



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016.

### TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

#### AUTORES:

Urbano Aro Aro  
César Torricos Supa

#### ASESORES:

Dra. María Ysabel García Álvarez  
Mg. Luis Humberto Díaz Huiza

#### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2018 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **ARO ARO, URBANO**

Cuyo título es: **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E. 030-2003 Y E. 030-2016"**

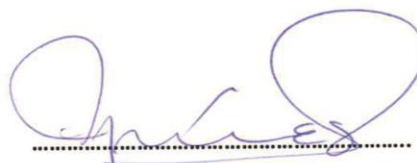
Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **13** (número) **TRECE** (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 14 de Diciembre de 2018



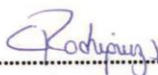
.....  
Dra. Ing. GARCIA ALVAREZ MARIA YSABEL

PRESIDENTE



.....  
Mgtr. Ing. ESPINOZA SANDOVAL JAIME HEMAN

SECRETARIO



.....  
Mgtr. Ing. RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ

VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **TORRICOS SUPA, CÉSAR**

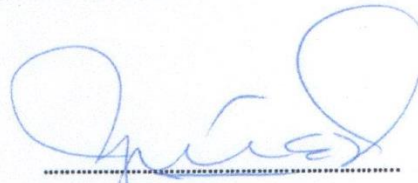
Cuyo título es: **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E. 030-2003 Y E. 030-2016"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **13** (número) **TRECE** (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 14 de Diciembre de 2018



.....  
Dra. Ing. GARCIA ALVÁREZ MARIA YSABEL  
PRESIDENTE



.....  
Mgtr. Ing. ESPINOZA SANDOVAL JAIME HEMAN  
SECRETARIO



.....  
Mgtr. Ing. RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

### **Dedicatoria**

A nuestros padres por apoyarnos incondicionalmente y a nuestros hermanos por acompañarnos y motivarnos a seguir adelante en el transcurso de la carrera.

### **Agradecimiento**

Expresamos nuestro agradecimiento a la “Universidad César Vallejo” por brindar una educación de calidad y seguir apoyando en la formación de buenos profesionales en nuestro País.

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo Urbano Aro Aro con DNI N.º 46931358, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. 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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de Diciembre del 2018



---

Urbano Aro Aro

DNI: 46931350

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo César Torricos Supa con DNI N.º 40201966, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. 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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de Diciembre del 2018



---

César Torricos Supa

DNI: 40201966

## Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presentamos ante ustedes la tesis titulada “Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016”, cuyo objetivo es determinar las diferencias del análisis y diseño, aplicando las normas e.030-2016 y e.030-2003 en un edificio de 15 pisos, que sometemos a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero civil.

La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica la realidad problemática de estar expuesta una zona sísmica y las definiciones de los parámetros sísmicos de las normas de diseño sismoresistencia; en el segundo capítulo se muestra la metodología de investigación usada para realizar la investigación; en el tercer capítulo se explica los resultados de la investigación; en el cuarto capítulo se exponen las controversias encontradas en la investigación; en el quinto capítulo se presenta las conclusiones basados en los objetivos del trabajo de investigación, en el sexto capítulo se indican las recomendaciones y finalmente se citaron las referencias bibliográficas.



---

César Torricos Supa  
DNI: 40201966



---

Urbano Aro Aro  
DNI: 46931358



## INDICE GENERAL

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Declaración de autenticidad.....	vi
Presentación.....	viii
Índice.....	ix
Resumen.....	xviii
Abstrac.....	xix
I. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 Realidad problemática.....	21
1.2 Trabajos previos.....	22
1.2.1 Antecedentes nacionales.....	22
1.2.2 Antecedentes Internacionales.....	23
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	25
1.3.1 Parámetros sísmicos.....	25
1.3.2 Zonificación Sísmica (Z).....	25
1.3.3 Tipos de suelo (S).....	27
1.3.4 Factores de Amplificación sísmica (C).....	29
1.3.5 Categoría de las Edificaciones (U).....	29
1.3.6 Coeficiente de Reducción Sísmica (R).....	31
1.3.7 Regularidad estructural.....	33
1.3.7 Análisis estructural.....	37
1.3.8 Diseño estructural.....	41
1.4 Formulación del problema.....	42
1.4.1 Problema general.....	42
1.4.2 Problemas específicos.....	42

1.5 Justificación del estudio.....	43
1.5.1 Justificación Práctica .....	43
1.5.2 Justificación social.....	43
1.6 Hipótesis .....	43
1.6.1 Hipótesis general.....	43
1.6.2 Hipótesis específicas.....	44
1.7 Objetivos.....	44
1.7.1 Objetivo general.....	44
1.7.2 Objetivos específicos .....	44
Los objetivos específicos son los siguientes:.....	44
II. METODO.....	21
2.1 Método de la investigación.....	47
2.1.1 Método científico.....	47
2.2 Tipo de investigación.....	47
2.2.1 Investigación Cuantitativa .....	47
2.3 Diseño de investigación.....	47
2.3.1 Investigación no experimental .....	47
2.4 Nivel de investigación.....	48
2.4.1 Investigación descriptiva .....	48
2.5 Variables .....	48
2.6 Operacionalización de Variables.....	49
2.7 Población y muestra.....	51
2.7.1 Población .....	51
2.7.2 Muestra .....	51
2.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	51
2.8.1 Técnicas .....	51
2.8.2 Instrumentos.....	52

2.8.3 Validez .....	52
2.8.4 Confiabilidad. ....	53
2.9 Métodos de análisis de datos .....	53
2.10 Aspectos éticos .....	53
<b>III. RESULTADO.....</b>	<b>54</b>
3.1 Descripción de la estructura.....	55
3.1.1 Ubicación. ....	55
3.1.2 Descripción de arquitectura. ....	55
3.1.3 Altura de edificación.....	56
3.1.4 Área de la edificación. ....	57
3.2 Consideraciones de estudio.....	57
3.2.1 Estudio de suelo. ....	57
3.2.2 Calidad de los materiales usados. ....	58
3.2.3 Códigos y estándares utilizados.....	59
3.2.4 Cargas. ....	59
3.3 Análisis sísmico .....	61
3.3.1 Análisis sísmico según la norma E.030 de diseño sismorresistente del 2003. .....	61
3.3.2 Análisis sísmico según la norma E.030 de diseño sismorresistente del 2016. .....	63
3.4 Modelación estructural del edificio de 15 pisos .....	65
3.5 Análisis estructural según la norma E.030 - 2003 .....	71
3.5.1 Análisis estático .....	71
3.5.2 Análisis dinámico modal espectral .....	74
3.6 Análisis estructural según la norma E.030 - 2016 .....	82
3.6.1 Análisis estático .....	82
3.6.2 Análisis dinámico modal espectral .....	83

3.7 Diseño de los elementos estructurales .....	91
3.7.1 Vigas .....	91
3.7.2 Columnas .....	98
3.7.3 Placas .....	102
IV. DISCUSIÓN .....	107
V. CONCLUSIÓN.....	118
VI. RECOMENDACIONES .....	121
VII. REFERENCIAS .....	124
VIII. ANEXOS .....	128

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de zona Z norma e.030 del 2003 .....	26
Tabla 2. Factores de zona Z norma e.030 del 2016 .....	27
Tabla 3. Tipos de suelo y factor S norma E.30 del 2016 .....	28
Tabla 4. Periodos <b>TP</b> y <b>TL</b> norma E.30 del 2016 .....	28
Tabla 5. Perfiles de suelo, Factor S y periodo T_P norma e.030 del 2003 .....	28
Tabla 6. Categoría de las edificaciones y factor de uso “U” de la norma e.030 del 2016 .....	30
Tabla 7. Categoría de las edificaciones y factor de uso norma e.030 del 2003 .....	31
Tabla 8. Coeficiente de reducción sísmica R, norma e.030 del 2016 .....	32
Tabla 9. Coeficiente de reducción sísmica R, norma e.030 del 2003 .....	33
Tabla 10. Categoría y regularidad de las edificaciones norma e.030 del 2016 .....	34
Tabla 11. Irregularidades estructurales en altura norma e.030 del 2016. ....	34
Tabla 12. Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2016 .....	35
Tabla 13. Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2003 .....	36
Tabla 14. Irregularidades estructurales en altura norma E.030 del 2003 .....	36
Tabla 15. Límites de distorsión del entrepiso (Derivas) norma e.030 del 2016. ....	40
Tabla 16. Límites para desplazamiento lateral de entrepiso norma e.030 del 2003. ....	41
Tabla 17. Operacionalización de variables. ....	49
Tabla 18. Descripción de arquitectura de la edificación .....	55
Tabla 19. Alturas del edificio de 15 pisos. ....	56
Tabla 20. Áreas de la edificación .....	57
Tabla 21. Resistencia a la compresión de los elementos estructurales del edificio de 15 pisos. ....	58
Tabla 22. Resumen de cargas vivas y cargas muertas según norma e.020 .....	60
Tabla 23. Análisis de Irregularidades estructurales en altura norma E.030 del 2003 .....	70
Tabla 24. Análisis de Irregularidades estructurales en planta norma E.030 del 2003 ...	70
Tabla 25. Descripción de parámetros sísmicos de la norma e.030-2003 .....	71
Tabla 26. Cantidad de masa por cada nivel. ....	72
Tabla 27. Fuerza de cortante basal en ambas direcciones .....	73
Tabla 28. Periodos (T) y masas participantes .....	73
Tabla 29. Valores del espectro de diseño con norma e.030 del 2003 .....	74

Tabla 30. Cortante basal dinámico en ambas direcciones según la norma e.030-2003..	76
Tabla 31. Amplificación de la cortante dinámica de norma e.030-2003 .....	76
Tabla 32. Cortante amplificada de la norma e.030 del 2003 .....	77
Tabla 33. Fuerzas Internas según la norma e.030 del 2003 .....	77
Tabla 34. Desplazamientos laterales de CM en dirección X según norma e.030 del 2003 .....	78
Tabla 35. Desplazamientos laterales de CM en dirección Y según norma e.030 del 2003 .....	79
Tabla 36. Análisis de Irregularidades estructurales en altura norma E.030 del 2016.....	81
Tabla 37. Análisis de Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2016.....	81
Tabla 38. Descripción de parámetros sísmicos de la norma e.030-2016.....	82
Tabla 39. Fuerza de cortante basal estática con norma e.030 del 2016.....	83
Tabla 40. Valores del espectro de diseño con norma e.030 del 2016.....	84
Tabla 41. Cortante basal dinámico en ambas direcciones según la norma e.030 del 2016 .....	86
Tabla 42. Amplificación de la cortante dinámica de la norma e.030 del 2016.....	86
Tabla 43. Cortante amplificada de norma e.030 del 2016 .....	87
Tabla 44. Fuerzas Internas según la norma e.030 del 2016.....	87
Tabla 45. Desplazamientos laterales de CM en la dirección X según norma e.030 del 2016 .....	88
Tabla 46. Desplazamientos laterales de CM en la dirección Y según norma e.030 del 2016 .....	89
Tabla 47. Resultados de refuerzo requerido VP-1= 40 x 75cm, con norma e.030-2016	96
Tabla 48. Resultado de Mu, Pu, Vu y aceros de refuerzo para C1 en mezzanine norma e.030-2016 .....	101
Tabla 49. Peso axial y momentos para el diseño de refuerzo longitudinal para P1X...	105
Tabla 50. Fuerza cortante para diseño de refuerzo transversal P1X.....	105
Tabla 51. Comparativo de los parámetros sísmicos de la norma e.030 2003 vs. 2016	108
Tabla 52. Comparativo de cortantes dinámicas y momentos en dirección X, con normas e.030 2003 vs. 2016 .....	110
Tabla 53. Comparativo de cortantes dinámicas y momentos en dirección Y, con normas e.030 2003 vs. e.030 2016.....	111

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas Sísmicas de Perú según norma e.030 2003.....	26
Figura 2. Zonas Sísmicas de Perú según la norma e.030 2016.....	27
Figura 3. Ubicación del edificio de 15 pisos.....	55
Figura 4. Malla de ejes del edificio de 15 pisos.....	66
Figura 5. Modelación de la estructura en etabs 2016, vista en planta. ....	67
Figura 6. Modelación de la estructura 3D en etabs 2016 v.2.1.....	68
Figura 7. Dimensiones de secciones de la estructura,.....	69
Figura 8. Panel de entrada de los casos de carga. ....	69
Figura 9. Espectro de pseudo-aceleraciones con norma e.030 del 2003 .....	75
Figura 10. Espectro de pseudo-aceleraciones con norma e.030-2016.....	85
Figura 11. Longitudes de barra para el refuerzo (Harmsen, 2002).....	92
Figura 12. Diagrama de momentos máximos en el eje E con norma e.030 del 2016.....	93
Figura 13. Diagrama de momentos flectores máximos de VP 45x70cm en el eje E ..... planta 10, con norma e.030 del 2016 .....	94
Figura 14. Diagrama de cortantes máximos de VP 45x70cm en el eje E planta 10, con... norma e.030 del 2016.....	94
Figura 15. Diagrama de cortantes máximos en el eje E con norma e.030 del 2016.....	95
Figura 16. Distribución de acero para (VP-1 40x75cm), norma e.030-2016 .....	97
Figura 17. Valor de demanda capacidad de C1 en el eje D norma e.030-2016.....	99
Figura 18. Refuerzo longitudinal de aceros en columna con la norma e.030 del 2016	100
Figura 19. Diagrama de interacción de la columna C1 (0.9x0.9) norma e.030-2016..	101
Figura 20. Distribución de refuerzos longitudinales y transversales de C1 (0.9x0.9) norma e.030 - 2016. ....	102
Figura 21. Disposiciones para diseño de muros según norma e.060 .....	104
Figura 22. Distribución de acero en PX1 y PY1.....	106
Figura 23. Comparación de espectros de aceleración norma. E.30-2003 vs e.030 - 2016 .....	112
Figura 24. Comparación de desplazamientos laterales dinámicos en dirección X norma e.030-2003 vs e.030.2016 .....	113
Figura 25. Comparación de desplazamientos laterales dinámicos en dirección Y norma e.030-2003 vs e.030.2016. ....	114

Figura 26. Comparación de derivas máximas en la dirección X, norma e.030-2003 vs norma e.030-2016.....	115
Figura 27. comparación de derivas máximas en la dirección Y, norma e.030-2003 vs norma e.030-2016.....	116
Figura 28. Comparación de refuerzo longitudinal de vigas (VP-1 0.4x0.75) e.030-2003 vs e.030-2016.....	116



## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	129
Anexo 2. plano de arquitectura del edificio de 15 pisos (distribuciones en planta) .....	130
Anexo 3. plano de elevaciones del edificio de 15 pisos. ....	131
Anexo 4. Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	132
Anexo 5. Reporte de turniting.....	134
Anexo 6. Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....	135
Anexo 7. Autorización de entrega de la versión final del trabajo de investigación.....	137

## Resumen

El objetivo de la investigación fue hacer un estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016, comprobar si cumple con los requerimientos mínimos de diseño sismorresistente de las normas mencionadas y realizar el diseño y/o verificación de los elementos estructurales según los resultados del análisis sísmico. Esta investigación es de tipo cuantitativo, no experimental, de corte transversal y de nivel descriptivo, se realizó el análisis y diseño del edificio de 15 pisos con las normas de diseño sismorresistencia e.030 del 2003 y 2016 con ayuda del programa computacional Etabs v.16.2.1, con lo cual se obtuvieron los resultados como; las fuerzas internas, cortantes estáticas y dinámicas en los entresijos en direcciones X e Y, luego se determinaron los desplazamientos laterales y las derivas de entresijos, se verificó que el análisis realizado a la estructura con la norma e.030 del 2016 las fuerzas cortantes estáticas, dinámica, desplazamientos y derivas son mayores en comparación con la norma del 2003, También se constató que la deriva máxima con la norma e.030 del 2016 fue de 0.00422 y 0.00523 en los ejes X e Y respectivamente, el cual se encuentra inferior al límite permisible 0.007 que requiere dicha norma para estructuras de concreto armado, en caso del diseño de los elementos estructurales se observó que las columnas y placas se encuentran dentro de las cuantías requeridas, en el caso de la viga (VP-1 40x75) el refuerzo longitudinal se encuentran sobredimensionados, y a su vez concluye en la importancia del análisis de las irregularidades de las estructuras y la recomendación de un análisis más exhaustivo de las irregularidades existentes en toda estructura ya que estos pueden modificar todo el análisis también se recomienda reevaluar las estructuras existentes que hayan sido diseñado con normas anteriores a la del 2016.

**Palabras clave:** cortante basal, irregularidad, análisis sísmico, desplazamientos, derivas, diseño sísmico.

## **Abstract**

The objective of the research was to carry out a comparative analysis and design study, applying the e.030-2016 and e.03-2003 standards in a 15-story building of the National University of the Altiplano and verify if it meets the minimum requirements of Seismic design of the current standard and perform the final design of the elements according to the results of the seismic analysis. This research is not experimental, cross-sectional and descriptive, the 15-story building of the Universidad Nacional del Altiplano was analyzed and designed with the seismic resistance design standards e.030 of 2003 and 2016 with the help of the computer program Etabs v. 16.2.1, with which the results were obtained as: the static, dynamic shear in the mezzanines, the basal shear in both directions and the displacements of the distortions, concluding that analyzing the structure with the standard e.030 of 2016 the shear basal is higher compared to the previous norm of 2003, then concludes that the 15-story building of the Universidad Nacional del Altiplano does not meet the minimum seismic design requirements of the current standard .030 of 2016, in addition to the elements that are oversized and in turn concludes in the importance of the analysis of the irregularities of the structures and the recommendation of a more exhaustive analysis of the irregularities of the entire structure of the writing of data.

**Key words:** basal shear, distortion, irregularity, seismic analysis, seismic performance, seismic design.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

Los últimos sismos ocurridos de gran magnitud como el de Japón (2011), Nueva Zelanda (2010), Chile (2010) y México (2017), en este último fueron dos sismos de 8° y 7.1° en la escala de Richter que ocasionó la pérdida aproximada de 250 vidas humanas, en donde colapsó la escuela Enrique Rébsamen de Coapa en el sur de la capital de México donde fueron enterrados más de 50 niños, “Al menos 32 menores, de entre 7 y 13 años de edad han muerto y casi una veintena siguen atrapados. Otros 24 han sido rescatados con vida” (Carrillo, 2018, pág. 1). Estos sismos ocurridos han generado preocupación en la sociedad de ingenieros civiles a nivel mundial y también la necesidad de mejorar las normas y/o códigos de diseño sismorresistente, agregando restricciones más rigurosas para la obtención de estructuras más funcionales y seguras.

La condición en que se encuentra Perú es un país altamente sísmico por estar en cinturón de fuego del pacífico, entre placa de nazca y sudamericana, como evidencia tenemos el terremoto de Pisco y Chincha del año 2007 que ocasionó pérdidas materiales y vidas humanas, esto conllevó a un re-estudio de la norma e.030 tras evaluar y analizar el daño ocasionado por el sismo en las edificaciones. Se vio la necesidad de actualizar la norma con modificación en sus parámetros sísmicos y con la inclusión de restricciones de regularidad. “Los recientes terremotos ocurridos condujo a que se actualice dicha norma, añadiendo una zona sísmica incluyendo los periodos largos para la obtención del coeficiente de amplificación sísmica y a detallar con factores de irregularidades en las edificaciones” (Alfaro Ríos, 2017, pág. 2). En base a estos acontecimientos naturales, en el año 2014 entró la propuesta de la actualización de la norma e.030 que se encontraba vigente desde su última modificación en el año 2003, la actualización de la norma e.030 entró en vigencia el año 2016 se ha podido observar que trae modificación en sus parámetros y adición de restricciones en diseño sísmico, esa es la razón que genera inquietud de conocer e investigar las nuevas consideraciones sísmicas y su eficiencia en el análisis y diseño de edificaciones.

Mediante el presente trabajo de investigación se pretende evaluar y determinar las diferencias del análisis y diseño, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016 en un edificio de 15 pisos, 1 sótano y 1 mezzanine conformado por sistema mixto pórticos y con dominio de placas, con irregularidades en planta y altura, de los resultados se conocerá si

la edificación cumple con los requerimientos establecidos y si es eficiente diseñar con la última norma.

## **1.2 Trabajos previos**

Para la presente investigación se ha explorado y tomado como referencias otras investigaciones.

### **1.2.1 Antecedentes nacionales**

En la tesis titulada “*Análisis de la respuesta sísmica de 3 Instituciones educativas diseñadas con la Norma e.030-2003 en contraste con la Norma e.030-2016*”. El autor indica que su objetivo es encontrar el comportamiento de las instituciones educativas frente a un evento sísmico, aplicando la norma e.030-2003 y E.030-2016, para ello consideró tres edificaciones de gran importancia ubicados en la ciudad de Lima, consideró la población a todos los colegios básicos de nivel primaria y secundaria en el departamento de lima hechos con la norma e.030-2003, el tiempo de su estudio fue a inicios de la segunda mitad del año 2016 hasta la primera mitad del año 2017. Para evaluar el comportamiento de las instituciones educativas frente a un sismo, usó el análisis dinámico modal espectral con ayuda del software ETABS v.16.2.1, para dicho análisis tomo en cuenta la consideraciones de la nueva norma, con el fin de hallar si las edificaciones seleccionadas cumplen con los requisitos de norma e.030 del 2016. La respuesta sísmica a obtener en el análisis de los centros educativos diseñados con las normas e.030-2003 requiere precisión en los resultados, por ello el autor optó usar el método análisis dinámico modal espectral. En su investigación concluye que 2 de las 3 edificaciones evaluadas cumplen con los requerimientos de derivas de la norma e.030 del 2016, lo que permite estimar un adecuado desempeño de las estructuras ante un evento sísmico (Tolentino Ortiz, 2017).

En la tesis titulada “*Análisis y diseño sísmico de una edificación de seis niveles de concreto armado en la ciudad de Juliaca*”. El objetivo del autor fue realizar el análisis sísmico estático y dinámico comparativo aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016 en un edificio de seis pisos y también elaborar los diseños finales de las estructuras en función a los esfuerzos más críticos observados en el análisis. Para el desarrollo del análisis y diseño tomó en cuenta la arquitectura del edificio de seis pisos, usando el programa estructural SAP 2000 v.14 determinó la vibración, distorsión de entrepisos,

desplazamientos, aceleraciones y cortante basal de la estructura. Los resultados obtenidos de las derivas en los ejes X y Y tanto en el análisis estático y dinámico considerando los requerimientos de las normas e.030-2003 y e.030-2016 se encuentran dentro del rango permisible, excepto las derivas en el análisis estático con la norma e.030-2016 ya que excedieron las derivas máximas permisibles. Según los resultados obtenidos del análisis realizó el diseño estructural final, tomando en cuenta las exigencias de la norma e.060 (Chaiña Mamani, 2016).

En la tesis titulada *“Comportamiento estructural de edificaciones medianas irregulares de sistema dual, aplicando la norma E.030 del 2003 y el proyecto de norma 2014 en lima metropolitana”*. Indica el autor su objetivo es analizar y verificar el comportamiento estructural de los edificios que se encuentran alrededor de Lima metropolitana con la norma técnica e.030 del 2003 y el Proyecto de la norma e.030 del 2014. Su estudio es de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, de corte longitudinal y de nivel descriptivo. Para dicha investigación tomó en cuenta los parámetros y requerimientos de las normas de diseño sismoresistencia. En el estudio considero tres tipos de edificaciones de Lima Metropolitana, para determinar el comportamiento estructural utilizó modelamientos computacionales analizándolo con las dos normas mencionadas, finalmente llegó a la conclusión que la norma del 2014 arrojó resultados de mejor comportamiento sísmico ante sismos severos, por consecuente salvaguardará las vidas humanas y se minimizara los daños materiales (Ramirez & Sánchez, 2015).

### **1.2.2 Antecedentes Internacionales.**

En la tesis titulada *“Análisis comparativo económico-estructural de edificios de 6,12 y 18 pisos, aplicando el código ecuatoriano de la construcción CEC-2002 y la norma ecuatoriana de la construcción NEC-15”*. Expone que el objetivo de su tesis fue evaluar las diferencias de diseño y costos considerando los peligros sísmicos que está expuesto dicho país. Para su investigación diseñó considerando las diferentes edificaciones según altura (6, 12, y 18 pisos) y ubicaciones geográficas reales en la ciudad de Quito, la finalidad fue lograr mayor regularidad en planta y elevación. Para ello evaluó (6 edificios en total) modelados con el programa ETABS, luego procedió al cálculo de volúmenes de hormigón y acero de refuerzo; y obtuvo el presupuesto definitivo para cada edificio. En el caso de las diferencias estructurales obtuvo diafragmas en mayor cantidad o con mayores

espesores en la NEC con relación al CEC, esto es debido a que el requerimiento de la fuerza cortante de diseño para diafragmas es mayor en el NEC, definido principalmente por los factores de sobre-resistencia y amplificación dinámica. Con respecto al costo determinó que la NEC es más costosa que el CEC siendo hasta un 17% mayor. Finalmente concluyó que la variación de costos para los edificios de 6 pisos no es significativa, mientras que para el edificio de 12 y 18 pisos si hay una variación considerable de precios (Arciniega Larrea & Suarez Coba, 2016).

En la tesis titulada *“Diseño sismoresistente de edificios de hormigón armado (cálculo de periodos de vibración y niveles de agrietamiento)”*. Expone que el objetivo de su tesis fue determinar el comportamiento sísmico de las estructuras haciendo un adecuado análisis y diseño de edificaciones con diferentes códigos y normas sísmicas de distintos países. En su trabajo de investigación presenta una comparación general de los códigos sísmicos de los diferentes países como Ecuador (nec-se-ds 2015), México (volumen IV tomo II), Colombia (nsr 10), Perú (e.030), Chile (nch 433.Of96), Nueva Zelanda (nzs 11701.5:2004) y Estados Unidos (aci 2014), destacando los criterios de agrietamiento para el cálculo de los periodos de vibración. Analizando los parámetros que están involucrados en el cálculo del periodo de vibración de la estructura, concluyó que el periodo de vibración va decreciendo conforme va aumentando la rigidez de la estructura, teniendo en el sistema de muros de corte periodos mucho menor a los periodos de los otros sistemas estructurales estudiados. En la comparación entre las diferentes normas, pudo concluir que las únicas normas que consideran un agrietamiento diferente para las etapas de análisis y diseño son las normas Americana y la colombiana, mientras que las otras normas no contemplan esto, por lo que se asume que el agrietamiento será el mismo para las dos etapas (Guzman Gomez de la Torre, 2015).

En la tesis titulada *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la universidad central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción nec-se-re, 2015”*. El autor indica que el objetivo es evaluar la inseguridad sísmica de las aulas de la carrera de Ingeniería, utilizando la norma nec-se-re-2015. Identificar las falencias patológicas y determinar el grado de inseguridad de aulas del edificio empleó la metodología FEMA154, apoyándose en software informático para la modelación estructural y así determinar su desempeño y a su vez identificar los



elementos estructurales que presentan deficiencia en propiedades tanto como en resistencia y rigidez. Concluye que las edificaciones evaluadas cumplen con los requisitos de sismorresistencia para la zona de riesgo sísmico en la que se encuentra de acuerdo con la norma vigente nec-se-ds-2015, ratifica mediante la aplicación del formulario FEMA154, presentando una vulnerabilidad en los bloques 1,2 y 3, además determina que la estructura requiere una evaluación especial y detallada. (Quizhpilema Piray, 2017).

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Parámetros sísmicos**

Los parámetros sísmicos son propiedades que determinan la estructura antisísmica de una edificación tomando en cuenta lo siguiente; zonificación sísmica, tipo de suelo, factor de amplificación sísmica, reducción de fuerza sísmica, uso, categoría y regularidad de la edificación.

#### **1.3.2 Zonificación Sísmica (Z)**

Es la distribución de zonas es según los espacios de sismicidad identificada, características generales de las actividades sísmicas y la magnitud de propagación respecto a la longitud del epicentro y así como las características de las deformaciones de la corteza terrestre según eso se le asigna un factor  $Z$ . “Este factor se explica como la rapidez máxima horizontal en el suelo duro con una posibilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor  $Z$  se manifiesta como una parte de la rapidez de la gravedad” (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003, pág. 5).

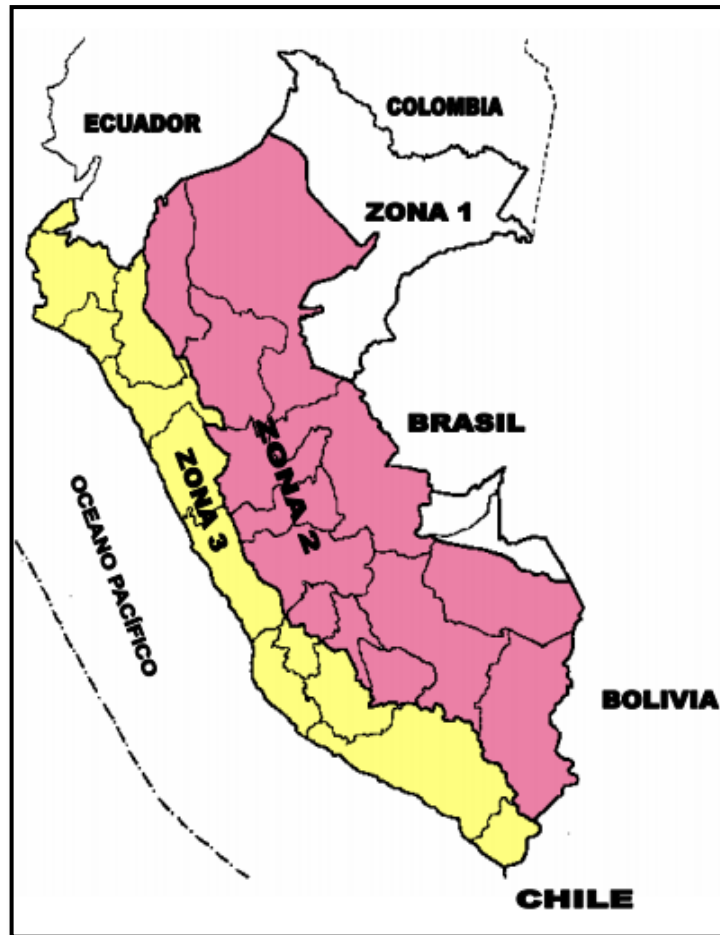


Figura 1. Zonas Sísmicas de Perú según norma e.030 del 2003. Fuente: reproducido de la norma e.030 del 2003.

Tabla 1.

Factores de zona Z norma e.030 del 2003

FACTORES DE LA ZONA	
ZONA	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Fuente: reproducido de la norma e.030 del 2003.



Figura 2. Zonas Sísmicas de Perú según la norma e.030 del 2016. Fuente: norma e.030 del 2016

Tabla 2.

Factores de zona Z norma e.030 del 2016

<b>FACTORES DE LA ZONA "Z"</b>	
<b>ZONA</b>	<b>Z</b>
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: reproducido de la norma e.030 del 2016

### 1.3.3 Tipos de suelo (S)

Los perfiles de los suelos se dividen de acuerdo a las características mecánicas del suelo, físicas, periodo fundamental de vibración y la velocidad de circulación de las ondas de

corte, se considera 5 tipos de suelo y cada uno con su respectivo factor (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016).

Tabla 3.

*Tipos de suelo y factor S norma E.30 del 2016*

<b>Tipo \ Zona</b>		<b>Z<sub>4</sub></b>	<b>Z<sub>3</sub></b>	<b>Z<sub>2</sub></b>	<b>Z<sub>1</sub></b>
Roca dura	S <sub>0</sub>	0.8	0.8	0.8	0.8
Roca o suelos muy rígidos	S <sub>1</sub>	1	1	1	1
Suelos intermedios	S <sub>2</sub>	1.05	1.15	1.2	1.6
Suelos blandos	S <sub>3</sub>	1.1	1.2	1.4	2
Clasificación según EMS	S <sub>4</sub>	.	-	-	

*Fuente:* reproducido de la norma e.030 del 2016.

Además se tiene los periodos  $T_P$  y  $T_L$ , que ayudan a determinar mejor la forma del espectro de aceleración según al modelo de la forma del suelo, los valores de los periodos son según como indica la tabla 4.

Tabla 4.

*Periodos T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub> norma e.30 del 2016*

<b>Periodo \ Suelo</b>	<b>S<sub>0</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>3</sub></b>
<b>T<sub>P</sub> (s)</b>	0.30	0.4	0.6	1
<b>T<sub>L</sub> (s)</b>	3	2.5	2	1.6

*Fuente:* reproducido de la norma e.030 del 2016.

Los perfiles del suelo se clasifican en 4 tipos según características de estrato y estudio de mecánica de suelos (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003).

Tabla 5.

*Perfiles de suelo, Factor S y periodo T<sub>P</sub> norma e.030 del 2003*

<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tp(s)</b>	<b>S</b>
Roca o suelos muy rígidos	<b>S<sub>1</sub></b>	0.4	1
Suelos intermedios	<b>S<sub>2</sub></b>	0.6	1.2
Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	<b>S<sub>3</sub></b>	0.9	1.4
Condiciones excepcionales	<b>S<sub>4</sub></b>	*	*

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2003. (\*) Los valores de  $T_p$  y  $S$  serán mayor o igual tipo S3 según el criterio del especialista.

### 1.3.4 Factores de Amplificación sísmica (C)

El coeficiente C es un factor para amplificar la sismicidad de respuesta estructural frente a la rapidez del suelo, además sirve para hallar el inicio de la zona del espectro (Norma E.030 diseño sismorresistente, 2016).

Para determinar el coeficiente C se usa las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} T < T_p & \quad C = 2,5 \\ T_p < T < T_L & \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \\ T > T_L & \quad C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right) \end{aligned}$$

De acuerdo a las propiedades del lugar, se determina el factor de amplificación sísmica C con la siguiente ecuación (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003).

$$C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad C \leq 2,5$$

### 1.3.5 Categoría de las Edificaciones (U)

Toda estructura de edificación tiene que ser clasificada de acuerdo a su importancia, uso y lugar donde se ubique. El factor por clase de “edificaciones esenciales”, se divide en dos subcategorías, A1 y A2; A1 es para los establecimientos de salud y hospitales en donde debe ser considerado los aisladores sísmicos en base a la zona donde se ubique la edificación (Norma E.030 diseño sismorresistente, 2016).

Tabla 6.

*Categoría de las edificaciones y factor de uso “U” de la norma e.030 del 2016*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR “U”
A, Edificaciones Esenciales	A1: Hospitales del segundo y tercer nivel. A2: Centros de salud básicos, Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones, estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía, instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	Ver nota 1 1,5
B, Edificaciones Importantes	Lugares de entretenimiento, estación de pasajeros, centros de reclusión, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1,3
C, Edificaciones Comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales.	1,0
D, Edificaciones temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares	Ver nota 2

*Fuente:* reproducido de la norma e.030 del 2016.

*Nota 1:* En las zonas 3 y 4 tendrán aisladores de base y el valor de “U” será 1. En las zonas 1 y 2, el ejecutor de la obra pondrá su criterio para colocar aisladores. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

*Nota 2:* El factor para la categoría D será al criterio del proyectista, considerando siempre la resistencia y rigidez ante la acción de fuerzas laterales.

Todas las edificaciones deben ser clasificadas de acuerdo al uso destinado (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003).

Tabla 7.

*Categoría de las edificaciones y factor de uso norma e.030 del 2003*

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A, Edificaciones esenciales	Centros de salud, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua, instituciones educativas	1,5
B, Edificaciones importantes	Centros de entretenimiento, establecimientos penitenciarios, museos, bibliotecas.	1.3
C, Edificaciones comunes	Viviendas, oficinas, hospedajes, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales.	1.0
D, Edificaciones menores	Muros menores o iguales a 1.50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2003. (\*) *En la categoría D se podrá omitir el análisis sísmico según el criterio del proyectista, pero deberá tener resistencia y rigidez adecuada a las fuerzas laterales.*

### 1.3.6 Coeficiente de Reducción Sísmica (R)

El factor R de disminución de las fuerzas sísmicas es la multiplicación del factor elemental de reducción por los factores de irregularidad en planta y altura. Se calcula con la siguiente formula (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016).

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

En dónde:

$I_a$ : Irregularidad en altura

$I_p$ : Irregularidad en planta

$R_0$ : Coeficiente básico de reducción.

Tabla 8.

*Coefficiente de reducción sísmica R, norma e.030 del 2016*

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

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2016

El factor de disminución de fuerza sísmica  $R$ , para el diseño por resistencia última las fuerzas sísmicas internas deben componerse con factores de cargas unitarios, de presentarse contrario al caso, el valor de  $R$  va tomar los valores que indica en la tabla 9. Para estructuras irregulares los coeficientes de reducción  $R$  serán considerados los  $\frac{3}{4}$  de lo indicado en la siguiente tabla (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003).



Tabla 9.

*Coefficiente de reducción sísmica R, norma e.030 del 2003*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coefficiente de Reducción, R para estructuras regulares (*) (*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9.5
<b>Otras estructuras de acero</b>	6.5
Arriostres excéntricos	6
Arriostres en Cruz	
<b>Concreto Armado</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería confinada</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2003

### **1.3.7 Regularidad estructural.**

Las estructuras deben ser consideradas como regulares e irregulares en los siguientes casos como indica la siguiente tabla (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016).

Tabla 10.

*Categoría y regularidad de las edificaciones norma e.030 del 2016*

<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4,3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
C	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Reproducido de la norma e.030 del 2016

### **Estructuras Regulares**

Son aquellas estructuras que en su conformación resisten cargas laterales en ambas direcciones, se considera que los factores de irregularidad en altura ( $I_a$ ) e irregularidad en planta ( $I_p$ ) serán igual a 1.

### **Estructuras Irregulares**

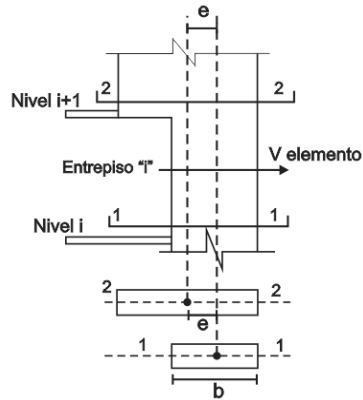
Son aquellas estructuras que presentan irregularidades en sus sistemas estructurales y sus factores se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11.

*Irregularidades estructurales en altura norma e.030 del 2016.*

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad</b>
Irregularidad de rigidez-piso blando	0.75
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta &gt; 1.4(\Delta_{i+1})</math></li> <li>• <math>\Delta &gt; 1.25 \left( \frac{\Delta_i + \Delta_{i+1} + \Delta_{i+2}}{3} \right)</math></li> </ul>	
Irregularidades de resistencia-Piso Débil	

Irregularidad Extrema de rigidez	0.50
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta &gt; 1.6(\Delta_{i+1})</math></li> <li>• <math>\Delta &gt; 1.4 \left( \frac{\Delta_i + \Delta_{i+1} + \Delta_{i+2}}{3} \right)</math></li> </ul>	
Irregularidad Extrema de resistencia	
Irregularidad de Masa o Peso	0.90
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>W_i &gt; 1.5W_{i+1}</math></li> <li>• <math>W_i &gt; 1.5W_{i-1}</math></li> </ul>	
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D_2 &gt; 1.3D_1</math></li> </ul>	
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>V_{elemento} &gt; 0.1V_{edificio}</math></li> <li>• <math>e &gt; 0.25b</math></li> </ul>	
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>V_{elemento} &gt; 0.25V_{edificio}</math></li> <li>• <math>e &gt; 0.25b</math></li> </ul>	



Fuente: Reproducido de la norma e.030 del 2016

Tabla 12.

Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2016

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		Factor de Irregularidad
Irregularidad torsional	$\frac{\Delta_{max}}{h_i} > 1.2 \frac{\Delta_{CM}}{h_i}$	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	$\frac{\Delta_{max}}{h_i} > 1.5 \frac{\Delta_{CM}}{h_i}$ <p>Permisible</p>	0.60
Esquinas Entrantes		0.90

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>b &gt; 0.2B</math></li> <li>• <math>a &gt; 0.2A</math></li> </ul>	
Discontinuidad del Diafragma	0.85
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A' &gt; 0.5A_{total}</math></li> </ul>	
Sistemas no Paralelos	0.90

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2016.

Las estructuras serán clasificadas en dos; regulares e irregulares con la finalidad de desarrollar un adecuado proceso de análisis y hallar valores indicados del coeficiente “R” de disminución de fuerzas sísmica (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003).

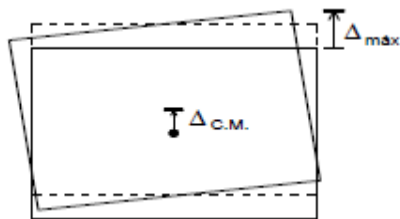
Tabla 13.

*Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2003*

**Irregularidad Torsional.**

$\frac{\Delta_i}{h_i} > 0.5 \frac{\Delta}{h}$  ; Se considerara diafragmas.

$\Delta_{max} > 1.3 \Delta_{promedio}$  ;



**Esquinas Entrantes.**

- $b > 0.2B$
- $a > 0.2A$

**Discontinuidad del Diafragma.**

- $A' > 0.5A_{total}$

*Fuente:* Reproducido de la norma-E.030 del 2003.

Tabla 14.

*Irregularidades estructurales en altura norma e.030 del 2003*

**Irregularidad de Rigidez – Piso blando.**

---

Condición de irregularidad

- $\sum A_{i(col,mur)} \leq 0.85 \sum A_{i+1(col,mur)}$
- $\sum A_{i(col,mur)} < 0.9 \sum A_{\left(\frac{A_{i+1}+A_{i+2}+A_{i+3}}{3}\right)(col,mur)}$

---

**Irregularidad de Masa.**

- $W_i > 1.5W_{i+1}$
- $W_i > 1.5W_{i-1}$

---

**Irregularidad Geométrica Vertical.**

- $D_2 > 1.3D_1$

---

**Discontinuidad de 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:* reproducido de la norma e.030 del 2003

### **1.3.7 Análisis estructural**

“El Análisis Estructural, es una disciplina que se ocupa de la realización de procedimientos de cálculo, para hallar la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras” (Villareal Castro, 2009, pág. 4). También viene a ser una parte integral del proyecto de ingeniería estructural, es el proceso de predicción del comportamiento de una estructura dada bajo la acción de cargas y fuerzas externas. Los comportamientos característicos usualmente de interés en diseño estructural son: a) esfuerzos o esfuerzo resultante (es decir, fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores), b) deflexiones; y c) reacciones de soporte. El análisis de una estructura típicamente involucra la determinación de esas de cantidades causadas por las cargas dadas y/o otros efectos externos (así como desplazamientos de soportes y cambios de temperatura).

#### **Estimación de peso (P)**

“Se hallará agregando a la carga constante y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se definirá con las consideraciones dadas:

- a. En edificaciones de las clases A y B, se tomará el 50 % de la C.V.
- b. En edificaciones de la clase C, se tomará el 25 % de la C.V.
- c. En depósitos, se tomará el 80 % C.T.

d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la C.V.

e. En estructuras como tanques, silos y similares se tomará el 100 % ” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 11).

### **Análisis Dinámico Modal Espectral.**

“Es uno de los procedimientos más empleados para hallar las fuerzas sísmicas y estimar las deformaciones generados por la acción de fuerzas externas a una estructura, esto implica calcular los valores máximos de desplazamiento y las aceleraciones en cada modo empleado un espectro de diseño. Se llama análisis modal espectral, ya que exige el empleo compatible de modos de vibrar y espectros de diseño” (Bazan & Meli, 2013, pág. 238).

### **Modos de vibración**

“Las formas de vibración se determinarán de acuerdo a las consideraciones de propiedades de rigidez y la asignación de masas. Se deberá considerar en cada dirección y cuya suma de masas debe ser el 90% de la masa total también se deberá emplear los tres primeros modos dominantes en el sentido del análisis” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 12).

### **Fuerzas internas**

“Son los que actúan en el interior de elementos estructurales y desarrollan acciones de compresión y tracción, estas fuerzas pueden ser: fuerzas normales, cortantes, momentos flectores, reacciones y torsión” (Harmsen, 2015, pág. 25).

### **Fuerza cortante en la base.**

En la revisión de las normas e.030 -2016 y 2003, se pudo definir la fuerza cortante en base de una estructura se determina con la expresión.

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

El valor de C/R no deberá estimarse inferior que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

V= Fuerza cortante en la base

Z, U, C, S, R= parámetros sísmicos.

P = Peso de la edificación

Además, es necesario analizar en cada uno de los sentidos, la cortante basal dinámica en una edificación no debe ser inferior a 80% del valor hallado para estructuras regulares, ni inferior que el 90% para las estructuras irregulares.

### **Aceleración Espectral.**

De acuerdo a las normas e.030-2016 y 2003 revisadas, se empleará un espectro inelástico en cada una de las direcciones y queda definido con la siguiente expresión.

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

Dónde:

$S_a$  = Aceleración espectral

Z, U, C, S, R= parámetros sísmicos definidos para la estructura en paso previos a esta parte.

Para el análisis en el sentido vertical se usará los 2/3 del espectro asignado en los sentidos horizontales.

### **Desplazamientos Laterales.**

“Son los movimientos que se generan en una edificación por las fuerzas sísmicas horizontales que ejercen sobre ella y se pueden obtener del análisis dinámico modal espectral. En estructuras regulares los desplazamientos se hallaran multiplicando 0.75R con resultado del análisis lineal y elástico. Para las estructuras Irregulares se hallaran por el producto de R con resultados del análisis lineal y elástico” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 13).

### **Rigidez**

La rigidez se precisa como la disposición de resistencia a la deformación de un elemento estructural debido a la aplicación de fuerzas externas, el principio de la rigidez consiste en la determinación de deflexiones de un elemento estructural, es por ello que casi todos los procedimientos de análisis estructural se basan en matriz de rigidez para cuantificar las fuerzas internas en una estructura (Quispe Ledesma, 2015).

### **Masa participativa**

Las masas participantes son los porcentajes para asignar el peso de la edificación y estos pesos pueden ser las cargas muertas, cargas vivas que se calcularán en el desarrollo de proyecto de investigación y luego se realizará el procesamiento con el programa ETABS (García & Moscoso, 2015).

### **Derivas de entrepiso**

"Se le entiende como derivas de entrepiso a la resta entre los desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura dividido con la altura de dicho entrepiso" (García & Moscoso, 2015, pág. 41).

### **Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

Los desplazamientos relativos de entrepiso no deberán ser superior a la porción de la altura de entrepiso que se aprecia en las siguientes tablas (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016).

Tabla 15.

*Límites de distorsión del entrepiso (Derivas) norma e.030 del 2016.*

<b>Límites para la distorsion del entrepiso</b>	
<b>Material predominante</b>	<b><math>(\Delta_i / h_{ei})</math></b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2016



Tabla 16.

*Límites para desplazamiento lateral de entrepiso norma e.030 del 2003.*

<b>Límites para desplazamiento lateral de entrepiso (estos límites no son aplicables a naves industriales)</b>	
<b>Material predominante</b>	<b><math>(\Delta_i / h_{ei})</math></b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.01

*Fuente:* Reproducido de la norma e.030 del 2003

### **1.3.8 Diseño estructural.**

“Es un proceso que consiste en diseñar los elementos en base a normas y cálculos, elementos como; vigas, columnas, muros estructurales, losas y zapatas, previamente se realiza el análisis estructural haciendo el modelamiento inicial la cual no es la definitiva a través de más procesos se llegará a optimizar los dimensionamientos de elementos estructurales. El diseño estructural tiene como objetivo proporcionar seguridad adecuada ante la visión del estado límite de falla para las actividades más desventajosas que puedan aparecer durante la vida útil de una edificación” (McCormac, 2011, pág. 10).

#### **Dimensionamiento de elementos estructurales**

El dimensionamiento de estructuras sismorresistente, es respetar las reglas de resistencia relativas de los elementos para los distintos estados de límite de manera que ante un evento sísmico favorezca a modos de falla dúctil, además debe seguir reglas que admitan el desarrollo de grandes ductilidades locales (Bazan & Meli, 2013).

#### **Métodos de diseño**

“Actualmente existen solo dos formas de diseño en concreto; diseño por cargas de gravedad de servicio y diseño por resistencia última. El segundo es el más utilizado en estos tiempos. El diseño por resistencia última se basa en el pronóstico de la carga que origina la falla del elemento en estudio y analiza la forma de colapso del mismo. Este procedimiento toma en cuenta el comportamiento inelástico del acero y del concreto es por ello

que valora mejor la disposición de carga y la resistencia de cada elemento estructural” (Harmsen, 2015, pág. 13).

## **1.4 Formulación del problema**

En apoyo de la realidad problemática indicada se planteó los problemas:

### **1.4.1 Problema general**

¿Cómo son las diferencias del análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003?

### **1.4.2 Problemas específicos**

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

¿Cómo son los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030 del 2016 con respecto a la norma e.030 del 2003?

¿Cómo son los valores de las fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003?

¿Cómo son los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003?

¿Cómo son las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003?

## **1.5 Justificación del estudio.**

### **1.5.1 Justificación Práctica**

Puesto que las normas de diseño sismorresistencia a nivel mundial y en Perú se van actualizando de acuerdo a los antecedentes y los avances de la tecnología, principalmente se actualiza en los parámetros y restricciones con la finalidad de diseñar una estructura con comportamiento más eficiente ante un sismo, este cambio se realiza con las investigaciones del campo de ingeniería sísmica, por ello es necesario constatar, verificar y evaluar si siguen cumpliendo con los requerimientos actuales en el caso de las edificaciones construidas con las normas anteriores. Este trabajo de investigación nos permitirá verificar si el edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano cumple con los requerimientos de la norma e.030-2016 de diseño sismorresistente y encontrar las dimensiones óptimas de los elementos estructurales.

### **1.5.2 Justificación social**

La preocupación esencial de este estudio es la gran cantidad de personas que albergan estos tipos de edificaciones esenciales y la funcionalidad principal después de un eventual sismo severo es tener funcionamiento continuo y albergar a los damnificados que hubiera dentro de la edificación. Viendo la necesidad de la ciudad de Puno por ser la capital del departamento y con bastante informalidad en sus construcciones se ha visto la necesidad de realizar este tipo de estudio para garantizar que este tipo de edificaciones cumplan con las condiciones mínimas de diseño sismorresistencia de actual norma y de esta manera prevenir la pérdida de vidas humanas.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

Se determina que el análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, hecho con la norma e.030-2016 arroja valores más rigurosos con respecto a la norma e.030-2003.

## **1.6.2 Hipótesis específicas**

Los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma e.030-2016 son mayores respecto a la norma e.030-2003.

Los valores de las fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma e.030-2016 son mayores respecto a la norma e.030-2003.

Los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, hecho con la norma e.030-2016 son mayores con respecto a la norma e.030-2003.

Las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma e.030-2016 son menores respecto a la norma e.030-2003.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar y comparar el análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos son los siguientes:

Determinar y comparar los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003.

Determinar y comparar los valores de fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003.

Determinar y comparar los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003.

Hallar y comparar las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030-2016 con respecto a la norma e.030-2003.

## **II. METODO**

## **2.1 Método de la investigación.**

### **2.1.1 Método científico**

Es un conjunto de técnicas lógicas y metódicos dirigidos para descubrir el resultado a un problema, luego comprobar y/o probar la verdad de un conocimiento y estos procedimientos requieren el empleo de técnicas e instrumentos, válidos y confiables. Este trabajo de investigación cae a ser de método científico ya que se seguirá una secuencia de procedimientos usando métodos, técnicas e instrumentos para determinar la solución al problema planteado (Niño Rojas, 2011).

## **2.2 Tipo de investigación.**

### **2.2.1 Investigación Cuantitativa**

La investigación cuantitativa busca una forma confiable de saber la objetividad a través de la acumulación y estudio de datos, este tipo de investigación cree en la medición numérica, el conteo y la estadística para establecer con precisión la conducta de las variables de la población. Según las características y la naturaleza de los datos recolectados, la presente investigación es de tipo cuantitativa, ya que los datos a obtener serán, gráficos, tablas y porcentajes, además todos estos resultados serán evaluados entre sí (Borja. S, 2012).

## **2.3 Diseño de investigación.**

### **2.3.1 Investigación no experimental**

Son estudios que se realiza sin variar de manera intencional las variables, lo que se hace es examinar los fenómenos tal como se dan en su estado natural para ser analizados. Este trabajo de investigación es no experimental ya que tiene variables fijas, están establecidas y no se ocasionará ningún cambio, solo se usaran los datos numéricos de los parámetros de diseño sísmico, restricciones y los requerimientos de las normas de diseño sismorresistencia. También cae a ser una investigación transversal, por la evaluación y análisis de datos en un único momento (en el modelamiento). “El diseño transversal consiste en la recolección de datos solo en un determinado momento ya que su intención es describir variables y analizar su relación e incidencia en un momento dado” (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014, pág. 154).

## **2.4 Nivel de investigación.**

### **2.4.1 Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva mide, especifica y describe las características de los hechos o fenómenos, es decir procura medir y recolectar información de manera individual o en grupal de las variables a las que se hace referencia. La presente investigación describe las características y los procedimientos que influyen en los resultados del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando las normas e.030-2016 y e.030-2003 (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014).

## **2.5 Variables**

“Son características verificables que posee cada persona, elemento u organismo que al ser medidas cambian cuantitativamente en una relación a otra” (Valderrama Mendoza, 2015, pág. 150).

Las variables a analizar y evaluar en esta investigación son:

**Variable 1:** Análisis y diseño con norma e.030-2003.

**Variable 2:** Análisis y diseño con norma e.030-2016.



## 2.6 Operacionalización de Variables.

Tabla 17. Operacionalización de variables.

VARIABLES		OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala	
Variable 1	Análisis y diseño con norma e.030-2003	“la norma técnica e.030 de diseño sismorresistente de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág.	Las normas de sismorresistencia tienen la finalidad de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones, eliminar pérdidas humanas y garantizar la continuidad de los servicios en caso de sismos. Es muy importante considerar los parámetros y requerimientos de las normas de sismorresistencia en el análisis y diseño de edificaciones.	Parámetros sísmicos	Zonificación (Z) Categoría (U) Factor de amplificación sísmica (C) Tipos de suelo (S) Coeficiente de reducción sísmica (R) Factores de irregularidad Estimación de peso Fuerzas internas Análisis dinámico modal espectral Modos de vibración Aceleración espectral Fuerza de cortante en la base. Desplazamientos laterales Distorsiones de entrepiso (derivadas).	Excel /Etabs	razón
			Análisis estructural	Diseño estructural	Métodos de diseño Diseño de elementos estructurales Sistema estructural		

Variable 2	Análisis y diseño con norma e.030-2016	3).	Toda carga que actúa sobre una estructura	Parámetros sísmicos	Zonificación (Z) Categoría (U) Factor de amplificación sísmica (C) Tipos de suelo (S) Coeficiente de reducción sísmica (R) Factores de irregularidad Estimación de peso	Excel /Etabs	razón
		“el diseño estructural tiene como objetivo proporcionar seguridad adecuada ante la aparición del estado límite de falla para las acciones más desfavorables que puedan presentarse durante la vida útil de una edificación.” (McCormac, 2011, pág. 10).	ocasiona que dicha estructura se deforme, debido a ello se producen fuerzas internas y externas, los cuales son muy importantes para el análisis y diseño de una edificación y para luego determinar la resistencia y deformación en los sistemas estructurales.	Análisis estructural	Fuerzas internas Análisis dinámico modal espectral Modos de vibración Aceleración espectral Fuerza de cortante en la base. Desplazamientos laterales Distorsiones de entrepiso (derivadas).	Excel /Etabs	razón
				Diseño estructural	Métodos de diseño Diseño de elementos estructurales Sistema estructural	Excel /Etabs	razón

Fuente: elaboración propia

## **2.7 Población y muestra**

### **2.7.1 Población**

“Es un conjunto de componentes, seres, cosas y objetos, que tienen rasgos o características comunes, dispuesto de ser observados y que serán el elemento de estudio” (Valderrama Mendoza, 2015, pág. 179).

La población para este trabajo de investigación es un edificio de concreto armado, con sistema dual de 15 pisos y se ubica en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano.

### **2.7.2 Muestra**

La muestra se considera como un subconjunto del universo o población del cual se seleccionan datos y deben ser representativos de esta. “En las muestras no probabilísticas la selección de los componentes no depende de la probabilidad, si no de los principios y características de la investigación” (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014, pág. 175).

Por lo tanto en este proyecto de investigación la muestra es igual a la población y se considera una muestra no probabilística al edificio de 15 pisos y sus elementos estructurales que se desea analizar como son: vigas, columnas, placas, losas, etc.

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

### **2.8.1 Técnicas**

Se considera que las técnicas se entienden como operaciones, procedimientos y actividades como son la observación, la entrevista, documentación etc. Para el presente trabajo de investigación se usará la técnica de observación y documentación ya que el objeto a estudiar existe en este caso es un edificio de 15 pisos (Niño Rojas, 2011).

#### **Documentación**

“La técnica de recolección por medio de documentación emplea una gran variedad de fuentes como: escritas, imágenes, electrónicas, digitales, cartográficas y de otros tipos” (Niño Rojas, 2011, pág. 35).

En este trabajo de investigación para recolección de datos será por medio de documentación se solicitaron; planos, expediente técnico del edificio en estudio, también la norma e.030 del 2016, norma e.030 del 2003, norma e.060 del 2009, además se buscó información en bibliotecas de la Universidad César Vallejo, Universidad Nacional de Ingeniería y páginas confiables de internet el cual fue parte esencial para el desarrollo de la investigación.

### **Observación**

La observación consiste en registro sistemático válido y confiable para obtener información ya que permite identificar y registrar los escenarios y sucesos de la población sobre la cual se realiza el estudio. Para este trabajo de investigación fue necesario la revisión de los documentos como: planos, memorias descriptivas, fotos e informes del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano (Niño Rojas, 2011).

### **2.8.2 Instrumentos.**

En su estudio realizado expone que “los instrumentos de recolección de datos son los recursos utilizados por el investigador para acercarse a los fenómenos, extraer y almacenar la información recolectada” (Valderrama Mendoza, 2015, pág. 194). Por otro lado (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014) manifiesta que en todas las áreas se han generado sus propios métodos para recolectar datos específicos como el escáner, que mide con precisión el entalle de una persona e identifica la talla ideal para confeccionar su vestimenta; la medición electrónica que se usa para medir distancias, etc.

Entonces para la presente investigación el almacenamiento de información es por medio de programas como Excel 2013 y ETABS v.16.2.1 ya que los datos a recolectar son cuantitativos serán ingresados directamente al sistema para su posterior proceso de análisis y diseño.

### **2.8.3 Validez**

La validez describe al grado en que un instrumento mide los rasgos y cualidades de una variable. En el presente trabajo de investigación por ser de tipo cuantitativa

requiere precisión en procesamiento de los datos y del resultado, esto tiene relación con el principio de los programas para este caso los programas a utilizar son; ETABS v16.2.1 y Excel 2013 los cuales son provenientes de CSI y Microsoft conocido a nivel mundial y además cuentan con la certificación de calidad ISO 9001 (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014).

#### **2.8.4 Confiabilidad.**

La confiabilidad es el grado en que un instrumento de medición arroja resultados sólidos, iguales y coherentes. Para el caso de esta investigación los instrumentos son programas computacionales ETABS v16.2.1 y Excel 2013 que actualmente son muy utilizados en el campo de análisis y diseño de edificaciones (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2014).

### **2.9 Métodos de análisis de datos**

Después de obtener los datos se realiza el análisis y el procesamiento de dichos datos. Actualmente el procesamiento y análisis de los datos se realizan con ayuda de un computador, el procesamiento para el análisis de esta investigación se realizará mediante método de estadística descriptiva ya que se usará datos netamente numéricos los cuales serán analizados y procesados con la ayuda de los programas ETABS v16.2.1 y Excel 2013, finalmente los resultados serán expresados mediante cuadros, gráficos, tablas, etc (Valderrama Mendoza, 2015).

### **2.10 Aspectos éticos**

Este trabajo de investigación cuenta la responsabilidad de exponer los resultados con veracidad; así como las citas, referencias de los diferentes autores, planos y los expedientes técnicos solo serán utilizados con fines de la presente investigación. También los datos adquiridos serán indicados fielmente en la parte de análisis y discusión de los resultados.

### **III. RESULTADO**

### 3.1 Descripción de la estructura

#### 3.1.1 Ubicación.

La edificación a la cual se va realizar el análisis y diseño es un edificio de 15 pisos, se ubica en la región Puno, provincia de Puno, distrito de Puno, emplazado dentro de los límites de la ciudad universitaria, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, Av. Sesquicentenario S/N de la ciudad de Puno.



Figura 3. Ubicación del edificio de 15 pisos. Fuente: reproducido de google maps.

#### 3.1.2 Descripción de arquitectura.

El edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, consta de los siguientes ambientes en los diferentes niveles: 17 niveles (15 pisos + 1 Sótano y 1 Mezzanine), en el sótano se encuentra el data center, en primer piso esta la sala de exposiciones y hall mezzanine, de segundo hasta catorceavo piso están los laboratorios de cómputo y aulas virtuales, en quinceavo piso se encuentra la sala de convenciones y reuniones.

Tabla 18. Descripción de arquitectura de la edificación

Pisos	Uso
Sótano	Data center
Piso 1	Sala de exposiciones

Mezzanine	Mezzanine-hall
Piso 2	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 3	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 4	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 5	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 6	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 7	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 8	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 9	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 10	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 11	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 12	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 13	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 14	laboratorios de cómputo y aulas virtuales
Piso 15	Sala de convenciones y reuniones
Azotea	

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.3 Altura de edificación.

La edificación consta de 17 niveles (15 pisos + 1 Sótano y Mezanine), el sótano tiene una altura de 4.5m, primer piso de 7m, dentro del primer piso esta mezzanine de 3.5m y de segundo hasta quinceavo piso 4m de altura de entrepisos. Para este trabajo de investigación solo que analizo la superestructura (mezzanine hasta piso 15)

Tabla 19. *Alturas del edificio de 15 pisos.*

<b>pisos</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Altura acumulada (m)</b>
Sótano	4.5m	-4.5
Mezzanine	3.5m	3.5
Piso 1	3.5m	7.0
Piso 2	4.0m	11.0
Piso 3	4.0m	15.0
Piso 4	4.0m	19.0
Piso 5	4.0m	23.0



Piso 6	4.0m	27.0
Piso 7	4.0m	31.0
Piso 8	4.0m	35.0
Piso 9	4.0m	39.0
Piso 10	4.0m	43.0
Piso 11	4.0m	47.0
Piso 12	4.0m	51.0
Piso 13	4.0m	55.0
Piso 14	4.0m	59.0
Piso 15	4.0m	63.0
Azotea	0.0m	0.0
Total, de altura de pisos (m)		63.0

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.4 Área de la edificación.

El área construida del edificio se detalla en tabla N° 20

Tabla 20. *Áreas de la edificación*

<b>Descripción de piso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Área</b>
Primera planta	m2	1,151.56
Mezzanine	m2	537.59
Segunda planta	m2	1,009.83
Tercera hasta catorceava planta	m2	809.37
Quinceava planta y azotea	m2	809.37

*Fuente:* Elaboración propia

## 3.2 Consideraciones de estudio

### 3.2.1 Estudio de suelo.

El estudio de suelos realizado en la ubicación del edificio de la Universidad Nacional del Altiplano, tiene las siguientes características estrato de rocas calizas fracturadas intercaladas con capas de lutitas (arcilla y limo) semicompactadas. Capacidad portante de

rocas fracturadas <810 kg/cm<sup>2</sup> y para las lutitas semicompactadas de 1.38 a 1.40 kg/cm<sup>2</sup> y con esfuerzo admisible de 12.5kg/cm<sup>2</sup> en roca caliza sana y/o fisurada.

### 3.2.2 Calidad de los materiales usados.

#### Concreto armado.

Es un material compuesto en su mayoría por cuatro elementos básicos como: piedra, arena, cemento y agua, el cual es reforzado con acero de refuerzo.

En la edificación de 15 pisos, se usó concreto con resistencia a la compresión y módulo de elasticidad especificada en la siguiente tabla:

Tabla 21. *Resistencia a la compresión de los elementos estructurales del edificio de 15 pisos.*

Descripción	Resistencia (f'c)	Módulo de elasticidad
Columnas (C1y C2)	350 kg/cm <sup>2</sup>	280624.304 kg/cm <sup>2</sup>
Columnas(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)	280 kg/cm <sup>2</sup>	250998.008 kg/cm <sup>2</sup>
Losas y placas	280 kg/cm <sup>2</sup>	250998.008 kg/cm <sup>2</sup>
Vigas principales, secundarias y de borde.	280 kg/cm <sup>2</sup>	250998.008 kg/cm <sup>2</sup>
Escaleras y losas de descanso	280 kg/cm <sup>2</sup>	250998.008 kg/cm <sup>2</sup>

*Fuente:* especificaciones de los planos de la edificación.

#### Acero de refuerzo.

El acero que especifica en los planos es según su esfuerzo de fluencia (fy) con las siguientes características:

Esfuerzo de fluencia del acero:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad:  $E = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

#### Concreto Armado

Se denomina así porque tiene refuerzo de acero corrugado, sus propiedades dependen del diseño de mezcla y/o dosificación del concreto.

Módulo de Poisson:  $U=0.2$

Módulo de elasticidad de acuerdo a la norma e.060:  $E_c=1500* (f_c) ^{0.5} \text{ kg/cm}^2$

### 3.2.3 Códigos y estándares utilizados.

Para la elaboración del análisis y diseño es necesario las siguientes normas:

Norma e-020 (cargas)

Norma e-030 (diseño sismorresistente)-2003

Norma e-030 (diseño sismorresistente)-2016

Norma e-060 (concreto armado)

ACI-318-2011.

### 3.2.4 Cargas.

#### **Peso.**

Según la norma e.030 del 2016 de diseño sismorresistencia, en el artículo 3.1 categoría de edificaciones y factor “U”, la edificación está ubicada en la categoría A2 edificaciones esenciales al ser un edificio de 15 pisos para laboratorios de cómputo y sala de exposiciones de una universidad a la cual se le aplicará según el artículo 4.3 inciso “a” donde se menciona que en categorías A y B se aplicará el 50% de carga viva y en azotea 25%.

#### **Carga muerta.**

Son la suma de los pesos propios de cada elemento con los acabados que conforma una estructura, en este trabajo de investigación la carga muerta se calculó con el programa ETABS y se le añadió 100kg/m<sup>2</sup> para acabados y 200kg/m<sup>2</sup> para tabiquerías incluido techo de polipropileno.

#### **Metrado de cargas para escalera.**

La edificación en estudio tiene dos escaleras generales, ubicados en áreas comunes. Según (San Bartolomé, 2014), el PP de la escalera se halla con la siguiente formula.

$$W_{(pp)} = \gamma \left[ \frac{CP}{2} + t * \sqrt{1 + \left(\frac{CP}{P}\right)^2} \right]$$

Datos:

P (paso) = 0.3m

CP (contrapaso)=	0.15m
T (espesor de garganta)=	0.25m
Peso específico de concreto=	2400kg/m <sup>3</sup>
Ancho de escalera=	2m
Peso propio=	850kg/m <sup>2</sup>

### Carga viva.

En la norma e.020, indica que las cargas vivas mínimas repartidas se usarán según el tipo de uso que estable en su tabla 1, el edificio a estudiar cuenta con los siguientes usos por piso; el primer piso es sala de exposiciones y mezzanine, se considera una carga de 350kg/m<sup>2</sup>, en los pisos 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13, 14 y 15 son laboratorios de cómputo, aulas virtuales y sala de reuniones se les considera una carga viva de 300 kg/m<sup>2</sup>, en la azotea se considera una carga viva de 100 kg/m<sup>2</sup> y en escaleras se le asigna carga viva de 400 kg/m<sup>2</sup>.

Tabla 22. *Resumen de cargas vivas y cargas muertas según norma e.020*

Pisos	Uso	CV (kg/m <sup>2</sup> )			CM (kg/m <sup>2</sup> )	
					Acabados	Tabiquería
Sótano	Data center	-	-	-	-	-
Piso 1	Sala de exposiciones	350	100	100	200	200
	Mezzanine-hall	350	100	100	200	200
Piso 2 hasta piso 15	laboratorios de computo	300	100	100	200	200
Azotea		100	50	50	60	60
Escaleras		400	100	100	-	-

*Fuente:* elaboración propia

### Combinación de cargas

De acuerdo a la norma e.060 concreto armado se tomaron en cuenta las siguientes combinaciones de cargas:

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{CV}) \pm \text{CS}$$

$$U = 0.9 \text{ CM} \pm \text{CS}$$

### **3.3 Análisis sísmico**

Conforme a la norma e.030 de diseño sismorresistente existen dos tipos de procedimiento de análisis sísmicos para usar las cuales son:

Análisis estático o de fuerzas equivalentes

Análisis dinámico modal espectral

Para el caso de esta investigación se realizó un análisis dinámico modal espectral, para lo cual previamente se realizó algunos procedimientos con el análisis estático para obtener algunos datos necesarios para luego realizar el análisis dinámico.

Como este proyecto de investigación es una comparación del análisis y diseño de la estructura de un edificio de 15 pisos, utilizando la norma e.030 del 2016 con respecto a la norma e.030 del 2003 cuya finalidad determinar y compara los resultados, aplicado con cada norma y realizar la verificación del diseño de elementos estructurales.

#### **3.3.1 Análisis sísmico según la norma E.030 de diseño sismorresistente del 2003.**

##### **Zonificación.**

La edificación está ubicada en el departamento de Puno, provincia de Puno, el cual según la norma e.030-2003 se ubica en la zona 2 y tiene como factor de zona:

$$Z = 0.30$$

##### **Factor de uso.**

Lo encontramos en la norma e.030-2003 dentro de la tabla de categorías de las edificaciones, el edificio está considerada en la categoría B de edificaciones importantes con un factor de uso:

$$U = 1.3$$

##### **Factor de amplificación sísmica.**

Según las características del lugar se van a obtener el coeficiente de amplificación sísmica con la posterior formula:

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

Dónde:

$T_p$ , es el periodo que determina la base del factor C, según la norma e.030  $T_p$  está de acuerdo al factor suelo, en el estudio de suelo realizado para el diseño de la edificación lo ubica en tipo roca o suelos muy rígidos ( $S_1$ ) por lo tanto el periodo es:

$$T_p (s) = 0.4$$

T; viene a ser el periodo fundamental de vibración para ambas direcciones (X e Y) el cual se halla:

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

Dónde:

$h_n$ : viene a ser la altura total del edificio (m).

$$h_n = 63 \text{ m}$$

$C_T$ : es un factor para hallar el periodo fundamental y varían según el sistema estructural, en la norma e.030-2003 “ $C_T = 60$  estructuras de mampostería y para los edificios de concreto armado cuyos elementos sismoresistente sean muros de corte” (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003, pág. 380).

Entonces:

$$T = \left(\frac{63}{60}\right) = 1.05 \text{ seg}$$

Ahora se calcula C:

$$C = 2.5 * \left(\frac{0.4}{1.05}\right) = 0.952 ; C \leq 2.5 : \text{Por lo tanto cumple con la restricción } C \leq 2.5$$

### **Factor de suelo.**

El factor de suelo S para este proyecto de investigación según los parámetros de la norma e.030-2003, la ubicación de la edificación se encuentra un perfil de tipo  $S_1$  (roca o suelos muy rígidos), entonces:

$$S=1$$

### **Coefficiente de reducción**

$R_0$ : es el coeficiente de reducción el cual está determinado por los materiales empleados y el método de estructuración sismorresistente sobresaliente en cada dirección.

En este proyecto de investigación analizando los planos y verificando los requerimientos de la estructuración la mayor fuerza actuante fueron en las placas, por lo tanto se determinó que el sistema estructural es tipo muros estructurales entonces:

$$R_0 = 6$$

### **Factores de irregularidad**

En nuestro caso de estudio analizando todas las posibilidades de irregularidad en nuestra estructura se concluyó que la estructura solo tiene irregularidades en esquina entrante, por lo tanto:

$$R = R_0 * 0.75, \text{ entonces } R = 4.5$$

### **3.3.2 Análisis sísmico según la norma E.030 de diseño sismorresistente del 2016.**

#### **Zonificación**

La edificación a realizar el análisis y diseño, está ubicada en el departamento de Puno, provincia Puno, según la norma e.030 -2016 estaría ubicado en la zona 3 el cual tiene como factor de zona:

$$Z = 0.35$$

#### **Factor de uso**

Lo encontramos en la norma e.030-2016 dentro de la tabla de categoría de las edificaciones y factor de uso, el edificio en estudio está considerado en la categoría A, en descripción A2 como universidad con un factor de uso:

$$U = 1.5$$

#### **Factor de amplificación sísmica**

Según las características del lugar, el factor de amplificación se obtiene con estas fórmulas:

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

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

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

Dónde:

$T_p$  : es el periodo que determina la plataforma del factor C, según la norma e.030  $T_p$  está en función del factor suelo el cual según el estudio de suelo realizado para el diseño de la edificación lo ubica en tipo roca o suelos muy rígidos ( $S_1$ ) por lo tanto el periodo es:

$$T_p(s) = 0.4$$

$T_L$ : es el periodo que determina el comienzo de la zona del factor C con desplazamiento constante el cual también está en función del factor suelo y según nuestra edificación está en un perfil de suelos rocas o suelos muy rígidos ( $S_1$ ) entonces el periodo es:

$$T_L(s) = 2.5$$

T: viene a ser el periodo fundamental de vibración para ambas direcciones (X e Y) el cual se halla con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

$h_n$  : viene a ser altura total del edificio en metros (m).

$$h_n = 63 \text{ m.}$$

$C_T$ : es un coeficiente para hallar el periodo fundamental y varían según el componente estructural, “ $C_T = 60$  para edificios de albañilería, duales, muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 9).

$$\text{Entonces: } T = \left(\frac{63}{60}\right) = 1.05$$

Ahora hallando C tenemos:

$$T_p < T < T_L; \text{ Entonces } C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) ; \quad C = 0.952$$

### **Factor de suelo**

El factor de suelo ( $S$ ) para este proyecto de investigación según los parámetros de la norma e.030-2016, la ubicación del edificio se encuentra un perfil de suelo de tipo  $S_1$  (roca o suelos muy rígidos), entonces:

$$S = 1$$



### **Coefficiente de reducción**

$R_0$ : es el coeficiente de reducción el cual está determinado por los materiales empleados y el tipo de estructuración sismorresistente sobresaliente en cada sentido.

En este proyecto de investigación analizando los planos y verificando los requerimientos de la estructuración con mayores fuerzas laterales en muros, se determinó que el sistema estructural es tipo muros estructurales entonces:

$$R_0 = 6$$

### **Restricciones de irregularidad**

La norma e.030 del 2016 tiene restricciones de irregularidad en altura y planta, se terminó que la edificación en estudio tiene irregularidad en planta por esquina entrante.

### **Factores de irregularidad**

Irregularidad en altura  $I_a$  : 1

Irregularidad en planta  $I_p$  : 0.9

Considerando:

$$R = I_a * I_p * R_0 , \text{ entonces: } R = 5.4$$

## **3.4 Modelación estructural del edificio de 15 pisos**

Este proyecto fue modelado tridimensionalmente con el programa computacional ETABS. v. 16.2.1

Se configuraron la ubicación y las características de elementos estructurales, asimismo se consideraron los diafragmas rígidos indicados en el plano, además se asignaron 3 grados de libertad por cada nivel; traslación en ejes X y Y, rotación en eje Z. Para designar las propiedades de inercia se ha tomado en cuenta la masa en cada piso, de acuerdo a la clase de edificación para este caso dispone que la masa sea el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva y 25% de carga viva en techo.

Con la ayuda de AutoCAD se trazó los ejes en base a líneas continuas, luego se configuró en etabs como mallas donde servirá de referencia para ubicar los componentes estructurales columnas, placas y vigas.

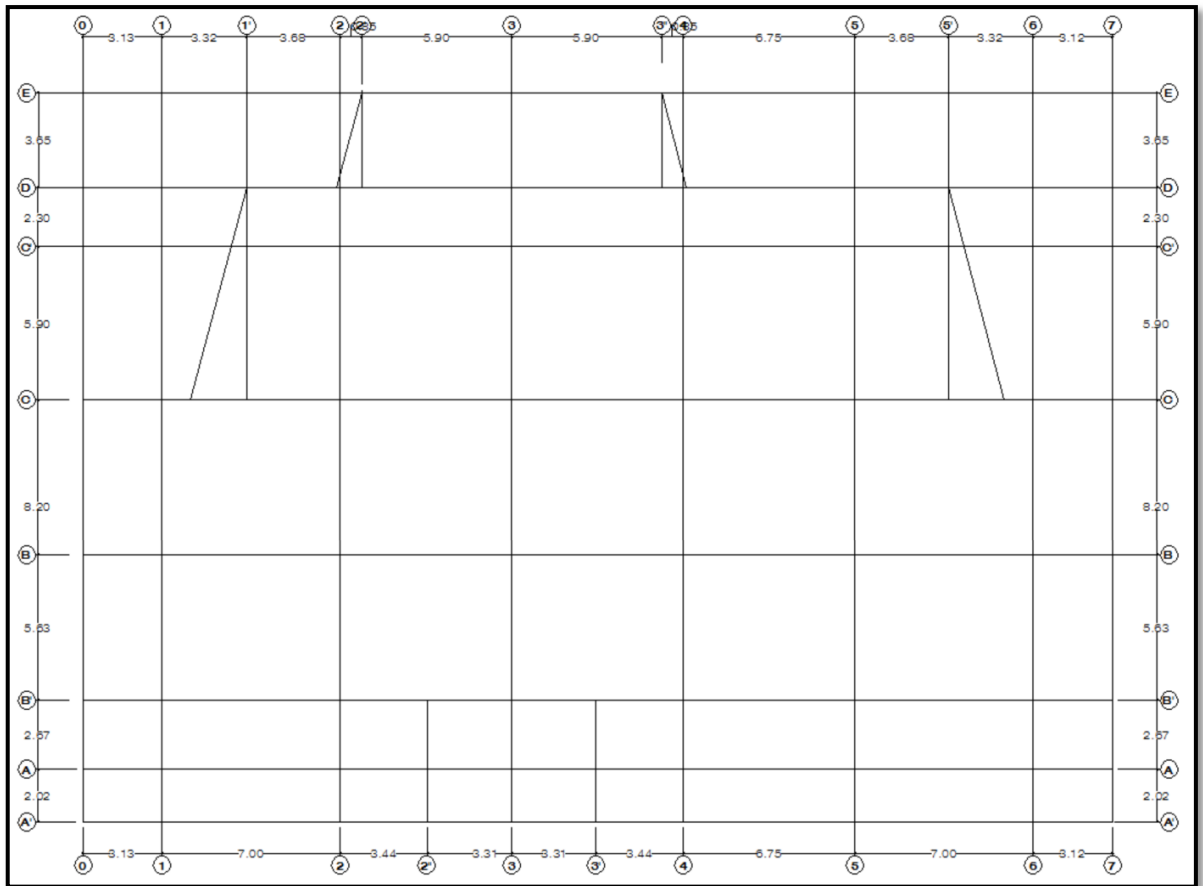


Figura 4. Malla de ejes del edificio de 15 pisos. Fuente: elaboración propia

Luego se realizó la modelación el edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano con el programa ETABS v. 16.2.1, configurando la página y las unidades de medición, luego se ingresaron los ejes, las distancias de ejes y se definieron los elementos estructurales tales como:

Vigas

Columnas

Placas

Losas aligeradas 2 direcciones

Losas macizas

Escaleras.

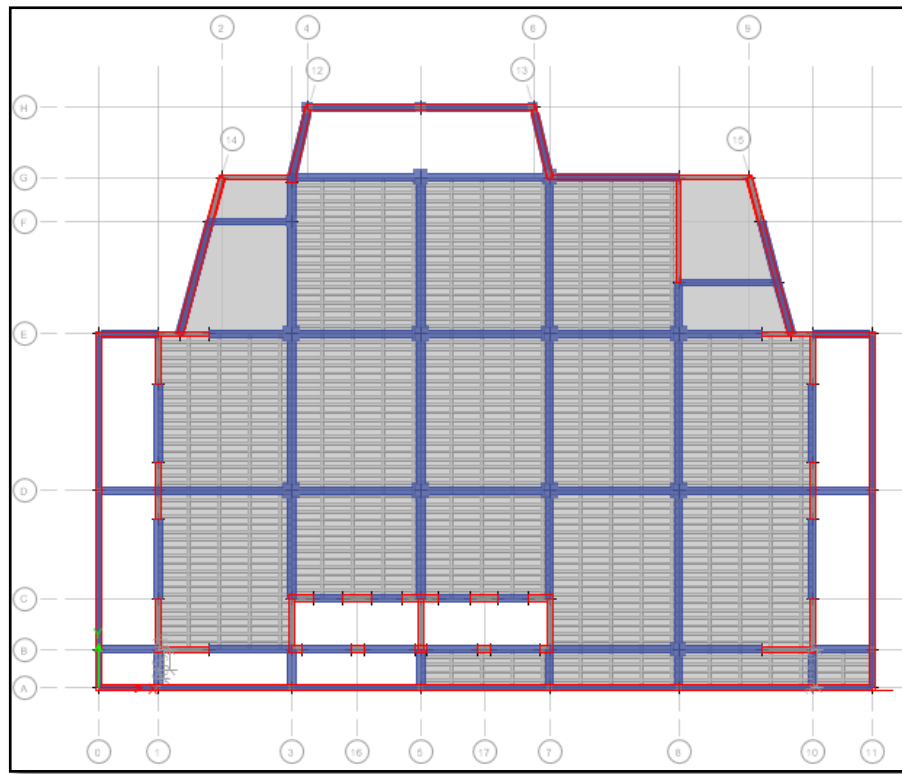
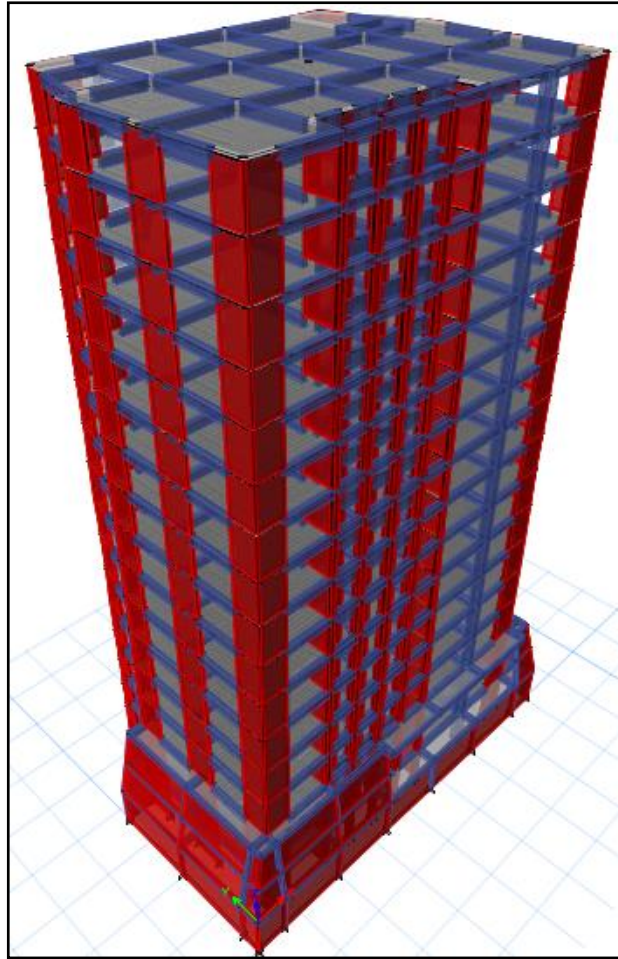


Figura 5. Modelación de la estructura en Etabs 2016, vista en planta. Fuente: elaboración propia en Etabs.



*Figura 6.* Modelación de la estructura 3D en Etabs 2016 v.2.1. *Fuente:* Elaboración propia en Etabs.

Para la modelación fueron necesario revisar las especificaciones de los planos de estructuras para poder ingresar los datos de las dimensiones de las estructurales como; vigas, columnas, muros, losas, etc.

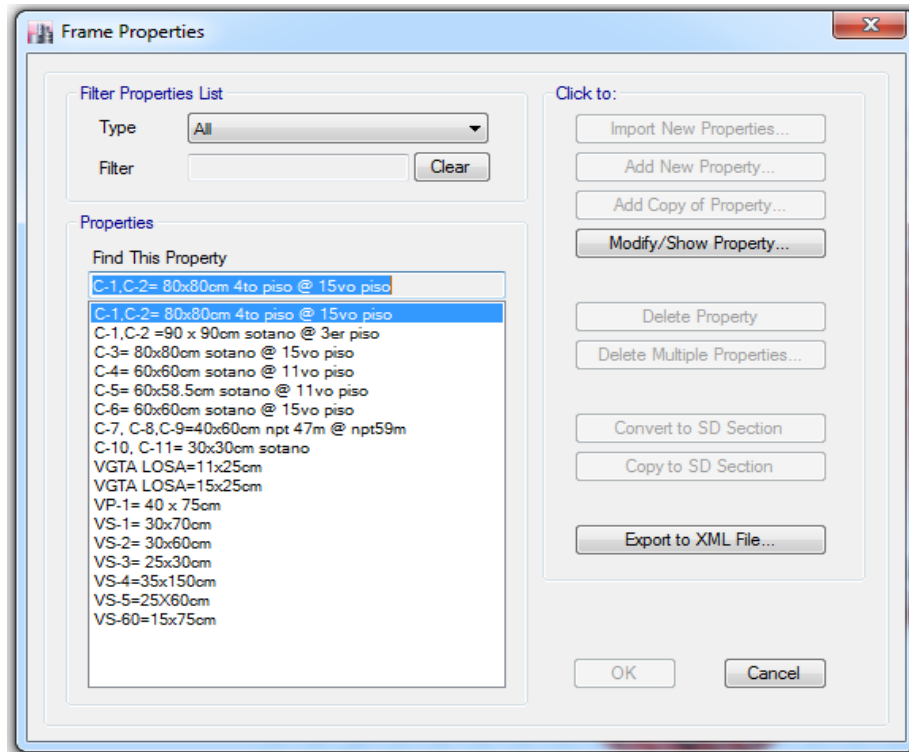


Figura 7. Dimensiones de secciones de la estructura. Fuente: Elaboración propia en Etabs.

También se consideró las cargas estáticas y dinámicas, tenemos; carga muerta que viene a ser el (P.P.) de la estructura, las cargas vivas se le asignan de acuerdo al uso de la edificación según norma e.020 cargas son 400 kg/m<sup>2</sup>, 350 kg/m<sup>2</sup> y 300kg/m<sup>2</sup> respectivamente y también se ha considerado las cargas sísmicas en ambas direcciones X e Y.

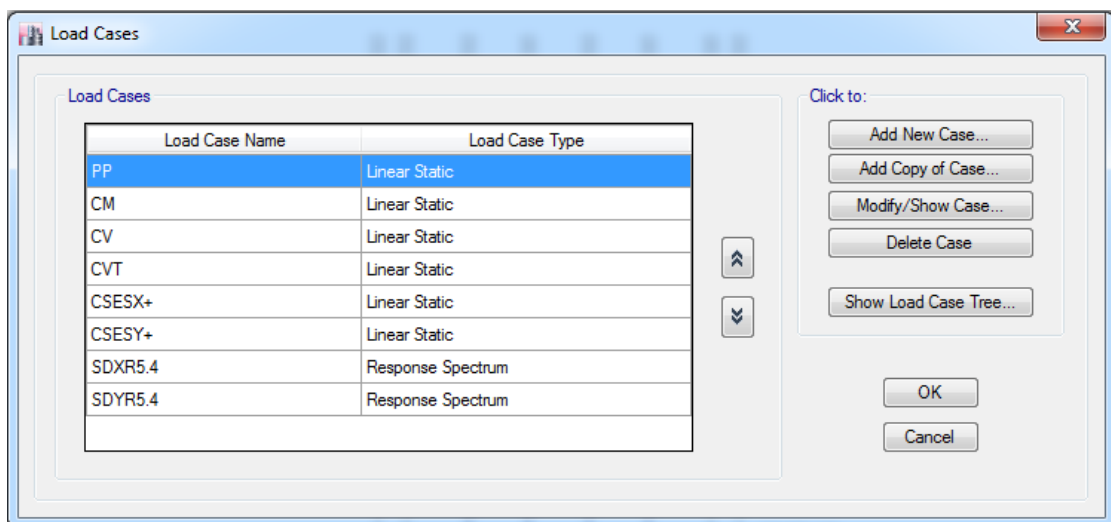


Figura 8. Panel de entrada de los casos de carga. Fuente: Elaboración propia en Etabs.

### Verificación de Irregularidad con la norma e.030-2003

En la siguiente tabla se muestra el análisis de las irregularidades según la norma e.030 del 2003.

Tabla 23. *Análisis de Irregularidades estructurales en altura norma e.030 del 2003*

---

<b>Irregularidad de Rigidez – Piso blando.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. No presenta variación de secciones de los muros desde el primer piso hasta piso 15.
<b>Irregularidad de Masa.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. La variación de masas no supera la condición indicada.
<b>Irregularidad Geométrica Vertical.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. La dimensión y/o longitudes laterales de planta no supera a 1.3 veces de los pisos adyacentes.
<b>Discontinuidad de los sistemas resistentes.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que no presenta desalineamiento de los elementos verticales (muros y columnas).

---

*Fuente:* Elaboración propia

Se analizó cada punto de esta tabla de condiciones de irregularidades por altura por lo cual no se encontró ningún caso que cumpla con las condiciones mencionadas en la tabla entonces no es necesario aplicar un factor de reducción sísmica en altura.

Tabla 24. *Análisis de Irregularidades estructurales en planta norma E.030 del 2003*

---

<b>Irregularidad Torsional.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que las derivas máximas de uno de los extremos no superan los 1.3 veces del promedio de las derivas de ambos extremos.
<b>Esquinas Entrantes.</b>
Se encontró esta irregularidad en la edificación. La dimensión de una esquina entrante supera el 20% a la dimensión completa en una dirección.
<b>Discontinuidad del Diafragma.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que las áreas abiertas no superan el 50% del

---

área total por lo tanto con cumple con la condición requerida en este punto.

*Fuente:* Elaboración propia

Se analizó cada punto de esta tabla de condiciones de irregularidades en planta se encontró una irregularidad por esquina entrante ya que la medida de una vértice entrante supera el 20% de la medida total de la dirección X, entonces no cumple con los requisitos de la norma e.030 del 2003 y será necesario aplicar un factor de disminución sísmica 0.75 al coeficiente de disminución  $R_o$ .

### 3.5 Análisis estructural según la norma E.030 - 2003

Se usó el tipo de análisis lineal, en el intervalo elástico, según las particularidades de la estructura en donde intervienen los parámetros de zonificación sísmica del edificio, la clase, el uso de la edificación, el factor de amplitud sísmica, el tipo de perfil de suelo, la carga sísmica y el coeficiente de reducción.

#### 3.5.1 Análisis estático

En el análisis estático se determinó la fuerza cortante en la base en ambas direcciones X e Y.

Tabla 25. Descripción de parámetros sísmicos de la norma e.030-2003

DESCRIPCIÓN DE PARAMETROS			FACTORES	
			EJE X-X	EJE Y-Y
<b>Factor de zona</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Z=</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>
Factor de uso	Categoría B	U=	1.3	1.3
Factor de suelos	S1	S=	1	1
Periodo de suelo		$T_p(S)=$	0.4	0.4
Altura de la edificación		hn=	63	63
Coeficiente $C_t$	(muros de corte)	$C_t=$	60	60
Periodo fundamental de la estructura	$(T=hn/C_t)$	T=	1.0500	1.0500
Factor de amplificación sísmica	$C=2.5*(T_p/T); C \leq 2.5$	C=	0.9524	0.9524
Coef. de Reducción de la Fza Sísmica $R_o$		$R_o=$	6	6
Coef. de Reducción de la Fza Sísmica Irregular		$0.75*R=$	4.5	4.5

Peso total de la estructura (ton)		P=	15958.4	15958.4
Fuerza cortante en la base	$V=(ZUCS/R)*P$ (ton)	V=	1519.328	1519.328
Coefficiente basal	$Cb = \frac{Z.U.C.S}{R}$	Cb=	0.083	0.083
Fuerza en altura (Fa)	$Fa=0.07*T*V \leq 0.15*V$	Fa=	79.7201895	79.7201895
C/R	$C/R \geq 0.125$	C/R>=	0.158730159	0.15873016
Factor K		K=	1	1

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se ha desarrollado todos parámetros utilizados para el análisis estático con norma e.030.

Tabla 26. Cantidad de masa por cada nivel.

Descripción de nivel	Diafragma	Mass X	Mass Y
		tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m
azotea NPT + 63.00	D16	65.5933	65.5933
planta 15 NPT + 59.00	D15	102.02429	102.02429
planta 14 NPT + 55.00	D14	103.49667	103.49667
planta 13 NPT + 51.00	D13	103.63832	103.63832
planta 12 NPT + 47.00	D12	103.78916	103.78916
planta 11 NPT + 43.00	D11	103.94004	103.94004
planta 10 NPT + 39.00	D10	103.94004	103.94004
planta 9 NPT + 35.00	D9	103.94004	103.94004
planta 8 NPT + 31.00	D8	103.94004	103.94004
planta 7 NPT + 27.00	D7	103.94004	103.94004
planta 6 NPT + 23.00	D6	103.94004	103.94004
planta 5 NPT + 19.00	D5	103.94004	103.94004
planta 4 NPT + 15.00	D4	103.94004	103.94004
planta 3 NPT + 11.00	D3	104.52128	104.52128
planta 2 NPT + 7.00	D2	117.30696	117.30696
mezzanine NPT + 3.50	D1	94.85799	94.85799
Total		1626.74829	1626.74829

Fuente: resultado de Etabs.



En esta tabla indica la masa concentra por cada piso en unidades de toneladas, para la obtención de peso de la edificación se calculó con el producto de la sumatoria de todos los pisos y la fuerza de la gravedad.

$$P = m \times g = 1626.74 \times 9.81 = 15952.951 \text{ ton}$$

Tabla 27. Fuerza de cortante basal en ambas direcciones

Pisos	Cortante basal	Cortante basal
	En X (tonf)	En Y (tonf)
Mezzanine	1519.328	
Mezzanine		1519.328

Fuente: Resultados de Etabs.

Tabla 28. Periodos (T) y masas participantes

Casos	Modo	Periodo	masa	masa	Sum	Sum
		(s)	participativa(UX)	participativa(UY)	UX	UY
Modal	1	1.306	0.0085	0.6731	0.0085	0.6731
Modal	2	1.212	0.6036	0.0081	0.6122	0.6812
Modal	3	0.857	0.0651	0.0002	0.6773	0.6813
Modal	4	0.379	0.0049	0.1167	0.6822	0.7981
Modal	5	0.347	0.1166	0.0057	0.7988	0.8038
Modal	6	0.251	0.0209	0.0002	0.8197	0.8039
Modal	7	0.191	0.0028	0.0475	0.8225	0.8514
Modal	8	0.172	0.0425	0.0032	0.865	0.8546
Modal	9	0.129	0.0074	0.0002	0.8724	0.8548
Modal	10	0.119	0.0023	0.0317	0.8747	0.8865
Modal	11	0.109	0.028	0.0025	0.9027	0.889
Modal	12	0.083	0.0011	0.0244	0.9038	0.9133

Fuente: Resultado de ETABS

En esta tabla nos muestra los periodos de vibración que presenta la estructura, se halló los porcentajes de masa participativa que actúa en cada modo de vibración, según la norma

0.030 para el diseño se requiere como mínimo 90% de masas acumulativas, se determinó que hasta el modo 12 satisface los requisitos de la norma.

### 3.5.2 Análisis dinámico modal espectral

Con el análisis dinámico modal espectral se van a determinar los desplazamientos y las fuerzas internas que actúan en el sistema estructural empleando un espectro de diseño el cual muestra el centro de espectros de repuestas para distintos sismos.

#### *Aceleración espectral*

Cada estructura es independiente en su comportamiento, tanto como las vibraciones, los periodos y las aceleraciones, “para cada uno de los sentidos horizontales se usará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones” (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003, pág. 381).

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

Luego identificamos:

Sax = aceleración espectral en sentido X

Say = aceleración espectral en sentido Y

El espectro de pseudo-aceleraciones se evaluará en ambas direcciones X e Y.

Tabla 29. Valores del espectro de diseño con norma e.030 del 2003

T	Sax (m/s <sup>2</sup> )	Say (m/s <sup>2</sup> )	C
0.10	2.45	2.45	2.50
0.20	2.45	2.45	2.50
0.30	2.45	2.45	2.50
0.40	2.45	2.45	2.50
0.50	1.96	1.96	2.00
0.60	1.64	1.64	1.67
0.70	1.40	1.40	1.43
0.80	1.23	1.23	1.25
0.90	1.09	1.09	1.11
1.00	0.98	0.98	1.00
1.10	0.89	0.89	0.91
1.20	0.82	0.82	0.83

1.30	0.75	0.75	0.77
1.40	0.70	0.70	0.71
1.50	0.65	0.65	0.67
1.60	0.61	0.61	0.63
1.70	0.58	0.58	0.59
1.80	0.55	0.55	0.56
1.90	0.52	0.52	0.53
2.00	0.49	0.49	0.50
2.20	0.45	0.45	0.45
2.40	0.41	0.41	0.42
2.60	0.38	0.38	0.38
2.80	0.35	0.35	0.36
3.00	0.33	0.33	0.33
3.20	0.31	0.31	0.31
3.40	0.29	0.29	0.29
3.60	0.27	0.27	0.28
3.80	0.26	0.26	0.26
4.00	0.25	0.25	0.25

Fuente: Elaboración propia

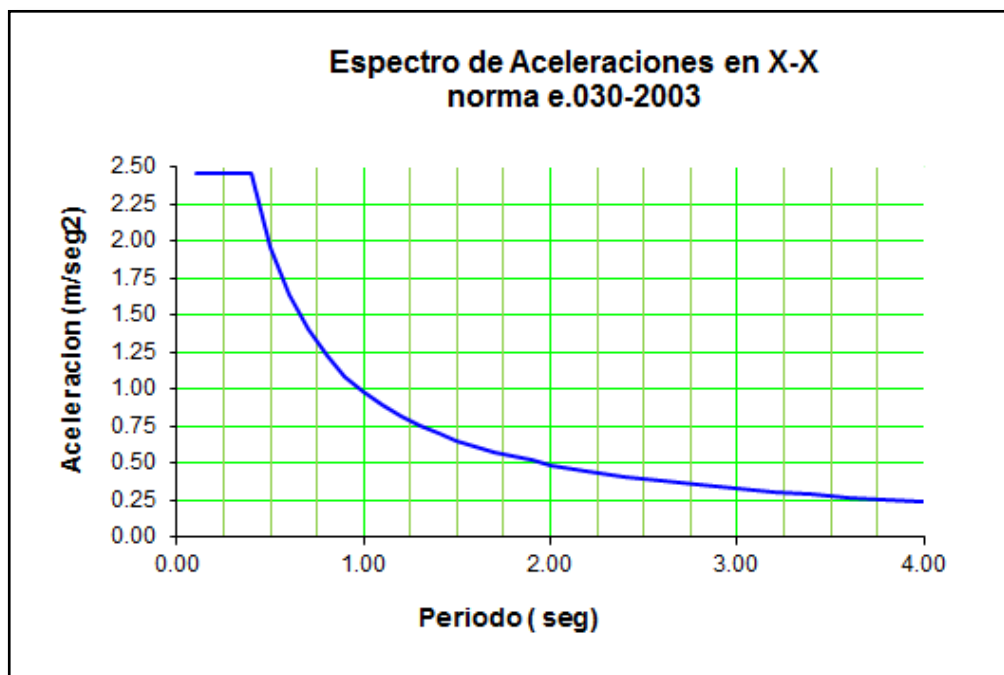


Figura 9. Espectro de pseudo-aceleraciones con norma e.030 del 2003. Fuente: elaboración propia

Este grafico representa el promedio de las aceleraciones de suelo respecto al periodo según la norma e.030 del 2003.

### **Fuerza cortante mínima**

Según el resultado del análisis del edificio se constató que la estructura es irregular. “la fuerza cortante en la base del edificio para estructuras irregulares no deberá ser menor que el 90% del valor calculado” (Norma E.030 Diseño sismorresistente, 2003, pág. 381).

### **Desplazamientos laterales permisibles.**

Conforme a la norma e.030-2003 en el punto desplazamientos laterales permisible, indica que el máximo desplazamiento de entrepiso no tiene que mayor a una fracción de altura, para el caso de concreto armado la distorsión máxima será  $(D_i / h_{e_i}) \leq 0.007$ .

### **Datos de los análisis dinámicos con el ETABS**

#### **Peso y cortante basal**

De la opción de resultado; Auto Seismic – User Coeficient, se obtuvo:

$$P = 15952.951 \text{ ton}$$

Las cortantes dinámicas en el primer entrepiso se obtuvieron de la tabla story forces.

Tabla 30. *Cortante basal dinámico en ambas direcciones según la norma e.030-2003*

<b>Pisos</b>	<b>Cortante basal en X (tonf)</b>	<b>Cortante basal en Y (tonf)</b>
Mezzanine	1007.854	
Mezzanine		10234.759

*Fuente:* Resultados de ETABS.

La norma e.030-2003 señala que la fuerza cortante mínima para edificaciones irregulares debe ser superior 90% de la cortante estática, entonces se puede reducir y/o amplificar la cortante dinámica.

Tabla 31. *Amplificación de la cortante dinámica de norma e.030-2003*

	<b>Dirección X</b>	<b>Amplificar</b>	<b>Dirección Y</b>	<b>Amplificar</b>
90% V estático	1367.396		1367.396	
V dinámico	1007.854	1.3567	10234.759	0.1336

Fuente: Elaboración propia

Después de aplicar el factor de amplificación se procede a ejecutar nuevamente el análisis obteniendo las nuevas cortantes amplificadas en el primer entrepiso.

Tabla 32. Cortante amplificada de la norma e.030 del 2003

<b>Pisos</b>	<b>Cortante Amplificada En X (tonf)</b>	<b>Cortante amplificada En Y (tonf)</b>
Mezzanine	1367.399	
Mezzanine		1367.397

Fuente: Elaboración propia

### Fuerzas internas de los elementos estructurales

Después de haber amplificado las cortantes obtenemos los resultados de los esfuerzos internos cortantes y momentos máximos por piso en ambas direcciones X e Y.

Tabla 33. Fuerzas Internas según la norma e.030 del 2003

<b>Descripción del piso</b>	<b>Cortante máxima en la dirección X (tonf)</b>	<b>Cortante máxima en la dirección Y (tonf)</b>	<b>Momento máximo en la dirección X (tonf-m)</b>	<b>Momento máximo en la dirección Y (tonf-m)</b>
azotea NPT + 63.00	192.47937	206.70336	172.75207	174.95205
planta 15 NPT + 59.00	396.82291	416.75586	484.04702	485.01991
planta 14 NPT + 55.00	549.54875	571.85405	853.08695	843.22593
planta 13 NPT + 51.00	662.45223	684.63155	1239.00945	1213.41186
planta 12 NPT + 47.00	743.57438	764.8823	1615.99937	1575.05593
planta 11 NPT + 43.00	805.0218	823.97377	1964.96609	1911.80459
planta 10 NPT + 39.00	857.63867	873.03494	2274.06886	2212.58046
planta 9 NPT + 35.00	910.8854	922.65767	2539.26946	2472.97106
planta 8 NPT + 31.00	971.23792	980.202	2765.84982	2696.87412
planta 7 NPT + 27.00	1040.55904	1047.96617	2969.41146	2897.39994

planta 6 NPT + 23.00	1115.91186	1122.91359	3175.15472	3096.72176
planta 5 NPT + 19.00	1190.64871	1197.94949	3414.60728	3324.21122
planta 4 NPT + 15.00	1257.31938	1264.04984	3718.3605	3609.89208
planta 3 NPT + 11.00	1309.10049	1313.16214	4104.59315	3973.90665
planta 2 NPT + 7.00	1347.23765	1348.22873	4509.9259	4360.0242
mezzanine NPT + 3.50	1367.39878	1367.39674	4968.98468	4801.77424

Fuente: Resultado de ETABS.

### Desplazamientos laterales

Los desplazamientos laterales máximos por piso, se obtuvieron del análisis dinámico considerando el diagrama de centros de masa y desplazamientos en dirección X y Y.

Tabla 34. Desplazamientos laterales de CM en dirección X según norma e.030 del 2003

Descripción de pisos	Diafragma	Load Case/Comb o	Desplazamiento inelástico	Desplazamiento relativo	Altura	Deriva X	límite de deriva
			$\Delta * 0.75R$	m		$\Delta i / hei$	<0.007
azotea NPT + 63.00	D16	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.11593	0.00667	4	0.00166	cumple
planta 15 NPT + 59.00	D15	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.10926	0.00599	4	0.00149	cumple
planta 14 NPT + 55.00	D14	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.10328	0.00702	4	0.00175	cumple
planta 13 NPT + 51.00	D13	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.09626	0.00756	4	0.00189	cumple
planta 12 NPT + 47.00	D12	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.08869	0.00808	4	0.00201	cumple
planta 11 NPT + 43.00	D11	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.08061	0.00856	4	0.00214	cumple
planta 10 NPT + 39.00	D10	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.07205	0.00892	4	0.00223	cumple

planta 9 NPT + 35.00	D9	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.06314	0.00919	4	0.00229	cumple
planta 8 NPT + 31.00	D8	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.05394	0.00937	4	0.00234	cumple
planta 7 NPT + 27.00	D7	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.04457	0.00941	4	0.00235	cumple
planta 6 NPT + 23.00	D6	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.03516	0.00926	4	0.00232	cumple
planta 5 NPT + 19.00	D5	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.02590	0.00880	4	0.00220	cumple
planta 4 NPT + 15.00	D4	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.01710	0.00790	4	0.00198	cumple
planta 3 NPT + 11.00	D3	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.00920	0.00598	4	0.00149	cumple
planta 2 NPT + 7.00	D2	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.00322	0.00217	3.5	0.00062	cumple
mezzanine NPT + 3.50	D1 mezanin e	Drift $\Delta$ inelástica X Max	0.00105	0.00105	3.5	0.00029	cumple

Fuente: Resultado ETABS.

Tabla 35. Desplazamientos laterales de CM en dirección Y según norma e.030 del 2003

Descripción de pisos	Diafragma	Load Case/Comb o	Desplazamiento o inelástico $\Delta^*0.75R$	Desplazamiento relativo	Altura m	Deriva Y	límite de deriva
			m	m		$\Delta i / hei$	<0.007
azotea NPT + 63.00	D16	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.133558	0.005897	4	0.001474	cumple
planta 15 NPT + 59.00	D15	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.127661	0.006557	4	0.001639	cumple
planta 14 NPT + 55.00	D14	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.121104	0.007405	4	0.001851	cumple

planta 13 NPT + 51.00	D13	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.113699	0.008265	4	0.002066	cumple
planta 12 NPT + 47.00	D12	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.105434	0.009101	4	0.002275	cumple
planta 11 NPT + 43.00	D11	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.096333	0.009839	4	0.002460	cumple
planta 10 NPT + 39.00	D10	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.086494	0.01048	4	0.002620	cumple
planta 9 NPT + 35.00	D9	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.076014	0.011023	4	0.002756	cumple
planta 8 NPT + 31.00	D8	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.064991	0.011444	4	0.002861	cumple
planta 7 NPT + 27.00	D7	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.053547	0.011659	4	0.002915	cumple
planta 6 NPT + 23.00	D6	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.041888	0.011583	4	0.002896	cumple
planta 5 NPT + 19.00	D5	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.030305	0.011018	4	0.002755	cumple
planta 4 NPT + 15.00	D4	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.019287	0.009661	4	0.002415	cumple
planta 3 NPT + 11.00	D3	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.009626	0.006754	4	0.001689	cumple
planta 2 NPT + 7.00	D2	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.002872	0.002001	3.5	0.000572	cumple
mezzanine NPT + 3.50	D1 mezanin e	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.000871	0.000871	3.5	0.000249	cumple

*Fuente:* Resultado ETABS.

La derivas elásticas se obtuvo del producto de 0.75 veces el valor de R por el desplazamiento relativo, luego fue dividido por la altura de entrepiso con la finalidad de obtener las derivas reales de cada piso.



## Verificación de Irregularidad con la norma e.030-2016

La siguiente tabla indica el análisis de las irregularidades según la norma e.030 del 2016.

Tabla 36. *Análisis de Irregularidades estructurales en altura norma e.030 del 2016.*

---

<b>Irregularidad de Rigidez – Piso blando.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. No presenta variación de rigidez lateral las secciones de los muros se mantienen desde el primer piso hasta piso 15.
<b>Irregularidad de Masa.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. La variación de masas de entrepisos no supera la condición indicada.
<b>Irregularidad Geométrica Vertical.</b>
No se encontró esta irregularidad en la edificación. La dimensión y/o longitudes laterales de planta no supera a 1.3 veces de los pisos adyacentes.
<b>Discontinuidad de los sistemas resistentes.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que no presenta desalineamiento de los elementos verticales (muros y columnas).

---

*Fuente:* Elaboración propia

Se analizó cada punto de esta tabla de condiciones de irregularidades por altura, en consecuencia no se encontró ningún caso que cumpla con las condiciones mencionadas en la tabla entonces no será necesario asignar un factor de reducción sísmica en altura.

Tabla 37. *Análisis de Irregularidades estructurales en planta norma e.030 del 2016*

---

<b>Irregularidad Torsional.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que las derivas máximas laterales de uno de los extremos no superan los 1.2 veces de las derivas de centro de masa.
<b>Esquinas Entrantes.</b>
Se encontró esta irregularidad en la edificación. La dimensión de una esquina entrante supera el 20% a la dimensión completa en una dirección.
<b>Discontinuidad del Diafragma.</b>
No se encontró esta irregularidad ya que las áreas abiertas no superan el 50% del

---

área total por lo tanto con cumple con la condición requerida en este punto.

*Fuente:* Elaboración propia

Se analizó cada punto de esta tabla de condiciones de irregularidades en planta se encontró una irregularidad por esquina entrante ya que la medida de una esquina entrante supera el 20% de medida total de la dirección X, entonces no cumple con los requisitos de la norma e.030 del 2016 y será necesario castigar con un factor de reducción sísmica  $I_p=0.9$  al coeficiente de reducción  $R_o$ .

### 3.6 Análisis estructural según la norma E.030 - 2016

Se usará el tipo de análisis lineal dinámico, en el rango elástico, según las particularidades de la estructura en donde intervienen los parámetros como: zonificación sísmica de la estructura, la categoría y el uso del edificio, factor de amplificación sísmica, tipo de perfil de suelo, el peso sísmico y el coeficiente de reducción en donde hay que tener en cuenta las restricciones y condiciones regularidad de la estructura.

#### 3.6.1 Análisis estático

Se calculó la fuerza cortante basal en las dos direcciones X e Y.

Tabla 38. Descripción de parámetros sísmicos de la norma e.030-2016

DESCRIPCION DE PARAMETROS			FACTORES	
			EJE X-X	EJE Y-Y
Factor de zona	Zona 3	$Z=$	0.35	0.35
Factor de uso	Categoría A2	$U=$	1.5	1.5
Factor de suelos	Suelos muy rígidos S1	$S=$	1	1
Periodo de suelo ( $T_p$ )		$T_p(s)=$	0.4	0.4
Periodo de suelo ( $T_L$ )		$T_L(s)$	2.5	2.5
Altura de la edificación		$h_n=$	63	63
Coeficiente $C_t$	muros de corte	$C_t=$	60	60
Periodo fundamental	$(T=h_n/C_t)$	$T=$	1.0500	1.0500
Factor de amplificación sísmica	$C=2.5*(T_p/T)$ ; $C \leq 2.5$	$C=$	0.9524	0.9524
Irregularidad en altura		$I_a$	1.00	1.00
Irregularidad en planta		$I_p$	0.90	0.90
Reducción de la Fza Sísmica $R$		$R_o = I_a * I_b$	5.4	5.4

Peso total de la estructura (ton)		P=	15952.951	15952.951
Fuerza cortante en la base	$V=(ZUCS/R)*P$ (ton)	V=	1406.000	1406.000
Coefficiente basal		Cb=	0.093	0.093
C/R	C/R>=0.125	C/R>=	0.176	0.176
Factor K	T<=0.5 -> K=1 ; T>= 0.5 -> K=(0.75+0.5*T)<=2	K=	1.275	1.275

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se ha desarrollado factores de parámetros sísmicos para ser usados en análisis estático y dinámico.

El peso del edificio no varía por lo tanto es:

$$P = m \times g = 1626.74 \times 9.81 = 15952.951 \text{ ton}$$

Tabla 39. Fuerza de cortante basal estática con norma e.030 del 2016

Pisos	Cortante basal En X (tonf)	Cortante basal En Y (tonf)
Mezzanine	1483.624	
Mezzanine		1483.624

Fuente: Resultado ETABS.

### 3.6.2 Análisis dinámico modal espectral

Con el análisis se van a obtener los desplazamientos y las fuerzas internas del sistema estructural utilizando un espectro de diseño quien representa el promedio de espectros de repuestas para diversos sismos del lugar de la edificación.

#### Aceleración espectral

Cada estructura es diferente, ya sea en los modos vibraciones, como el periodo de vibración y las aceleraciones, “para cada una de los sentidos horizontales se usará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 10).

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

Luego identificamos:

Sax = aceleración espectral en sentido X

Say = aceleración espectral en sentido Y

El espectro de pseudo-aceleraciones se calculará en ambas direcciones X e Y considerando el periodo vs. Aceleración espectral.

Tabla 40. *Valores del espectro de diseño con norma e.030 del 2016*

<b>T</b>	<b>Sax (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Say (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>C</b>
0.10	2.38	2.38	2.50
0.20	2.38	2.38	2.50
0.30	2.38	2.38	2.50
0.40	2.38	2.38	2.50
0.50	1.91	1.91	2.00
0.60	1.59	1.59	1.67
0.70	1.36	1.36	1.43
0.80	1.19	1.19	1.25
0.90	1.06	1.06	1.11
1.00	0.95	0.95	1.00
1.10	0.87	0.87	0.91
1.20	0.79	0.79	0.83
1.30	0.73	0.73	0.77
1.40	0.68	0.68	0.71
1.50	0.64	0.64	0.67
1.60	0.60	0.60	0.63
1.70	0.56	0.56	0.59
1.80	0.53	0.53	0.56
1.90	0.50	0.50	0.53
2.00	0.48	0.48	0.50
2.10	0.45	0.45	0.48
2.20	0.43	0.43	0.45
2.30	0.41	0.41	0.43
2.40	0.40	0.40	0.42
2.50	0.38	0.38	0.40
2.60	0.37	0.37	0.38

2.70	0.35	0.35	0.37
2.80	0.34	0.34	0.36
2.90	0.33	0.33	0.34
3.00	0.32	0.32	0.33
3.10	0.31	0.31	0.32
3.20	0.30	0.30	0.31
3.30	0.29	0.29	0.30
3.40	0.28	0.28	0.29
3.50	0.27	0.27	0.29
3.60	0.26	0.26	0.28
3.70	0.26	0.26	0.27
3.80	0.25	0.25	0.26
3.90	0.24	0.24	0.26
4.00	0.24	0.24	0.25

Fuente: Elaboración propia

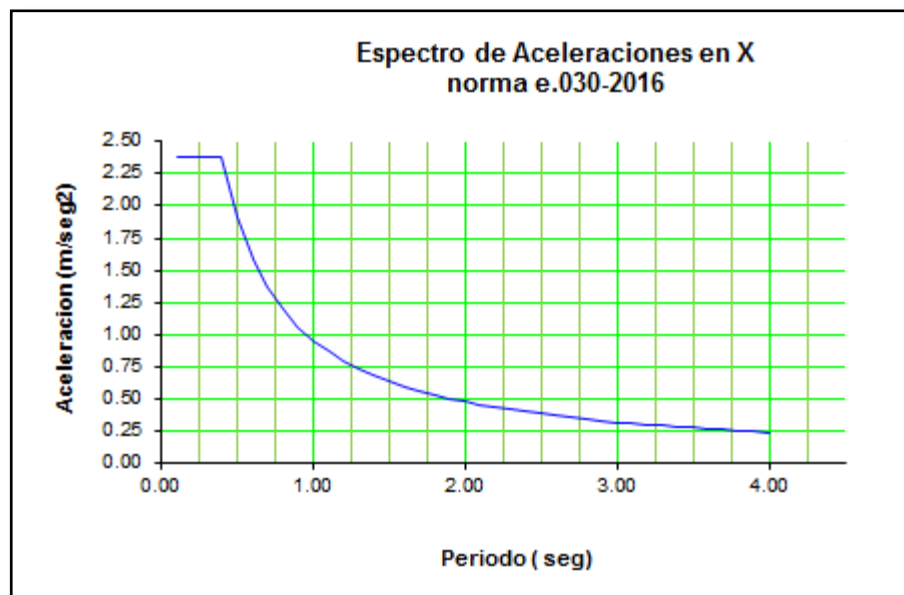


Figura 10. Espectro de pseudo-aceleraciones con norma e.030-2016. Fuente: elaboración propia

Este gráfico representa el promedio de las aceleraciones del suelo con respecto al periodo según la norma e.030 del 2016.

### Fuerza cortante mínima

“la fuerza cortante en la base para estructuras irregulares no se deberá considerar menor que 90% del valor hallado” (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 11).

### Desplazamientos admisibles

“Los desplazamientos laterales permisibles como mayor desplazamiento de entrepiso no tiene que superar a una fracción de altura para concreto armado la distorsión máxima será  $\frac{\Delta_i}{h_{ei}} = 0.007$  “ (Norma E.030 diseño simorresistente, 2016, pág. 15).

### Datos de los análisis dinámicos con el ETABS

#### Peso y cortante basal

Del resultado de Auto Seismic – User Coefficient. Se obtuvo:

$$P = 15952.951 \text{ ton}$$

Las cortantes dinámicas del primer entrepiso se obtuvieron de la tabla story forces.

Tabla 41. Cortante basal dinámico en ambas direcciones norma e.030 del 2016

Pisos	Cortante basal En X (tonf)	Cortante basal En Y (tonf)
Mezzanine	980.093	
Mezzanine		995.055

Fuente: Resultados de ETABS.

Según la norma e.030 del 2016 indica; la fuerza cortante mínima para edificaciones irregulares debe ser mayor igual 90% de la cortante estática, en caso no cumpla se deberá escalar y/o amplificar la cortante dinámica.

Tabla 42. Amplificación de la cortante dinámica de la norma e.030 del 2016

	Dirección X	Amplificar	Dirección Y	Amplificar
90% V estático (ton)	1335.262		1335.262	
V dinámico (ton)	980.093	1.3624	995.055	1.3419

Fuente: Resultados de ETABS

Después de aplicar el factor de amplificación se procedió a correr nuevamente el ETABS y luego se obtuvo nuevas cortantes amplificadas en el primer entrepiso.

Tabla 43. Cortante amplificada de norma e.030 del 2016

Pisos	Cortante Amplificada En X (tonf)	Cortante amplificada En Y (tonf)
Mezzanine	1335.278	
Mezzanine		1335.264

Fuente: Resultados de ETABS.

### Fuerzas Internas según la norma e.030 del 2016

Después de haber amplificado las cortantes dinámicas se obtuvieron los resultados de los esfuerzos internos cortantes máximos y momentos máximos por cada entrepiso en ambas direcciones X e Y.

Tabla 44. Fuerzas Internas según la norma e.030 del 2016.

Descripción del piso	Cortante máxima en la dirección X	Cortante máxima en la dirección Y	Momento máximo en la dirección X	Momento máximo en la dirección Y
	(tonf)	(tonf)	(tonf-m)	(tonf-m)
azotea NPT + 63.00	187.92901	201.84473	168.65583	170.83949
planta 15 NPT + 59.00	387.45607	406.96042	472.57253	473.61894
planta 14 NPT + 55.00	536.59572	558.41386	832.87112	823.40555
planta 13 NPT + 51.00	646.86197	668.54166	1209.6606	1184.89127
planta 12 NPT + 47.00	726.10448	746.90748	1577.74026	1538.03692
planta 11 NPT + 43.00	786.1402	804.61151	1918.4747	1866.87364
planta 10 NPT + 39.00	837.55241	852.52097	2220.30653	2160.58466
planta 9 NPT + 35.00	889.57284	900.97857	2479.29568	2414.86147
planta 8 NPT + 31.00	948.5203	957.17118	2700.6003	2633.51035
planta 7 NPT + 27.00	1016.21221	1023.34296	2899.45106	2829.33339
planta 6 NPT + 23.00	1089.78272	1096.52874	3100.44578	3023.98223
planta 5 NPT + 19.00	1162.74488	1169.80064	3334.35473	3246.13724
planta 4 NPT + 15.00	1227.82831	1234.3469	3631.0312	3525.11524

planta 3 NPT + 11.00	1278.37416	1282.30444	4008.21317	3880.58401
planta 2 NPT + 7.00	1315.59965	1316.54645	4404.01221	4257.63322
Mezzanine NPT + 3.50	1335.27833	1335.26372	4852.25044	4689.00585

Fuente: Resultados de ETABS, 2016

### Desplazamiento lateral

De los diafragmas de centros de masa y desplazamientos. Se consiguió las derivas máximas por cada entrepiso considerando centro de masa en X e Y.

Tabla 45. Desplazamientos laterales de CM en la dirección X según norma e.030 del 2016

Descripción de pisos	Diaphragm	Load Case/Combo	Desplazamiento inelástico $\Delta^*R$	Desplazamiento relativo	Altura m	Deriva X $\Delta i / hei$	límite de deriva <0.007
			m	m			
azotea NPT + 63.00	D16	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.208076	0.011966	4	0.002991	cumple
planta 15 NPT + 59.00	D15	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.19611	0.010743	4	0.002685	cumple
planta 14 NPT + 55.00	D14	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.185367	0.012602	4	0.003150	cumple
planta 13 NPT + 51.00	D13	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.172765	0.013577	4	0.003394	cumple
planta 12 NPT + 47.00	D12	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.159188	0.0145	4	0.003625	cumple
planta 11 NPT + 43.00	D11	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.144688	0.015366	4	0.003841	cumple
planta 10 NPT + 39.00	D10	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.129322	0.016003	4	0.004000	cumple
planta 9 NPT + 35.00	D9	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.113319	0.0165	4	0.004125	cumple
planta 8 NPT + 31.00	D8	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.096819	0.016821	4	0.004205 25	cumple



planta 7 NPT + 27.00	D7	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.079998	0.016896	4	0.004224	cumple
planta 6 NPT + 23.00	D6	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.063102	0.01662	4	0.004155	cumple
planta 5 NPT + 19.00	D5	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.046482	0.015797	4	0.003949	cumple
planta 4 NPT + 15.00	D4	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.030685	0.014181	4	0.003545	cumple
planta 3 NPT + 11.00	D3	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.016504	0.010732	4	0.002683	cumple
planta 2 NPT + 7.00	D2	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.005772	0.003888	3.5	0.001110	cumple
mezzanine NPT + 3.50	D1 mezzanine	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.001884	0.001884	3.5	0.000538	cumple

Fuente: Resultados de ETABS, 2016

Los desplazamientos laterales en sentido X de cada entresqueño son menores 0.007 como máximo se obtuvo 0.00422, entonces cumple con los requisitos de la norma.

Tabla 46. Desplazamientos laterales de CM en la dirección Y según norma e.030 del 2016

Descripción de pisos	Diafragma	Load Case/Combo	Desplazamiento o inelástico	Desplazamiento relativo	Altura m	Deriva Y $\Delta i / hei$	límite de deriva <0.007
			$\Delta^*R$	m			
azotea NPT + 63.00	D16	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.23972	0.01059	4	0.00265	cumple
planta 15 NPT + 59.00	D15	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.22913	0.01177	4	0.00294	cumple
planta 14 NPT + 55.00	D14	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.21737	0.01329	4	0.00332	cumple
planta 13 NPT + 51.00	D13	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.20408	0.01484	4	0.00371	cumple

planta 12 NPT + 47.00	D12	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.18924	0.01634	4	0.00408	cumple
planta 11 NPT + 43.00	D11	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.17291	0.01766	4	0.00442	cumple
planta 10 NPT + 39.00	D10	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.15525	0.01881	4	0.00470	cumple
planta 9 NPT + 35.00	D9	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.13644	0.01979	4	0.00495	cumple
planta 8 NPT + 31.00	D8	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.11665	0.02054	4	0.00514	cumple
planta 7 NPT + 27.00	D7	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.09611	0.02093	4	0.00523	cumple
planta 6 NPT + 23.00	D6	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.07518	0.02079	4	0.00520	cumple
planta 5 NPT + 19.00	D5	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.05439	0.01978	4	0.00494	cumple
planta 4 NPT + 15.00	D4	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.03462	0.01734	4	0.00434	cumple
planta 3 NPT + 11.00	D3	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.01728	0.01212	4	0.00303	cumple
planta 2 NPT + 7.00	D2	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.00516	0.00359	3.5	0.00103	cumple
mezzanine NPT + 3.50	D1 mezzanine	Drift $\Delta$ inelástica Y Max	0.00156	0.00156	3.5	0.00045	cumple

---

*Fuente:* Resultados de ETABS, 2016.

Se puede notar que los desplazamientos laterales en sentido Y de cada entrepiso son menores 0.007 como máximo se obtuvo 0.00523, entonces cumple con requisitos de la norma.

### 3.7 Diseño de los elementos estructurales

#### 3.7.1 Vigas

##### *Diseño por flexión*

“Para encontrar los momentos amplificados ( $M_u$ ), se determinó con ayuda del programa ETABS. 2016 v2.1. Dicho valor hallado es la envolvente de los momentos flectores. La cantidad necesaria de refuerzo se encuentra con la ayuda de las ecuaciones dadas.” (Ottazzi Pasino, 2015, pág. 55).

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{\phi 0.85 f'_c b}}$$

$$A_s = \frac{|M_u|}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

“Las sección rectangular en un elemento debe contener como refuerzo máximo 0.75 (pbd), en donde (pbd) es la cantidad de refuerzo necesario cuando el elemento se encuentra en condición balanceada. Por otro lado el refuerzo mínimo se hallará con la siguiente ecuación” (Norma E.060 concreto armado, 2014, pág. 110).

$$A_{s_{min}} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c} b d}{f_y}$$

##### *Diseño por corte*

“El diseño por corte considera una comprobación básica en donde se halle, si el concreto es apto de soportar toda la fuerza cortante que se origina en la viga, la comprobación se realiza con la expresión:” (Norma E.060 concreto armado, 2014, pág. 180)

$$V_u < \phi V_c$$

Si no cumple el requisito previo, se adicionará el refuerzo suficiente mediante  $\phi V_s$ , tal que satisfaga lo siguiente:

$$V_u < \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = (A_v \times f_y \times d) / s$$

Dónde:

$A_v$ : Área de la sección de estribos paralelos al alma.

$S$ : Espacio entre estribos.

“Para que las vigas trabajen sísmicamente, deberán tomarse en cuenta las siguientes disposiciones de la norma e.060.

- El primer estribo debe estar a 5cm desde la cara y los demás deberá cumplir con lo siguiente;  $d/4$ ,  $8d_b$  o 30cm este espaciamiento deberá ser distribuido en una medida de 2 veces el peralte del elemento.
- La distribución de los estribos fuera del espacio de confinamiento no será mayor a  $0.5d$ ” (Norma E.060 concreto armado, 2014, pág. 181).

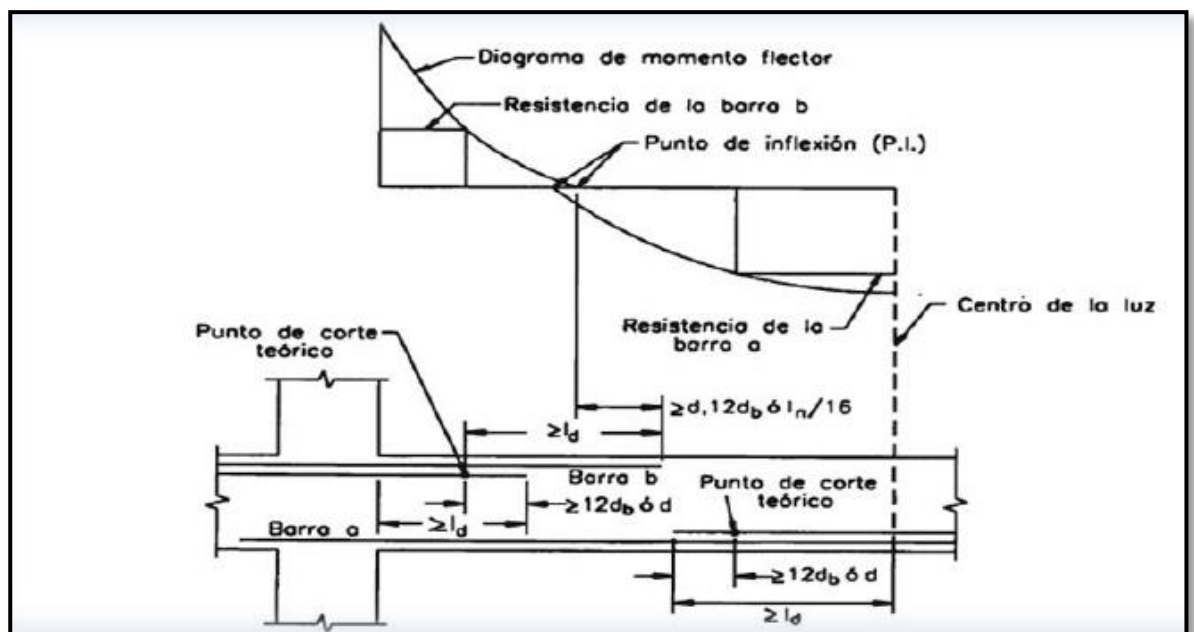


Figura 11. Longitudes de barra para el refuerzo. Fuente: Harmsen, 2012.

### Verificación de diseño de vigas

La viga a verificar se ubica en la planta 10 en el eje E entre los ejes los ejes 3-5, esta viga tiene una sección neta de concreto (VP-1 45x70cm) para la verificación de este elemento se tomó el momento último ( $M_u$ ) y el acero de refuerzo calculado por el programa ETABS:

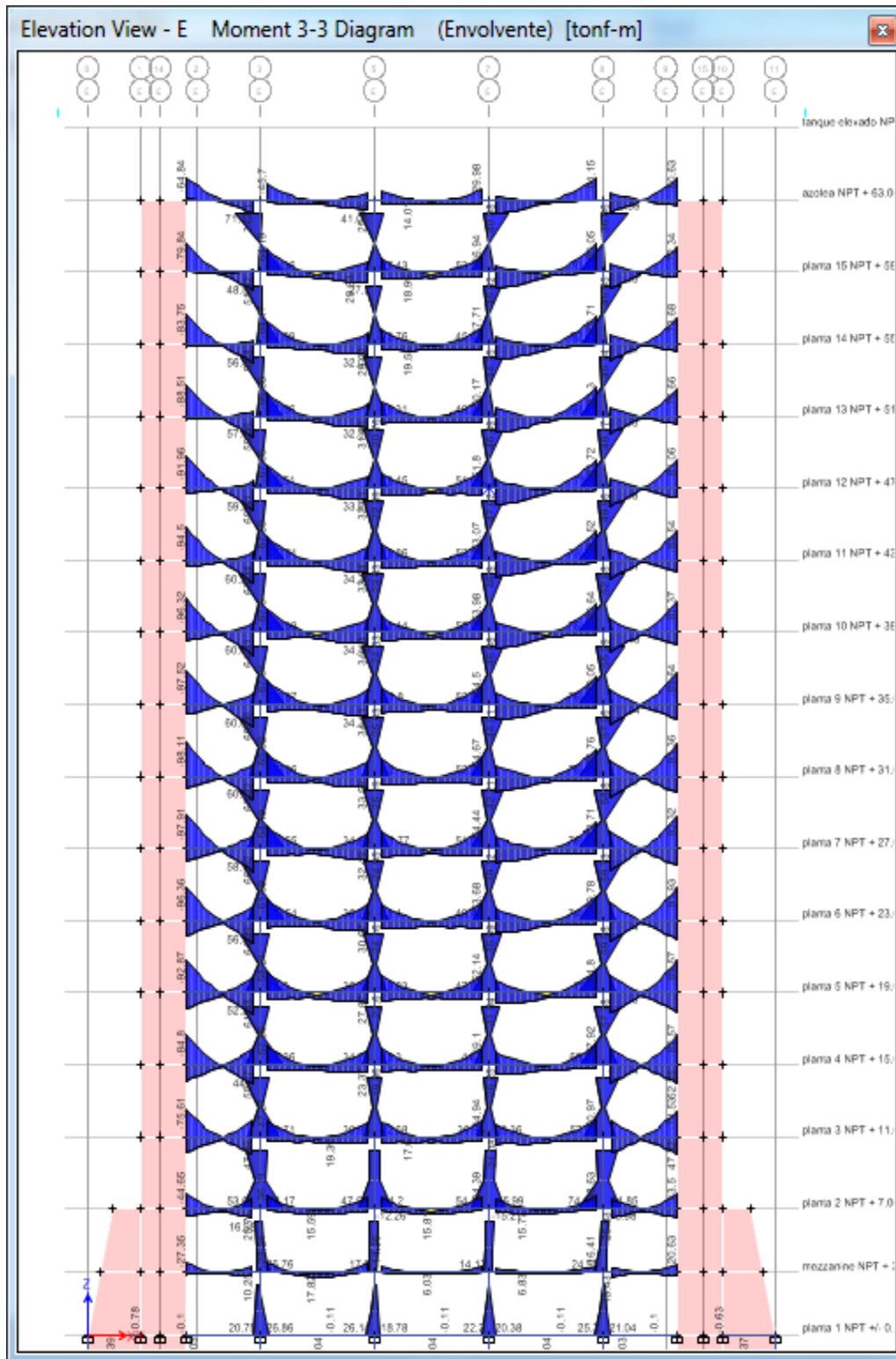


Figura 12. Diagrama de momentos máximos en el eje E con norma e.030 del 2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

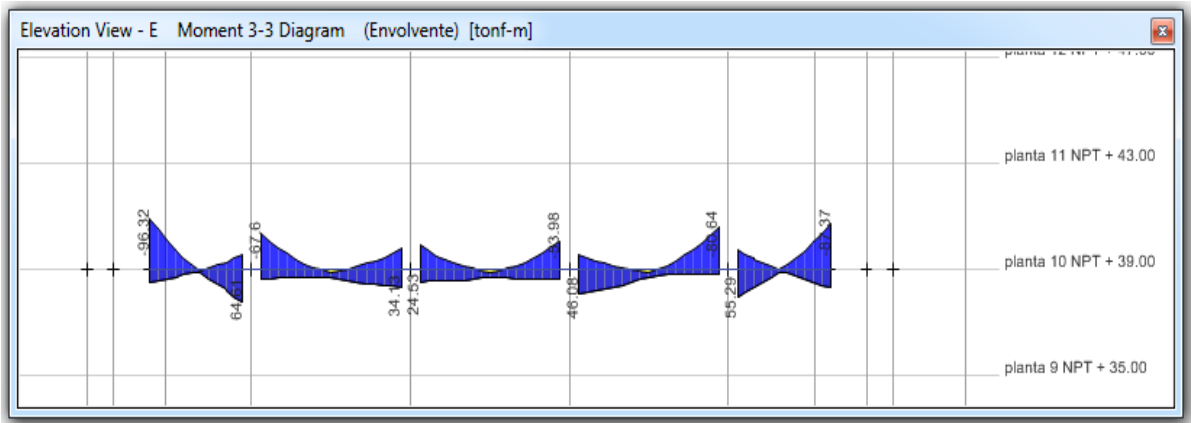


Figura 13. Diagrama de momentos flectores máximos de VP 45x70cm en el eje E planta 10, con norma e.030 del 2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

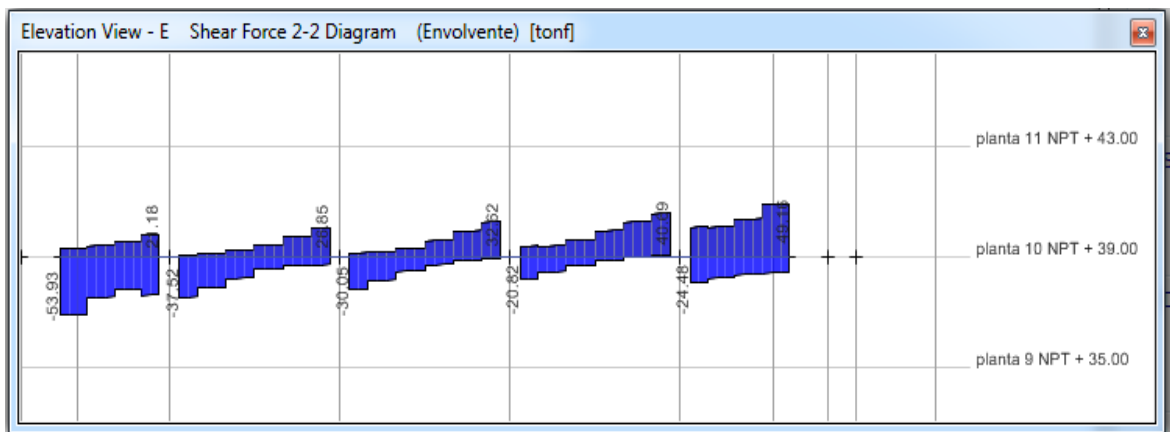


Figura 14. Diagrama de cortantes máximos de VP 45x70cm en el eje E planta 10, con norma e.030 del 2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

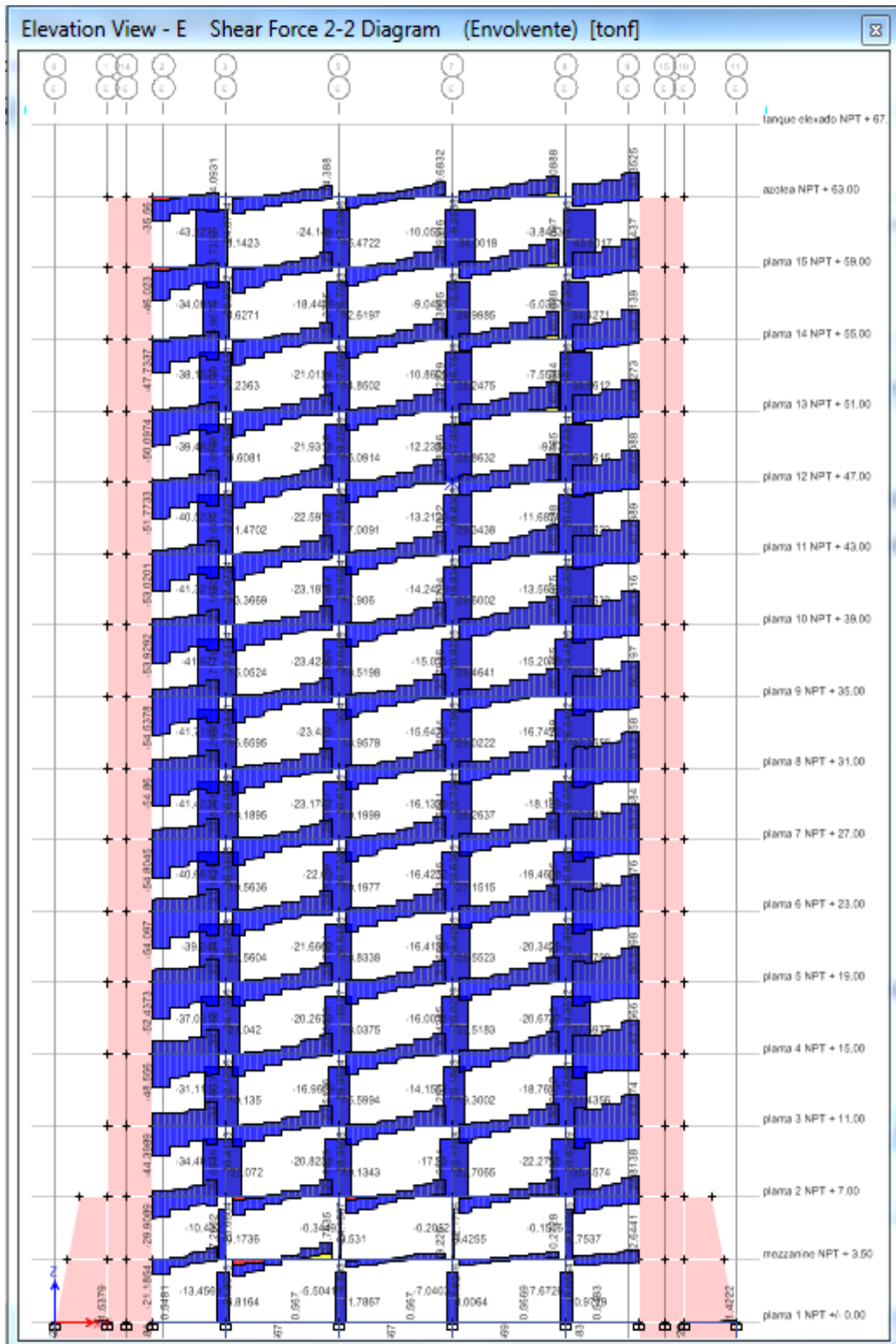


Figura 15. Diagrama de cortantes máximos en el eje E con norma e.030 del 2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

Tabla 47. Resultados de refuerzo requerido VP-1= 40 x 75cm, con norma e.030-2016

Planta	Location	Refuerzo longitudinal				Refuerzo Transversal	
		(+)	(-)	(-)	(+)	Vs	At
		Moment	As Top	Moment	As Bot		
tonf-m	cm <sup>2</sup>	tonf-m	cm <sup>2</sup>	tonf	cm <sup>2</sup> /cm		
planta 10 NPT + 39.00	End-I	67.6026	27.55	33.801	13.13	35.732	0.160
planta 10 NPT + 39.00	Middle	16.9006	8.57	26.979	10.39	31.550	0.141
planta 10 NPT + 39.00	End-J	39.3817	15.41	34.133	13.26	30.007	0.134
Varillas (Ø)			4 Ø 1" + 4 Ø 3/4"		2 Ø 1" +2 Ø 3/4"		

Fuente: Resultados de ETABS, 2016.

Para el chequeo de verificación de diseño se eligió la sección con mayor (Mu) para el cálculo de refuerzo As requerido.

Chequeo de acero principal en vigas (Mu+).

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\phi 0,85 f_c b}}$$

$$a = 70 - \sqrt{70^2 - \frac{2 * 67.6 * 10^5}{0.9 * 0,85 * 280 * 40}}$$

$$a = 12.363$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{67.6 * 10^5}{0.9 * 4200 (70 - \frac{12.363}{2})}$$

$$A_s = 28.022 \text{ cm}^2$$

Chequeo de acero principal en vigas (Mu-).

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{\phi 0,85 f_c b}}$$



$$a = 70 - \sqrt{70^2 - \frac{2 * 33.8 * 10^5}{0.9 * 0.85 * 280 * 40}}$$

$$a = 5.883$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{33.8 * 10^5}{0.9 * 4200 (70 - \frac{5.883}{2})}$$

$$A_s = 13.334 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento de estribos teórica "S" se determina con las siguientes formulas:

- $V_u = \Phi (V_c + V_s)$
- $S = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$

En caso de usar estribos con diámetros 3/8" ( $A_v = 1.42 \text{ cm}^2$ ) debe cumplir con  $S = 12 \text{ cm}$  dicho valor cumple con las disposiciones de la norma. Los criterios usados para la distribución de estribos se basa en las disposiciones de la norma e.060 cumpliendo con el confinamiento necesario. Finalmente queda con la siguiente distribución y espaciamiento de estribos:

Estribo  $\Phi 3/8"$ ; 1@.05, 10@.12, resto@.25 en cada lado.

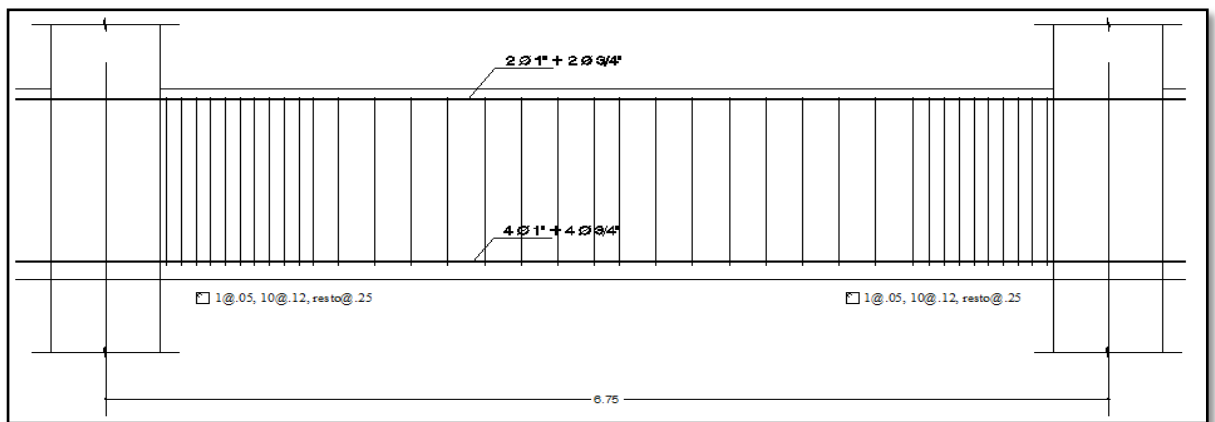


Figura 16. Distribución de acero para (VP-1 40x75cm), norma e.030-2016. Fuente: Harmsen, 2012.

### 3.7.2 Columnas

#### *Diseño por Flexo-Compresión*

“La columna trabaja a flexo-compresión, para lo cual es necesario hallar los diferentes valores como momentos y cargas axiales, al llevar dichos valores a una coordenada de ejes nos permite determinar la llamada curva de resistencias nominales  $M_n$  vs  $P_n$ , a esta curva se le conoce como curva de interacción. Para encontrar y comprobar las solicitaciones, se trabaja con curvas de resistencias reducidas  $O/M_n$  vs  $O/P_n$ , el valor de  $O/$  es según las solicitaciones requeridas por la columna. ” (Blanco Blasco, 2012, pág. 80).

$$\phi = 0.9, \text{ si } P_u \leq 0$$

$$\phi = 0.7, \text{ si } P_u \geq 0.1 \times F_c \times A_g$$

“De acuerdo las disposiciones de la norma e.060, para la cuantía mínima en las columnas es 1% y el máximo es 6%, por otra parte con la finalidad de evitar sobredimensionamiento en los nudos y/o uniones se recomienda tomar cuantía de 3%.” (Norma E.060 concreto armado, 2014, pág. 142).

#### *Diseño por cortante*

El diseño por fuerza cortante en columnas es parecido a vigas, considerando como hipótesis primordial lo siguiente:

$$V_u < \phi(V_c + V_s)$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d \left( 1 + \frac{N_u}{140 A_g} \right)$$

La norma e.060 en sus disposiciones recomienda cumplir los siguientes requisitos para la distribución y espaciamiento de estribos en columnas.

- La medida longitudinal para la distribución de estribos en ambos extremos no deberá ser menor a  $h_n/6$ .
- El espaciamiento fuera del lugar de confinamiento no debe superar el  $16d_b$  de la barra longitudinal del menor diámetro.

#### *Verificación de diseño de columnas*

Se procedió la comprobación de la columna C1 por diseño flexo-compresión, situada en el cruce de los ejes B y 2, las longitudes de esta columna son 90x90cm con una resistencia característica del concreto de  $f'_c=350$  kg/cm<sup>2</sup>. Se asignaran las cargas pertenecientes al

nivel del piso mezzanine, en donde se concentran mayores compresiones por cargas de gravedad:

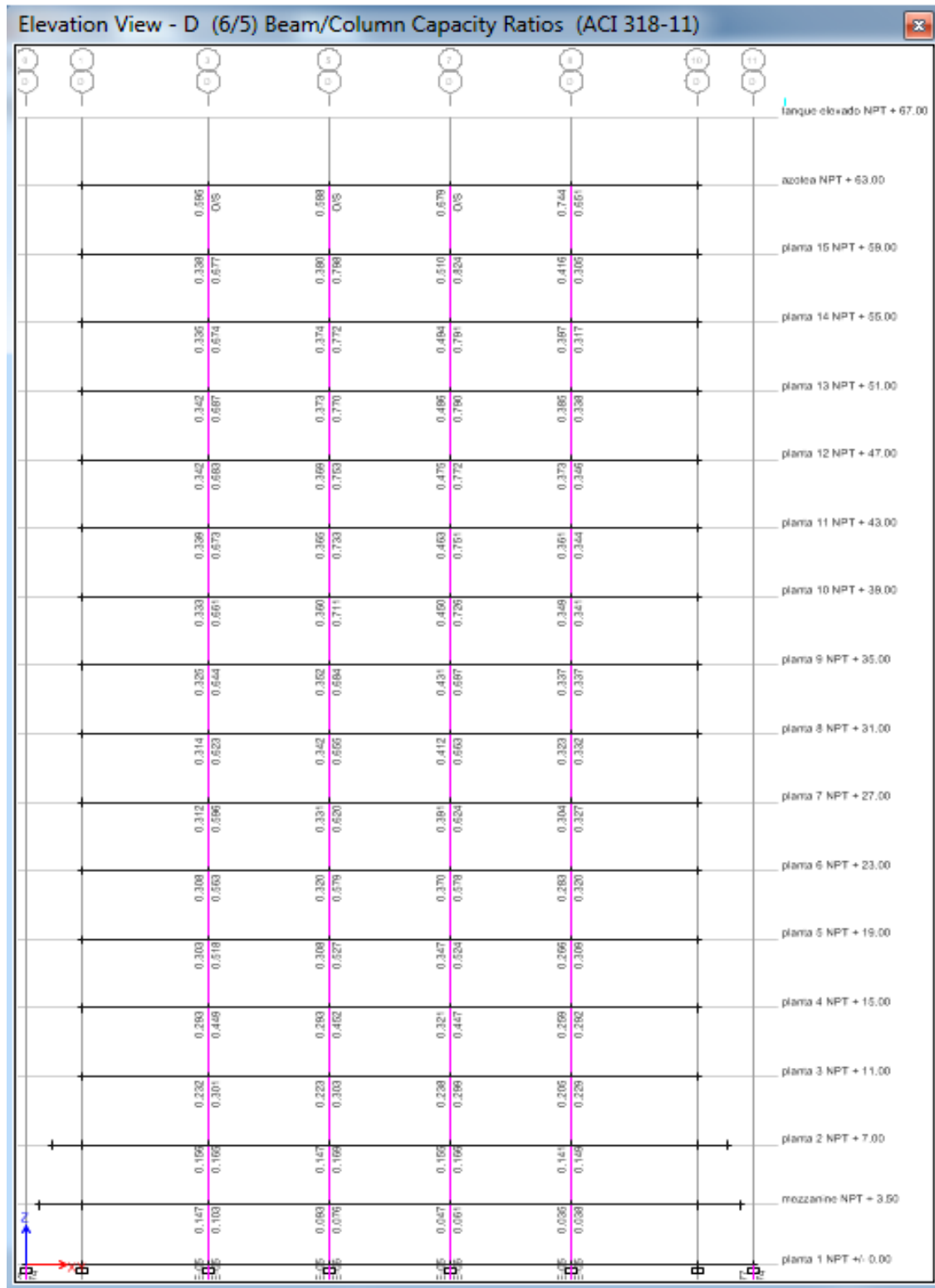


Figura 17. Valor de demanda capacidad de C1 en el eje D norma e.030-2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

Este grafico muestra los valores de demanda capacidad, en este caso cumple en todos los elementos  $D/C < 1$  esto indica que la demanda es menor que la capacidad.

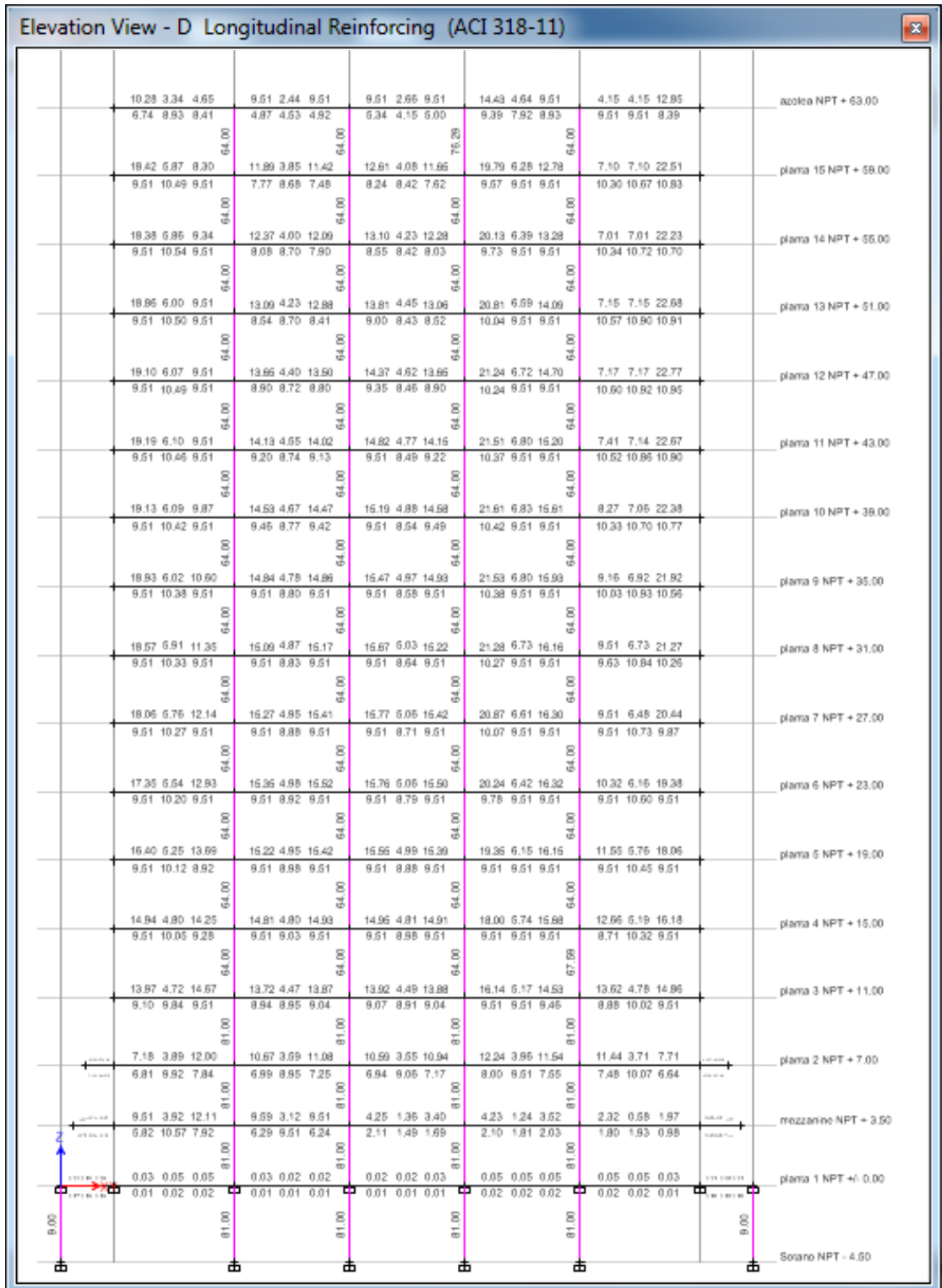


Figura 18. Refuerzo longitudinal de aceros en columna con la norma e.030 del 2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

Con el programa Etabs se calculó los refuerzos de acero en columnas en la intersección de ejes D y 3, para el análisis se tomó la columna C1 de mezzanine ya que los pisos inferiores son los que están sometidos a mayor carga axial.

Tabla 48. Resultado de  $\mu_u$ ,  $P_u$ ,  $V_u$  y aceros de refuerzo para C1 en mezzanine norma e.030-2016

Story	Section	Location	P	M Major	V Major
			tonf	tonf-m	tonf
mezzanine NPT + 3.50	C-1,C-2 =90 x 90cm	Top	413.647	17.472	24.131
mezzanine NPT + 3.50	C-1,C-2 =90 x 90cm	Bottom	418.458	18.889	24.131

Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

Se obtienen los momentos mayores y cortantes con la envolvente. Para desarrollar el diagrama de interacción de la columna se propone la siguiente distribución de acero 16  $\Phi 1''$  de los resultados mayores se obtiene  $A_s$ , min  $81\text{cm}^2$  y  $A_{st}\text{ cm}^2/\text{cm}$  0.067 y una cuantía mínima de 1%.

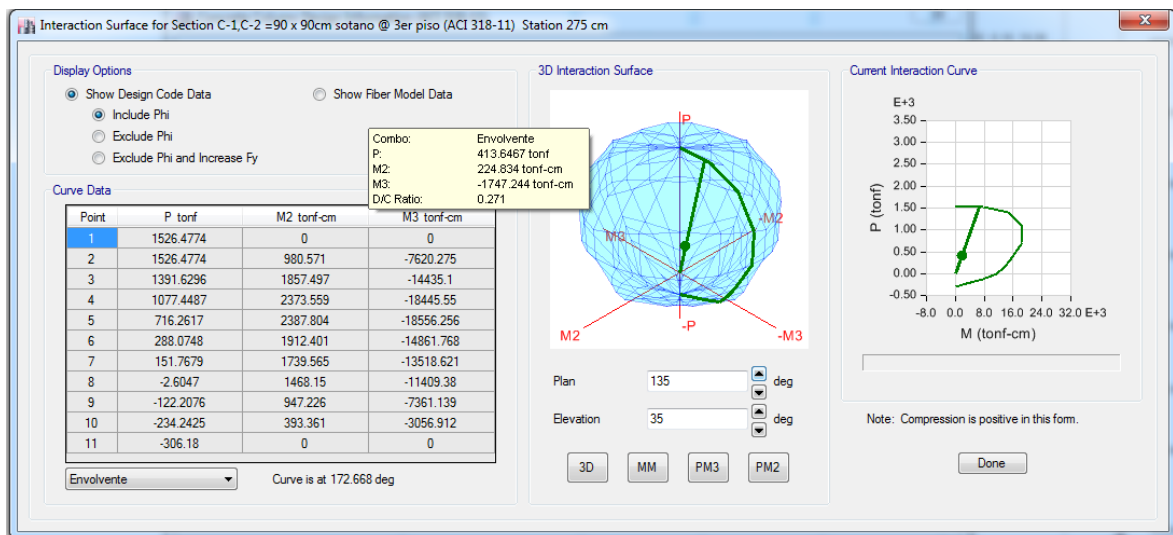


Figura 19. Diagrama de interacción de la columna C1 (0.9x0.9) norma e.030-2016. Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

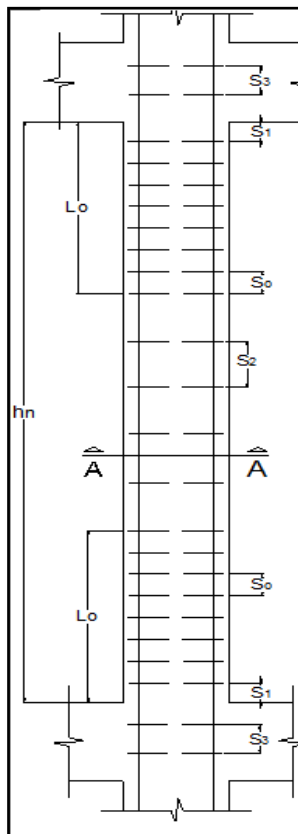
“La cortante de diseño ( $V_u$ ) se debe calcular a partir de la resistencias nominales en flexo-compresión ( $M_n$ ), en los extremos de la luz libre del elemento, asociados a la fuerza axial ( $P_u$ ) que del mayor momento nominal posible (valores que obtiene del diagrama de interacción nominal)(....). Según las disposiciones de la norma, los diámetros de los estribos deberán asignarse de la siguiente manera: 8mm para barras longitudinales

de hasta 5/8", 3/8" en barras longitudinales de 1" y 1/2" para barras longitudinales mayores diámetros." (Norma E.060 concreto armado, 2014, pág. 159); Entonces se colocará estribos satisfaciendo los requisitos mínimos de la siguiente manera:

$L_o$  ( $h_n/6$ )

$S_o$  ( $b/2$  ó 10cm),  $S_1$  5cm,  $S_2$  (16db ó 30cm),  $S_3$  (15cm)

Finalmente la distribución de refuerzos quedaría así:



Acero longitudinal: 16  $\Phi 1''$   
 Estribos  $\Phi 3/8''$ : 1@.05, 6@.10, Resto@.30  
 en cada extremo.

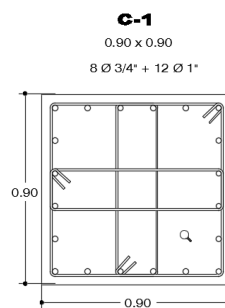


Figura 20. Distribución de refuerzos longitudinales y transversales de C1 (0.9x0.9) norma e.030 – 2016  
 Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.3 Placas

#### *Diseño por Flexo-Compresión*

“En muros se procede según los requisitos de la norma e.060, parecido a la verificación de columnas, se grafica el diagrama de interacción con la finalidad de comparar la carga axial y momento flector.” (Blanco Blasco, 2012, pág. 90).

El sistema estructural de muros de concreto armado, consideran la mayor parte de las fuerzas sísmicas.

Los muros estructurales en los espacios de compresión deben ser confinados cuando la profundidad de su eje neutro sea mayor que:

$$c \geq lm/600(du/hm)$$

Dónde:

$lm$ : longitud del muro

$du$  : desplazamiento inelástico en el piso más alto

$c$  : profundidad del eje neutro

$hm$  : altura total del muro

“Si el resultado no requiere elementos de borde, se sugiere asignar dichos elementos para mejorar el comportamiento estructural ante las acciones sísmicas. Según la norma e.060 los elementos de borde tienen que tener una dimensión igual al mayor a  $c/2$  o  $c-10\% lm$ .” (Blanco Blasco, 2012, pág. 91).

La norma e.060 en sus disposiciones indica que los estribos de confinamiento serán como mínimo de 8mm para varillas longitudinales hasta de 5/8", 3/8" para varillas de 1" y 1/2" en barrillas mayores. La distribución y separación deberá considerarse al menor valor de las disposiciones dadas:

- 25cm
- La menor dimensión del elemento de borde.
- 10 veces el diámetro de barra más pequeño.

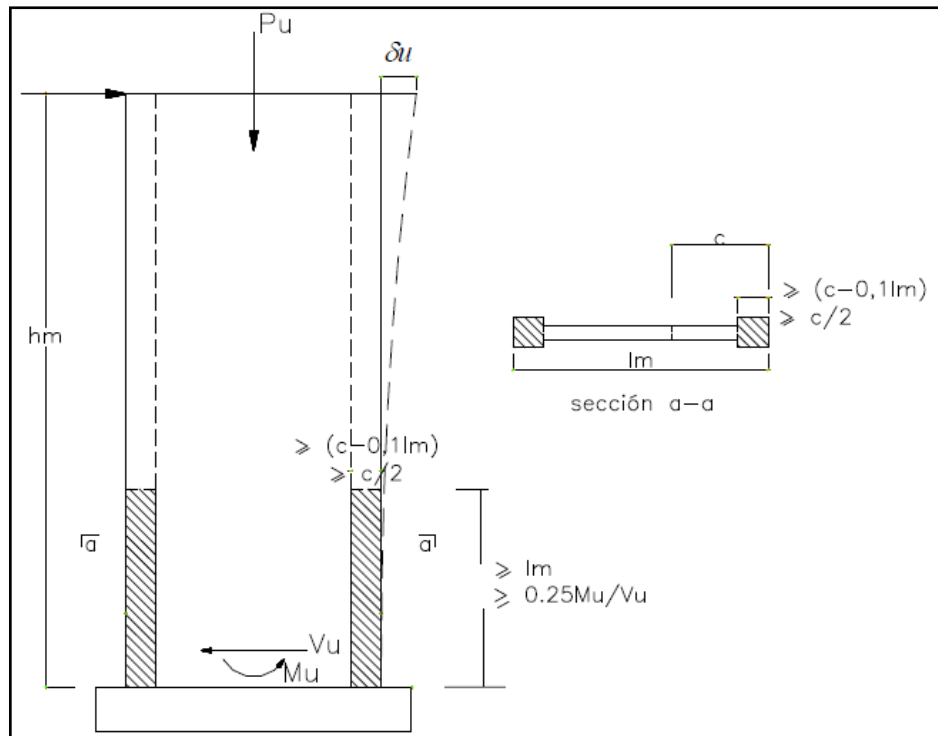


Figura 21. Disposiciones para diseño de muros. Fuente: norma e.060, 2014.

### Diseño por Cortante

La fuerza cortante de diseño se obtiene de la siguiente expresión:

$$V_u = V_{ua} \times (M_n / M_{ua})$$

Como resultado del análisis se origina  $V_{ua}$  y  $M_{ua}$  cortante y momento amplificado respectivamente,  $M_n$  se considera como momento nominal resistente al muro,  $V_u$  se considera para muros de altura inferior a  $L_o$ ,  $M_u/(4V_u)$ , para el resto deberá considerarse  $V_u=V_{ua}$ . Se evaluará al refuerzo cortante con las siguientes disposiciones dadas:

- $V_u > \phi V_c + \phi V_s$
- $\phi V_c = 0.85 \times A_{cw} \times \sqrt{f'_c} \times \alpha \times c$ ,  $\alpha = 0.8$  para  $h/lm < 1.5$  y  $0.53$  para  $h/lm > 2$
- $\phi V_s = 0.85 \times A_{cw} \times \rho_h \times f_y$ ,  $\rho_h \geq 0.0025$
- $\rho_v = 0.0025 + 0.5 (2.5 - h/lm) \times (\rho_h - 0.0025) \geq 0.0025$ , pero no mayor a  $\rho_h$

### Verificación de diseño de placa.

Se diseñará la placa P1 y P2 de mezzanine en sentidos X e Y respectivamente, estas placas están ubicados en esquinas de estructuración principal y son los que reciben mayor demanda sísmica.



Datos:

Alto total del muro (H)=3.5m

Ancho del muro (L)= 2.8 m

Espesor del muro (t)=0.3 m

$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Debido a la importancia de las dimensiones de los muros estructurales, la norma e.060 dispone las siguientes cuantías mínimas para la asignación de refuerzos:

$$\rho_h \geq 0.002, \rho_v \geq 0.0015$$

Siendo:

ph: cuantía del acero horizontal

pv: cuantía del acero vertical

Las cuantías indicadas líneas arriba serán aplicables en casos cuando no se necesiten cuantías mayores por corte. Según las disposiciones que señala la norma e.060 indica que los refuerzos tanto horizontal como vertical no deberán ser mayores a 3 veces al espesor del muro ni superior a 40 cm En caso de que el ancho de muro sea mayor a 20cm las varillas de refuerzo deberán colocarse en ambas caras, además el refuerzo vertical no será necesario confinar en cuantías mayores al 1% de su área bruta.

Tabla 49. *Peso axial y momentos para el diseño de refuerzo longitudinal para PIX*

Station	Required	Flexural	Pu	Mu2	Mu3
Location	Rebar Area (cm <sup>2</sup> )	Combo	tonf	tonf-cm	tonf-cm
Top	19.88	Comb3 (1.25CM+1.25CV+CS Y)	493.2559	279.093	-1783.622
Bottom	19.88	Comb3 (1.25CM+1.25CV+CS Y)	501.6034	-276.596	-1975.221

Fuente: Resultados del programa ETABS, 2016.

Tabla 50. *Fuerza cortante para diseño de refuerzo transversal PIX*

Station	Rebar	Shear Combo	Pu	Mu	Vu
Location	cm <sup>2</sup> /cm		tonf	tonf-cm	tonf
Top	0.075	Comb2 (1.25CM+1.25CV+CSX)	112.3941	2526.06	32.7419

	Bottom	0.075	Comb2 (1.25CM+1.25CV+CSX)	120.7416	9487.33	32.7419
<i>Fuente:</i> Resultados del programa ETABS, 2016.						

Se verificó que los muros estructurales cumplen con el ratio  $D/C < 1$ , según los resultados del programa Etabs se procedió a calcular la distribución de acero verticales y horizontales. Para el caso de P1Y se verificó que los resultados son similares a P1X finalmente se considera la siguiente distribución:

As vertical  $\Phi 5/8'' @ 20\text{cm}$ , As horizontal  $1/2'' @ 15\text{cm}$

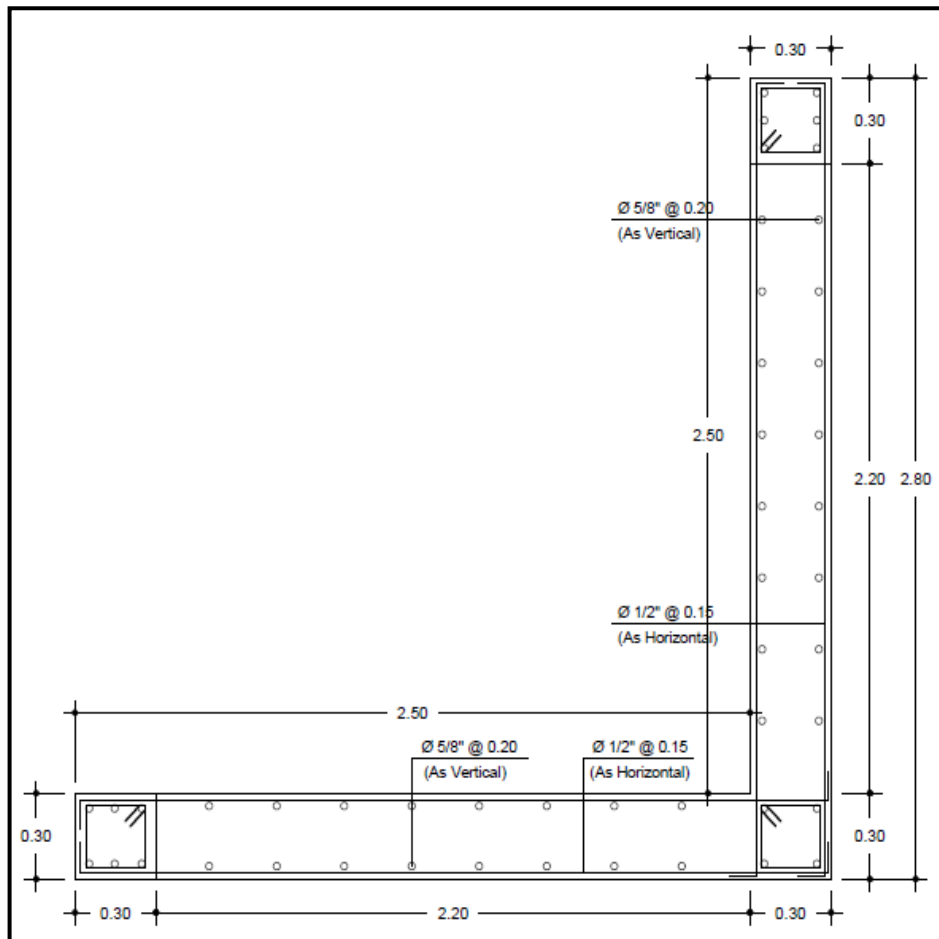


Figura 22. Distribución de acero en PX1 y PY1. Fuente: Elaboración propia.

## **IV. DISCUSIÓN**

Este proyecto de investigación según su objetivo fue hacer un estudio comparativo de análisis y diseño de un edificio de 15 pisos aplicando la normas e.030 del 2003 y e.030 del 2016 ubicado en la ciudad universitaria del departamento de Puno, la edificación en estudio fue diseñada con la norma anterior y fue concluida en el año 2014, ¿por ser una edificación esencial fue necesario hacer un estudio comparativo, evaluar el comportamiento estructural y diseño con ambas normas, de lo cual se pudo determinar la variación de los parámetros sísmicos para el caso de esta edificación.

Tabla 51. *Comparativo de los parámetros sísmicos de la norma e.030 2003 vs. 2016*

<b>Parámetros sísmicos de la norma e.030 2003 vs. 2016</b>						
<b>Factor</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>e.030-2003</b>		<b>e.030-2016</b>		<b>Variación de los parámetros sísmicos</b>
		<b>Clasificación /Categoría/Tipo</b>	<b>Factor/Valor</b>	<b>Clasificación /Categoría/Tipo</b>	<b>Factor/Valor</b>	
<b>Zona</b>	Z	2	0.300	3	0.350	16.67%
<b>Uso</b>	U	Categoría B	1.300	Categoría A	1.500	15.38%
<b>Amplificación Sísmica</b>	C	C cal. < 2.5	0.952	C cal. < 2.5	0.952	0.00%
<b>Suelo</b>	S	S1	1.000	S1	1.000	0.00%
		TP(s)	0.400	TP(s)	0.400	0.00%
<b>Coefficiente básico de reducción</b>	Ro	Sistema de muros estructurales	6.000	Sistema de muros estructurales	6.000	0.00%
<b>Irregularidades</b>	I	I altura, I planta	0.750	I altura I planta	1.000 0.900	33.33% 20.00%
<b>Coefficiente de reducción</b>	R	Reducción	4.500	Reducción	5.400	20.00%
<b>Coefficiente basal</b>	Cb	ZUCS/R	0.083	ZUCS/R	0.095	15.38%
<b>Fuerza de cortante basal</b>	V	(ZUCS/R)*P	1316.752	(ZUCS/R)*P	1477.125	12.18%

*Fuente:* Elaboración propia

Según esta tabla se determinó que los parámetros sísmicos con la norma actualizada son mayores que la norma anterior del 2003, entre ellas tenemos la variación del factor de zona que según la zona varía, para el caso de nuestra investigación fue zona 2 = 0.30 paso a ser zona 3 = 0.35. También tenemos al factor de uso en la norma e.030-2003 no especifica a las universidades dentro de la categoría de edificaciones esenciales con lo cual se toma como una de categoría “B” edificaciones importantes con un factor U =

1.3, pero en la actual norma si menciona y especifica que las universidades están en la clase “A” edificios esenciales donde tiene un factor  $U = 1,5$  el factor suelo también tiene un cambio significativo ya que está en función a la zona él cual en la nueva norma e.030-2016 ha aumentado el tipo de suelo roca dura ( $S_0$ ).

De acuerdo a la norma e.030 del 2016 se incluye una nueva zona sísmica, por lo que los valores varían y su factor ( $Z$ ) se incrementa en 16.67% a comparación de la norma e.030 del 2003.

La norma e.030 del 2016 considera su parámetro de suelo ( $S$ ) igual a la norma e.030 del 2003, entonces dicho factor de suelo se mantiene para ambas normas.

La norma e.030 del 2016 incluye un periodo nuevo ( $T_L$ ), este valor determina el comienzo de la zona del factor( $C$ ), en contrastación con la norma e.030 del 2003 no considera dicho periodo.

La norma e.030 del 2016 considera dos tipos de irregularidades en planta ( $I_p$ ) y en altura ( $I_a$ ) en comparación con la norma e.030 del 2003 considera solo un factor para ambas irregularidades, en los resultados se observó incremento de 33.33% y 20.00% respectivamente en altura y planta.

Como se puede verificar la cortante basal estática varía según el análisis realizado, con la actual norma e.030 del 2016 el resultado de la cortante basal sale mayor en 12.18% con respecto a la anterior norma e.30 del 2003 el cual para casos de diseño es bueno ya que nuestro factor de seguridad para una edificación va a ser más alto en el momento de realizar el diseño.

Tabla 52. Comparativo de cortantes dinámicas y momentos en dirección X, con normas e.030 2003 vs. 2016

Descripción del piso	Norma e.030 del 2003		Norma e.030 del 2016		Variación de Fuerzas cortantes	Variación de Momentos
	Cortante max en X	Momento max en X	Cortante max en X	Momento max en X		
	(tonf)	(tonf-m)	(tonf)	(tonf-m)		
azotea NPT + 63.00	166.709191	147.36	187.93	168.66	12.73%	14.45%
planta 15 NPT + 59.00	343.7068339	412.91	387.46	472.57	12.73%	14.45%
planta 14 NPT + 55.00	476.0065287	727.72	536.60	832.87	12.73%	14.45%
planta 13 NPT + 51.00	573.822174	1056.94	646.86	1209.66	12.73%	14.45%
planta 12 NPT + 47.00	644.1170907	1378.55	726.10	1577.74	12.73%	14.45%
planta 11 NPT + 43.00	697.37393	1676.26	786.14	1918.47	12.73%	14.45%
planta 10 NPT + 39.00	742.9809848	1939.99	837.55	2220.31	12.73%	14.45%
planta 9 NPT + 35.00	789.1275656	2166.28	889.57	2479.30	12.73%	14.45%
planta 8 NPT + 31.00	841.4190338	2359.64	948.52	2700.60	12.73%	14.45%
planta 7 NPT + 27.00	901.4675815	2533.39	1016.21	2899.45	12.73%	14.45%
planta 6 NPT + 23.00	966.7309362	2709.01	1089.78	3100.45	12.73%	14.45%
planta 5 NPT + 19.00	1031.454656	2913.38	1162.74	3334.35	12.73%	14.45%
planta 4 NPT + 15.00	1089.189242	3172.60	1227.83	3631.03	12.73%	14.45%
planta 3 NPT + 11.00	1134.027756	3502.17	1278.37	4008.21	12.73%	14.45%
planta 2 NPT + 7.00	1167.049967	3847.99	1315.60	4404.01	12.73%	14.45%
mezzanine NPT + 3.50	1184.50665	4239.64	1335.28	4852.25	12.73%	14.45%

Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

Tabla 53. Comparativo de cortantes dinámicas y momentos en dirección Y, con normas e.030 2003 vs. e.030 2016

Descripción del piso	Norma e.030 del 2003		Norma e.030 del 2016		Variación de Fuerzas cortantes	Variación de Momentos
	Cortante max en Y	Momento max en Y	Cortante max en Y	Momento max en Y	%	%
	(tonf)	(tonf-m)	(tonf)	(tonf-m)		
azotea NPT + 63.00	179.056	151.551	201.845	170.839	12.73%	12.73%
planta 15 NPT + 59.00	361.013	420.145	406.960	473.619	12.73%	12.73%
planta 14 NPT + 55.00	495.367	730.439	558.414	823.406	12.73%	12.73%
planta 13 NPT + 51.00	593.060	1051.112	668.542	1184.891	12.73%	12.73%
planta 12 NPT + 47.00	662.578	1364.386	746.907	1538.037	12.73%	12.73%
planta 11 NPT + 43.00	713.767	1656.095	804.612	1866.874	12.73%	12.73%
planta 10 NPT + 39.00	756.268	1916.645	852.521	2160.585	12.73%	12.73%
planta 9 NPT + 35.00	799.254	2142.213	900.979	2414.861	12.73%	12.73%
planta 8 NPT + 31.00	849.102	2336.176	957.171	2633.510	12.73%	12.73%
planta 7 NPT + 27.00	907.803	2509.889	1023.343	2829.333	12.73%	12.73%
planta 6 NPT + 23.00	972.726	2682.562	1096.529	3023.982	12.73%	12.73%
planta 5 NPT + 19.00	1037.725	2879.634	1169.801	3246.137	12.73%	12.73%
planta 4 NPT + 15.00	1094.984	3127.114	1234.347	3525.115	12.73%	12.73%
planta 3 NPT + 11.00	1137.527	3442.449	1282.304	3880.584	12.73%	12.73%
planta 2 NPT + 7.00	1167.903	3776.928	1316.546	4257.633	12.73%	12.73%
mezzanine NPT + 3.50	1184.507	4159.597	1335.264	4689.006	12.73%	12.73%

Fuente: Resultado de ETABS, 2016.

En esta tabla se observa que la cortante dinámica en base de la estructura en dirección X-X ( $V_x$ ) tuvo un incremento de 12.73%, en la dirección Y-Y ( $V_y$ ) también

se nota un aumento de 12.73% con respecto al análisis echo con la norma e.030 del 2016.

El cambio de cortante basal dinámica en sentido X-X de análisis, se da debido a que el factor de zona (Z) incremento y entonces la cortante se vio incrementada. En la dirección Y-Y de análisis se observa que los incrementos son similares, esto es debido a que en ambas direcciones existen muros de concreto armado, lo que hace que tenga una rigidez lateral.

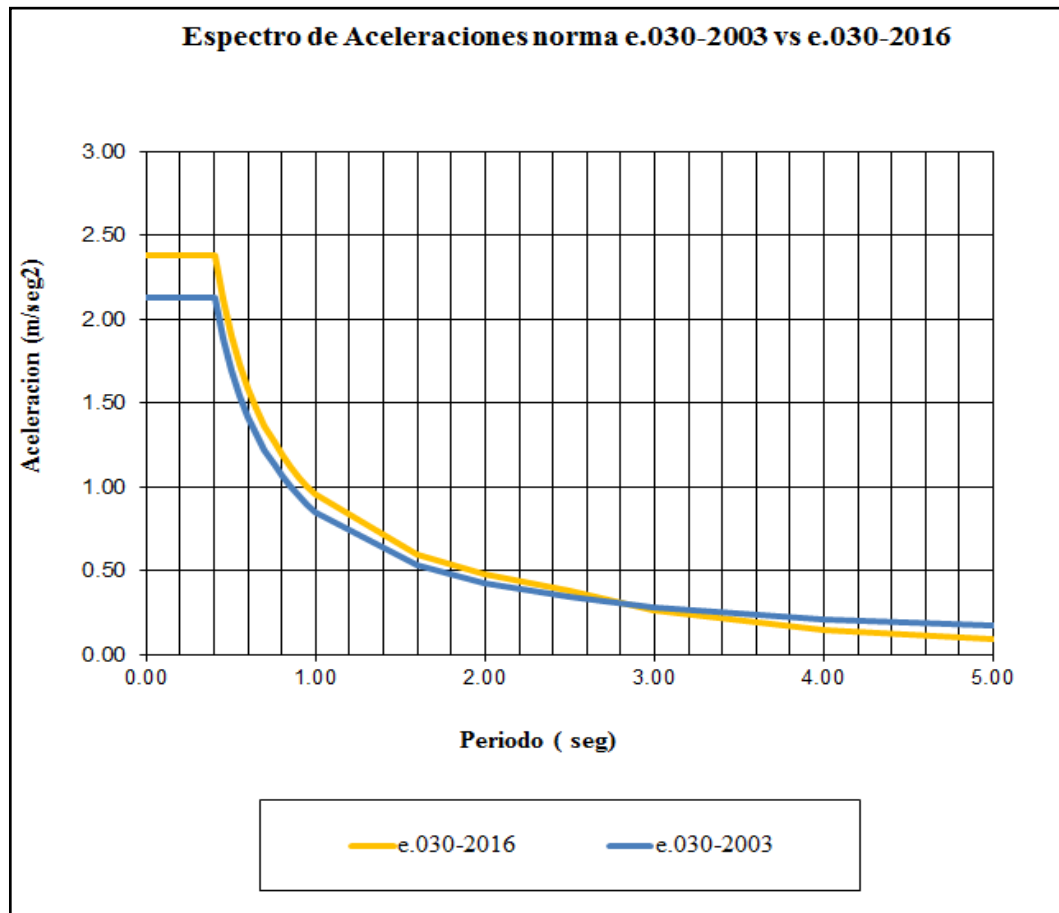


Figura 23. Comparación de espectros, norma e.30-2003 vs e.030 – 2016. Fuente: elaboración propia.

La aceleración del suelo calculado según la norma 0.30 del 2016 es superior hasta por un tiempo aproximado de  $T=2.30$  seg. Esto fue a causa de los cambios en parámetros sísmicos. La aceleración del suelo se queda en forma recta y horizontal hasta por un periodo  $T=0.40$  seg., tanto en norma e.030 del 2016 y e.030 del 2003.

A un tiempo superior, la aceleración de suelo hallado con la norma e.030 del 2003 resulta superior a la aceleración hallado con la norma e.030 del 2016.



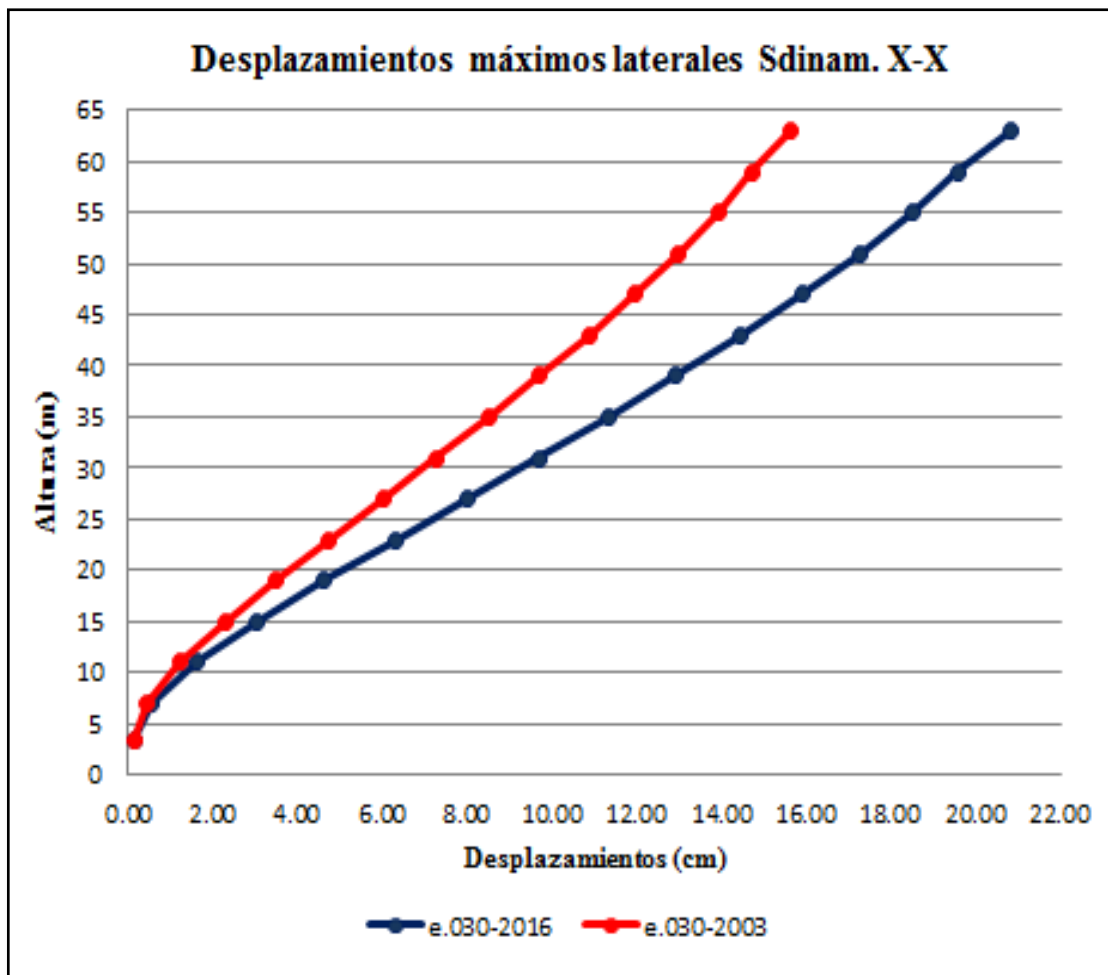


Figura 24. Comparación de desplazamientos laterales dinámicos en dirección X norma e.030-2003 vs e.030.2016. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los desplazamientos laterales de Sismo Dinámico en el sentido “X” hallado con norma e.030 del 2016, aumenta en 33.95% a los desplazamientos hallados con los parámetros sísmicos de la norma e.030 del 2003.

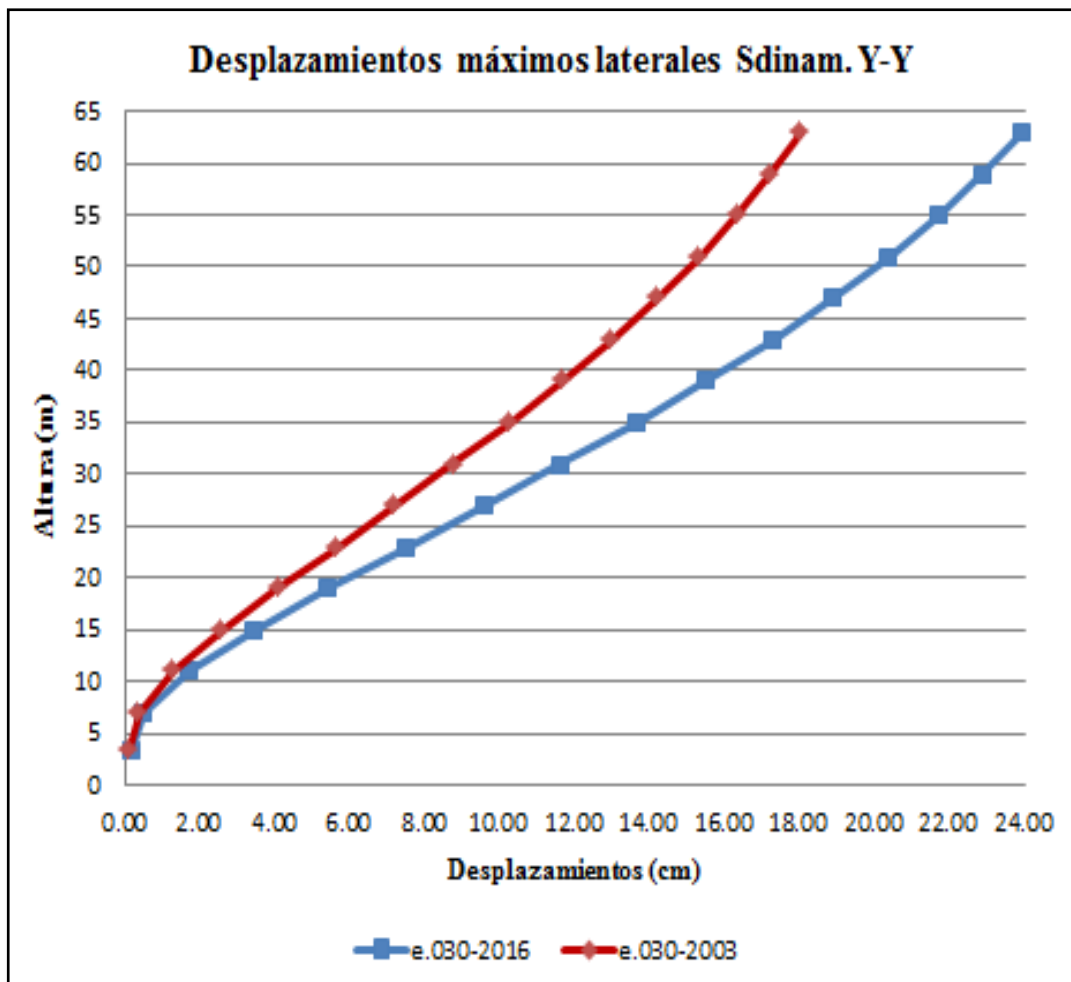


Figura 25. Comparación de desplazamientos laterales dinámicos en dirección Y norma e.030-2003 vs e.030.2016. Fuente: Elaboración propia.

Se observa aumento del 33.95 % de los desplazamientos laterales en sismo dinámico en el sentido “Y” con respecto a la norma e.030 del 2003, este aumento es proporcional a cada entepiso y similar al gráfico anterior.

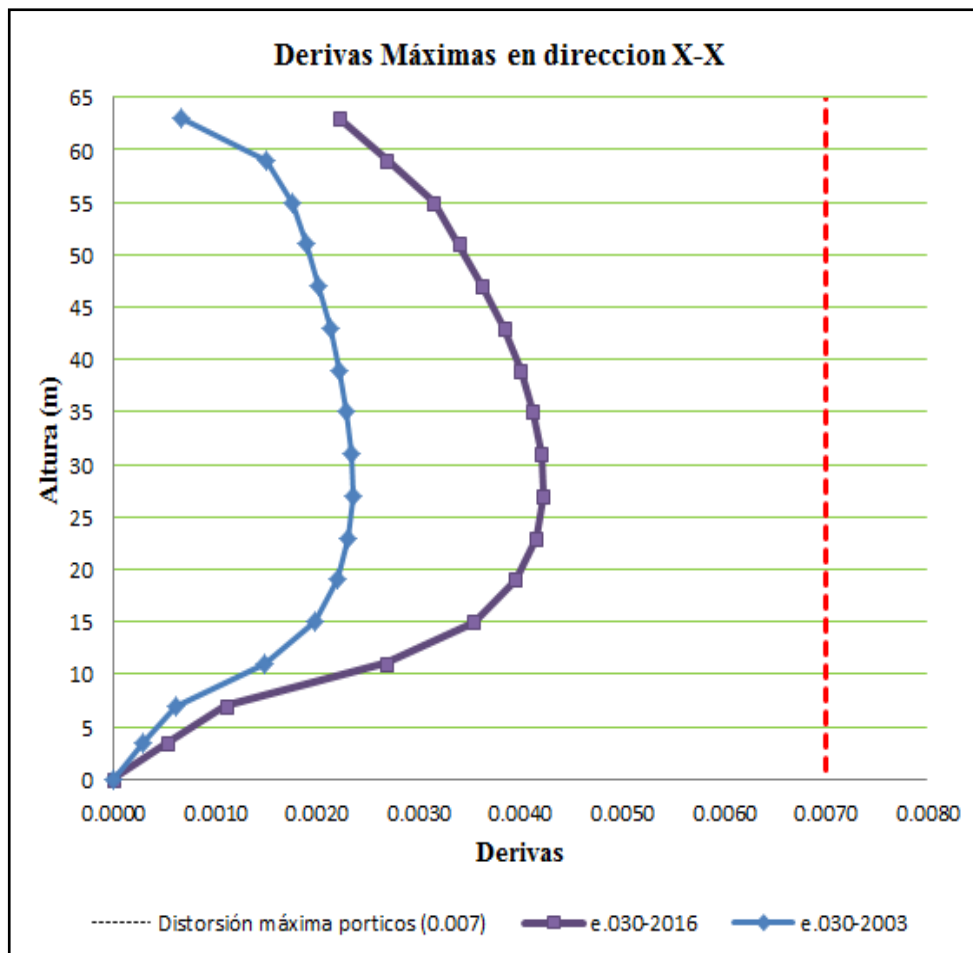


Figura 26. Comparación de derivas máximas en la dirección X, norma e.030-2003 vs norma e.030-2016  
Fuente: elaboración propia.

Se nota las derivas máximas del sismo dinámico en la dirección “X” calculadas mediante con norma e.030 del 2016, se incrementaron en 49.48% con respecto a las derivas calculadas con la norma e.030 del 2003.

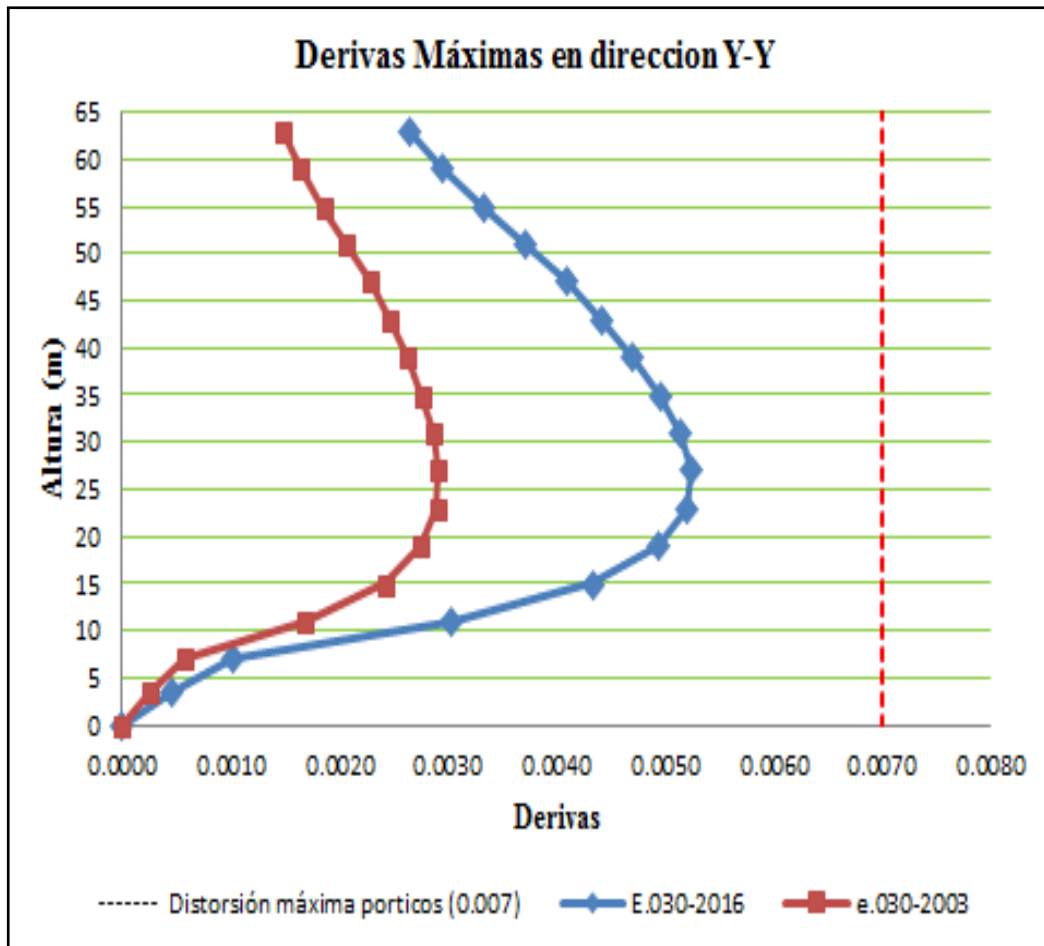


Figura 27. Comparación de derivas máximas en la dirección Y, norma e.030-2003 vs norma e.030-2016.  
Fuente: elaboración propia.

Se observa el aumento de 49.48% en las derivas del sismo dinámico en sentido “Y” con respecto calculado con la norma e.030 del 2003, este incremento es proporcional por cada entrepiso y similar al gráfico anterior.

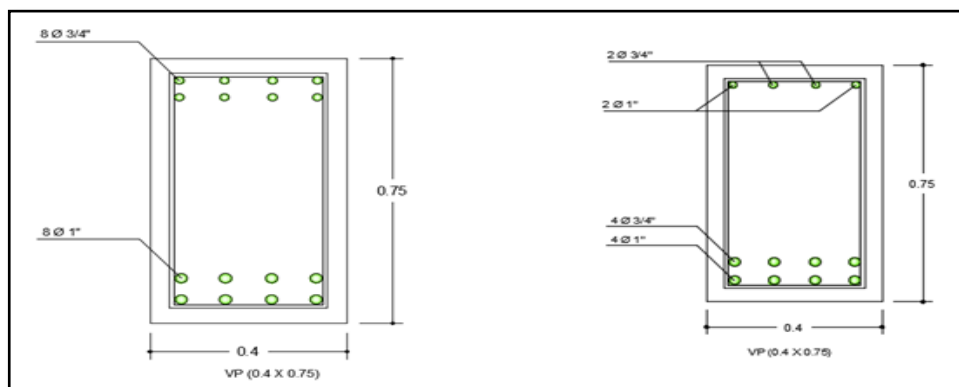


Figura 28. Comparación de refuerzo longitudinal de vigas (VP-1 0.4x0.75) e.030-2003 vs e.030-2016.  
Fuente: Elaboración propia.

En el resultado del diseño de viga VP (0.4x0.75), se comprobó que el refuerzo necesario con la norma e.030 del 2016 es menor en 30% con respecto a la edificación existente.

## **V. CONCLUSIÓN**

- En conclusión los parámetros aplicados en el análisis sísmico del edificio de 15 pisos con la norma e.030 del 2016 son mayores con respecto a la norma e.030 del 2003, el más representativo es el parámetro de reducción sísmica R, muestra un incremento de 33.33% esto debido a que la norma e.030 del 2016 tiene más restricciones de irregularidades tanto en altura como en planta, lo cual corrobora con la hipótesis.
- En resultado del análisis dinámico del edificio de 15 pisos se determinó que las fuerzas cortantes de entrepiso y los momentos calculado con la norma e.030 del 2016 son mayores con respecto a la norma e.030 del 2003 tiene una diferencia de 12.73% y 14.45% respectivamente y lo cual corrobora la hipótesis.
- Al realizar el análisis sísmico de la edificación con la norma sismorresistente e.030 del 2016, se obtuvo desplazamientos laterales máximos con una diferencia de 35.67% y 32.98% en los ejes X e Y respectivamente con respecto a la norma e.030 del 2003.  
También se verificó que la deriva máxima con la norma e.030 del 2016 fue de 0.00422 y 0.00523 en los ejes X e Y respectivamente, el cual se encuentra por debajo del límite permisible de 0.007 que exige dicha norma para estructuras de concreto armado. Se puede observar que los valores de los desplazamientos y derivas son mayores que los obtenidos en el análisis con la norma e.030 del 2003, esto es una evidencia de la mayor fuerza sísmica actuante en la estructura y se debe no solo a los cambios de la irregularidad, sino a los cambios de los valores de cada parámetro sísmico, de esta forma se estaría corroborando con la hipótesis planteada.
- En conclusión los resultados de demanda sísmica para el diseño de elementos estructurales, se verificó que los principales elementos estructurales que trabajan sísmicamente y/o absorben mayores esfuerzos son las placas, columnas y vigas, se tomó los elementos más representativos en la cual se evalúa las cuantías, que cumplan el rango ( $1% < \rho < 6%$ ), los ratios ( $D/C < 1$ ), columna fuerte / viga débil  $\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nv}$  y luego se determinó la distribución de los aceros;

La verificación de diseño de vigas se realizó según el método de diseño por resistencia ( $M_U \leq \phi M_n$ ) y bajo los requerimientos de norma de concreto armado E.060, en el chequeo por flexión de (VP-1 40x75cm) se determinó que el diseño

con la norma e.030 del 2016 el As requerido longitudinal fue menor en 30% con respecto a las especificaciones técnicas de la edificación existente.

En la verificación del diseño de las columnas se optó por utilizar las cuantías mínimas requeridas y ratios del diagrama de interacción ( $D/C < 1$ ) en (C-1 90x90cm) con la norma e.030 del 2016 el As requerido longitudinal fue menor en 3% con respecto a las especificaciones técnicas de la edificación existente.

Finalmente en la verificación del diseño de placas se usó los ratios de ( $D/C < 1$ ) del diagrama de interacción de (PX-1 280x30cm) con la norma e.030 del 2016 el As vertical requerido es  $\Phi 5/8'' @ 20\text{cm}$ , As horizontal requerido  $1/2'' @ 15\text{cm}$  y en la edificación existente se observó que As vertical es  $\Phi 5/8'' @ 20\text{cm}$  y  $3/8'' @ 20\text{cm}$ , lo cual se termina que hay una diferencia de refuerzo horizontal 25% mayor con respecto a las especificaciones técnicas de la edificación existente.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Este estudio de análisis y diseño tuvo como objetivo comparar y verificar si la estructura diseñada con la norma e.030 del 2003 cumplían los requerimientos mínimos de la norma e.030 del 2016, se aplicó en un edificio de 15 pisos de uso laboratorios, aulas virtuales y de categoría esencial, se recomienda ampliar más el estudio en otros tipos de edificaciones esenciales como locales municipales, hospitales y otras edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre ya que muchas fueron edificaciones diseñadas con normas anteriores del 2016, con el propósito de reforzar las deficiencias estructurales.
- El análisis sísmico del edificio de 15 pisos hecho con la norma e.030 del 2016 cumple con los requerimientos mínimos establecidos, se sugiere realizar una evaluación de las demás edificaciones de la Universidad Nacional del Altiplano y verificar el cumplimiento de los requerimientos mínimos y el control de derivas según la norma E.030 de 2016.
- La norma e.030 del 2016 presenta restricciones más exigentes con respecto a edificaciones irregulares. En este punto se sugiere y/o recomienda hacer estudios más exhaustivos en la parte económica con ambas normas.
- En la realización del análisis sísmico con la norma e.030 del 2016 se recomienda verificar bien las irregularidades de planta y altura existentes en una estructura ya que estas consideraciones pueden modificar todo el análisis.
- Reevaluar las estructuras ya existentes no solo de la categoría de edificaciones esenciales si no todas aquellas estructuras que alberguen un gran número de personas y ampliar estudios en edificaciones urbanas y/o viviendas familiares, considerando siempre el control de derivas máximas permisibles de la norma e.030 vigente del RNE.
- Para la verificación del diseño estructural de edificaciones se recomienda el uso de la norma ACI 308-11, así como el RNE en la Normas E.020, E.030 y E.060 vigentes, ya que los programas de diseño estructural como Etabs están basado en las normas de ACI.

- En el resultado de análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, se observó que las vigas de los ejes 1 y 10 se encuentran sobre esforzadas, por lo que se sugiere realizar una evaluación no lineal por el método tiempo historia ya que esto permitirá determinar el comportamiento real de la estructura y conocer el mecanismos de falla.

## **VII. REFERENCIAS**

- Alfaro Ríos, V. (2017). *Estudio comparativo de la norma Peruana e.030 diseño sismorresistente y la norma Chilena nch433*. Tacna, Peru.
- Arciniega Larrea, D. A., & Suarez Coba, E. R. (2016). *Análisis comparativo económico-estructural de edificios de 6,12 y 18 pisos, aplicando el código ecuatoriano de la construcción (CEC-2002) y la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15)*. Quito, Ecuador.
- Bazan, E., & Meli, R. (2013). *Diseño sísmico de edificios*. Mexico: Limusa.
- Blanco Blasco, A. (2012). *Estructuración y diseño de edificaciones en concreto armado*. Lima: Capitulo de ingeniería Civil.
- Borja, S, M. (2012). *Metodología de investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Peru.
- Carrasco Diaz, S. (2008). *Metodología de la investigación científica*. Perú: San marcos.
- Carrillo, G. (15 de junio de 2018). *El derrumbe de una escuela sepulta a más de 50 niños en México*. Obtenido de El Periodico: <https://www.elperiodico.com/es/internacional/20170920/derrumbe-escuela-mexico-sepulta-mas-de-50-ninos-6297718>
- Chaiña Mamani, R. T. (2016). *Análisis y diseño sísmico de una edificación de seis niveles de concreto armado en la ciudad de Juliaca*. Juliaca, Perú.
- García, M. V., & Moscoso, D. W. (2015). *Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso - deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmico dinámico, aplicado con la norma de diseño sismorresistente e.030*. Cusco, Peru.
- Guzman Gomez de la Torre, M. F. (2015). *Diseño sismoresistente de edificios de hormigón armado (cálculo de periodos de vibración y niveles de agrietamiento)*. Quito, Ecuador.
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Peru: Fondo editorial 2005 PUCP.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Juarez, E., & Rico, A. (2005). *fundamentos dela mecánica de suelos*. Mexico: Limusa.
- McCormac, J. C. (2011). *Analisis de Estructuras. Metodo clasico y matricial*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.

- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación. Diseño y Ejecución*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Norma E.020 cargas. (2014). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima, Perú: Grupo universitario.
- Norma E.030 diseño sismorresistente. (24 de enero de 2016). *Decreto supremo que modifica la norma técnica e.030 "diseño sismorresistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo n° 011-2006-vivienda, modificada con decreto supremo n° 002-2014-vivienda*. Lima, Lima, Perú.
- Norma E.030 Diseño sismorresistente. (2003). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Grupo Universitario.
- Norma E.060 concreto armado. (2014). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima, Perú: Grupo universitario.
- Norma E.070 albañilería. (2014). *reglamento nacional de edificaciones*. Lima, Perú: Grupo universitario.
- Ottazzi Pasino, G. (2015). *Diseño en concreto armado*. Peru: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Peru.
- Paz, M. (1992). *Dinámica Estructural. Teoría y cálculo*. Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.
- Pique, J., & Scaletti, H. (2005). *Análisis sísmico de edificios*. Lima : Colección del ingeniero civil.
- Quispe Ledesma, F. (2015). *Análisis y diseño estructural comparativo con la norma sismo resistente e.030-2014 vs. e.030-2003 de un edificio multifamiliar de 5 pisos en distrito de Surquillo*. Lima, Peru.
- Quizhpilema Piray, A. E. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la Universidad central del Ecuador, utilizando la norma ecuatoriana de la construcción (nec-se-re, 2015)*. Quito, Ecuador.
- Ramirez, J. S., & Sánchez, J. (2015). *Comportamiento estructural de edificaciones medianas irregulares de sistema dual, aplicando la norma E.030 del 2016 y el proyecto de norma 2014 en Lima metropolitana*. Lima, Perú.
- Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Fondo editorial universidad EAFIT.

- San bartolome, A. (2016). *Analisis de edificios*. Perú: Fondo editorial de la pontificia universidad catolica del Perú.
- Tolentino Ortiz, K. I. (2017). *Analisis de la respuesta sismica de 3 instituciones educativas diseñadas con la norma E.030-2003 en contraste con la norma E.030-2016*. Lima, Peru.
- Valderrama Mendoza, S. (2015). *Pasos para elaborar proyectos de investigacion cientifica. Cuantitativa, cualitativa y mixta*. Lima, Peru: San Marcos.
- Villareal Castro, G. (12 de Junio de 2009). *Analisis estructural*. Lima, Peru. Obtenido de Breve curso de Analisis estructural: <http://www.gennervillarrealcastro.blogspot.com>

## **VIII. ANEXOS**

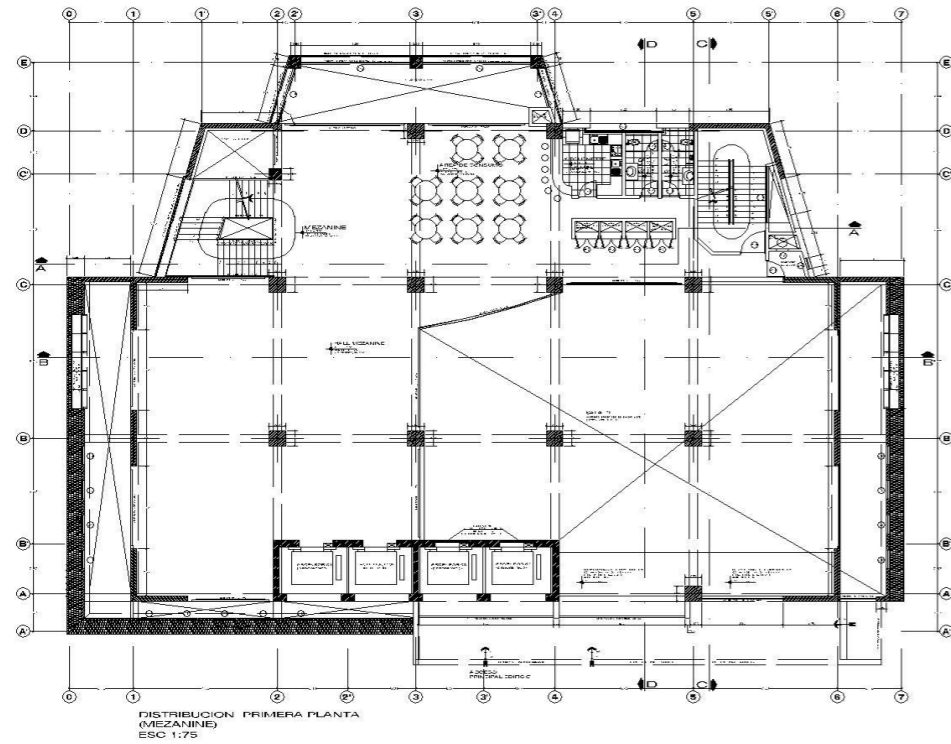


Anexo 1. Matriz de consistencia.

Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030- 2016.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<b><u>Problema principal</u></b> ¿Cómo son las diferencias del análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003?	<b><u>Objetivo principal</u></b> Determinar y comparar el análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003.	<b><u>Hipótesis principal</u></b> Se determina que el análisis y diseño del edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, hecho con la norma E.030-2016 arroja valores más rigurosos con respecto a la norma E.030-2003.	<b>VARIABLE 1</b>  <b>Análisis y diseño con norma E.030-2003</b>	<b>Parámetros sísmicos.</b> Zonificación sísmica(Z) Categoría (U) Factor de amplificación sísmica (C) Tipos de suelo (S) Coeficiente de reducción sísmica (R) Factores de irregularidad	<b>Método:</b> Científico  <b>Tipo de Investigación:</b> Cuantitativo  <b>Diseño de Investigación:</b> No Experimental-transversal	<b>Nivel de la investigación:</b> Descriptivo
<b><u>Problemas específicos</u></b> ¿Cómo son los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma e.030 del 2016 con respecto a la norma e.030 del 2003?	<b><u>Objetivos específicos</u></b> Determinar y comparar los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003.	<b><u>Hipótesis específicas</u></b> Los valores de los parámetros sísmicos del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma E.030-2016 son mayores respecto a la norma E.030-2003.		<b>Análisis estructural.</b> Estimación de peso Fuerzas internas Análisis dinámico modal espectral Participación de masas Espectro de diseño Fuerzas cortantes en la base. Desplazamientos laterales Distorsiones de entrepiso (derivadas).		
¿Cómo son los valores de las fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003?	Determinar y comparar los valores de fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003.	Los valores de las fuerzas cortantes, momentos flectores del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma E.030-2016 son mayores respecto a la norma E.030-2003.		<b>Diseño estructural</b> Métodos de diseño Diseño de elementos estructurales Verificación de diseño de vigas, columnas y placas.		
¿Cómo son los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003?	Determinar y comparar los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003.	Los espectros de diseño, desplazamientos y derivas del análisis dinámico modal espectral del edificio de 15 pisos, hecho con la norma E.030-2016 son mayores con respecto a la norma E.030-2003.		<b>Parámetros sísmicos.</b> Zonificación sísmica(Z) Categoría (U) Factor de amplificación sísmica (C) Tipos de suelo (S) Coeficiente de reducción sísmica (R) Factores de irregularidad		
¿Cómo son las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003?	Hallar y comparar las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, aplicando la norma E.030-2016 con respecto a la norma E.030-2003	Las dimensiones de secciones y refuerzos de los elementos estructurales del análisis y diseño del edificio de 15 pisos, hecho con la norma E.030-2016 son menores respecto a la norma E.030-2003.	<b>VARIABLE 2</b>  <b>Análisis y diseño con norma E.030-2016</b>	<b>Análisis estructural.</b> Estimación de peso Fuerzas internas Análisis dinámico modal espectral Participación de masas Espectro de diseño Fuerzas cortantes en la base. Desplazamientos laterales Distorsiones de entrepiso (derivadas).		
				<b>Diseño estructural</b> Métodos de diseño Diseño de elementos estructurales Verificación de diseño de vigas, columnas y placas.		

Fuente: Elaboración propia

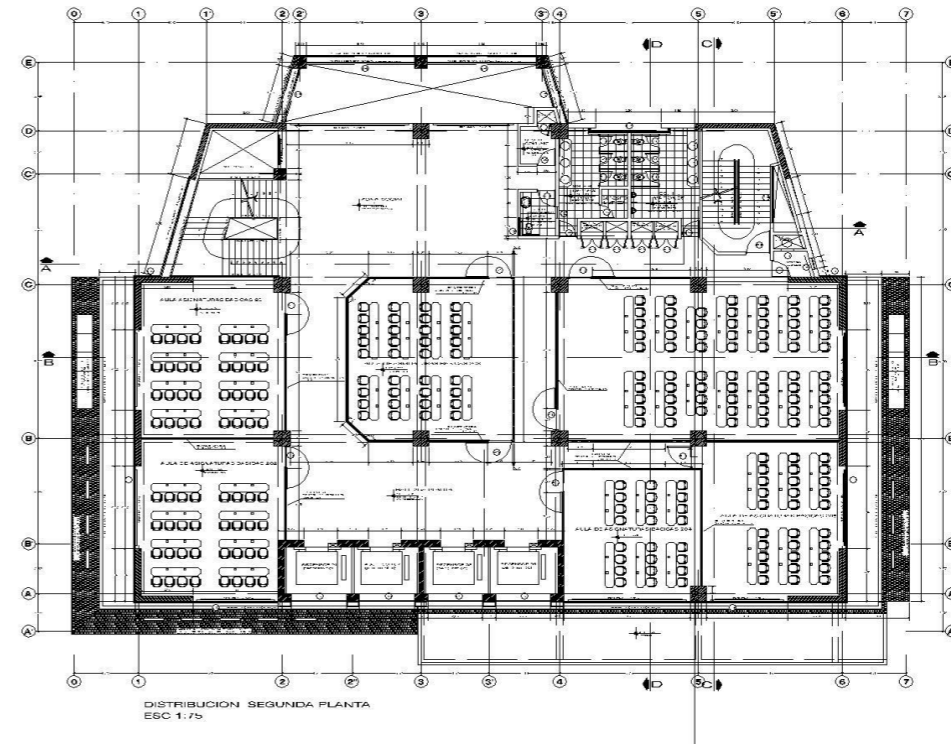
Arexo 2. Plano de arquitectura del edificio de 15 pisos (distribuciones en planta)



CUADRO DE VANOS 1RA PLANTA (MEZANINE)

NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

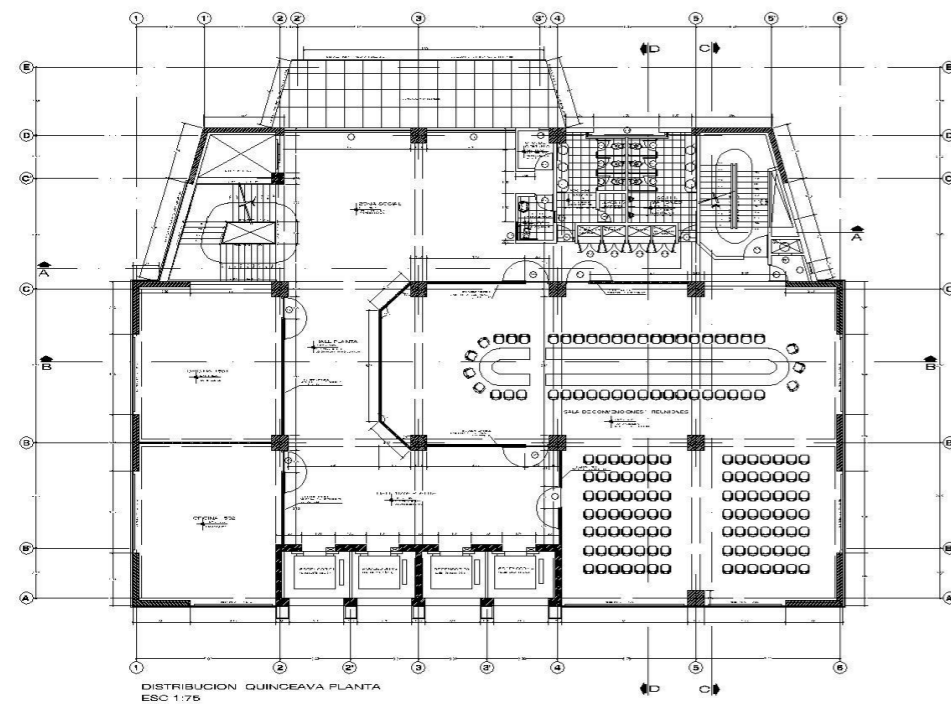
NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...



CUADRO DE VANOS 2DA PLANTA

NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

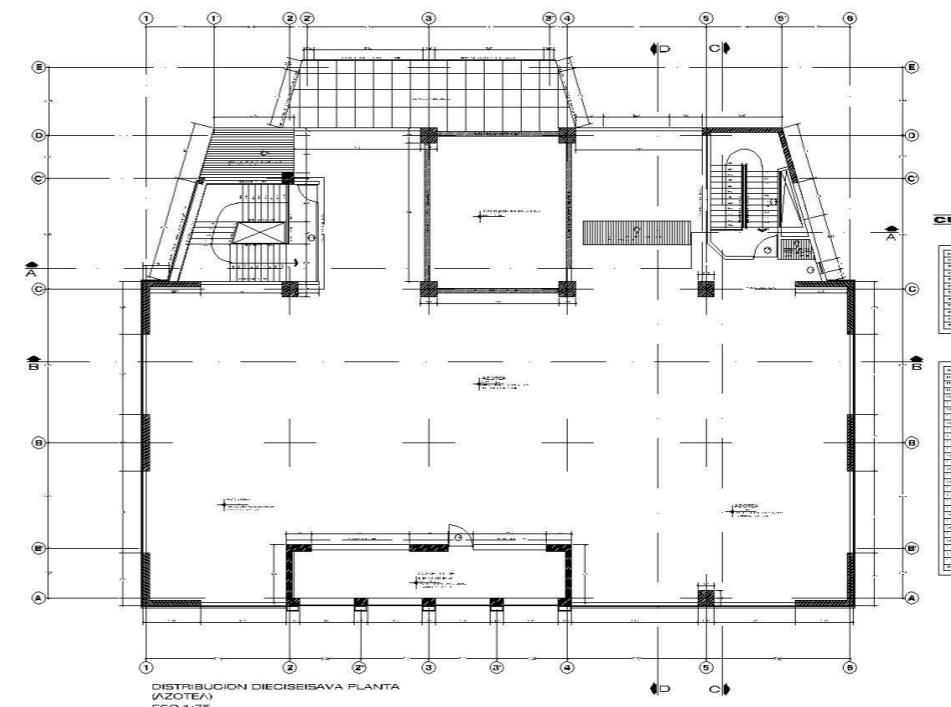
NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...



CUADRO DE VANOS 15VA PLANTA

NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

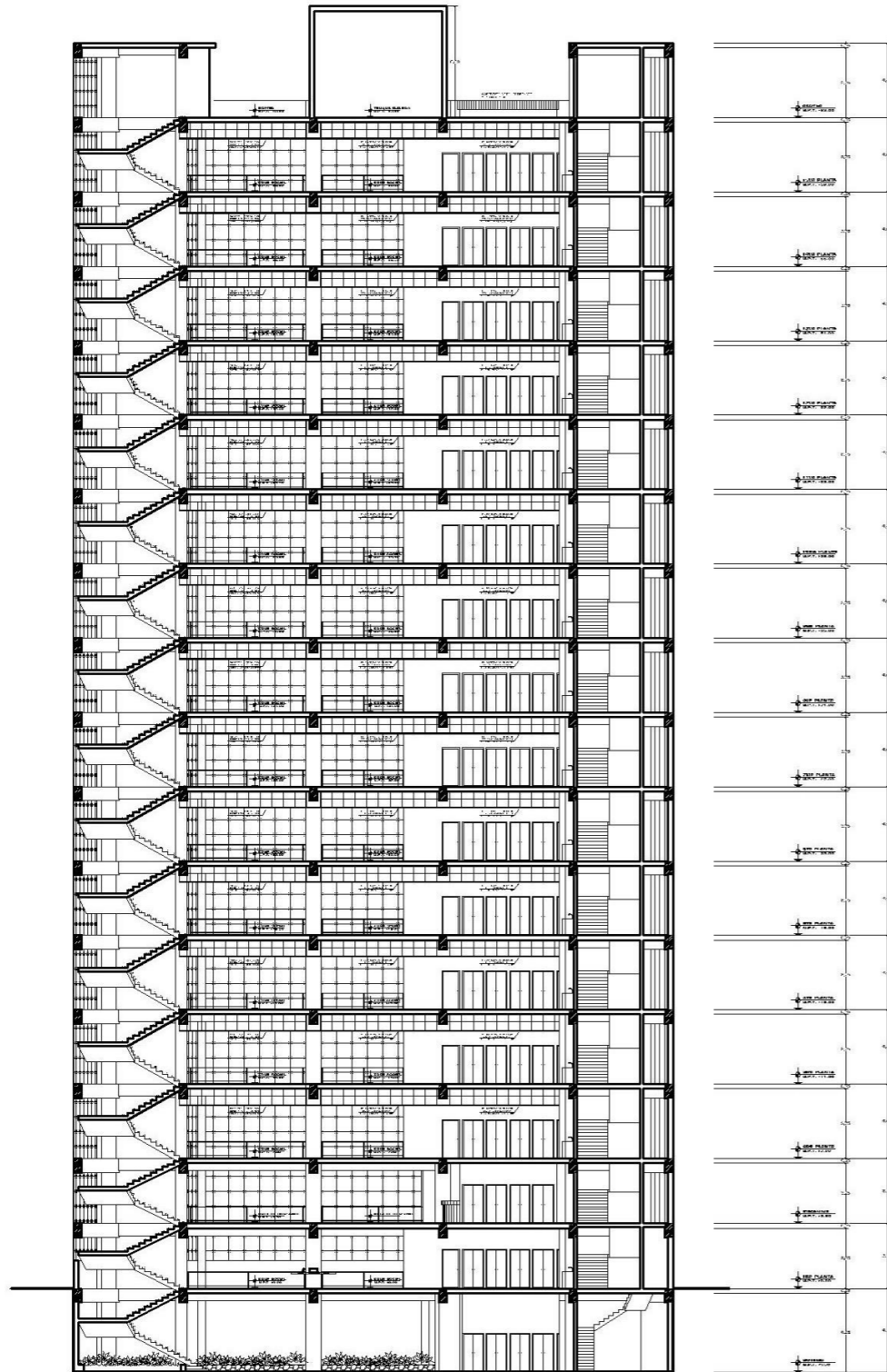


CUADRO DE VANOS 16VA PLANTA

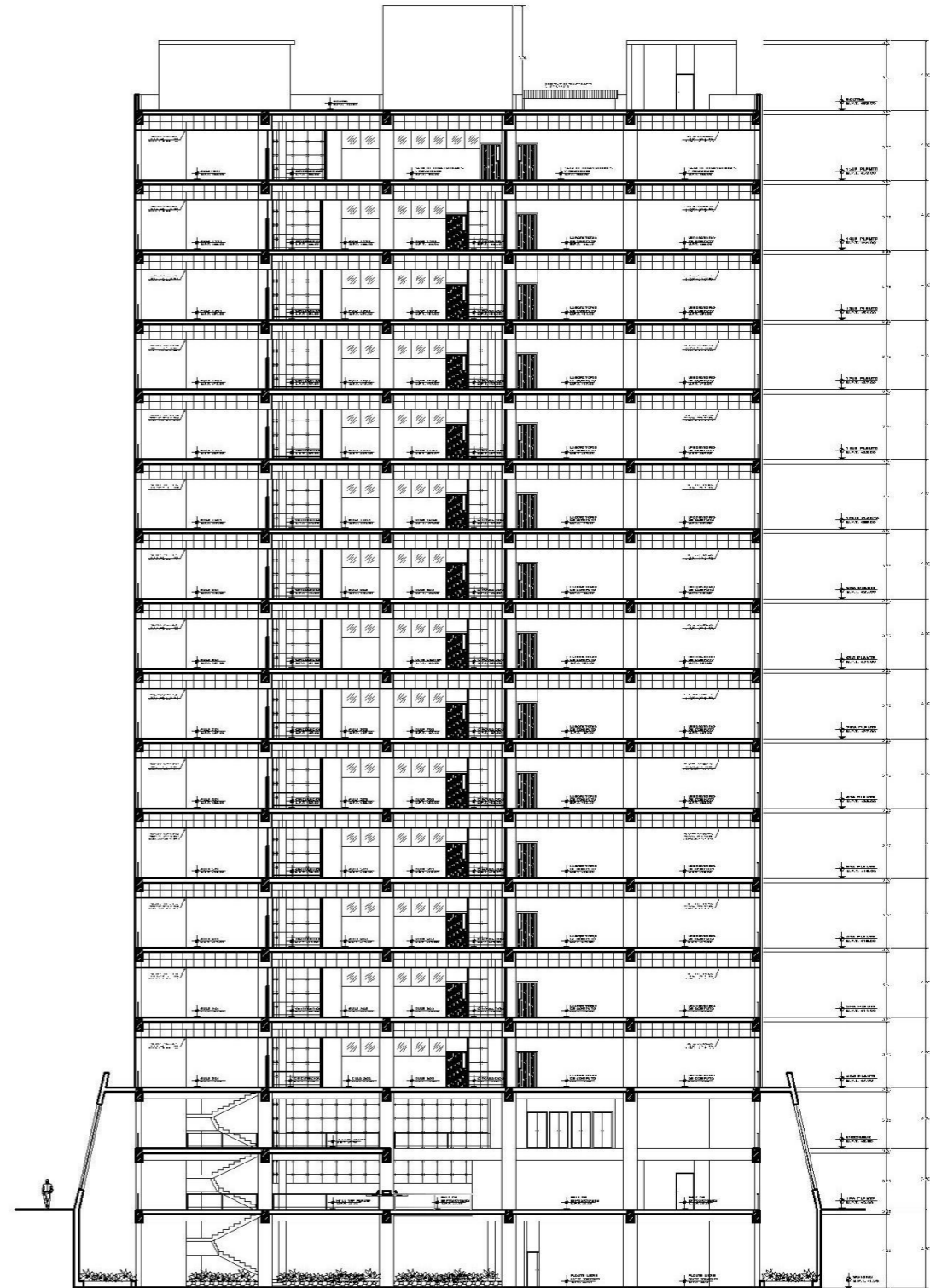
NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

NO.	DESCRIPCION	AREA	PERIMETRO	PROYECTADO	REVISADO	FECHA
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...

Anexo 3. Plano de elevaciones del edificio de 15 pisos.



SECCION A - A  
ESC 1:75



SECCION B - B  
ESC 1:75

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1

Yo, **GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad **César Vallejo – Lima Este**, revisor (a) de la tesis titulada **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E.030-2003 Y E.030-2016”**, del (la) estudiante **ARO ARO, URBANO** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **23%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

San Juan de Lurigancho, 10 de Junio de 2019

.....  
 Dra. Ing. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, **GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad **César Vallejo – Lima Este**, revisor (a) de la tesis titulada **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E.030-2003 Y E.030-2016”**, del (la) estudiante **TORRICOS SUPA, CÉSAR** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **23%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

San Juan de Lurigancho, 10 de Junio de 2019

.....  
Dra. Ing. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL

DNI: 21453567

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------


Anexo 5. Reporte de turniting

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document is a thesis from Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. The title is "Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas E.020-2003 y E.030-2016." The thesis is for the title of Civil Engineer. The author is Fabian Ara Ara, and the advisor is Dra. María Ysabel García Álvarez. The research line is "Diseño estructural y constructivo." The thesis is from Lima - Peru, August 2018. The similarity report shows a 23% match. The sources are listed in the right sidebar:

Rank	Source	Percentage
1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	5%
2	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.lamolina.ed... Fuente de Internet	1%
5	www.repositorioacade... Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%

The interface also shows a "Resumen de coincidencias" (Summary of coincidences) panel with a large "23%" indicator. The bottom status bar indicates "Página: 1 de 123", "Número de palabras: 24827", and "Text-only Report | High Resolution Activado". The Windows taskbar at the bottom shows the date and time as 21/08/19 at 14:58.

Anexo 6. Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo Urbano Aro Aro identificado con DNI N° 46931358, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

-----

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 46931358

FECHA: 10 de mayo del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------------	--------	-----------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

Yo César Torricos Supa identificado con DNI No 40201966, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Estudio comparativo del análisis y diseño de un edificio de 15 pisos de la Universidad Nacional del Altiplano, aplicando las normas e.030-2003 y e.030-2016"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

FIRMA

DNI: 40201966

FECHA: 10 de mayo del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

ARO ARO, URBANO

INFORME TITULADO:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E.030-2003 Y E.030-2016.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 14 de Diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 13 (Trece)



*García*

ING. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

TORRICOS SUPA, CÉSAR

INFORME TITULADO:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE 15 PISOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, APLICANDO LAS NORMAS E.030-2003 Y E.030-2016.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 14 de Diciembre del 2018

NOTA O MENCIÓN: 13 (Trece)



*G. A. S.*

DRA. ING. GARCÍA ÁLVAREZ MARÍA YSABEL