Resistencia - Piso Débil</p> <p data-bbox="279 1229 1102 1424">Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p data-bbox="279 1447 751 1480">Irregularidad Extrema de Rigidez</p> <p data-bbox="279 1503 1102 1809">Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.</p> <p data-bbox="279 1832 1102 1921">Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente</p>	0.50

desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Irregularidad Extrema de Resistencia

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Irregularidad de Masa o Peso

Se tiene irregularidad de masa o peso cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

0.90

Irregularidad Geométrica Vertical

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente, Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

0.90

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

0.80

Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

0.60

Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2018

Anexo 16: Irregularidades estructurales en planta – NTP 2018

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_P
<p data-bbox="272 584 603 622">Irregularidad Torsional</p> <p data-bbox="272 640 1086 1010">Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es un extremo del edificio ($\Delta_{\text{máx}}$) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{Prom}).</p> <p data-bbox="272 1028 1086 1240">Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla N°11.</p>	0.75
<p data-bbox="272 1247 730 1285">Irregularidad Torsional Extrema</p> <p data-bbox="272 1303 1086 1673">Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ($\Delta_{\text{máx}}$) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{Prom}).</p> <p data-bbox="272 1691 1086 1901">Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla N°11.</p>	0.60

Esquinas Entrantes	
La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	0.90
Discontinuidad del Diafragma	
La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0.85
Sistemas no Paralelos	
Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza constante del piso.	0.90
Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2018	

Anexo 17: Desplazamientos laterales permisibles – NTP 2003

LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010

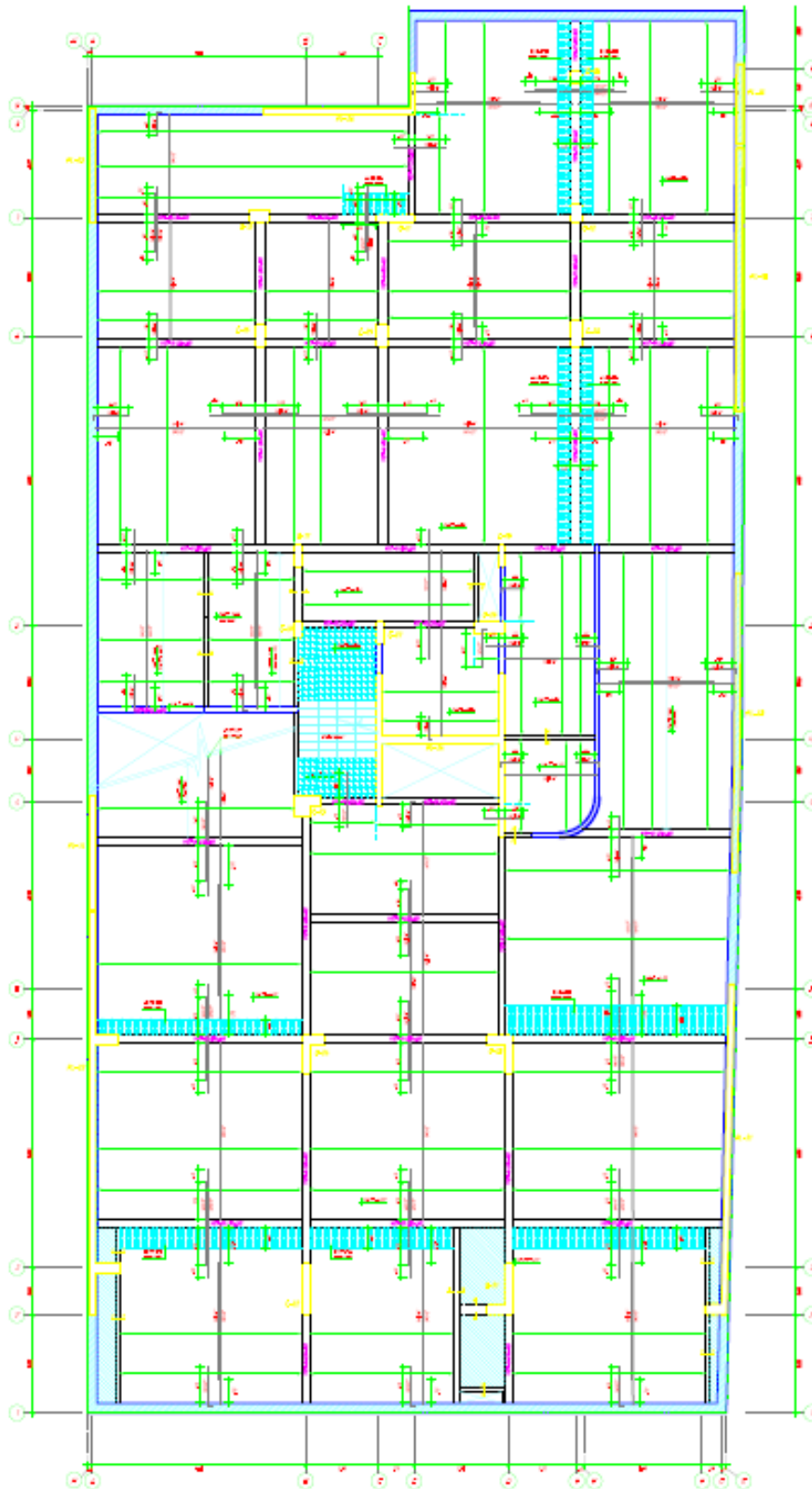
Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2003

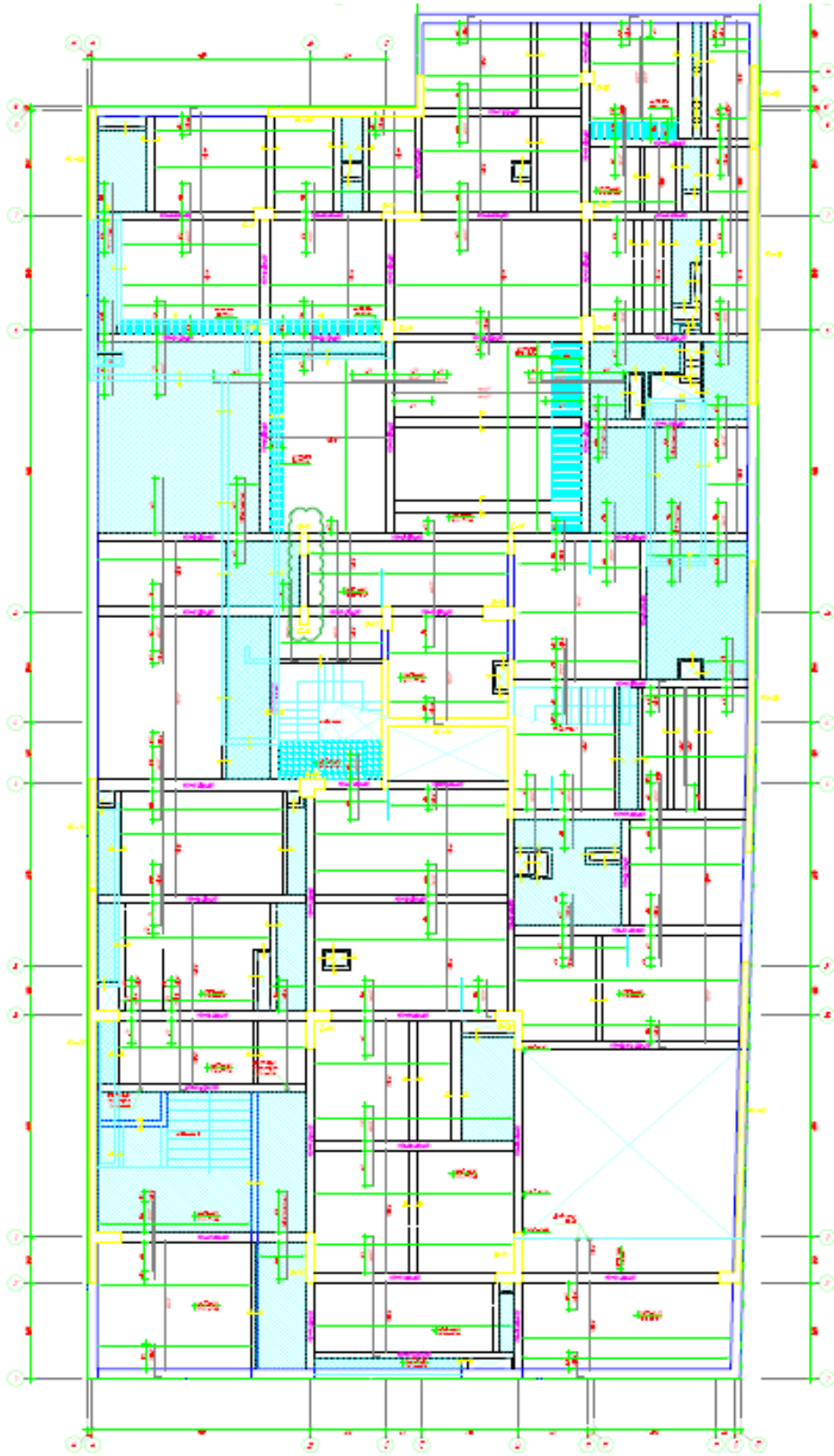
Anexo 18: Desplazamientos laterales relativos permisibles – NTP 2018

LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Tipo de material	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: R.N.E Norma E.030 – 2018

Anexo 19: Planos de la Edificación Multifamiliar de 7 pisos





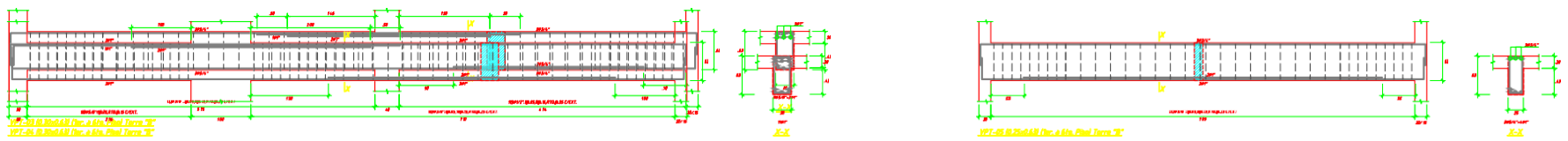
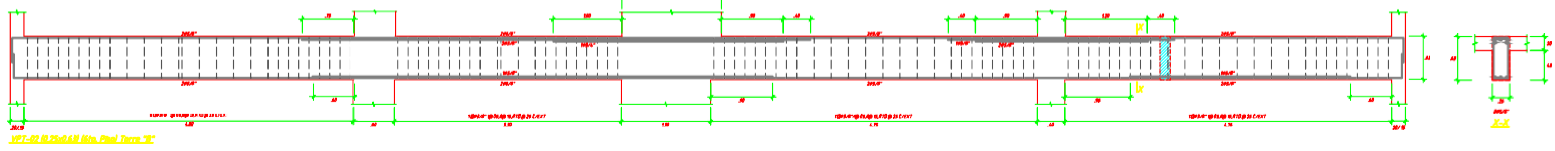
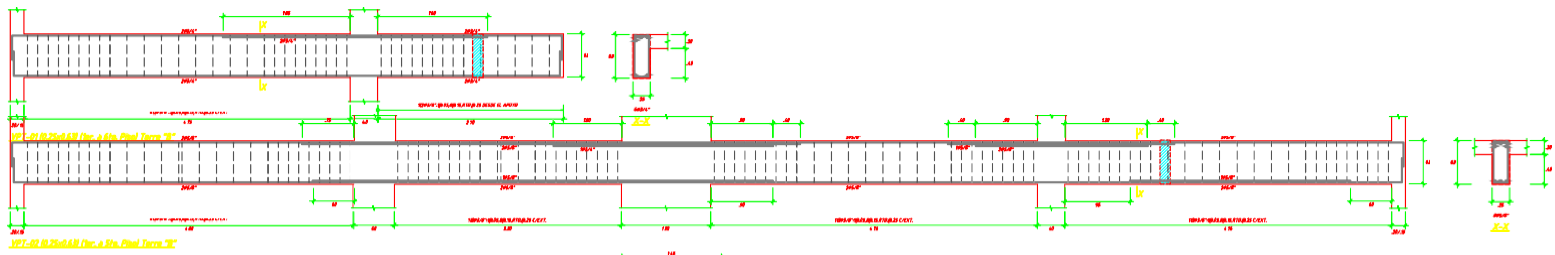
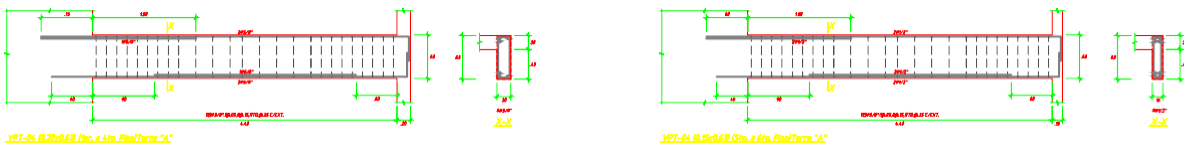
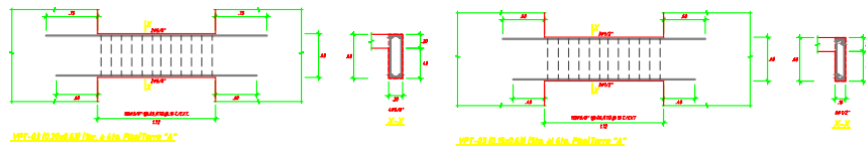
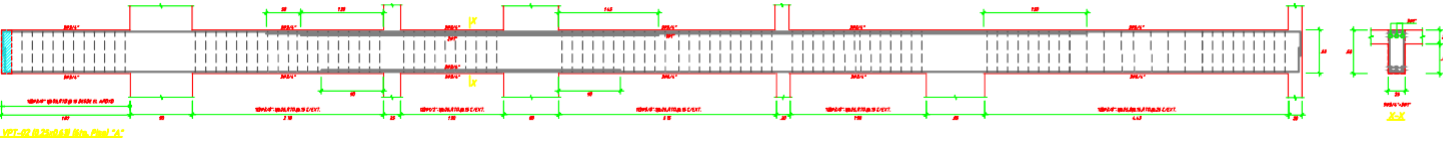
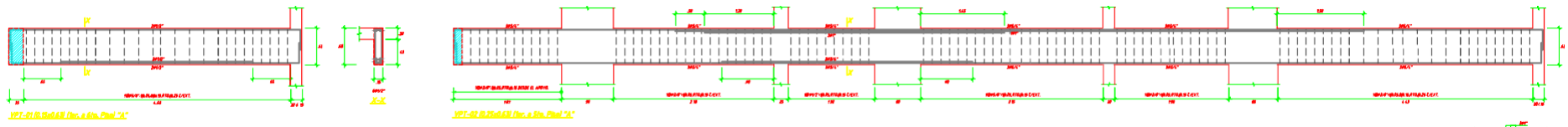


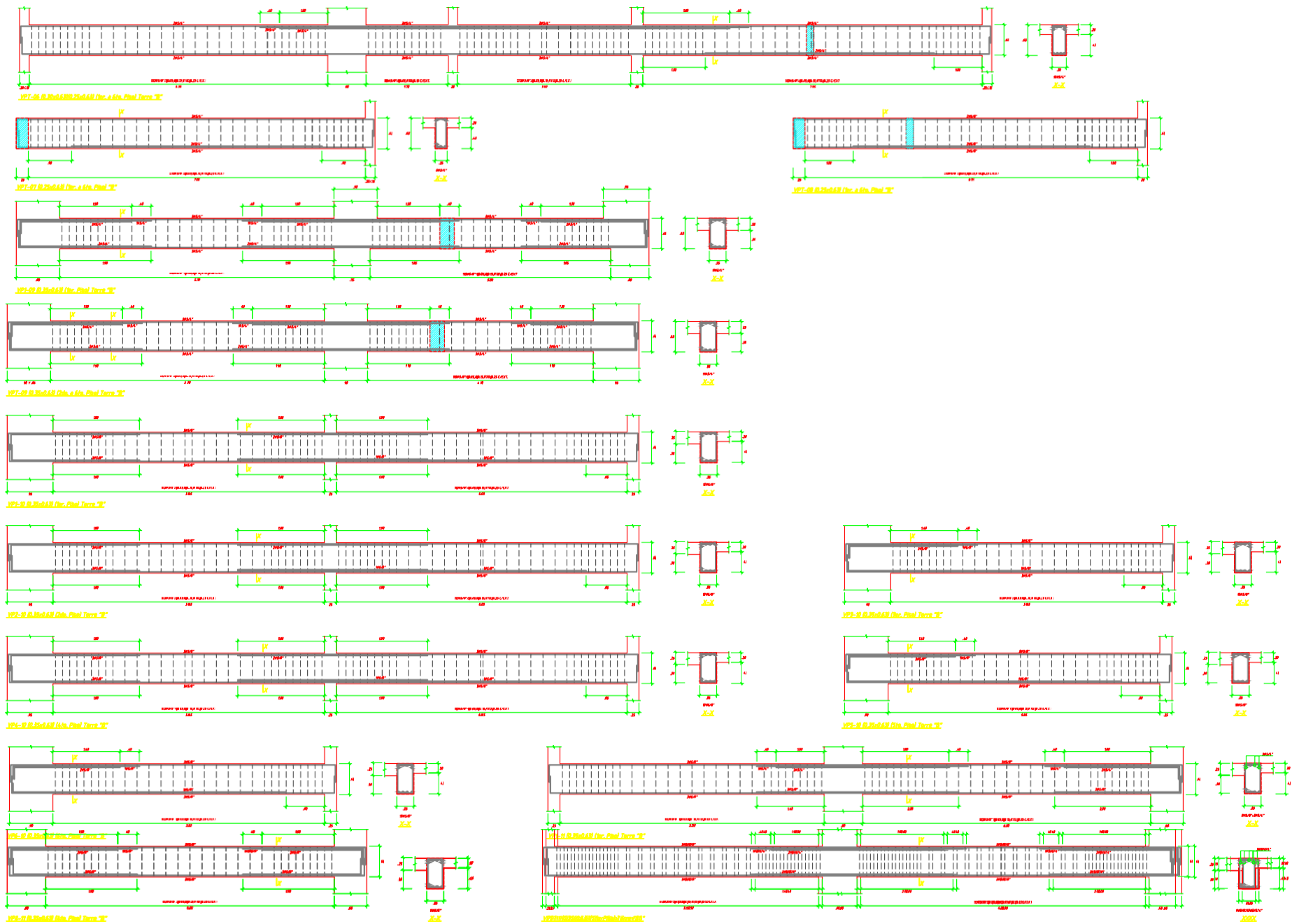
CUADRO DE COLUMNAS

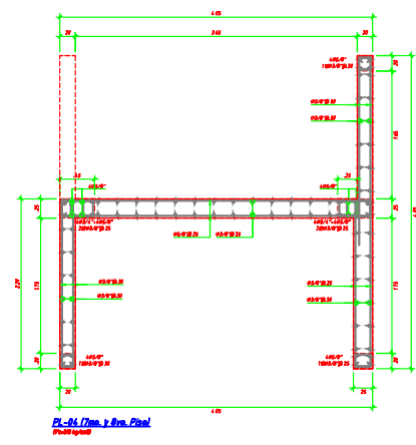
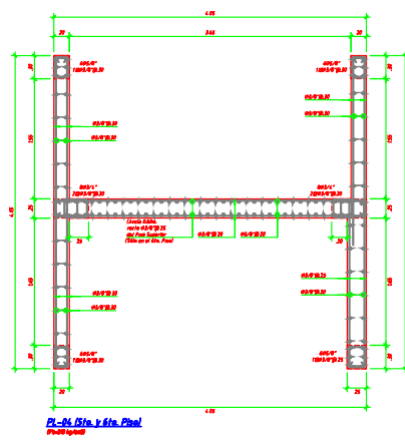
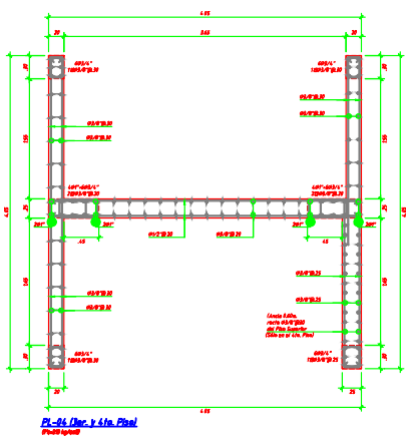
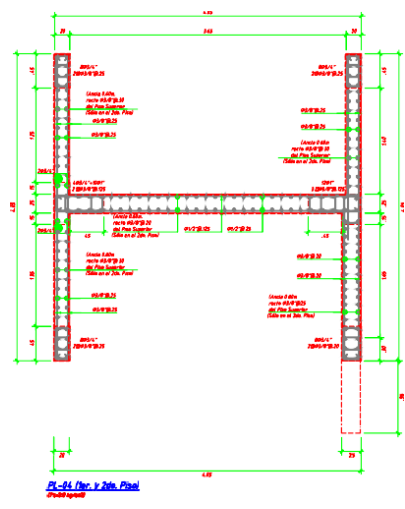
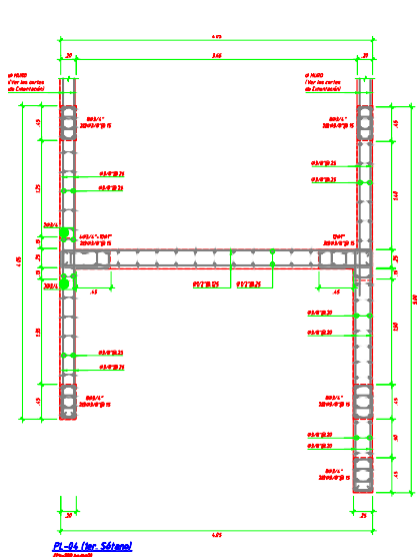
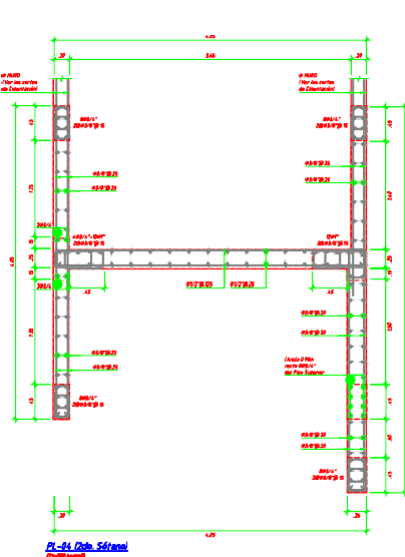
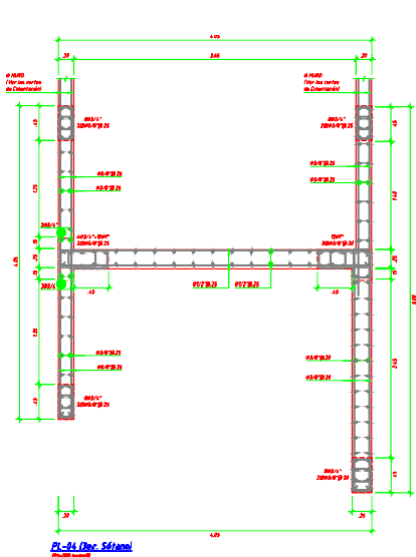
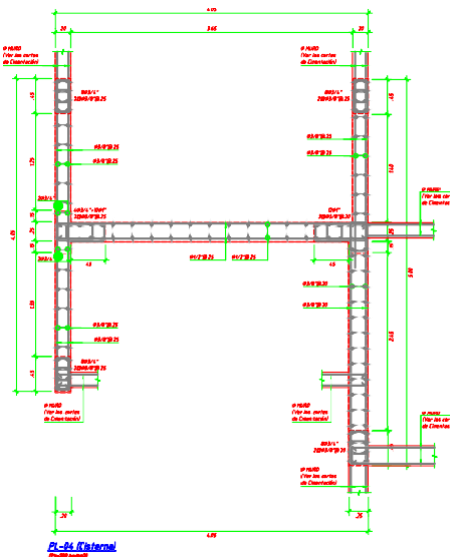
PSD COLUMNA	Columna	3er. y 3do. Sótano	1er. Sótano	1er. Piso	2do. Piso	3er. y 4to. Piso	5to. y 7mo. Piso	8vo. Piso
C-01								
C-02								
C-03								
C-04								
C-05								
C-06								
C-07								

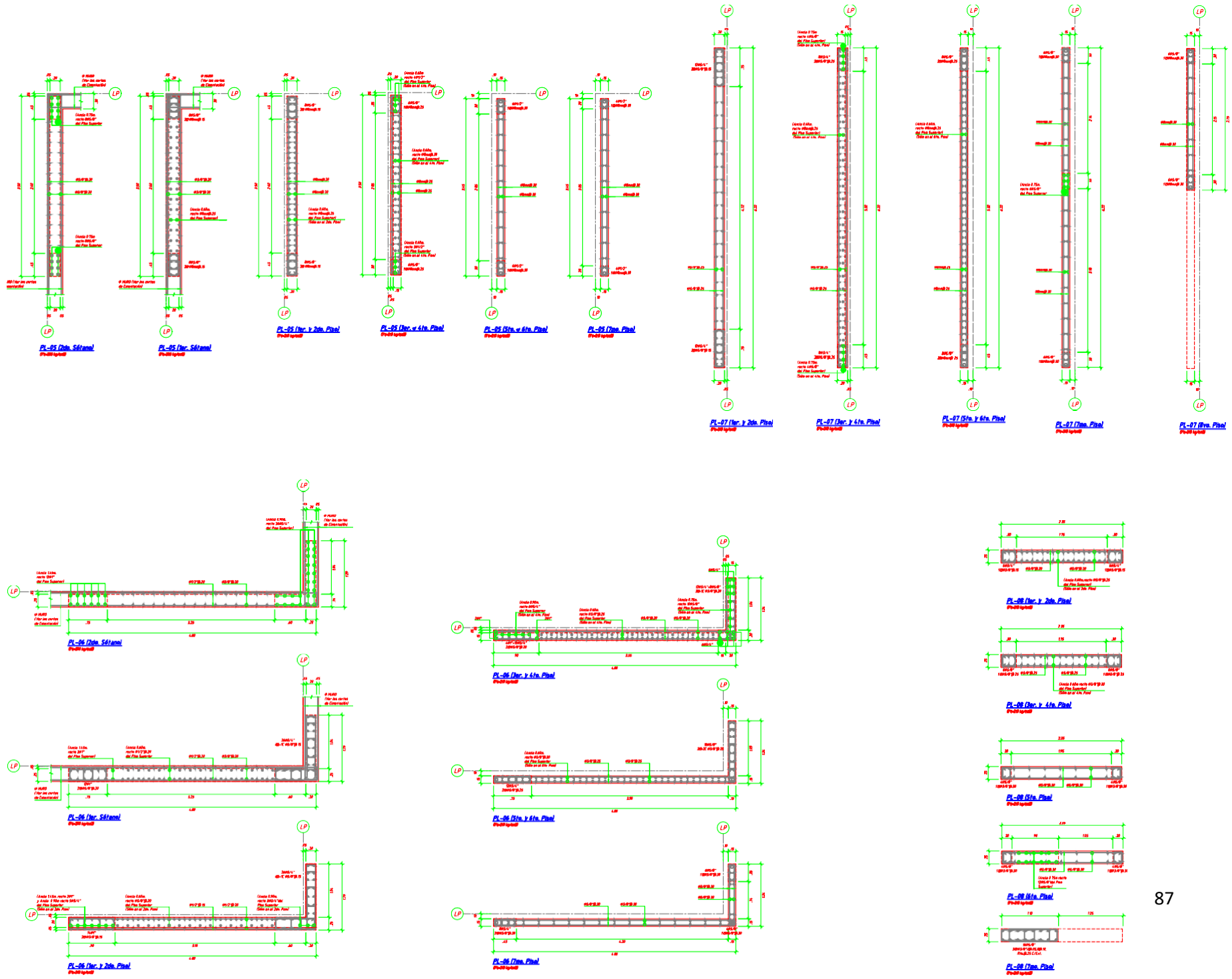
CUADRO DE COLUMNAS

PISO COLUMNA	Cabeza	3er. y 2do. Sótano	1er. Sótano	1er. Piso	2do. Piso	3er. y 4to. Piso	5to. y 7to. Piso	8vo. Piso
C-08								
C-09								
C-10								
C-11								
C-12								
C-13								
C-14								
C-15								
C-16								











UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ANÁLISIS SÍSMICO DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS CON LA NORMA E.030 2003 Y 2018, MIRAFLORES, LIMA - 2021", cuyo autor es SOVERO CORDERO ANDHERSON DAYGORO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 13 de Junio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO DNI: 07732471 ORCID: 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 15-07- 2022 18:49:37

Código documento Trilce: TRI - 0307445