

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO
LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN
EDIFICIO DE 5 PISOS**

Línea de investigación de la Universidad:

TRANSPORTE Y URBANISMO

Línea de investigación de la escuela Profesional de Ingeniería Civil:

ESTRUCTURAS

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS ACLARI HUAYLLANI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2018

ASESORES:

Ing. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ

Mg. PEDRO HUGO BALVIN RAMOS

DEDICATORIA:

Esto va dedicado a Dios por la vida y salud que hoy en día tengo, también a mis padres por darme el aliento de que es posible todo en la vida si te lo propones y por su apoyo incondicional que me otorgan.

AGRADECIMIENTO:

A Dios por cada día de vida, por todo lo que me ha dado.

A mis padres y la familia Sulca que me apoyaron en el transcurso del desarrollo de mi tesis de investigación.

A mis asesores y los ingenieros que aportaron conocimientos para realizar mi tesis de investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Casio Aurelio Torres López
Presidente

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla
Jurado Revisor

Ing. Rando Porras Olarte
Jurado Revisor

Ing. Carlos Alberto Jesús Sedano
Jurado Revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario Docente

INDICE

Caratula.....	i
Asesores.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Hoja de conformidad de los jurados.....	v
Índice General.....	vi
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras.....	xii
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	xvii

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Justificación	20
1.3.1. Practica o social.....	20
1.3.2. Metodología.....	21
1.4. Delimitación.....	21
1.4.1. Espacial.....	21
1.4.2. Temporal.....	22
1.4.3. Economica.....	22
1.5. Limitaciones.....	23
1.5.1. Limitación tecnológica.....	23
1.5.2. Limitación económica.....	23
1.6. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivo específico.....	23

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	24
2.1.1. Escenarios internacionales.....	24
2.1.2. Escenarios nacionales.....	25
2.1.3. Escenarios locales.....	27
2.2 Marco Conceptual.....	30
2.2.1 Causas y efectos de los sismos.....	30
2.2.2 Efectos sísmicos en los edificios.....	31
2.2.3. Hipocentro.....	33
2.2.4. Epicentro.....	33
2.2.5. Ondas sísmicas.....	34
2.2.6. Intensidad sísmica.....	35
2.2.7. Magnitud sísmica.....	36
2.2.8. Placa tectónica.....	37
2.2.9. Falla geológica.....	39
2.2.10. Sismicidad en el Perú.....	40
2.2.11. Sismicidad en Junín.....	44
2.2.12. Peligro sísmico o amenaza.....	45
2.2.13. Riesgo sísmico.....	45
2.2.14. Vulnerabilidad sísmica.....	45
2.2.15. Análisis estructural.....	46
2.2.16. Cargas de servicio.....	47
2.2.17. Filosofía de la norma E030.....	47
2.2.18. Evolución de las normas sismorresistentes.....	48
2.2.19. Comparación del capítulo 1 al capítulo 6 de las normas sismorresistentes E030-2016 y E030-2003.....	51
2.3 Definición de términos	57
2.4 Hipótesis	60
2.4.1. Hipótesis general.....	60
2.4.2. Hipótesis específico.....	60
2.5 Variables	60
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	60
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	61
2.5.3. Operacionalización de la variable.....	62

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación.....	64
3.2 Tipo de investigación	64
3.3 Nivel de investigación	64
3.4 Diseño de la investigación	65
3.5 Población y muestra.....	65
3.5.1. Población.....	65
3.5.2. Muestra.....	65
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
3.6.1 Técnicas de recolección de datos	65
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	66
3.7 Procesamiento de la información.....	67
3.8 Técnicas y análisis de datos.....	68

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Arquitectura.....	69
4.2. Normas empleadas.....	76
4.3. Propiedades de los materiales.....	76
4.4. Metrado de cargas.....	76
4.4.1 Metrado de cargas de losa aligerada.....	77
4.4.2 Metrado de cargas de escalera.....	78
4.4.3 Metrado de tabiquería sobre las vigas.....	78
4.4.4 Metrado de cargas del tanque elevado.....	84
4.4.5 Metrado de cargas de tabiquería móvil.....	84
4.4.6 Modelo estructural.....	84
4.5. Análisis sísmico dinámico.....	87
4.5.1 Procesamiento de la determinación de las acciones sísmicas con la norma E030-2016.....	87
4.5.1.1 Etapa 1: Peligro sísmico.....	87
4.5.1.2 Etapa 2: Caracterización del edificio.....	89
4.5.1.3 Etapa 3: Análisis estructural.....	95
4.5.1.3.1 Modelos del análisis.....	95
4.5.1.3.2 Estimación de peso.....	95
4.5.1.3.3 Análisis modal.....	97
4.5.1.3.4 Espectro sísmico para cada dirección.....	98

4.5.1.3.5 Determinación de la fuerza cortante.....	101
4.5.1.4 Etapa 4: Validación de la estructura.....	104
4.5.1.4.1 Distorsión de entrepiso – deriva.....	104
4.5.2 Procesamiento de la determinación de las acciones sísmicas con la norma E030-2003.....	105
4.5.2.1 Etapa 1: Peligro sísmico.....	105
4.5.2.2 Etapa 2: Caracterización del edificio.....	107
4.5.2.3 Etapa 3: Análisis estructural.....	110
4.5.2.3.1 Modelos del análisis.....	110
4.5.2.3.2 Estimación de peso.....	110
4.5.2.3.3 Análisis modal.....	111
4.5.2.3.4 Espectro sísmico para cada dirección.....	113
4.5.2.3.5 Determinación de la fuerza cortante.....	116
4.5.2.4 Etapa 4: Validación de la estructura.....	119
4.5.2.4.1 Distorsión de entrepiso – Deriva.....	119
4.6. Comparación de resultados del análisis sísmico dinámico.....	120
4.6.1 Resultados de distorsión de entrepiso - deriva.....	120
4.6.2 Resultados de fuerza cortante.....	127
4.6.3 Resultados de espectros de diseño.....	135
 CAPÍTULO V: DISCUSION DE RESULTADOS	
5.1 Discusión de Resultados.....	140
 CONCLUSIONES.....	 142
RECOMENDACIONES.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	145
ANEXOS.....	147

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de listado de sismos en el Perú.....	42
Tabla 2. Factores de Zona (E030-2016)	51
Tabla 3. Factores de Zona (E030-2003)	51
Tabla 4. Clasificación de los perfiles de suelo (E030-2016).....	51
Tabla 5. Parámetros del suelo (E030-2003).....	51
Tabla 6. Factores de Suelo (E030-2016)	51
Tabla 7. Periodos “TP” y “TL” (E030-2016).....	52
Tabla 8. Categoría de las edificaciones y factor “U” (E030-2016).....	52
Tabla 9. Categoría de las edificaciones (E030-2003)	52
Tabla 10. Sistemas Estructurales (E030-2016).....	53
Tabla 11. Sistemas Estructurales (E030-2003).....	53
Tabla 12. Categoría y Sistemas Estructurales (E030-2016)	53
Tabla 13. Categoría y Estructura de las edificaciones (E030-2003)	53
Tabla 14. Irregularidad Estructural en Altura (E030-2016).....	54
Tabla 15. Irregularidad Estructural en Altura (E030-2003).....	54
Tabla 16. Irregularidad Estructural en Planta (E030-2003)	54
Tabla 17. Irregularidad Estructural en Planta (E030-2016)	55
Tabla 18. Restricciones a la Irregularidad (E030-2016).....	55
Tabla 19. Límites para la distorsión de entrepiso (E030-2016)	56
Tabla 20. Límite desplazamiento lateral de entrepiso (E030-2003)	56
Tabla 21. Tabulación de “C” vs “T” (E030-2016).....	88
Tabla 22. Irregularidad de Piso Blando - dirección X (E030-2016)	90
Tabla 23. Irregularidad de Piso Blando - dirección Y (E030-2016)	91
Tabla 24 Irregularidad de masa (E030-2016).....	92
Tabla 25. Irregularidad torsional - dirección X (E030-2016).....	93
Tabla 26. Irregularidad torsional - dirección Y (E030-2016).....	93
Tabla 27. Irregularidad torsional extrema - dirección X (E030-2016) ...	94
Tabla 28. Irregularidad torsional extrema - dirección Y (E030-2016) ...	94
Tabla 29. Irregularidad esquinas entrantes (E030-2016)	95
Tabla 30. Deriva Elástica en Dirección X (E030-2016)	104
Tabla 31. Deriva Elástica en Dirección Y (E030-2016)	104
Tabla 32. Tabulación de “C” vs “T” (E030-2003).....	106

Tabla 33. Irregularidad torsional - dirección X (E030-2003).....	109
Tabla 34. Irregularidad torsional - dirección Y (E030-2003).....	109
Tabla 35. Deriva Elástica en Dirección X (E030-2003)	119
Tabla 36. Deriva Elástica en Dirección Y (E030-2003)	119
Tabla 37. Deriva Inelástica en Dirección X (E030-2016).....	120
Tabla 38. Deriva Inelástica en Dirección Y (E030-2016).....	122
Tabla 39. Deriva Inelástica en Dirección X (E030-2003).....	123
Tabla 40. Deriva Inelástica en Dirección Y (E030-2003).....	125
Tabla 41. Cuadro comparativo de Derivas (E030-2016 y E030-2003).	126
Tabla 42. Fuerza cortante escalada en Dirección X (E030-2016).....	128
Tabla 43. Fuerza cortante escalada en Dirección Y (E030-2016).....	129
Tabla 44. Fuerza cortante escalada en Dirección X (E030-2003).....	131
Tabla 45. Fuerza cortante escalada en Dirección Y (E030-2003).....	132
Tabla 46. Cuadro comparativo de Fuerza Cortante Dinámica (E030-2016 y E030-2003).....	133
Tabla 47. Cuadro Comparativo de “C” Y “Sa” (E030-2016 y E030-2003).....	138

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación a nivel macro y micro localización.....	22
Figura 2. Movimientos de placas y generación de sismos.....	30
Figura 3. Fuerza de inercia generada por la vibración de la estructura	31
Figura 4. Modelo de un sistema de un grado de libertad	32
Figura 5. Hipocentro o Foco.....	33
Figura 6. Epicentro.....	34
Figura 7. Ondas sísmicas	35
Figura 8. Escala de intensidades de Mercalli.....	36
Figura 9. Borde divergente.....	38
Figura 10. Borde convergente.....	38
Figura 11. Falla inversa.....	39
Figura 12. Falla normal	40
Figura 13. Falla rumbo	40
Figura 14. Mapa de sismicidad para el Perú	41
Figura 15. Placa Nazca y Placa Sudamericana	44
Figura 16. Etapas de un proyecto de ingeniería Estructural	46
Figura 17. Mapa de zonificación sísmica - 1970	48
Figura 18. Mapa de zonificación sísmica - 1977	49
Figura 19. Mapa de zonificación sísmica - 1997	50
Figura 20. Mapa de zonificación sísmica - 2003	50
Figura 21. Cuadro de ingreso de datos para espectro – E030.2016....	66
Figura 22. Cuadro de ingreso de datos para espectro – E030.2003....	67
Figura 23. Primera Planta	70
Figura 24. Segunda Planta	71
Figura 25. Tercera Planta	72
Figura 26. Cuarta Planta	73
Figura 27. Quinta Planta	74
Figura 28. Sexta Planta.....	75
Figura 29. Vista frontal del edificio	85
Figura 30. Vista lateral del edificio	85
Figura 31. Planta típica del edificio	86
Figura 32. Amplificación sísmica vs Periodo (E030-2016)	89

Figura 33. Peso (E030-2016).....	96
Figura 34. Definición del peso sísmico y la excentricidad (E030-2016)	96
Figura 35. Modos de vibración, periodo (E030-2016)	97
Figura 36. Elaboración de espectro sísmico (E030-2016)	98
Figura 37. Espectro sísmico – Dirección X (E030-2016).....	99
Figura 38. Espectro sísmico – Dirección Y (E030-2016).....	99
Figura 39. Insertando la función de C vs T (E030-2016).....	100
Figura 40. Definición del espectro sísmico, método CQC y amortiguamiento de 5% (E030-2016)	101
Figura 41. Fuerza cortante dinámica (E030-2016).....	102
Figura 42. Fuerza cortante estática (E030-2016).....	102
Figura 43. Escalamiento de fuerzas corregidas (E030-2016)	103
Figura 44. Fuerza cortante dinámica de diseño (E030-2016)	103
Figura 45. Amplificación sísmica vs Periodo (E030-2003)	107
Figura 46. Peso (E030-2003).....	110
Figura 47. Definición del peso sísmico y la excentricidad (E030-2003)	111
Figura 48. Modos de vibración, periodos (E030-2003)	112
Figura 49. Elaboración de espectro sísmico (E030-2003)	113
Figura 50. Espectro sísmico – Dirección X (E030-2003).....	114
Figura 51. Espectro sísmico – Dirección Y (E030-2003).....	114
Figura 52. Insertando la función de C vs T(E030-2003).....	115
Figura 53. Definición del espectro sísmico, método SRSS y amortiguamiento de 5% (E030-2003)	116
Figura 54. Fuerza cortante dinámica (E030-2003).....	117
Figura 55. Fuerza cortante estática (E030-2003).....	117
Figura 56. Escalamiento de fuerzas corregidas (E030-2003)	118
Figura 57. Fuerza cortante dinámica de diseño (E030-2003)	118
Figura 58. Deriva Inelástica del Etabs en dirección X (E030-2016)	120
Figura 59. Grafica de Deriva Inelástica – Dirección X (E030-2016)	121
Figura 60. Deriva Inelástica del Etabs en dirección Y (E030-2016)	121
Figura 61. Grafica de Deriva Inelástica – Dirección Y (E030-2016)	122
Figura 62. Deriva Inelástica del Etabs en dirección X (E030-2003)	123
Figura 63. Grafica de Deriva Inelástica – Dirección X (E030-2003)	124
Figura 64. Deriva Inelástica del Etabs en dirección Y (E030-2003)	124
Figura 65. Grafica de Deriva Inelástica – Dirección Y (E030-2003)	125

Figura 66. Diferencia de Derivas - dirección X (E030-2016 y E030-2003).....	126
Figura 67. Diferencia de Derivas - dirección Y (E030-2016 y E030-2003).....	127
Figura 68. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección X (E030-2016).....	127
Figura 69. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección X (E030-2016).....	128
Figura 70. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección Y (E030-2016).....	129
Figura 71. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección Y (E030-2016).....	130
Figura 72. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección X (E030-2003).....	130
Figura 73. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección X (E030-2003).....	131
Figura 74. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección Y (E030-2003).....	132
Figura 75. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección Y (E030-2003).....	133
Figura 76. Grafica comparativa de Fuerza cortante dinámica en Dirección X (E030-2016 y E030-2003).....	134
Figura 77. Grafica comparativa de Fuerza cortante dinámica en Dirección Y (E030-2016 y E030-2003).....	134
Figura 78. Resultados de Espectro de diseño en Dirección X (E030-2016).....	135
Figura 79. Resultados de Espectro de diseño en Dirección Y (E030-2016).....	135
Figura 80. Grafica de Espectro de diseño en dirección “X” y “Y” (E030-2016).....	136
Figura 81. Resultados de Espectro de diseño en Dirección X (E030-2003).....	136
Figura 82. Resultados de Espectro de diseño en Dirección Y (E030-2003).....	137
Figura 83. Grafica de Espectro de diseño en dirección “X” y “Y” (E030-2003).....	137
Figura 84. Grafica comparativa de “C” vs “T” (E030-2016 y E030-2003)	138
Figura 85. Grafica comparativa de Espectro de diseño (E030-2016 y E030-2003).....	139

RESUMEN

Esta investigación tuvo como problema general, ¿Cuál es el resultado de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?, y el objetivo general fue: comparar los resultados de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003, la hipótesis general fue: los resultados del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su respuesta sísmica.

El método de investigación fue el método científico, el tipo de investigación fue aplicada, así mismo el nivel de investigación fue el descriptivo – comparativo – correlacional y el diseño fue no experimental – transversal. La población fue de 15 edificaciones de 5 pisos de características similares en la urbanización la Rivera y el tipo de muestreo fue no probabilístico, con una muestra que fue de un edificio de 5 pisos en la Av. Daniel Alcides Carrión N° 1195.

Se concluyó que los resultados del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos, varían en la respuesta sísmica. Notándose que la edificación analizada y de características similares diseñadas con la norma E030-2003 son muy flexibles, altamente vulnerables e inseguras en la actualidad.

Palabras claves: Análisis sísmico dinámico, respuesta sísmica, norma E030-2016 y norma E030-2003.

ABSTRACT

This research had as a general problem, what is the result of the seismic response of the dynamic seismic analysis applying the standards E030-2016 and E030-2003 in a 5-story building ?, and the general objective was: to compare the seismic response results of the dynamic seismic analysis applying the standards E030-2016 and E030-2003, the general hypothesis was: the results of the dynamic seismic analysis applying the standards E030-2016 and E030-2003 in a 5-story building vary in their seismic response.

The research method was the scientific method, the type of research was applied, and the level of research was the descriptive - comparative - correlational and the design was non - experimental - transversal. The population was 15 buildings of 5 floors with similar characteristics in the La Rivera urbanization and the type of sampling was not probabilistic, with a sample that was of a 5-story building on Av. Daniel Alcides Carrión No. 1195.

It was concluded that the results of the dynamic seismic analysis applying the standards E030-2016 and E030-2003 in a 5-story building, vary in the seismic response. Noting that the building analyzed and similar characteristics designed with the standard E030-2003 are very flexible, highly vulnerable and currently unsafe.

Keywords: Dynamic seismic analysis, seismic response, standard E030-2016 and standard E030-2003.

INTRODUCCION

La tesis de investigación tiene como título: “ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS”. Se elaboró con la finalidad de comparar los resultados de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003. Como bien sabemos el mejor laboratorio para la ingeniería estructural son los sismos, es por eso que la norma sismorresistente basándose en los sismos ocurridos, ha ido teniendo cambios a lo largo del tiempo; es así que nace la primera norma sismorresistente el año 1970, 1977 la segunda norma, 1997 la tercera norma, 2003 la cuarta norma y la 2016 la norma actual. Sin embargo, el proceso de los cambios de la norma sismorresistente ha dejado edificaciones deficientes que a lo largo del tiempo estas se convierten en un riesgo para la sociedad. Es por esto que se realizara un análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos.

Hay que tener presente que el sismo no se puede predecir en el tiempo, pero si se puede predecir en el espacio, esto quiere decir que no se sabe cuándo ocurrirá un sismo, pero si podemos decir que en Huancayo va a ocurrir un sismo, debido a que Huancayo se encuentra en un silencio sísmico y esto debe ser tomado como un tema de preocupación.

Esta tesis se desarrolla por capítulos:

En el capítulo I concierne el planteamiento del problema de investigación y dentro de este se plantea la problemática de la investigación, la formulación del problema, justificación, delimitación, limitación y objetivos.

En el capítulo II concierne el marco teórico y dentro de este se plantea los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, hipótesis y variables.

En el capítulo III concierne la metodología y dentro de este se plantea el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos

En el capítulo IV concierne con el análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos

En el capítulo V concierne la discusión de resultados.

Y finalmente muestra las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la presente investigación.

Bach. Luis Aclari Huayllani

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

El Perú está ubicado dentro del cinturón de fuego, entre las dos placas tectónicas: la sudamericana y la de nazca; los especialistas explican que al alternarse entre ellas producen el efecto de subducción, por eso a lo largo del tiempo nuestro país ha tenido eventos sísmicos de gran magnitud en la zona occidental. La actividad sísmica registrada en el Perú se remonta del siglo XVI y el último sismo ocurrido cerca de la ciudad de Huancayo se dio el año 1969 en el distrito de Pariahuanca; luego de varios eventos sísmicos, se publica la primera norma sismorresistente del Perú en el año 1970, pero por el paso de los años se ha ido teniendo cambios por la continuidad de los sismos.

La norma sismo resistente tiene como objetivo principal minimizar los daños de la edificación, evitar pérdida de vidas, entre otros; pero estas modificaciones que se han presentado a lo largo del tiempo nos brindan dos puntos de vista: la primera que la norma se preocupa por las problemáticas encontradas en la realidad sísmica, la segunda que al ir teniendo cambios en los parámetros sísmicos va dejando edificaciones deficientes y a lo largo del tiempo estos se convierten en un peligro inminente ante un evento sísmico.

A partir de esta última modificación de la norma sismo resistente se tiene la incertidumbre de no saber cómo la aplicación de la norma E030-2016 afecto a las edificaciones de concreto armado de sistema dual que fueron diseñadas con la norma E030-2003, ya que hay edificaciones construyeron entre el año 2003 y 2015, y no se conoce

de cómo estos parámetros nuevos de la norma E030-2016 afectaran en la respuesta sísmica de la estructura ante una actividad sísmica. Consideramos que las causas de este problema es que la norma no fue rigurosa con los parámetros sísmicos y encontraron deficiencias al analizar las edificaciones que tuvieron contacto con un evento sísmico. De no analizar la edificación diseñada con la norma E030-2003, esta se convertirá en un riesgo para la sociedad. El silencio sísmico que hay en la ciudad de Huancayo es un tema de preocupación, pero la población no considera al sismo un factor riesgo.

En consecuencia, se dará resultados de la respuesta sísmica análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003, lo cual permitirá saber en qué nivel de variación se encuentra y así saber si la edificación analizada es o no muy vulnerable en la actualidad.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?

1.2.2. Problema específico

- a) ¿Qué diferencia que hay en el resultado de la distorsión de entre piso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?
- b) ¿Qué varianza hay en el resultado de la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?
- c) ¿Qué diferencia hay en el espectro de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica o social

La importancia de realizar el análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003, es para poder evaluar un

posible colapso en la edificación analizada y edificaciones de similares características, si es altamente vulnerable.

Asimismo, beneficiara a la población alertándolos de los posibles errores que tiene su edificio al haber sido diseñada con la norma E030-2003, para que puedan tomar medidas de reforzamiento estructural, y así poder contribuir a solucionar problemas que afectan a la sociedad.

1.3.2. Metodológica

La investigación realizada servirá como referente para otras investigaciones parecidas. Los resultados de la comparativa de las normas E030-2016 y E030-2003, donde se analizará la fuerza cortante, distorsión de entrepiso y espectro sísmico, nos servirán para saber si la edificación existente sigue siendo segura en la actualidad y nos permitirá prevenir un posible colapso ante un evento sísmico.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

Esta investigación se realizará en la Urbanización la Rivera, ubicada en:

PAIS	: Perú
REGION	: Junín
PROVINCIA	: Huancayo
DISTRITO	: Huancayo
URBANIZACIÓN	: La Rivera
EDIFICIO	: Av. Daniel Alcides Carrión N° 1195

El terreno tiene un área de 162.22 m² y la construcción abarca el área total.

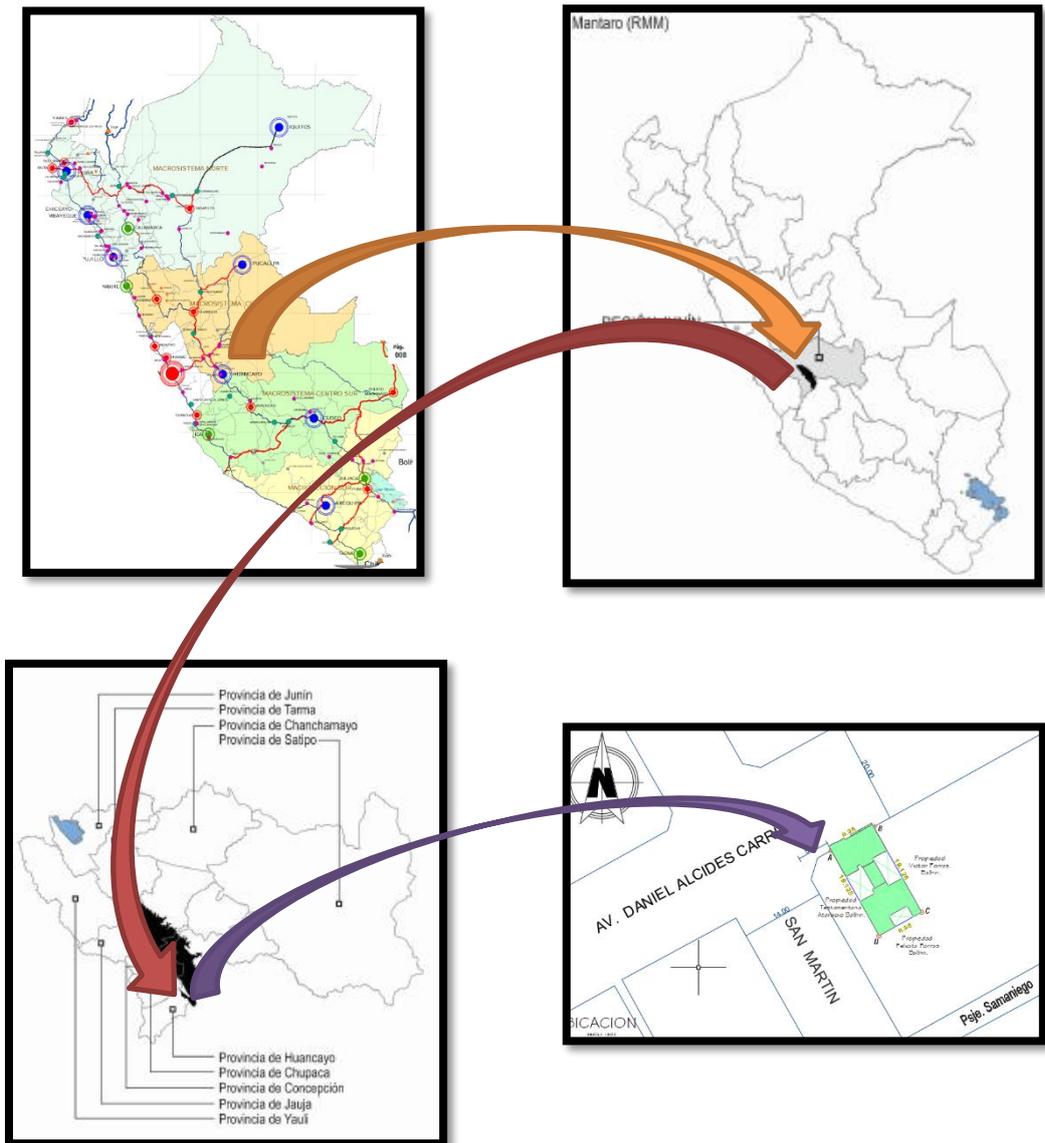


Figura 1. Ubicación a nivel macro y micro localización
 Fuente. Plan de desarrollo urbano de Huancayo 2015

1.4.2. Temporal

El estudio se desarrolló entre los meses de junio hasta octubre del año 2018.

1.4.3. Económica

Los gastos que realice en m investigación corrieron en el 100% a cargo del tesista.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación tecnológica

- El estudio de mecánica de suelos (EMS) no se realizó debido a que el edificio de análisis se encuentra construida en un 100% del área.

1.5.2. Limitación económica

- El estudio de mecánica de suelos (EMS) no se realizó debido a que la norma E030 establece 30m de profundidad desde el nivel de fondo de cimentación para obtener el tipo de perfil de suelo y por lo tanto el costo es alto.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Comparar los resultados de la respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos.

1.6.2. Objetivo específico

- a) Diferenciar los resultados de la distorsión de entrepiso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos
- b) Analizar los resultados de la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos
- c) Comparar los espectros de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Escenarios internacionales

Málaga, (2015), presento su tesis *“Estudio comparativo de distintas normas internacionales respecto de la aplicación de los espectros sísmicos de respuesta”*, de la Universidad Politécnica de Madrid de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Su tesis consta en comparar las normas:

- Norma Peruana (diseño sismorresistente, E.030)
- Norma Argelina (Regles Parasismiques Algeriennes RPA 99)
- Norma Costarricense (Código sísmico de Costa Rica 2010)
- Norma Española (Norma de construcción sismorresistente, NCSE-02)

Aplicado a una estructura de un puente en celosía, modelada con el programa SAP2000. Para luego establecer cuál de las normas da valores más significativos o cuál de ellos requiere más cantidad de acero. Concluyéndose así que el espectro sísmico de la norma costarricense es el más desfavorable debido a que la reducción no es tan grande como en los demás casos y por consecuencia será más costoso.

Tirado y Zeghen, (2007), presentaron su tesis *“Evolución de las normas venezolanas de edificaciones sismorresistentes y su comparación con la norma americana UBC”*, de la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui de Barcelona de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Teniendo como objetivo principal determinar la evolución de las normas venezolanas y su comparación con la norma americana, dándose cuenta así que estas normas prescriben la incorporación de los efectos de torsión de las plantas en el diseño de edificaciones, adicionalmente a los efectos traslacionales. Por tanto, esta comparación de ambas normas se efectúa entre los resultados de aplicar las formulaciones previstas para cada dirección sísmica principal y combinar luego entre sí. Teniendo como resultado que ambas normas se asemejan, con algunas diferencias menores de ajuste; la norma venezolana presenta un ajuste casi exacto para plantas torsionalmente flexibles, aunque dependiente de los periodos principales de la estructura y de la rigidez torsional, pero en general las dos normas mantienen tendencias similares.

2.1.2. Escenario nacional

García y Moscoso, (2016), presentaron su tesis *“Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entre piso – deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmicos dinámicos, aplicado con la norma de sismorresistente E.030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCH 433.of1996 modificada en 2012”*, de la Universidad Andina del Cusco de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Su investigación se basa en la necesidad de evaluar la norma E.030 que fue actualizada recientemente y para esto toma en cuenta las presentes modificaciones y compararla con la norma chilena ya que esta ha sido diseñada para eventos sísmicos

severos, que a la vez presenta parámetros más rigurosos. Para poder conocer que norma es la más conservadora.

Teniendo como objetivo saber los resultados de sus problemas planteados en su investigación, que es saber cuál es la respuesta sísmica en un análisis comparativo, cuales son los desplazamientos laterales, cuales son las distorsiones de entrepiso y cuál de los parámetros sísmicos es el más importante en la norma peruana. Y en base a su análisis sísmico dinámico obtiene la conclusión de:

- Se obtiene que la norma peruana es más rigurosa ya que presenta valores más cercanos a los límites de las derivas.
- Los desplazamientos laterales propuestos por la norma peruana son mayores que la norma chilena.
- Los resultados de la fuerza cortante de la norma chilena son mayores que la norma peruana.
- El parámetro más importante de la norma peruana E.030 es el parámetro suelo, ya que estas se utilizan para la realización del espectro de diseño. Dependiendo del tipo del suelo otorgara periodos más largos.

Aliaga y Vásquez, (2015), presentaron su tesis *“Análisis comparativo del diseño estructural aplicando la norma sismorresistente vigente y el proyecto de norma, para el proyecto hospital UPAO en la ciudad de trujillo”*, en la Universidad Privada Antenor Orrego de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Su investigación se basa en los problemas identificados, porque tienen la incertidumbre de no saber si la norma vigente otorgara diferentes demandas de esfuerzos respecto a la norma del proyecto y si las modificaciones de los parámetros sísmicos afectan al comportamiento sísmico; por tanto, pretende conocer los cambios del Proyecto y si generaran encarecimiento en las estructuras. Es así que su objetivo de su tesis es realizar el diseño estructural del Hospital UPAO con aislador sísmico aplicando la

norma sismorresistente vigente y comparar el presupuesto de ambos diseños. Teniendo como conclusión que el presupuesto diseñado con el aislador sísmico aplicando la norma vigente es menor que al proyecto de norma del Hospital UPAO.

Quispe, (2015), presento la tesis *“Análisis estructural comparativo con la norma sismorresistente E.030-2014 vs E.030-2003 de un edificio multifamiliar de 5 pisos”*, en la Universidad Ricardo Palma de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Su investigación se basa en comprobar las ventajas e incidencias en el diseño de un edificio y la inquietud de saber qué porcentaje la modificación de estos parámetros afectan al cálculo de la demanda sísmica, teniendo, así como objetivo determinar las conveniencias, diferencias e incidencias económicas y cómo influyen en el comportamiento sísmico la norma sismorresistente E030-2014. Por tanto, esta comparación se realizará mediante un análisis sísmico. Teniendo como resultado:

- La norma sismoresistente E.030-2014 es más estricto en la simetría de la edificación, tanto en altura como en planta.
- Se ha notado que la norma no pretende reforzar la edificación, sino que pretende mejorar su configuración y comportamiento estructural ante una amenaza sísmica.
- El presupuesto reduce en un 0.70%.

2.1.3. Escenarios locales

Montes, (2016), presento su tesis *“Análisis comparativo de las normas del consejo nacional de protección y medidas radiológicas y la agencia internacional de energía atómica en el diseño de salas blindadas”*, en la Universidad Nacional del Centro del Perú de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Su investigación se desarrolla usando en base a sala blindada del Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas; para su

comparación en el desempeño sísmico utilizara un análisis no lineal. Teniendo, así como objetivo principal:

- Determinar las diferencias y similitudes del diseño de la edificación, utilizando la norma IAEA y la norma NCRP
- Asimismo, su investigación permitirá analizar, si un proyecto de esta índole está sobredimensionado o no, como también que factores pueden provocar sobrecostos, investigación se desarrolló en el año 2015 y 2016.
- Teniendo como conclusión que las diferencias y similitudes de ambas normas no varían significativamente.

Belizario, (2017), presento su tesis "*Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación*", en la Universidad Nacional del Centro del Perú. de la facultad de ingeniería civil. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Su investigación tiene la problemática de que el 50% de edificaciones no cuentan con licencia, y que estas son reflejadas en edificaciones mal construidas, y que estos se vuelven un peligro inminente ante un evento sísmico; esto se debe por cuestiones económicas.

Pero teniendo como consecuencia errores en su construcción y que no cumplan con lo descrito en las normas.

Por tanto, su investigación tiene como objetivo determinar el reforzamiento adecuado, para que las distorsiones de entrepiso cumplan con los límites establecidos por la norma sismorresistente. Tratando así que la vivienda no sea muy vulnerable ante una actividad sísmica. Por tanto, su investigación consta de:

- Análisis y diseño sísmico
 - Análisis de la edificación existente
 - Reforzamiento estructural de vigas y columnas
 - Reforzamiento estructural de cimentaciones
 - Presupuesto de la construcción

Teniendo, así como conclusión que el reforzamiento estructural influye positivamente porque permite disminuir los desplazamientos, logrando así obtener derivas de entrepiso que satisfagan las permitidas.

Rojas, (2107), presento su tesis *“Análisis del riesgo sísmico en las edificaciones informales en el sector 5 lado este de Chupaca”*, en la Universidad Peruana Los Andes.

Su investigación se da porque la poca actividad sísmica en el valle de Mantaro hace que la ciudadanía tome poca atención. Por tanto, su objetivo de su investigación se basa en determinar la estimación del nivel de riesgo sísmico, la vulnerabilidad sísmica y pérdidas económicas. Teniendo como resultado que las edificaciones en el sector 5 lado este de Chupaca son altamente vulnerables, ya que fueron construidos informalmente sin la guía de un ingeniero civil y que las edificaciones no cumplen con los requisitos de las normas. Lo cual esto hace que las edificaciones estén en un peligro ante una actividad sísmica.

Recuay, (2016), presento su tesis *“Desempeño sísmico del edificio federación médica diseñado con la norma E.030 (2006) comparado con el proyecto de norma E.030 (2014) en Huancayo”*, en la Universidad Peruana Los Andes.

Su objetivo de su investigación se basa en determinar la diferencia del desempeño sísmico y la diferencia en la cuantía de acero; la cual este desarrollo se hizo mediante un análisis estático no lineal. Obteniendo así resultados de:

- La norma E030-2014 en promedio general nos arroja mejores resultados en el desempeño sísmico en un incremento de 25% más que la norma E030-2006.
- En la parte elástica del proyecto de norma E030-2014 tiene un ahorro del acero en 23% en vigas y el 16% en columnas

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Causas y efectos de los sismos

Los sismos, terremotos o temblores de tierra son vibraciones de la corteza terrestre que se propagan en forma de ondas por el interior de la tierra, que al llegar a la superficie son percibidas por la población y las estructuras.

Estas son generadas por distintos fenómenos: Actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y por explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y los más significativos desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se debe a deslizamientos bruscos de las grandes placas tectónicas en que esta subdividida dicha corteza.

Es esta vibración del suelo o corteza terrestre la que pone en peligro las edificaciones que sobre ella se desplantan, al ser estas solicitadas por el movimiento de su base. Por los movimientos vibratorios de las masas de los edificios, se generan fuerzas de inercia que inducen esfuerzos importantes en los elementos de la estructura y pueden conducirla a la falla.

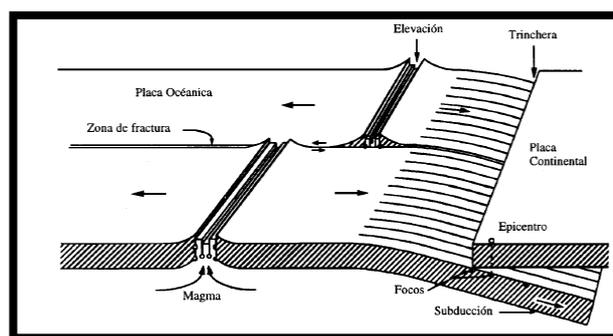


Figura 2. Movimiento de placas y generación de sismos. Mecanismo de subducción.

Fuente. Bazan, E. y Meli, R. Diseño Sísmico de Edificios-1994

La *Figura 2* muestra las principales características de este fenómeno tectónico. El sismo se genera por el corrimiento

de cierta área de contacto entre placas. Aunque prácticamente toda la corteza terrestre está afectada por fallas geológicas. (Bazan y Meli, 1994, p. 15).

2.2.2. Efectos sísmicos en los edificios

Los efectos sísmicos en los edificios presentan tres importantes puntos:

- **Característica de la acción sísmica:** El movimiento sísmico del suelo se transmite a los edificios que se apoyan sobre este. La base del edificio tiende a seguir el movimiento del suelo, mientras que por inercia la masa del edificio se opone a ser desplazada dinámicamente y a seguir el movimiento de su base (*Figura 3*).

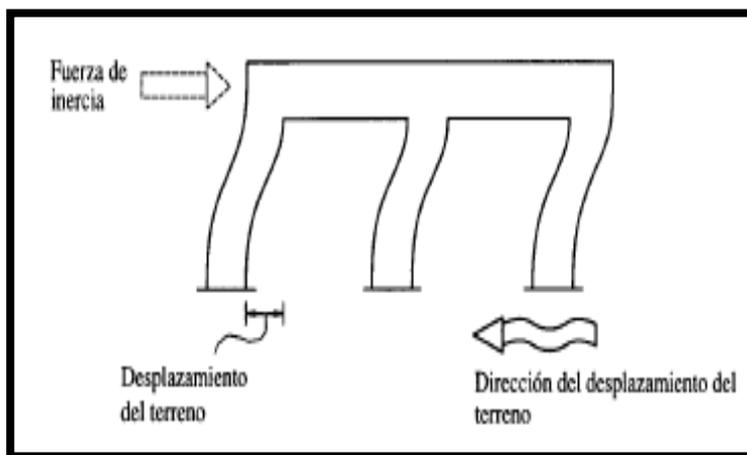


Figura 3. Fuerza de inercia generada por la vibración de la estructura.

Fuente. Bazan, E. y Meli, R. Diseño Sísmico de Edificios-1994

Se generan entonces las fuerzas de inercia que ponen en peligro la seguridad de la estructura. El movimiento del suelo consta de vibraciones horizontales y verticales. Las primeras resultan en general más críticas y son las únicas apreciadas en este planteamiento preliminar.

Una apreciación aproximada de la respuesta sísmica de una estructura se tiene al estudiar un modelo simple que es un sistema de un grado de libertad, constituido por una masa concentrada y un elemento resistente que

tiene cierta rigidez lateral y cierto amortiguamiento (Figura 4).

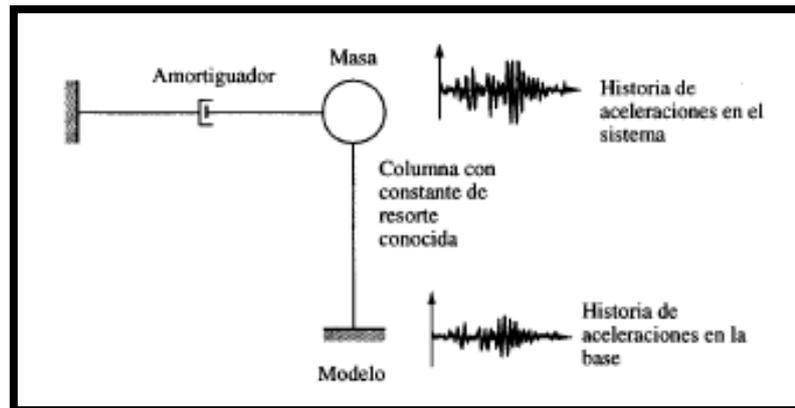


Figura 4. Modelo de un sistema de un grado de libertad.

Fuente. Bazán, E. y Meli, R. Diseño Sísmico de Edificios-1994.

- **La respuesta de los edificios a la acción sísmica:** Nos conlleva que la intensidad de la vibración en un edificio depende de las características del movimiento del terreno y las propiedades del terreno. A la vez si aumenta la intensidad de la excitación aplicada al edificio, producen cambios en las propiedades dinámicas y alterando su respuesta, logrando que el comportamiento debe de ser lineal, su rigidez baja y su amortiguamiento tienda a aumentar. Tomando en cuenta que la magnitud es muy distinta para diferentes tipos de sistemas y materiales.
- **Daños estructurales más comunes:** Para un correcto comportamiento sísmico, la resistencia no es el único factor importante. La capacidad de deformación, o la ductilidad, es una propiedad que puede salvar un edificio del colapso. La causa más frecuente del colapso de los edificios es a insuficiente resistencia a carga lateral de los elementos verticales de soporte de la estructura. (Bazan y Meli, 1994, p. 29).

2.2.3. Hipocentro (foco)

Es el lugar preciso donde se produce el movimiento inicial, es decir donde se libera la energía.

Hipocentro es el punto en la profundidad de la tierra desde donde se libera la energía de un sismo. Cuando ocurre:

- En la corteza de ella (hasta 60km de profundidad), se denomina superficial.
- Si ocurre entre los 60km y los 350km, se denomina intermedio.
- Si es de mayor profundidad a 350km, se denomina profundo.

Cabe recalcar que el centro de la tierra se ubica a unos 6371km. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 9).



Figura 5. Hipocentro o Foco.

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

2.2.4. Epicentro

Según Sagripanti, Bettioli y Seitz (2007), El epicentro es el área afectada de la superficie terrestre donde alcanza la mayor intensidad y está ubicada verticalmente sobre el hipocentro (foco). (p. 9).

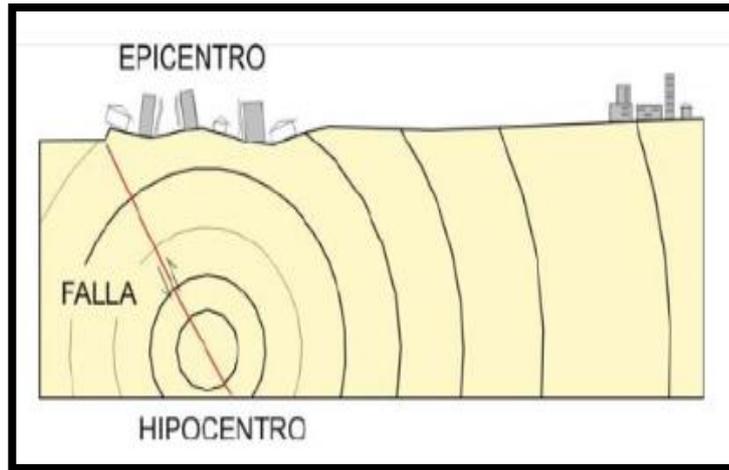


Figura 6. Epicentro.

Fuente. Sagripanti, G., Bettiol, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

2.2.5. Ondas sísmicas

Las ondas sísmicas son generadas por el sismo y estas inician en el movimiento inicial del sismo es decir en el foco y se propagan mediante ondas elásticas (similares al sonido).

Las principales ondas sísmicas son las internas (P y S) que solo viajan por el interior de la Tierra y las ondas superficiales (Love y Rayleigh).

- **Ondas longitudinales, primarias o P:** Tipo de ondas internas que se propagan a una velocidad de entre 8 y 13 km/s y en el mismo sentido que la vibración de partículas. Circulan por el interior de la tierra, atravesando tanto líquido como sólido. Son las primeras que registran los instrumentos de medida.
- **Ondas transversales, secundarias o S:** Son ondas internas más lentas que la anterior, y que se propagan a una velocidad entre 4 y 8 km/s y se propagan perpendicularmente en el sentido de vibración de las partículas. Atraviesan únicamente los sólidos y se registran en segundo lugar en los instrumentos.
- **Ondas superficiales:** Son las ondas más lentas de todas porque se propaga a una velocidad de 3.5 km/s,

producto de la interacción entre las ondas P y S a lo largo de la superficie de la Tierra, y la que normalmente generan más daños. Se propagan a partir del epicentro y son similares a las ondas que se forman sobre la superficie del mar. Este tipo de ondas (Love y Rayleigh) se registran en último lugar en los instrumentos de medida. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 9).

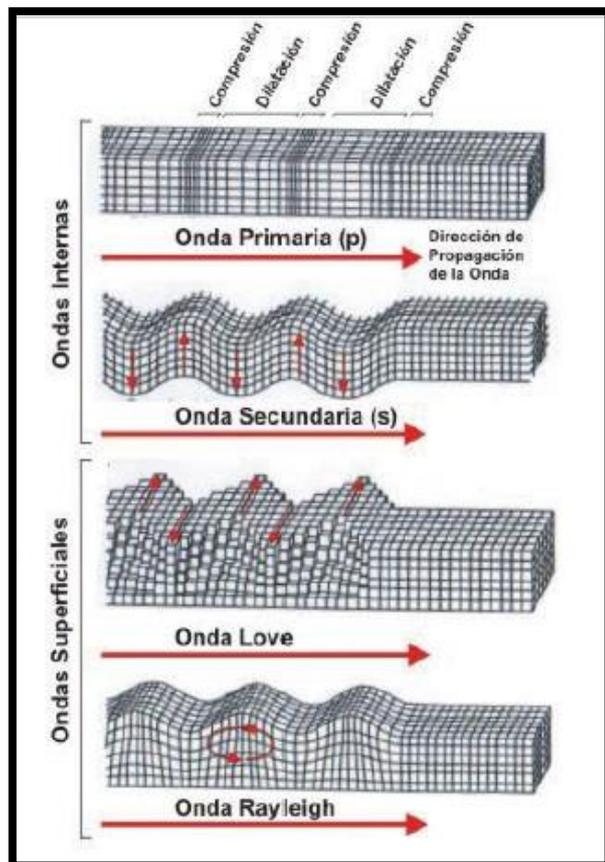


Figura 7. Ondas sísmicas.

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

2.2.6. Intensidad sísmica

Es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada.

Se evalúa en función de los daños que provoca en la gente, en la edificación y medio natural, por medio de distintas

escalas. Una de estas es la escala subjetiva de 12 grados, denominada escala de Mercalli Modificada (MM) (Figura 8). Los distintos grados de escala están directamente relacionados con la distancia del epicentro, es máxima en este y reduce a medida que nos alejamos del mismo. (Sagripanti, Bettiol y Seitz, 2007, p. 10).

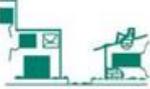
1  Detectado sólo por instrumentos.	4  Sentido dentro y fuera de casas y edificios.
2  Percibido por personas en reposo.	5  Casi todos lo sienten. Algunos objetos se caen.
3  Sentido dentro de casas y edificios.	6  Sentido por todos. Daños leves en algunas construcciones.
7  Daños ligeros en estructuras de buen diseño, moderado en estructuras corrientes y considerables en las malas.	10  Destrucción seria en edificios bien construidos.
8  Daños leves en estructuras bien diseñadas, considerables en las corrientes y grandes en las malas.	11  Casi nada queda en pie, fisuras en el piso.
9  Daños considerables en construcciones bien diseñadas, grandes en las corrientes y malas.	12  Destrucción total, catástrofe.

Figura 8. Escala de intensidades de Mercalli

Fuente. Sagripanti, G., Bettiol, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

2.2.7. Magnitud sísmica

Es la energía liberada en el hipocentro del sismo.

Este se determina a partir de los datos obtenidos de un sismograma. Existen diferentes escalas para medir la energía de un terremoto, siendo la más usada la de Richter. Los instrumentos adecuados: sismógrafos, acelerógrafos y otros, donde quiera que se ubiquen con respecto a la ubicación del sismo, registran el mismo rango de magnitud.

Puede decirse entonces que un sismo tiene una sola magnitud y muchas intensidades; estas últimas decrecen al alejarse del epicentro sísmico. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 11).

2.2.8. Placa Tectónica

La placa tectónica es un fragmento de la corteza.

La corteza terrestre está dividida en numerosos fragmentos (similares a piezas de un rompecabezas), cada uno de los cuales conforma una placa tectónica, que se mueven impulsados por las corrientes de convección del manto. Estos fragmentos producen la expansión del fondo oceánico, punto de partida para la elaboración de la teoría de la Tectónica de Placas. Esta teoría explica la génesis de las cadenas de montañas y, en general, todos los aspectos de la evolución geológica de la corteza terrestre.

Los sismos tectónicos suelen suceder en zonas donde la concentración de fuerzas, generadas por los límites de las placas tectónicas, da lugar a movimientos de reajuste en la corteza terrestre. Es por ello que los sismos están íntimamente asociados con la formación o reactivación de fallas geológicas.

En los límites de las placas normalmente se presenta la mayor actividad tectónica, ya que es donde se produce la interacción entre las mismas. Hay tres clases principales de límite o borde:

- **Divergentes:** Borde que existe entre dos placas tectónicas (de corteza oceánica), lo que produce un ascenso del material del manto desde el interior de la tierra, creando nueva corteza oceánica (*Figura 9*).

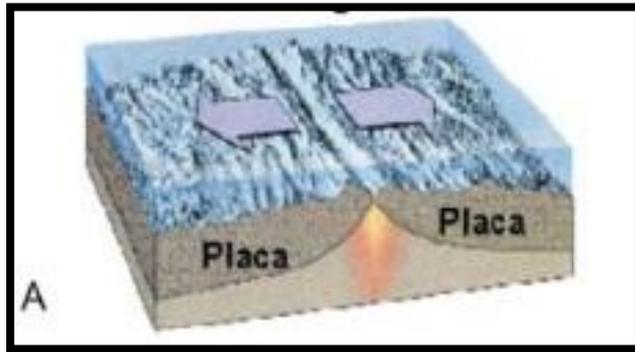


Figura 9. Borde divergente

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

- **Convergentes:** Son límites en los que una placa choca contra otra. En el caso de que una de las placas se hunda debajo de la otra (entre dos placas de corteza oceánica o una continental con una oceánica) forman una zona denominada de subducción, o un cinturón orogénico si las placas chocan y se comprimen (normalmente entre dos placas continentales). Son también conocidos como bordes activos (figura 10).

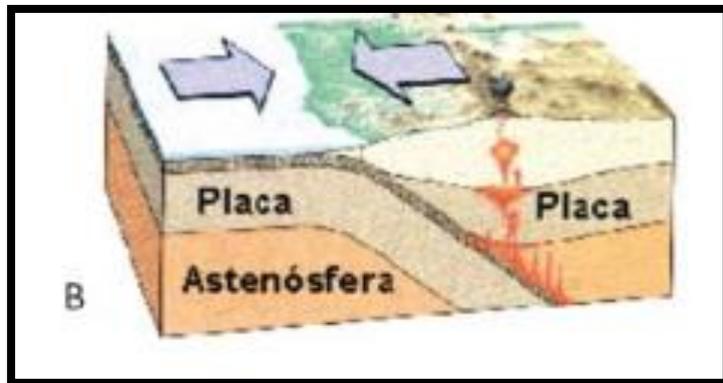


Figura 10. Borde Convergente

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

- **Transformantes:** Son los bordes de desplazamiento de una placa tectónica respecto a la otra horizontalmente, normalmente asociados a dorsales oceánicas o bordes divergentes. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 4).

2.2.9. Falla geológica

Las fallas geológicas son fisuras en la corteza terrestre originadas por el movimiento de las placas tectónicas.

Una falla geológica es una discontinuidad o ruptura en la roca que forma la corteza terrestre, acompañada por el desplazamiento de los bloques adyacentes a ella. En algunos casos estas rupturas no llegan a la superficie, por lo tanto, resultan más difíciles de ubicar; en otros interceptan la superficie de la Tierra, generando resaltos o escalones en el paisaje. Estos escalones muchas veces producen una interrupción en el escurrimiento superficial, cortan o desvían ríos y arroyos; en algunos casos también favorecen la formación de lagunas. Tipos de fallas:

- **Falla inversa:** Se genera por una compresión horizontal, donde el bloque del techo sube con respecto al bloque de piso (*Figura 11*).

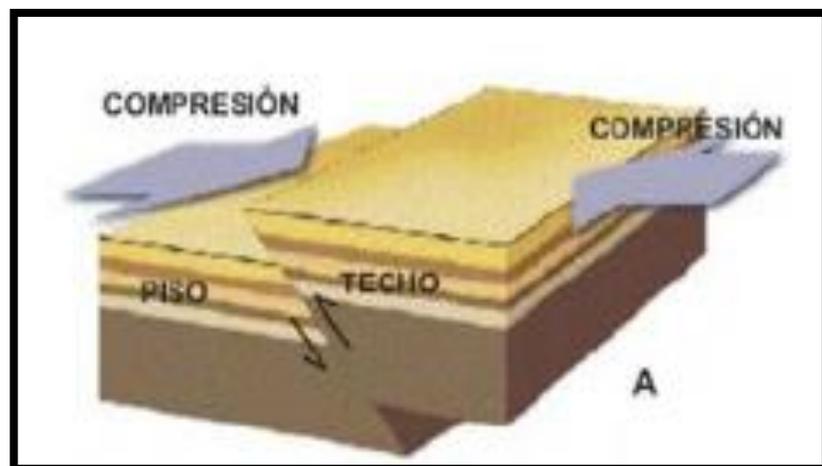


Figura 11. Falla inversa

Fuente. Sagripanti, G., Bettiol, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

- **Falla normal:** Se genera por tensión horizontal, donde normalmente del bloque del techo se desliza hacia abajo (*Figura 12*).

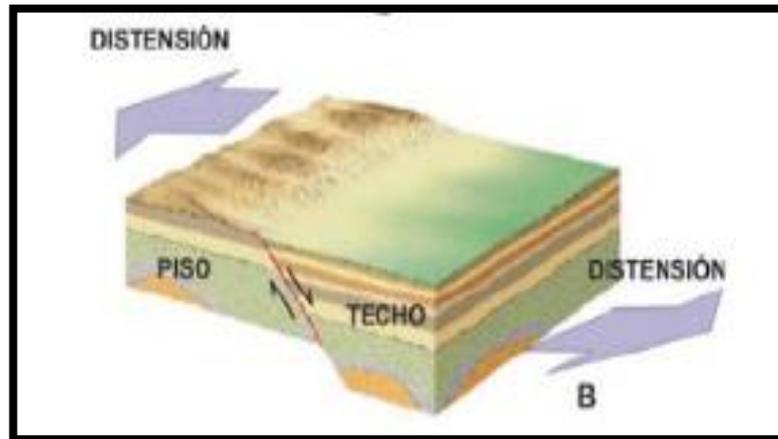


Figura 12. Falla normal

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

- **Falla de rumbo:** En esta falla el plano se encuentra vertical y el movimiento relativo de los bloques es horizontal, a lo largo del plano de ruptura (Figura 13).

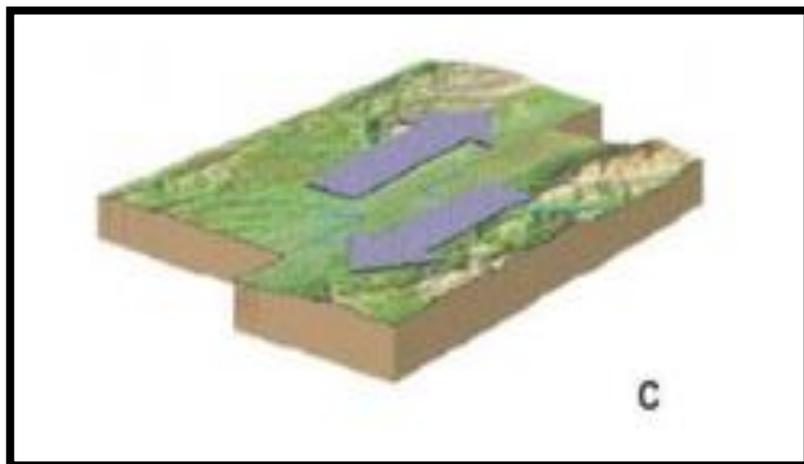


Figura 13. Falla rumbo

Fuente. Sagripanti, G., Bettioli, A. y Seitz, C. Terremotos: Nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía-2007.

A las fallas geológicas a las que se les puede comprobar que han tenido actividad sísmica asociada, se las considera como sismogeneradoras. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 6).

2.2.10. Sismicidad en el Perú

Se denomina sismicidad al análisis del número de sismos que se suceden en una región geográfica determinada.

La sismicidad en el Perú es debida al proceso de subducción de placas. En la *Figura 14* se presenta el mapa de la actividad sísmica ocurrida en Perú entre el año 1960 al 2012. Los sismos han sido diferenciados por su rango de profundidad focal en superficiales ($h < 60\text{km}$), intermedios ($61 < h < 350\text{km}$) y profundos ($h > 351\text{km}$).

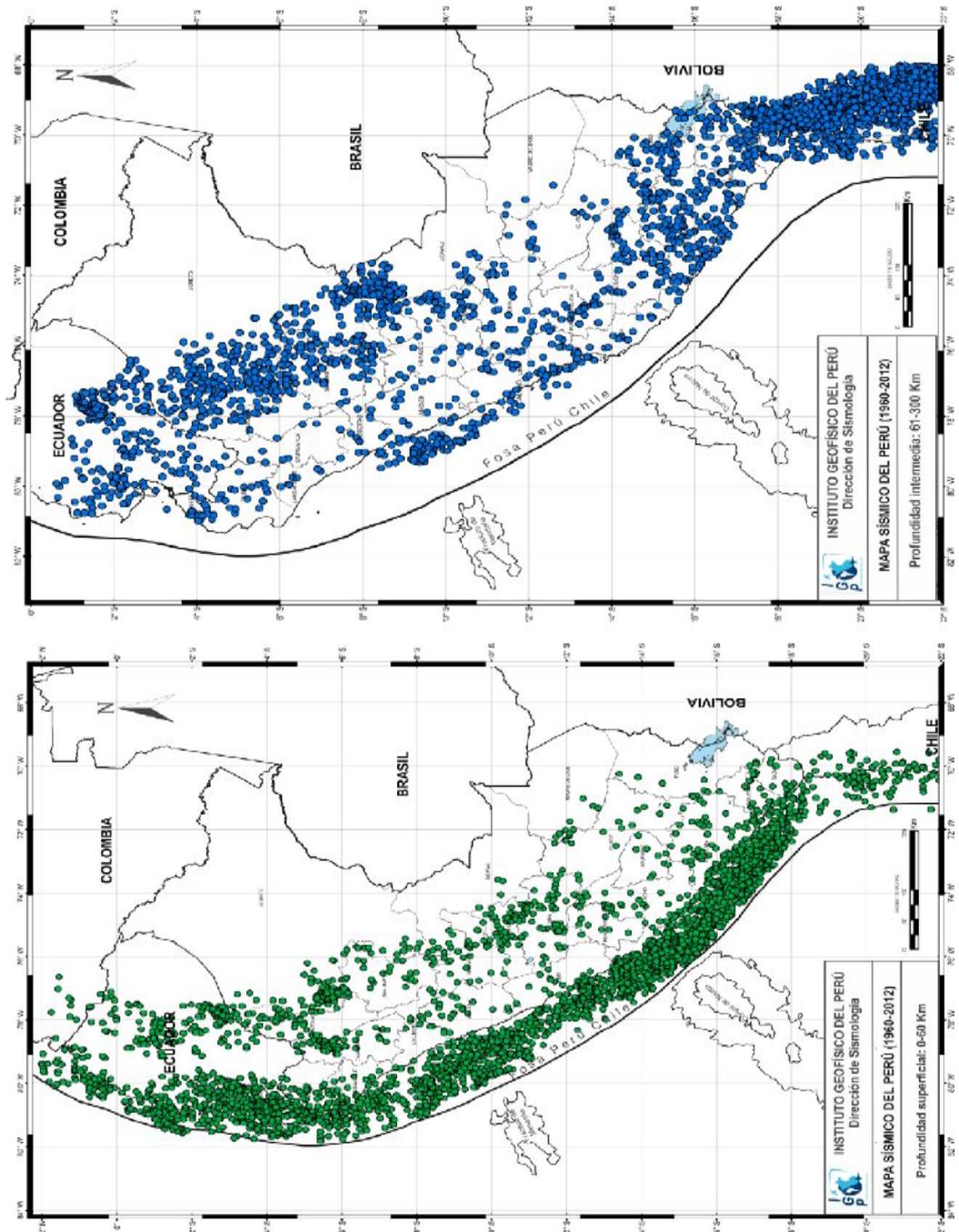


Figura 14. Mapa de sismicidad para el Perú

Fuente. Tavera, H., Mapa Sísmico del Perú-2011.

Posteriormente en la Tabla 1 se muestra el listado de sismos ocurridos en el Perú.

Tabla 1

Cuadro de listado de sismos en el Perú

Fecha (Año, Mes, Día)	Magnitud (Ms, mb, ML, Mw)	Departamento
SIGLO XVI		
1582/01/22	7.9	Arequipa
1586/07/10	8.1	Lima
SIGLO XVII		
1600/02/19	7.9	Moquegua
1604/11/24	8.4	Arequipa
1619/02/14	7.8	La libertad
1650/03/31	7.2	Cusco
1664/05/12	7.8	Ica
1687/01/28	6.0	Huancavelica
1687/10/20	8.2	Lima
1687/10/21	7.2	Arequipa
SIGLO XVIII		
1725/01/07	7.7	Lima
1746/10/29	8.4	Lima
1784/05/13	8.0	Arequipa
SIGLO XIX		
1821/07/10	7.9	Arequipa
1833/09/18	7.7	Tacna
1897/09/20	7.7	Lima
SIGLO XX		
1904/03/04	7.0	Lima
1912/07/24	8.0	Piura
1913/07/28	7.0	Arequipa
1913/08/06	7.7	Arequipa
1913/11/04	6.2	Apurímac
1914/12/02	4.2	Ayacucho
1928/05/14	7.3	Amazonas

1937/06/21	6.7	La Libertad
1939/10/11	8.5	Arequipa
1940/05/24	8.2	Lima
1942/08/24	8.4	Ica
1945/08/06	6.1	San Martin
1945/08/21	6.7	Pasco
1946/09/30	7.0	Ica
1946/11/10	7.2	Ancash
1947/11/01	7.5	Junín
1948/02/14	4.5	La libertad
1948/05/11	7.1	Moquegua
1948/05/28	6.7	Lima
1950/05/21	6.0	Cuzco
1950/12/10	7.0	Ica
1951/01/31	5.5	Lima
1952/08/03	5.7	Lima
1966/10/17	7.5	Lima
1969/10/01	6.2	Junín
1970/05/31	7.7	Ancash
1970/12/10	7.1	Tumbes
1974/01/05	6.6	Lima
1974/10/03	7.5	Lima
1979/02/16	6.9	Arequipa
1986/04/05	5.3	Cusco
1991/04/05	6.5	San Martin
1996/11/12	7.7	Ica
1997/10/28	7.0	Loreto

SIGLO XXI

2001/02/21	5.7	Junín
2001/06/23	8.2	Arequipa
2001/06/25	5.7	Moquegua
2001/07/05	6.6	Arequipa
2001/07/07	5.7	Arequipa
2001/08/09	5.8	Apurímac

2007/08/15	8.0	Ica
2011/08/24	7.0	Loreto

Nota. Fuente: Indeci-2011

El Perú se encuentra en una zona de frecuente actividad sísmica debido a que le corresponde geográficamente la franja de fricción del movimiento de dos placas tectónicas, es decir la placa de Nazca y la placa Sudamericana. (Tavera, Bernal, Condori, Ordaz, Zevallos y Ishizawa, 2014, p.10).

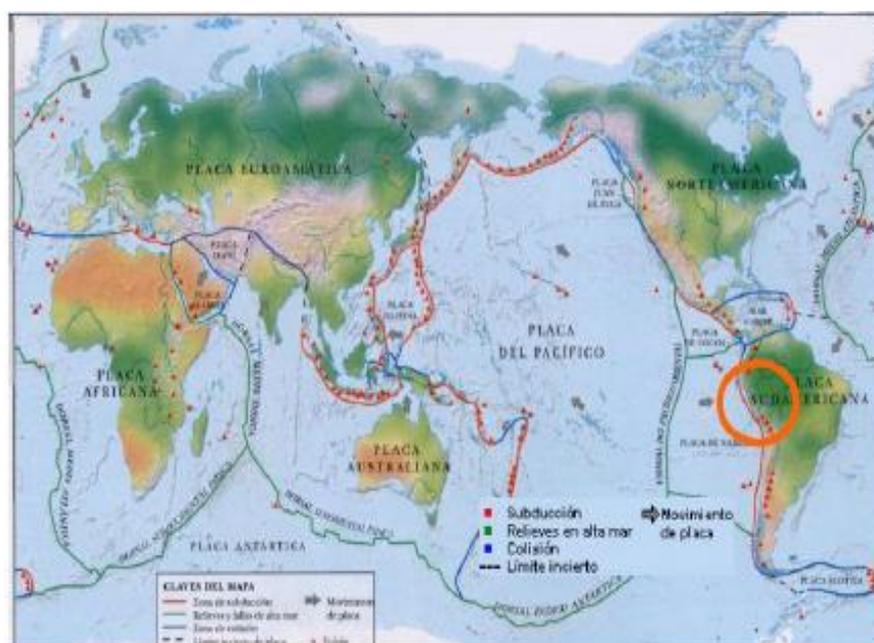


Figura 15. Placa Nazca y Placa Sudamericana

Fuente. Pique J., Antecedentes de las normas sismo resistentes en el Perú-2013

2.2.11. Sismicidad en Junín

Según Mitma (2016), hay 5 fallas geológicas no reportan actividad sísmica y una de las principales fallas es el de Huaytapallana (Huancayo), la cual permanece en silencio sísmico desde el año 1969 que ocasiono daños en Huancayo y Pariahuanca. Otra de las fallas geológicas es la del Gran Pajonal (Satipo), Ricran (Jauja), Pampas (Huancavelica) y Yanahuanca (Pasco).

De producirse un movimiento sísmico de 8 grados en la escala de Richter, los resultados serían devastadores puesto que las

construcciones rústicas y las viviendas de material noble que se construyeron sin una dirección técnica colapsarían causando así pérdida de vidas.

Por otro lado, Huancayo ha crecido de manera desordenada y será perjudicial de presentarse un sismo de gran magnitud, por ende, se debería de mejorar la calidad de las viviendas. (Diario Correo, párr. 1, 2016)

2.2.12. Peligro sísmico o amenaza

El peligro sísmico se denomina a la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de cierta importancia en un tiempo determinado.

Por tanto, peligro sísmico se refiere al grado de exposición que un sitio dado tiene a los movimientos sísmicos, en lo referente a las máximas intensidades que en él pueden presentarse. (Bazan y Meli, 2002, p.23).

2.2.13. Riesgo sísmico

Es la probabilidad de que en el sitio se produzcan daños por movimientos sísmicos y las consecuencias pueden ser pérdidas de vidas, bienes e infraestructuras.

Es oportuno hacer aquí un comentario comparativo: si bien el peligro sísmico en una región “despoblada” puede ser alto, el riesgo será bajo. Se asume que el riesgo sísmico está conformado por varios aspectos interrelacionados y se puede estimar a partir de una sencilla ecuación que considera diferentes variables que lo definen: Riesgo sísmico = peligro sísmico (amenaza) + susceptibilidad + vulnerabilidad. (Sagripanti, Bettioli y Seitz, 2007, p. 17).

2.2.14. Vulnerabilidad sísmica

Es el grado de daño que va a sufrir la estructura ante un movimiento sísmico.

Es el grado de fragilidad de un sistema al ser afectado por un evento potencialmente desastroso. En el caso de un

evento sísmico, se considera como la vulnerabilidad del área a la compleja totalidad de la población, edificios y estructuras, infraestructuras, actividad económica, organización social, y cualquier programa de desarrollo y expansión en un área. (Sagripanti, Bettiol y Seitz, 2007, p. 18).

2.2.15. Análisis estructural

Es la predicción del desempeño de una estructura ante los efectos externos y cargas prescritas.

El análisis estructural es una parte integral de cualquier proyecto de ingeniería estructural, cuya función comienza con la predicción del comportamiento de la estructura. En la *Figura 16* se muestra el diagrama de flujo de las diversas etapas de un proyecto de ingeniería estructural típico. Así como lo indica este diagrama, el proceso es iterativo. (Kassimali, 2016, p.3).

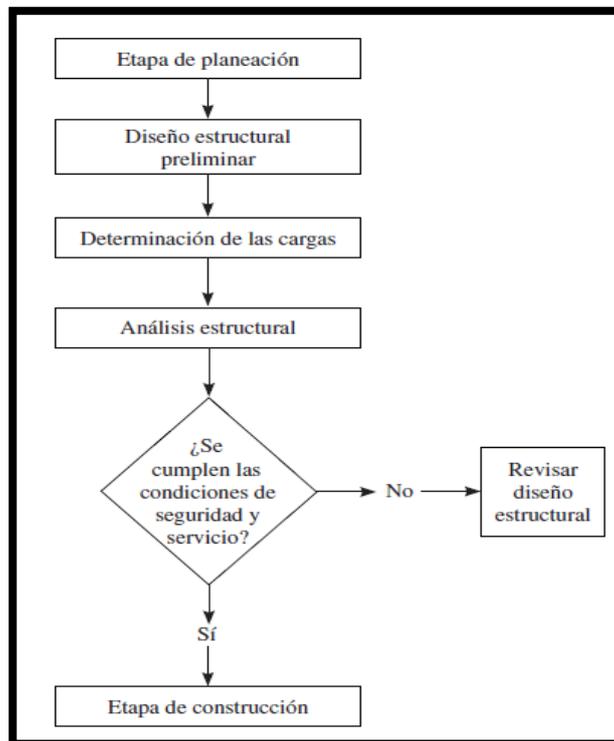


Figura 16. Etapas de un proyecto de ingeniería estructural

Fuente. Kassimali A., Análisis Estructural-2016

2.2.16. Cargas de servicio

Antes de iniciar cualquier estructura, es tratar de identificar todas las cargas, de magnitud significativa que pueden obrar en ella durante su vida útil. Las principales solicitaciones o acciones exteriores a las que puedan estar sometidas las estructuras “convencionales” de concreto armado provienen del peso propio de los elementos estructurales, de las cargas permanentes y de las cargas vivas o sobrecargas. Estas cargas se clasifican como estáticas, es decir se supone que no generan una respuesta dinámica de la estructura, o en otras palabras las fuerzas de inercia que se desarrollan en la estructura por la aplicación de estas cargas, son despreciables.

Existe un segundo grupo de cargas de naturaleza dinámica, estas son las debidas a acciones del viento, las de sismo y las originadas por la aplicación repetida de cargas vivas. Las cargas dinámicas son aquellas en las cuales las fuerzas de inercia son significativas y deben ser equilibradas por las fuerzas internas (Ottazzi, 2011, p.102).

2.2.17. Filosofía de la Norma E030

Este establece parámetros y requisitos para que la edificación no cause daños a las personas.

Esta norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios de:

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

Se aplica el diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos. (RNE, 2016, Norma E030).

2.2.18. Evolución de las normas sismorresistentes

La norma sismoresistente ha sufrido cambios, desde su primera versión debido a que sus parámetros sísmicos con normas antiguas no eran rigurosos.

- 1963: ACI introduce el Diseño a la Rotura
- 1964: Primer proyecto de norma peruana, basada en la de SEAOC (Structural Engineers Association of California)
- 1970: Primera Norma Peruana de nivel nacional

Para la determinación de la fuerza sísmica lateral se utilizaba la siguiente expresión:

$$H = U * K * C * P$$

H= Fuerza sísmica lateral

U= Coeficiente sísmico según la regionalización y uso de la edificación.

K= Tipo de estructura (sistema estructural)

C= Factor del porcentaje de carga permanente más carga viva (función del periodo de la estructura)

P= Peso de la edificación

No existía factor de amplificación de la fuerza y se indicaba que el profesional del proyecto determinaría el aumento de los coeficientes sísmicos que se pudiera requerir según la naturaleza del terreno.



Figura 17. Mapa de zonificación - 1970

Fuente. RNE, Norma E030-1970

- 1977: Segunda Norma Peruana

Se incorpora la norma básica de diseño al reglamento nacional de construcciones, la que reemplaza a la norma anterior.

$$H = ZUSCP/Rd$$

H= Fuerza cortante sísmica basal

Z= Factor debido a la zona.

U= Factor debido al uso de la edificación

S= Factor debido al tipo de suelo

C= Coeficiente sísmico

P= Peso de la edificación

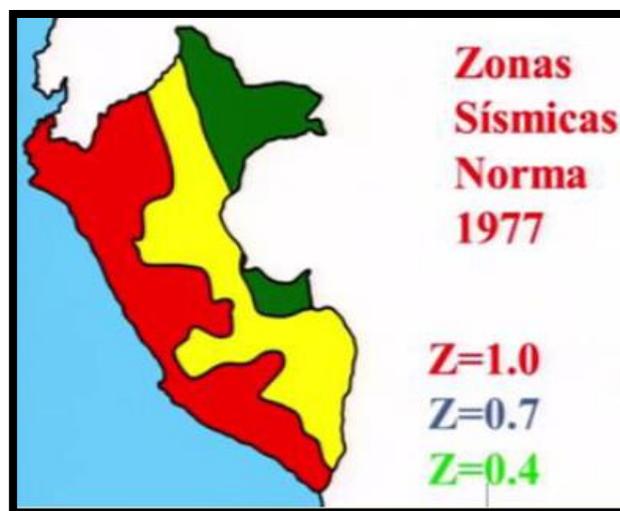


Figura 18. Mapa de zonificación - 1977

Fuente. RNE, Norma E030-1977

- 1997: Tercera Norma Peruana

Debido al sismo de 1996 ocurrido en Nazca, se observaron serios daños presentados en los colegios. En ese sismo se comprobó que las deformaciones laterales de las edificaciones eran mayores que los resultados que se obtenían con los coeficientes de la norma sísmica de 1977, por lo que se decide cambiar la norma.

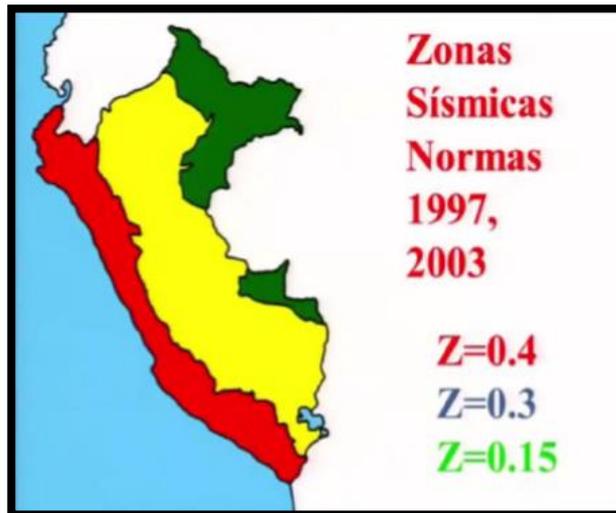


Figura 19. Mapa de zonificación - 1997

Fuente. RNE, Norma E030-1997

- 2003: Cuarta Norma Peruana

Debido al sismo del 2001 ocurrido en Moquegua, Arequipa y Tacna, se decide hacer algunos ajustes a la norma sísmica del 2003. En esta oportunidad se amplifican las fuerzas sísmicas por 1.25 de tal manera de tener un sismo amplificado a cargas últimas, lo que implicaba modificar los factores de reducción sísmica “R”.

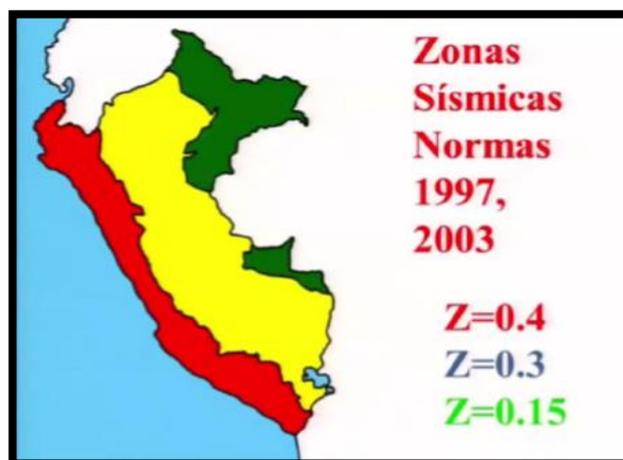


Figura 20. Mapa de zonificación - 2003

Fuente. RNE, Norma E030-2003

La filosofía del diseño sísmo resistente consiste en evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios y minimizar los daños de la propiedad. (Córdova, 2015, exposición).

**2.2.19. Comparación del capítulo 1 al capítulo 6 de las normas
sismorresistentes E030-2016 y E030-2003**

Norma E030 Sismorresistente – 2016	Diseño	Norma E030 Sismorresistente - 2003	Diseño																																												
<p>1. Zonificación</p> <p>Tabla 2</p> <p><i>Factores de zona (E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.10</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		Zona	Z	4	0.45	3	0.35	2	0.25	1	0.10	<p>1. Zonificación</p> <p>Tabla 3</p> <p><i>Factores de zona (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.15</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		Zona	Z	3	0.40	3	0.30	1	0.15																										
Zona	Z																																														
4	0.45																																														
3	0.35																																														
2	0.25																																														
1	0.10																																														
Zona	Z																																														
3	0.40																																														
3	0.30																																														
1	0.15																																														
<p>2. Perfil del suelo</p> <p>Tabla 4</p> <p><i>Clasificación de los perfiles del suelo(E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Perfil</th> <th>\bar{V}_s</th> <th>\bar{N}_{60}</th> <th>\bar{S}_u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S0</td> <td>>1500m/s</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>S1</td> <td>500m/s a 1500m/s</td> <td>> 50</td> <td>> 100kPa</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>180m/s a 500 m/s</td> <td>15 a 50</td> <td>50kPa a 100kPa</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td><180m/s</td> <td>< 15</td> <td>25kPa a 50kPa</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td colspan="3">Clasificación basada en el EMS</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u	S0	>1500m/s	-	-	S1	500m/s a 1500m/s	> 50	> 100kPa	S2	180m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100kPa	S3	<180m/s	< 15	25kPa a 50kPa	S4	Clasificación basada en el EMS			<p>2. Perfil del suelo</p> <p>Tabla 5</p> <p><i>Parámetros del suelo (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipos</th> <th>Descripción</th> <th>Tp(s)</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>Roca o suelo muy rígido</td> <td>0.4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>Suelo intermedio</td> <td>0.6</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>Suelo flexible</td> <td>0.9</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td>Condiciones excepcional</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		Tipos	Descripción	Tp(s)	S	S1	Roca o suelo muy rígido	0.4	1	S2	Suelo intermedio	0.6	1.2	S3	Suelo flexible	0.9	1.4	S4	Condiciones excepcional	-	-
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u																																												
S0	>1500m/s	-	-																																												
S1	500m/s a 1500m/s	> 50	> 100kPa																																												
S2	180m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100kPa																																												
S3	<180m/s	< 15	25kPa a 50kPa																																												
S4	Clasificación basada en el EMS																																														
Tipos	Descripción	Tp(s)	S																																												
S1	Roca o suelo muy rígido	0.4	1																																												
S2	Suelo intermedio	0.6	1.2																																												
S3	Suelo flexible	0.9	1.4																																												
S4	Condiciones excepcional	-	-																																												
<p>Tabla 6</p> <p><i>Factor de suelo(E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Suelo Zona</th> <th>S0</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z4</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.05</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Z3</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.15</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Z2</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Z1</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>1.6</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		Suelo Zona	S0	S1	S2	S3	Z4	0.8	1	1.05	1.1	Z3	0.8	1	1.15	1.2	Z2	0.8	1	1.2	1.4	Z1	0.8	1	1.6	2.0																					
Suelo Zona	S0	S1	S2	S3																																											
Z4	0.8	1	1.05	1.1																																											
Z3	0.8	1	1.15	1.2																																											
Z2	0.8	1	1.2	1.4																																											
Z1	0.8	1	1.6	2.0																																											

<p>Tabla 7</p> <p><i>Periodos “TP” y “TL” (E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>S0</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TP(s)</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>TL(s)</td> <td>3</td> <td>2.5</td> <td>2</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>		S0	S1	S2	S3	TP(s)	0.3	0.4	0.6	1	TL(s)	3	2.5	2	1.6						
	S0	S1	S2	S3																	
TP(s)	0.3	0.4	0.6	1																	
TL(s)	3	2.5	2	1.6																	
<p>3. Factor de Amplificación Sísmica</p> <p>Se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:</p> <p>T<TP C=2.5 TP<T<TL C= 2.5*(TP/T) T>TL C=2.5*((TP*TL)/T^2)</p>	<p>3. Factor de Amplificación Sísmica</p> <p>Se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:</p> <p>C= 2.5*(TP/T) ; C≤2.5</p>																				
<p>4. Categoría de las edificaciones</p> <p>Tabla 8</p> <p><i>Categoría de las edificaciones y factor “U” (E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A. Edificaciones esenciales</td> <td>A1 1 A2 1.5</td> </tr> <tr> <td>B. Edificaciones importantes</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>C. Edificaciones comunes</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>D. Edificaciones temporales</td> <td>Ver nota 2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>	Categoría	Factor	A. Edificaciones esenciales	A1 1 A2 1.5	B. Edificaciones importantes	1.3	C. Edificaciones comunes	1	D. Edificaciones temporales	Ver nota 2	<p>4. Categoría de las edificaciones</p> <p>Tabla 9</p> <p><i>Categoría de las edificaciones (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A. Edificaciones esenciales</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>B. Edificaciones importantes</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>C. Edificaciones comunes</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>D. Edificaciones menores</td> <td>(*)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>	Categoría	Factor	A. Edificaciones esenciales	1.5	B. Edificaciones importantes	1.3	C. Edificaciones comunes	1	D. Edificaciones menores	(*)
Categoría	Factor																				
A. Edificaciones esenciales	A1 1 A2 1.5																				
B. Edificaciones importantes	1.3																				
C. Edificaciones comunes	1																				
D. Edificaciones temporales	Ver nota 2																				
Categoría	Factor																				
A. Edificaciones esenciales	1.5																				
B. Edificaciones importantes	1.3																				
C. Edificaciones comunes	1																				
D. Edificaciones menores	(*)																				

5. Sistema estructural		5. Sistema estructural	
Tabla 10		Tabla 11	
<i>Sistemas Estructurales(E030-2016)</i>		<i>Sistemas Estructurales (E030-2003)</i>	
Sistema estructural	Coef. Básico de Reducción Ro	Sistema estructural	Coef. Basico de Reduccion Ro
Acero		Acero	
Pórtico Esp. R.M. (SMF)	8	Pórtico Dúctiles R.M.	9.5
Pórtico Inter. R.M. (IMF)	7	Arriostres excéntricos	6.5
Pórtico Ord. R.M. (OMF)	6	Arriostres en cruz	6
Portico E.Arriost. (SCBF)	8	Concreto armado	
Portico O.Arriost. (OCBF)	6	Pórtico	8
Portico Arriost. (EBF)	8	Dual	7
Concreto armado		De muros estructurales	6
Portico	8	Muros de D.L.	4
Dual	7	Albañilería confinada o armada	3
De muros estructurales	6	Madera	7
Muros de D.L.	4		
Albañilería confinada o armada	3		
Madera	7		
Nota. Fuente: E030-2016		Nota. Fuente: E030-2016	
Tabla 12		Tabla 13	
<i>Categoría y Sistemas Estructurales(E030-2016)</i>		<i>Categoría y Estructura de las edificaciones (E030-2003)</i>	
Categoría de la edificación	Zona	Sistema Estructural	Categ oría de la edifica ción
A1	4,3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural.	Regularidad estructural
	2,1	Estructura de acero (SCBF,OCBF,EBF) Estructuras de concreto: Dual, Muros de concreto armado, Albañilería confinada o armada	Regular
A2(*)	4,3,2	Estructura de acero (SCBF,OCBF,EBF) Estructuras de concreto: Dual, Muros de concreto armado, Albañilería	Zo na
			3
			Sistema estructural
			Acero, muros de concreto armado, albañilería confinada o armada y sistema dual
			2,1
			Acero, muros de concreto armado, albañilería confinada

<table> <tr> <td>B</td> <td>1 4,3,2</td> <td>confinada o armada Cualquier sistema Estructura de acero (SMF, IMF, SCBF, OCBF, EBF).</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>1 4,3,2, 1</td> <td>Cualquier sistema Cualquier sistema</td> </tr> </table>	B	1 4,3,2	confinada o armada Cualquier sistema Estructura de acero (SMF, IMF, SCBF, OCBF, EBF).	C	1 4,3,2, 1	Cualquier sistema Cualquier sistema	<table> <tr> <td>B</td> <td>Regular o Irregular</td> <td>3,2</td> <td>o armada, sistema dual, madera Acero, muros de concreto armado, albañilería confinada o armada, sistema dual, madera</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Regular o Irregular</td> <td>1 3,2 ,1</td> <td>Cualquier sistema Cualquiera sistema</td> </tr> </table>	B	Regular o Irregular	3,2	o armada, sistema dual, madera Acero, muros de concreto armado, albañilería confinada o armada, sistema dual, madera	C	Regular o Irregular	1 3,2 ,1	Cualquier sistema Cualquiera sistema																						
B	1 4,3,2	confinada o armada Cualquier sistema Estructura de acero (SMF, IMF, SCBF, OCBF, EBF).																																			
C	1 4,3,2, 1	Cualquier sistema Cualquier sistema																																			
B	Regular o Irregular	3,2	o armada, sistema dual, madera Acero, muros de concreto armado, albañilería confinada o armada, sistema dual, madera																																		
C	Regular o Irregular	1 3,2 ,1	Cualquier sistema Cualquiera sistema																																		
<p>Nota. Fuente: E030-2016</p>			<p>Nota. Fuente: E030-2016</p>																																		
<p align="center">6. Regularidad Estructural</p> <p>Tabla 14 <i>Irregularidad Estructural en Altura (E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Irregularidades estructurales en altura</th> <th>Factor de irregularidad "Ia"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Irregularidad de rigidez - Piso Blando</td> <td rowspan="2">0.75</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad de resistencia - Piso debil</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad extrema de rigidez (Ver Tabla 18)</td> <td rowspan="2">0.5</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad extrema de resistencia (Ver Tabla 18)</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad de Peso o Masa</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad Geometrica Vertical</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla 18)</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>			Irregularidades estructurales en altura	Factor de irregularidad "Ia"	Irregularidad de rigidez - Piso Blando	0.75	Irregularidad de resistencia - Piso debil	Irregularidad extrema de rigidez (Ver Tabla 18)	0.5	Irregularidad extrema de resistencia (Ver Tabla 18)	Irregularidad de Peso o Masa	0.9	Irregularidad Geometrica Vertical	0.9	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.8	Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla 18)	0.6	<p align="center">6. Configuración Estructural</p> <p>Tabla 15 <i>Irregularidad Estructural en Altura (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Irregularidades en altura</th> <th>"Ia"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Irregularidad de rigidez - piso Blando</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad de peso o masa</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad geométrica vertical</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Discontinuidad en los sistemas Resistentes</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p> <p>Tabla 16 <i>Irregularidad Estructural en Planta (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Irregularidades en planta</th> <th>"Ip"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Irregularidad torsional</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Esquinas entrantes</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Discontinuidad de diafragma</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table>	Irregularidades en altura	"Ia"	Irregularidad de rigidez - piso Blando	0.75	Irregularidad de peso o masa	0.75	Irregularidad geométrica vertical	0.75	Discontinuidad en los sistemas Resistentes	0.75	Irregularidades en planta	"Ip"	Irregularidad torsional	0.75	Esquinas entrantes	0.75	Discontinuidad de diafragma	0.75
Irregularidades estructurales en altura	Factor de irregularidad "Ia"																																				
Irregularidad de rigidez - Piso Blando	0.75																																				
Irregularidad de resistencia - Piso debil																																					
Irregularidad extrema de rigidez (Ver Tabla 18)	0.5																																				
Irregularidad extrema de resistencia (Ver Tabla 18)																																					
Irregularidad de Peso o Masa	0.9																																				
Irregularidad Geometrica Vertical	0.9																																				
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.8																																				
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla 18)	0.6																																				
Irregularidades en altura	"Ia"																																				
Irregularidad de rigidez - piso Blando	0.75																																				
Irregularidad de peso o masa	0.75																																				
Irregularidad geométrica vertical	0.75																																				
Discontinuidad en los sistemas Resistentes	0.75																																				
Irregularidades en planta	"Ip"																																				
Irregularidad torsional	0.75																																				
Esquinas entrantes	0.75																																				
Discontinuidad de diafragma	0.75																																				

<p>Tabla 17</p> <p><i>Irregularidad Estructural en Planta</i> (E030-2016)</p>	<p>Nota. Fuente: E030-2016</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Irregularidades estructurales en planta</th> <th>Factor de irregularidad "Ip"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Irregularidad torsional</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad torsional extrema (Ver Tabla 18)</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>Esquinas entrantes</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Discontinuidad de diafragma</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Sistemas no paralelos</td> <td>0.9</td> </tr> </tbody> </table>	Irregularidades estructurales en planta	Factor de irregularidad "Ip"	Irregularidad torsional	0.75	Irregularidad torsional extrema (Ver Tabla 18)	0.6	Esquinas entrantes	0.9	Discontinuidad de diafragma	0.85	Sistemas no paralelos	0.9	<p>Para estructura irregular el factor de reducción sísmica "R" se multiplicara por $\frac{3}{4}$.</p>								
Irregularidades estructurales en planta	Factor de irregularidad "Ip"																				
Irregularidad torsional	0.75																				
Irregularidad torsional extrema (Ver Tabla 18)	0.6																				
Esquinas entrantes	0.9																				
Discontinuidad de diafragma	0.85																				
Sistemas no paralelos	0.9																				
<p>Nota. Fuente: E030-2016</p>																					
<p>Tabla 18</p> <p><i>Restricciones a la Irregularidad</i> (E030-2016)</p>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría de la edificación</th> <th>Zona</th> <th>Restricciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A1 y A2</td> <td>4, 3, 2</td> <td>No irregularidades</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>No irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">B</td> <td>4, 3, 2</td> <td>No irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> <tr> <td>4, 3</td> <td>No irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">C</td> <td>2</td> <td>No irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de la edificación	Zona	Restricciones	A1 y A2	4, 3, 2	No irregularidades	1	No irregularidades extremas	B	4, 3, 2	No irregularidades extremas	1	Sin restricciones	4, 3	No irregularidades extremas	C	2	No irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m	1	Sin restricciones	
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones																			
A1 y A2	4, 3, 2	No irregularidades																			
	1	No irregularidades extremas																			
B	4, 3, 2	No irregularidades extremas																			
	1	Sin restricciones																			
	4, 3	No irregularidades extremas																			
C	2	No irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8m																			
	1	Sin restricciones																			
<p>Nota. Fuente: E030-2016</p>																					

7. Modelos para el Análisis

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un

<p>modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, dos traslacionales y 1 de rotación</p>																							
<p align="center">8. Estimación del peso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edificaciones de Categoría A y B: 50% de la carga viva • Edificaciones de Categoría C: 25% de la carga viva • En depósitos: 80% del peso total que pueda almacenar • Azotea y Techo: 25% de la carga viva • En estructuras similares con tanques y silos: 100% del peso que puede contener. 																							
<p align="center">9. Fuerza cortante en la base</p> <p>Se determinará con la siguiente expresión:</p> $V = \frac{Z*U*C*S}{R} * P \quad \text{y} \quad \frac{C}{R} \geq 0.125$																							
<p>10. Desplazamientos Laterales</p> <p>Para estructuras regulares se multiplicara por 0.75*R y para estructuras irregulares se calcularas multiplicando por R.</p>	<p>1. Desplazamientos Laterales</p> <p>Para estructuras regulares e irregulares se calcularan multiplicando con 0.75*R.</p>																						
<p>11. Desplazamiento Lateral Relativos Admisibles</p> <p>Tabla 19</p> <p><i>Límites para la distorsión de entrepiso (E030-2016)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>(Δ_i/hei)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concreto A.</td> <td>0.007</td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>Albañilería</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>Madera</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>Muros de D.L</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>	Material	(Δ_i/hei)	Concreto A.	0.007	Acero	0.01	Albañilería	0.005	Madera	0.01	Muros de D.L	0.005	<p>2. Desplazamiento Lateral Relativos Admisibles</p> <p>Tabla 20</p> <p><i>Límites para desplazamiento lateral de entrepiso (E030-2003)</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>(D_i/hei)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Concreto A.</td> <td>0.007</td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>Albañilería</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>Madera</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota. Fuente: E030-2016</p>	Material	(D_i/hei)	Concreto A.	0.007	Acero	0.01	Albañilería	0.005	Madera	0.01
Material	(Δ_i/hei)																						
Concreto A.	0.007																						
Acero	0.01																						
Albañilería	0.005																						
Madera	0.01																						
Muros de D.L	0.005																						
Material	(D_i/hei)																						
Concreto A.	0.007																						
Acero	0.01																						
Albañilería	0.005																						
Madera	0.01																						

2.3. Definición de términos

- **Análisis dinámico**

El análisis dinámico es la suma de dos análisis o dos sub análisis:

- Análisis modal: Se obtiene periodo de vibración y porcentaje de masa participativa
- Análisis espectral: A través de un espectro o una plataforma de respuesta similar a la acción sísmica se obtiene desplazamiento lateral y fuerza de diseño por sismo. (Villareal, 2016, conferencia).

- **Análisis modal**

Es una técnica de análisis dinámico de estructuras y se utiliza para determinar los modos de vibración de una estructura. “Estos modos son útiles para entender el comportamiento de la estructura”. (Villareal, 2016, conferencia).

- **Edificio**

Es una obra ejecutada por el hombre. “Su destino es albergar actividades humanas”. (R.N.E.,2016, Norma G.040).

- **Rigidez**

Según Rochel (2012), es la capacidad que un elemento estructural tiene para oponerse a ser deformado. (p.29).

- **Resistencia**

Según Rochel (2012), es la capacidad de carga que puede soportar un elemento estructural antes de colapsar, producidos por cargas verticales, de viento o sismo. (p.28).

- **Parámetros sísmicos de la norma**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), son las características que definen la estructura antisísmica de un edificio, simetría, altura, rigidez, centro de masas, centro de rigideces, torsión, periodos. (Norma E030).

- **Estructura**

Según Hibbeler (2012). Se refiere a un sistema de partes conectadas que se utiliza para soportar una carga. Entre los

ejemplos más importantes relacionados con la ingeniería civil están los edificios, los puentes y las torres. (p.3).

- **Periodo de vibración**

Según Villareal (2016). Es el tiempo que tarda la masa completa en realizar un ciclo de movimiento. (conferencia).

- **Frecuencia**

Según Villareal (2016). Es el número de ciclos que ocurre en una unidad de tiempo. (conferencia).

- **Simetría estructural**

Según Bozzo y Barbat (2004). Son sistemas compuestos de uno o varios elementos dispuestos de tal forma que la estructura total y cada uno de sus elementos sean capaces de mantenerse sin cambios apreciables en su geometría durante la carga y descarga. (p.75).

- **Ductilidad**

Según Bozzo y Barbat (2004). Es la capacidad de un material a deformarse plásticamente sin romperse. (p.104).

- **Espectro de diseño**

Según Crisafulli y Villafane (2002). El diseño o verificación de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios sismos típicos en una zona y este se representa mediante un gráfico. Los espectros de diseño se obtienen generalmente mediante procesos estadísticos. (p.3).

- **Espectro de respuesta**

Según Crisafulli y Villafane (2002). Representan parámetros de respuesta máxima para un sismo determinado y usualmente incluyen varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento. Se utilizan fundamentalmente para estudiar las características del sismo y su efecto sobre las estructuras. (p.3).

- **Factor de reducción sísmica**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), los factores de reducción R derivan su nombre del hecho de que reducen las fuerzas sísmicas elásticas por su valor. Y estas se clasifican según el sistema estructural usado. (norma E030)

- **Distorsión de entrepiso**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), se conoce distorsión de entrepiso o deriva al cociente entre la diferencia de desplazamiento laterales entre dos niveles consecutivos de la estructura, entre la altura de dicho entrepiso. (norma E030)

- **Torsión**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), se origina por una distribución asimétrica de elementos estructurales y que es originada por la excentricidad del centro de masa y centro de rigidez (norma E030)

- **Factor de amplificación sísmica**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), se obtiene de acuerdo a las condiciones de sitios y se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración en el suelo. (norma E030).

- **Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), estos son clasificados según el material usado y sistema de estructuración sismorresistente, como también la irregularidad que presenta la estructura. (norma E030).

- **Factor zona**

Según el Reglamento Nacional de edificaciones (2016), este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. (norma E030).

- **Sistema estructural**

Según Villareal (2009). Son sistemas compuestos de uno o varios elementos dispuestos y cada uno de sus elementos sean capaces de mantenerse sin cambios apreciables en su geometría. (p.295).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los resultados del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su respuesta sísmica.

2.4.2. Hipótesis específico

- a) Los resultados en la distorsión de entrepiso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos tienen una variación porcentual mayor al 40%.
- b) Los resultados en la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos tienen una variación porcentual mayor al 20%.
- c) Los espectros de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su representación gráfica.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

- **Variable independiente (Las normas E030-2016 y E030-2003):** Según el reglamento nacional de edificaciones (2016 y 2003), la norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios de: evitar pérdida de vida, disminuir daños en la propiedad y asegurar la continuidad de los servicios básicos. (norma E030).
- **Variable dependiente (Análisis sísmico dinámico):** Según Guía (2016). El análisis consiste en incorporar fuerzas en la base de la edificación en un período de tiempo determinado,

estas fuerzas son producto de los niveles de aceleración en función de la gravedad como unidad base; este supone que la respuesta dinámica de un edificio puede ser estimada a partir de la respuesta independiente de cada modo de vibración, usando el espectro de diseño. (conferencia).

2.5.2. Definición operacional de la variable

- **Variable independiente (Las normas E030-2016 y E030-2003):** La norma sismorresistente clasifica a las edificaciones de acuerdo al:
 - Peligro sísmico: Este depende de la ubicación y tipo de suelo.
 - Categoría, sistema estructural y regularidad a las edificaciones: La categoría depende del uso que tenga, el sistema estructural es el conjunto de elementos estructurales capaces de resistir ante un evento sísmico y la regularidad toma en cuenta la simetría.

Una vez determinado la ubicación, tipo de suelo, sistema estructural, el uso que tendrá y las irregularidades que presenta la edificación; se realizará el análisis estructural, porque este predice el comportamiento de la estructura para obtener desplazamiento aproximado ante un evento sísmico. Finalmente, para tener requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad, la norma establece desplazamientos mínimos para que la distorsión de entrepiso no sobrepase los límites establecidos.

- **Variable dependiente (Análisis sísmico dinámico):** Mediante el análisis sísmico dinámico obtendremos resultados de la distorsión de entrepiso que se establece para imponer limitaciones a los desplazamientos laterales, fuerza cortante que sirve para distribuir fuerzas sísmicas con la finalidad que los edificios sean resistentes a sismos y el espectro de diseño

que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores (Lista)	Unidad De Medición
Los resultados en el análisis sísmico dinámico aplicando la norma E030-2016 y la norma E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su respuesta sísmica	V. indep. La norma E030-2016 y la norma E030-2003	La norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios de: evitar pérdida de vida, minimizar daños en la propiedad y asegurara la continuidad de los servicios básicos.	La norma sismorresistente clasifica a las edificaciones de acuerdo al: <ul style="list-style-type: none"> • Peligro sísmico: Este depende de la ubicación y tipo de suelo. • Categoría, sistema estructural y regularidad a las edificaciones: La categoría depende del uso que tenga, el sistema estructural es el conjunto de elementos estructurales capaces de resistir ante un evento sísmico y la regularidad toma en cuenta la simetría. Un a vez determinado la ubicación, tipo de suelo, sistema estructural, el uso que tendrá y las irregularidades que presenta la edificación; se realizará el análisis estructural, porque este predice el comportamiento de la estructura para obtener desplazamiento aproximado ante	Peligro sísmico	Zonificación	Ordinal
				Parámetros de sitio		
				Factor de amplificación		
				Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones	Uso del edificio	
				Sistema estructural		
				Coeficiente de reducción sísmica		
				Irregularidad en planta		
				Irregularidad en altura		
				Análisis estructural	Estimación del peso	
					Análisis Dinámico Modal Espectral	
Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad	Desplazamientos laterales					

			un evento sísmico. Finalmente, para tener requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad, la norma establece desplazamientos mínimos para que la distorsión de entre piso no sobrepase los límites establecidos por la norma.		Distorsión de entrepiso - Deriva	
V. dep Análisis sísmico dinámico	El análisis consiste en incorporar fuerzas en la base de la edificación en un período de tiempo determinado, estas fuerzas son producto de los niveles de aceleración en función de la gravedad como unidad base; este supone que la respuesta dinámica de un edificio puede ser estimada a partir de la respuesta independiente de cada modo de vibración, usando el espectro de diseño.	Mediante el análisis sísmico dinámico obtendremos resultados de la distorsión de entrepiso que se estable para imponer limitaciones a los desplazamientos laterales, fuerza cortante que sirve para distribuir fuerzas sísmicas con la finalidad que los edificios sean resistentes a sismos y el espectro sísmico que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta	Distorsión de entrepiso	Desplazamientos laterales	Ordinal	
				Altura de entrepiso		
			Fuerza cortante	Zona	Ordinal	
				Uso		
				Coficiente de Amplificación sísmica		
				Suelo		
	Coficiente de reducción sísmica					
	Peso					
Espectro Sísmico	Desplazamiento	Ordinal				

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de investigación

El método general de investigación es el método científico ya que es un modo ordenado de proceder para llegar al resultado o propósito determinado, la cual refuta la hipótesis que nos conlleva a comparar los resultados de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando la norma E030-2016 y E030-2003.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque “tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir se investiga para modificar, actuar o producir cambios en un determinado sector de la realidad, y poder solucionar problemas que afectan a la población”.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo – comparativo – correlacional porque “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice”.

Se identificaron entre las normas E030-2016 y E030-2003 los parámetros sísmicos y procedimientos del análisis sísmico dinámico para obtener resultados de distorsión de entrepiso, fuerza cortante y espectro sísmico, asimismo el porcentaje de variación que existe entre ambos.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental porque “se realizan estudios sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”.

En nuestro caso nuestra variable independiente que son las normas E030-2016 y E030-2003 no se manipularon experimentalmente. Puesto que solo sirven para comparar y analizar los resultados del análisis sísmico dinámico en la edificación.

El diseño de investigación es de corte transversal o transeccional porque “este diseño se utiliza para realizar estudios de investigación de hechos y fenómenos de la realidad, en un momento determinado del tiempo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población son las 15 edificaciones de 5 pisos de la Urbanización “Rivera” con características similares, que limita por el norte con el río Shullcas, por el sur con el río Chilca, por el oeste con el río Mantaro y por el este con la calle Jr. Tacna.

3.5.2. Muestra

La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico del tipo intencional o dirigida.

Por tanto, nuestra muestra y unidad de objeto es una edificación dentro de la Urbanización la Rivera en la Av. Daniel Alcides Carrion N° 1195.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación directa: Nos permite observar la diferencia de los resultados de las normas E030-2016 y E030-2003 mediante el análisis sísmico dinámico y como afecta la respuesta sísmica en la edificación.

- Análisis de documento: Ya que se consideraron fichas bibliográficas con el propósito de estructurar el marco conceptual y definición de términos.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

- Hoja de cálculo para determinar el espectro de diseño de la norma E030-2016 y E030-2003

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS						
Tesista:		Luis Aclari Huayllani				
Ficha de elaboracion del Espectro Sismico aplicando con la norma E030-2016						
Factor de zona			Periodo	E030-2016		
Z1	0.1		T (seg)	C	Sa x	Sa y
Z2	0.25		0			
Z3	0.35		0.1			
Z4	0.45		0.2			
Parametros del suelo			0.3			
S2			0.4			
TP(s)			0.5			
TL(s)			0.6			
Factor de amplificacion sismica			0.7			
C=2.5 ; T<TP			0.8			
C=2.5 x TP/ T ; TP<T<TL			0.9			
C= 2.5 x (TP x TL/T^2) ; T>TL			1			
Factor de Uso de la edificacion			1.1			
Edificacion esencial	U=1.5		1.2			
Edificacion importante	U=1.3		1.3			
Edificacion comun	U=1.0		1.4			
Edificaciones temporales	ver nota 2		1.5			
Factor de Reduccion			1.6			
Rox		Roy	1.7			
lax		lay	1.8			
lpx		lpy	1.9			
Rx		Ry	2			
Gravedad			2.1			
g	9.81		2.2			
Factor			2.3			
$\frac{ZxUxS}{R} xg$			2.4			
			2.5			
Sa x-y			2.6			
Factor X		Factor Y	2.7			

Figura 21. Cuadro de ingreso de datos para el espectro – E030.2016

Fuente. Elaboración propia

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS						
Tesista:		Luis Aclari Huayllani				
Ficha de elaboracion del Espectro Sismico aplicando con la norma E030-2003						
Factor de zona		Periodo	E030-2003			
Z1	0.15	T (seg)	C	Sa x	Sa y	
Z2	0.30	0				
Z3	0.40	0.1				
Perfil de suelo		0.2				
S2	1.2	0.3				
TP(s)	0.6	0.4				
Factor de amplificacion sismica		0.5				
C=2.5 x TP/ T ; C<2.5		0.6				
Factor de Uso de la edificacion		0.7				
Edificacion esencial	U=1.5	0.8				
Edificacion importante	U=1.3	0.9				
Edificacion comun	U=1.0	1				
Edificaciones temporales	(*)	1.1				
Factor de Reduccion		1.2				
R		1.3				
Si es irregular multiplicar por 3/4		1.4				
Gravedad		1.5				
g	9.81	1.6				
Factor		1.7				
$\frac{ZxUxS}{R} xg$		1.8				
		1.9				
Sa x-y		2				
Factor X		Factor Y				
		2.1				

Figura 22. Cuadro de ingreso de datos para el espectro – E030.2003

Fuente. Elaboración propia

3.7. Procesamiento de la información

Para el análisis sísmico dinámico se utilizó el Programa Etabs V16.02. Este programa analiza la edificación en forma tridimensional; en este se considera las características del edificio, como la columna, muros de corte, vigas y losas de entrepiso.

Se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se detalló la masa de la estructura, en función de las cargas muertas y vivas que actúan sobre la estructura; para la estimación del peso se consideró el 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva indicados en las dos normas. Así mismo se asignó por cada nivel un diafragma rígido.

- Para el Análisis Modal se ha empleado 15 modos de vibración y se trabajó con 3 modos de vibración (2 traslacionales en “X” y “Y”, y uno rotacional en “Z”).
- Se verificó las irregularidades en planta y altura. Para poder realizar el espectro pseudo-aceleraciones.
- Se asignó al software un espectro de pseudo-aceleraciones para cada dirección, para calcular la aceleración de la gravedad con los diferentes modos de vibración, y al multiplicarlos por la masa se obtendrá las fuerzas sísmicas, cortante dinámica y desplazamientos laterales.

3.8. Técnicas y análisis de datos

- Recolección y análisis de la información para el análisis sísmico dinámico.
- Recopilación de los planos, las normas y el tipo de perfil de suelo del edificio analizado.
- Definir las variables que se analizarán en la realización del análisis sísmico dinámico.
- Definir el software que proporcionara información para la obtención de resultados.
- Imprimir los resultados.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Arquitectura

La edificación es de 5 pisos: el primer piso presenta cochera y departamento; el segundo piso, tercero, cuarto y quinto son netamente departamentos.

El área construida por piso es la siguiente:

- 1er piso: 162.22m²
- 2do piso: 166.70m²
- 3er piso: 166.70m²
- 4to piso: 166.70m²
- 5to piso: 166.70m²
- Azotea: 166.70m²

La altura de entrepiso del primer piso es 3.06m, la altura de entrepiso del segundo piso, tercero, cuarto y quinto es de 2.88m; la circulación es por medio de la escalera que se encuentra ubicada en la parte central del proyecto.

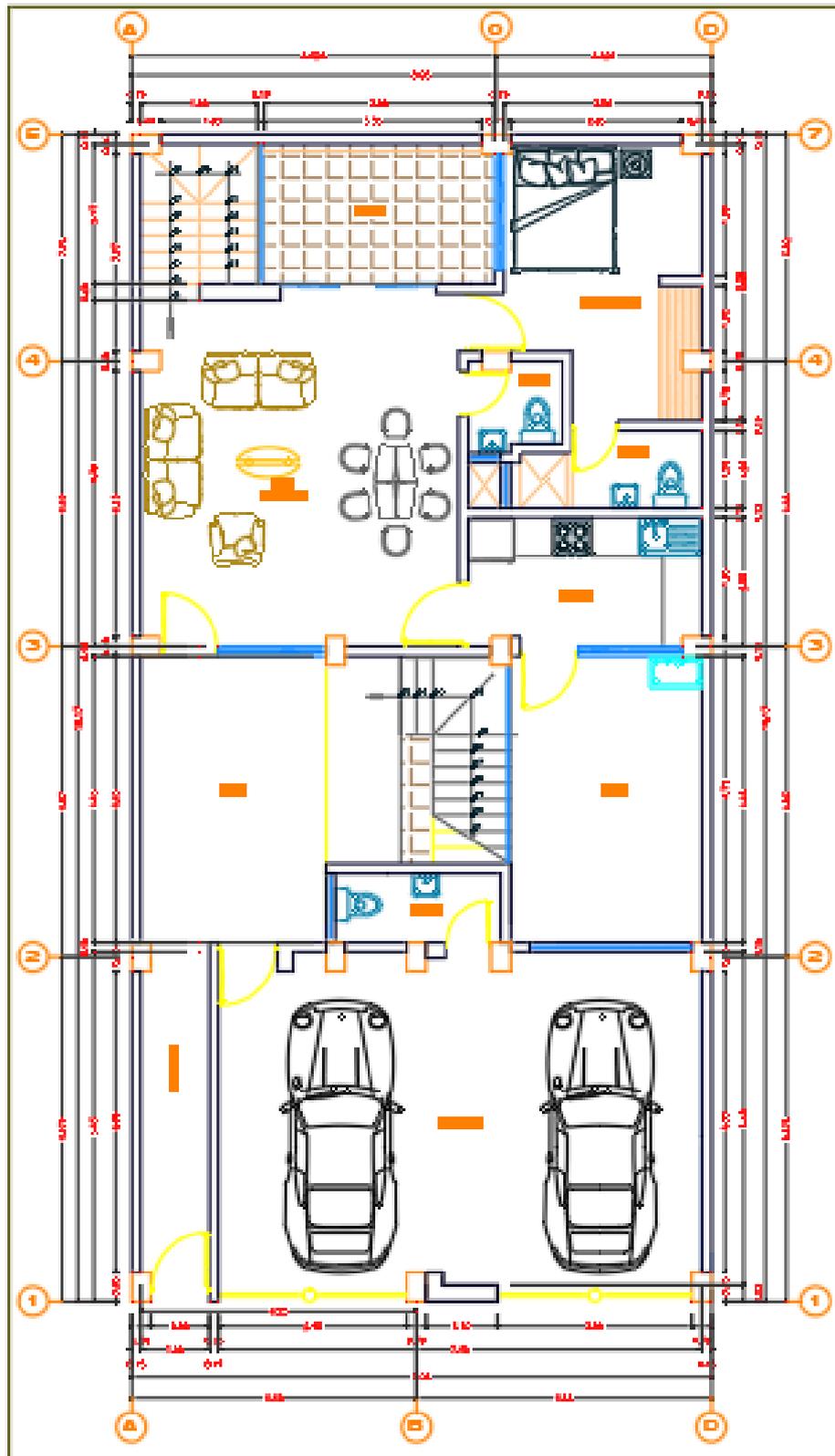


Figura 23. Primera Planta

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

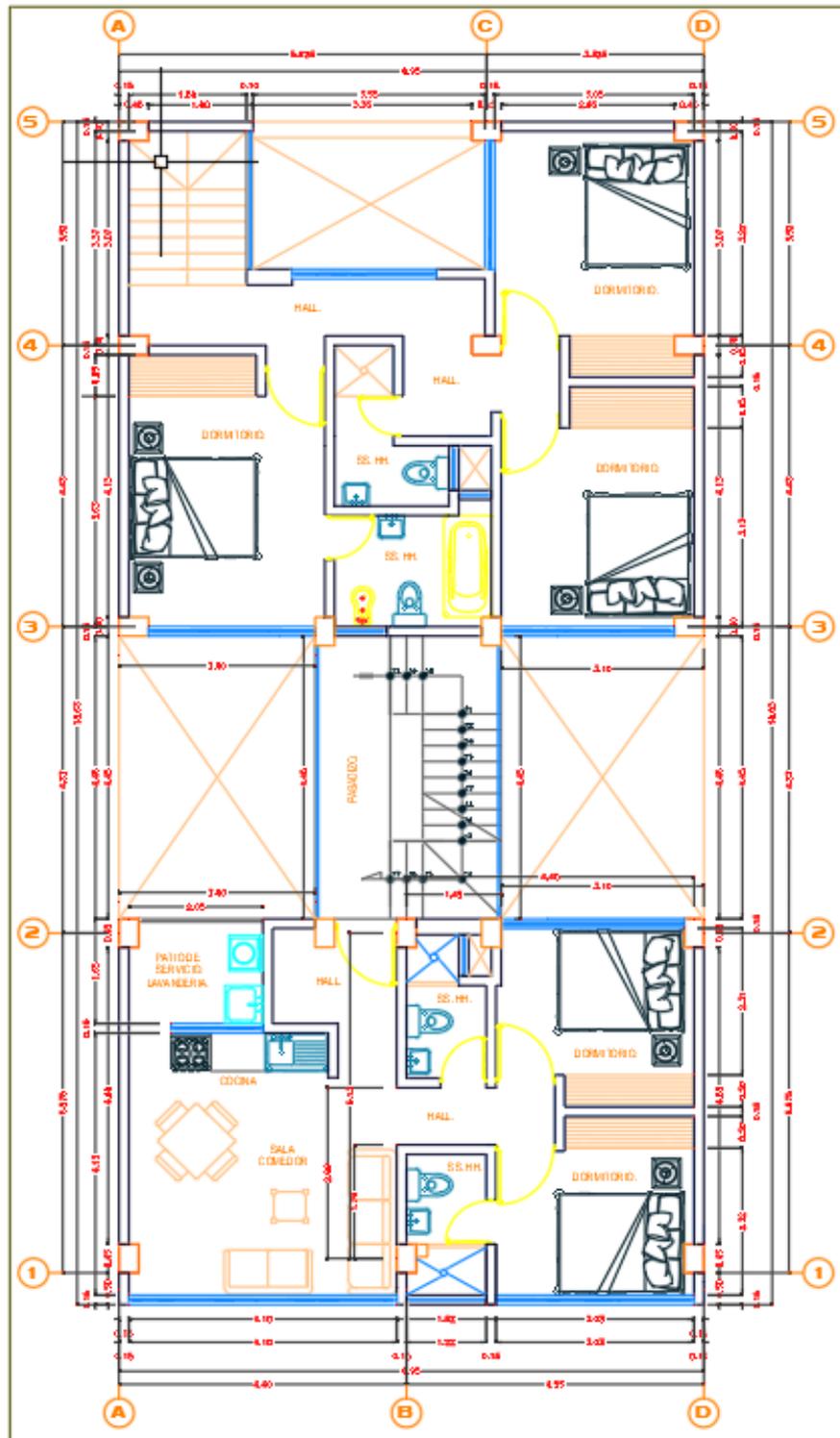


Figura 24. Segunda Planta

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

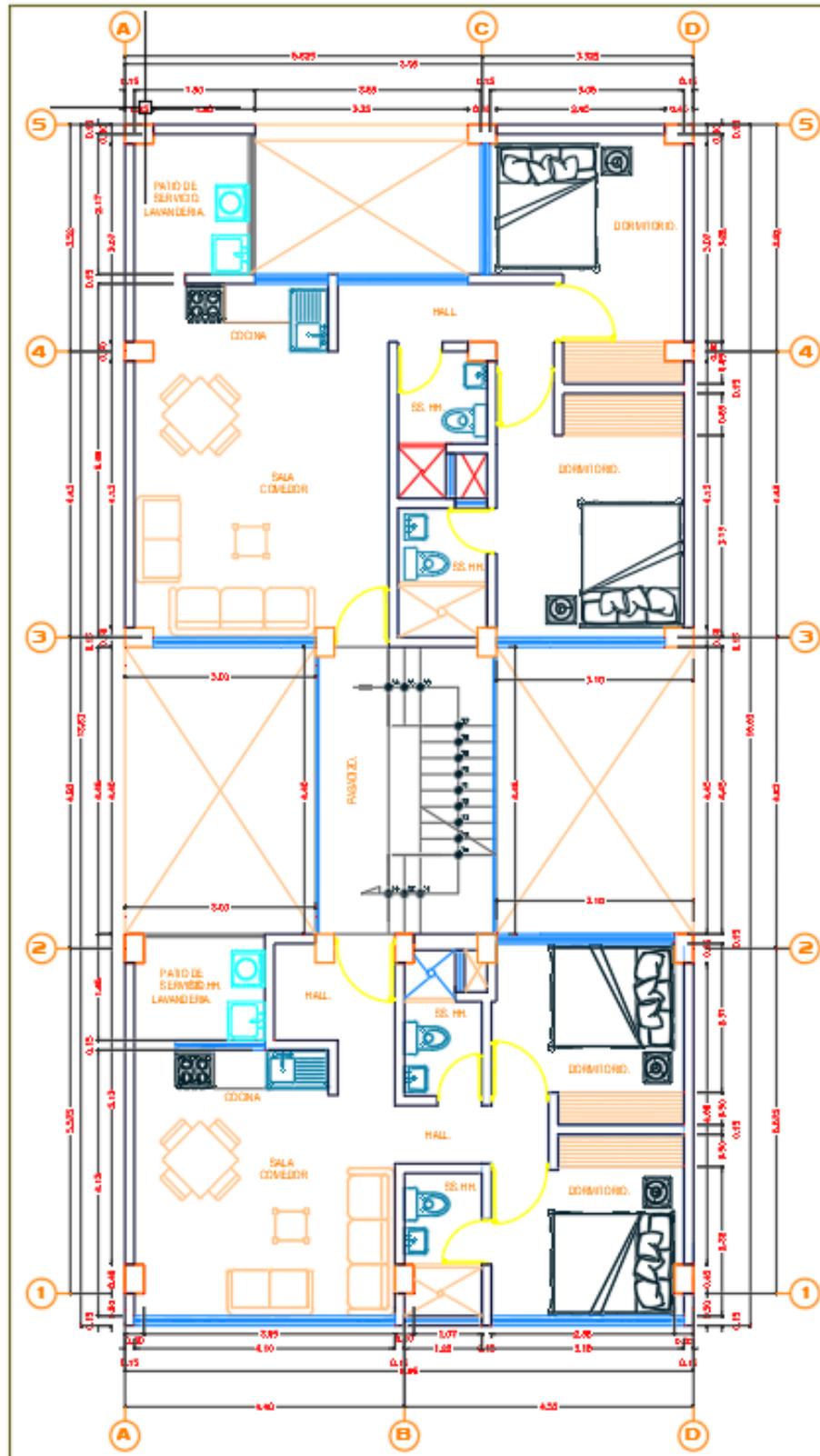


Figura 25. Tercera Planta

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

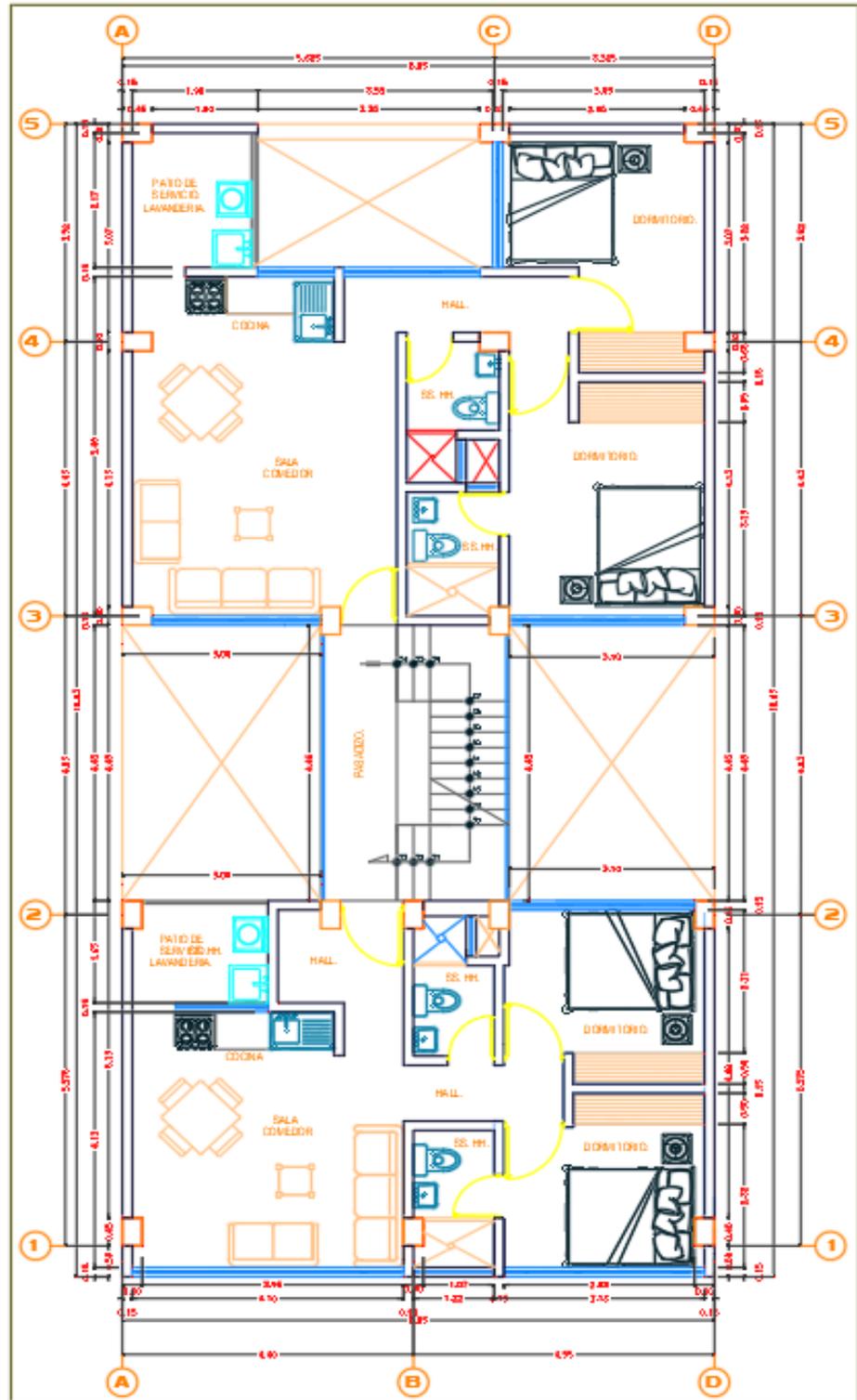


Figura 26. Cuarta Planta

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

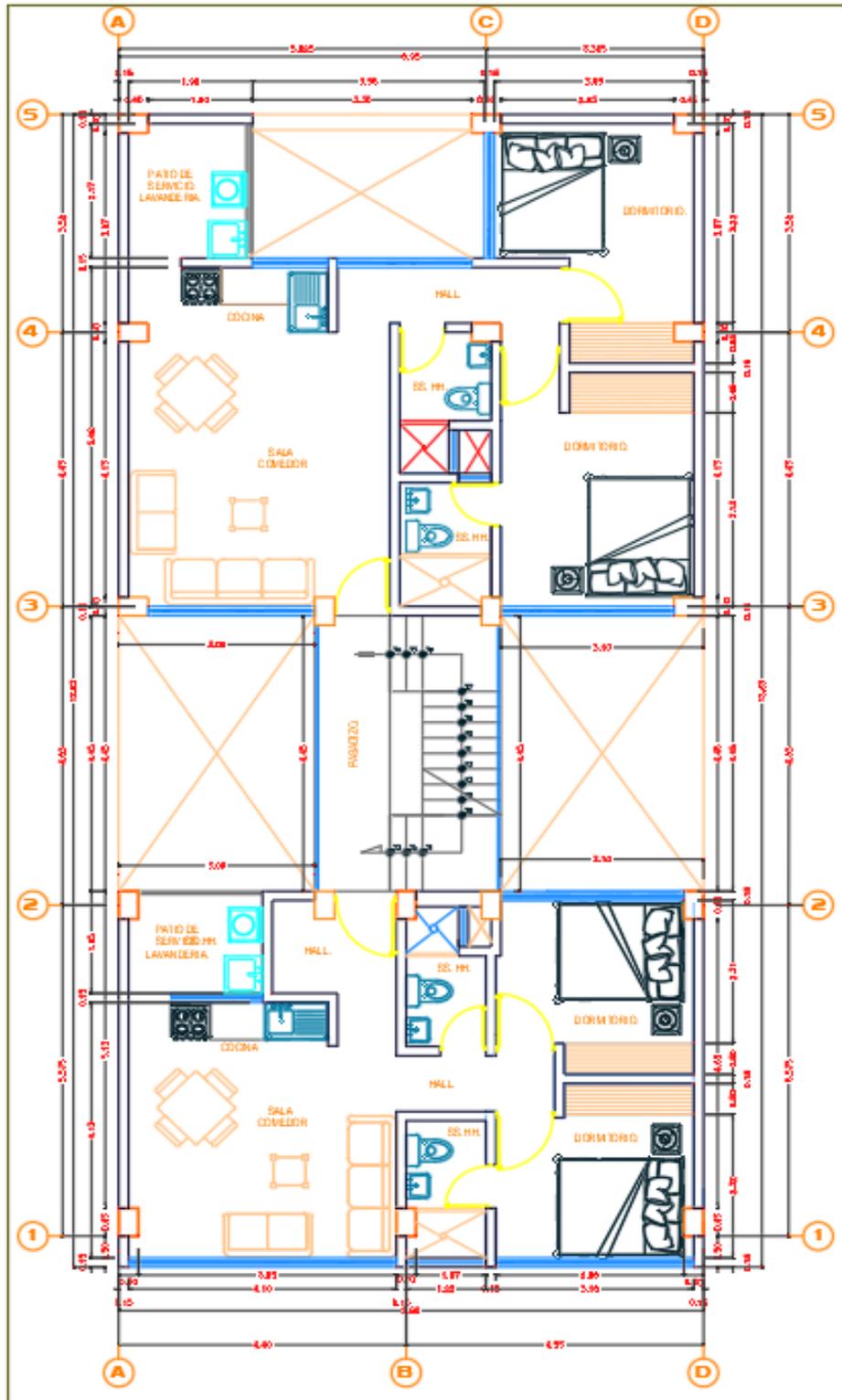


Figura 27. Quinta Planta

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

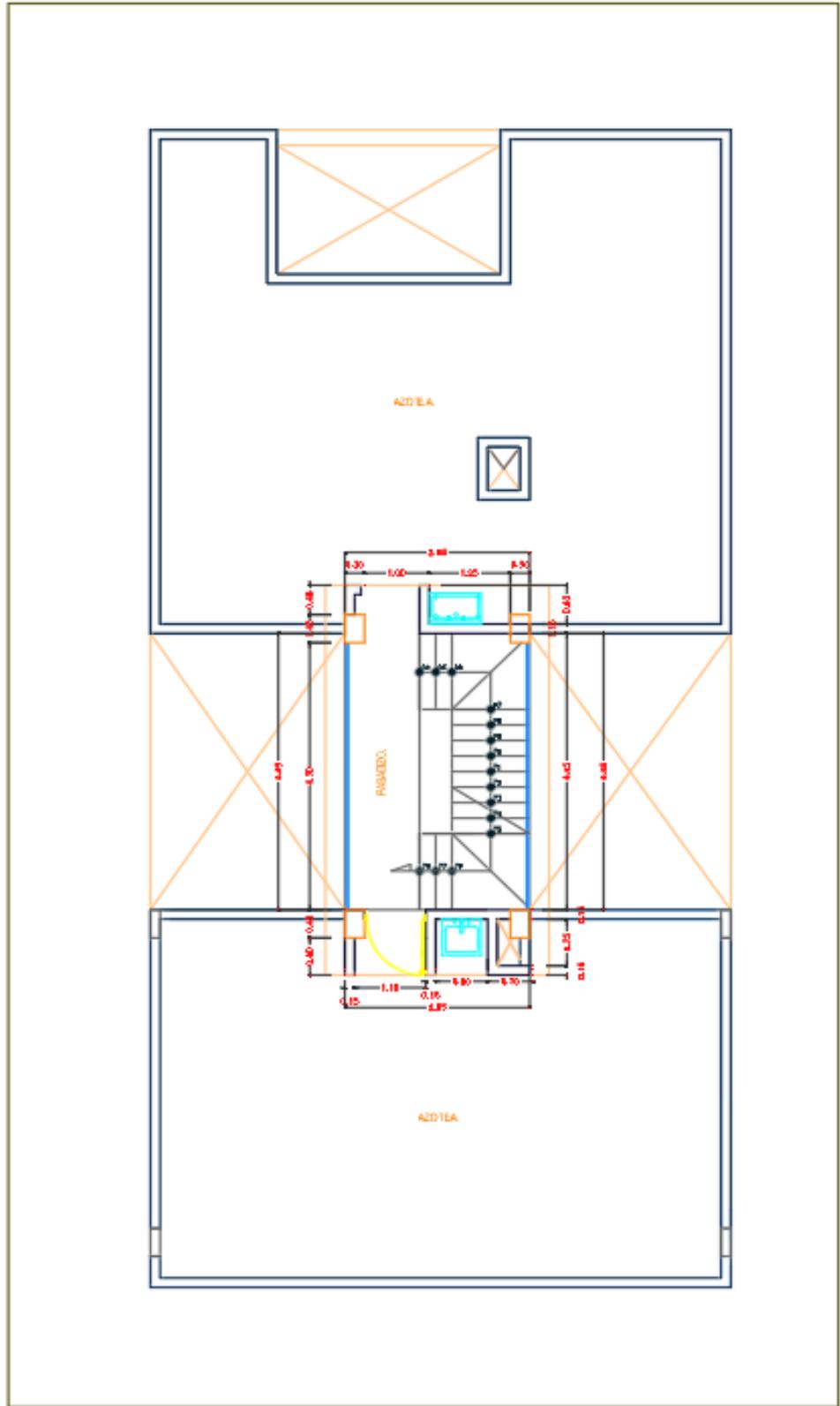


Figura 28. Sexta Planta (azotea)

Fuente. Arq. Milkko Max Fernandez Salazar-2014

4.2. Normas empleadas

Las normas empleadas para mi investigación son las que se encuentran en el Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma E030-2016 que está vigente y la norma E030-2003 que ya no es vigente.

Particularmente son:

- La norma técnica E030 diseño sismorresistente - 2016
- La norma técnica E030 diseño sismorresistente - 2003
- La norma técnica E020 cargas

4.3. Propiedades de los materiales

Se ha considerado materiales de:

- Peso específico del concreto: 2.4tn/m³
- Módulo de poisson: 0.15
- Módulo de elasticidad del concreto: $15000 \cdot \sqrt{f'c}$
- Peso específico del acero: 7.8tn/m³
- Módulo de elasticidad del acero: 2×10^7 tn/m²

4.4. Metrado de cargas

El metrado de carga es una técnica para estimar las cargas actuantes en los elementos estructurales y no estructurales del edificio. En otras palabras, es calcular el peso que puede tener la edificación al sumar cada elemento estructural (CM) y el peso que puede actuar sobre la estructura personas, muebles u otros (CV).

Para la carga muerta (CM) usaremos:

- Peso propio de la losa aligerada (h=0.20m) 300kg/m²
- Acabados (piso terminado y falso piso) 100kg/m²
- y Concreto Armado 2400kg/m³

Para la carga viva (CV) usaremos las sobrecargas de la norma E020:

- Viviendas 200kg/m²
- Corredores y escaleras 200kg/m²
- Techo 100kg/m²

4.4.1. Metrado de cargas de losa aligerada

El metrado de cargas para losa aligerada se realizará por metro cuadrado:

A. Del primer techo hasta el cuarto techo

- **Carga muerta**

El peso de las viguetas ya lo considera el etabs.

Peso del ladrillo 72kg/m²

Piso terminado 100kg/m²

CM = 172kg/m²

- **Carga viva**

Sobre carga para vivienda 200kg/m²

CV = 200kg/m²

B. Azotea

- **Carga muerta**

El peso de las viguetas ya lo considera el etabs.

Peso del ladrillo 72kg/m²

Piso terminado 100kg/m²

CM = 172kg/m²

- **Carga viva**

Sobre carga para vivienda 100kg/m²

CV = 100kg/m²

4.4.2. Metrado de cargas de escalera

El metrado de cargas para escalera se realizará por metro cuadrado:

A. Del primer piso hasta el quinto piso

- **Carga muerta**

Piso terminado 100kg/m²

CM = 100kg/m²

- **Carga viva**

Sobre carga para escalera 200kg/m²

CV = 200kg/m²

4.4.3. Metrado de tabiquería sobre las vigas

El metrado de cargas de tabiquería sobre la viga se realizará por metro lineal:

BLOQUE A

A. (VP – 25cm x 45cm – A) Eje A y Eje E

Del primer techo hasta el cuarto techo

- **Carga muerta**

Tabique=1350kg/m³ x 0.15m x 2.43m=492.08kg/m

CM = 492.08kg/m

Del quinto techo

- **Carga muerta**

Tabique =1350kg/m³ x 0.15m x 1m = 202.5kg/m

CM = 202.5kg/m

B. (VP – 30cm x 45cm – A) Eje C

Del primer techo hasta el cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.43\text{m}=492.08\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 492.08\text{kg/m}$$

C. (VCH – 25cm x 20cm – A) Eje 1

Del primer techo y tercer techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.68\text{m}=542.70\text{kg/m}$$

$$\text{(izquierdo) CM} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.68\text{m}=542.70\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.08\text{m}=421.20\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 421.20\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m}=243.00\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Del segundo techo y cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.00\text{m}=202.50\text{kg/m}$$

$$\text{(izquierdo) CM} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.68\text{m}=542.70\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.08\text{m}=421.20\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 421.20\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique}=350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m}=243.00\text{kg/m}$$

$$\text{(derecho) CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Azotea

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

D. (VS – 25cm x 35cm – A) Eje 2

Del primer techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.53\text{m} = 512.33\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 512.33\text{kg/m}$$

Azotea

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

BLOQUE B

E. (VP – 25cm x 45cm – B) Eje 3

Del primer techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.43\text{m} = 492.08\text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 492.08\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{(derecha) CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Del segundo techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 1.2 \text{m} = 243.00 \text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 243.00 \text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 2.43 \text{m} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 1.2 \text{m} = 243.00 \text{kg/m}$$

$$\text{(derecha) CM} = 243.00 \text{kg/m}$$

Azotea

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 1 \text{m} = 202.50 \text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50 \text{kg/m}$$

F. (VP – 25cm x 45cm – B) Eje 4

Del primer techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 2.43 \text{m} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 492.08 \text{kg/m}$$

G. (VP – 25cm x 45cm – B) Eje 5

Del primer techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 2.43 \text{m} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{(izquierda) CM} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 2.43 \text{m} = 492.08 \text{kg/m}$$

$$\text{(derecha) CM} = 492.08 \text{kg/m}$$

Azotea

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

H. (VS – 25cm x 30cm – B) Eje A y Eje E

Del primer techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.58\text{m} = 522.45\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 522.45\text{kg/m}$$

Azotea

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

I. (VS – 25cm x 30cm – B) Eje D

Del primer techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.58\text{m} = 522.45\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 522.45\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Del segundo techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.58\text{m} = 522.45\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 522.45\text{kg/m}$$

Del quinto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.0\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

J. (VCH – 25cm x 20cm – B) Entre Eje 4 y Eje 5

Del primer techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.68\text{m} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Del segundo techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 2.68\text{m} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 542.70\text{kg/m}$$

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.2\text{m} = 243.00\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00\text{kg/m}$$

Del quinto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350\text{kg/m}^3 \times 0.15\text{m} \times 1.0\text{m} = 202.50\text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50\text{kg/m}$$

K. (VCH – 25cm x 20cm – B) Entre Eje A y Eje D

Del segundo techo al cuarto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 1.2 \text{m} = 243.00 \text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 243.00 \text{kg/m}$$

Del quinto techo

- **Carga muerta**

$$\text{Tabique} = 1350 \text{kg/m}^3 \times 0.15 \text{m} \times 1.0 \text{m} = 202.50 \text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 202.50 \text{kg/m}$$

4.4.4. Metrado de cargas del tanque elevado

El metrado de cargas del tanque elevado se realizará por metro cuadrado:

El tanque elevado cargara tres metros cúbicos de agua por lo que:

- **Carga muerta**

$$\text{Agua} = 3 \text{m}^3 = 3000 \text{lbs} = 3000 \text{kg}$$

El tanque con agua por metro cuadrado será:

$$3000 \text{kg} / (2.85 \text{m} \times 5.2 \text{m}) = 202.43 \text{kg/m}^2$$

$$\text{CM} = 202.43 \text{kg/m}^2$$

4.4.5. Metrado de cargas de tabiquería móvil

El metrado de cargas para tabiquería móvil de altura completa será:

- **Carga muerta**

$$\text{Tabiquería} = 100 \text{kg /cm}^2$$

4.4.6. Modelo estructural del edificio

En la *Figura 29, 30 y 31*, se muestra la vista frontal, vista lateral y el sentido de las viguetas de las losas aligeradas, obtenidas del programa Etabs V.16.2.0.

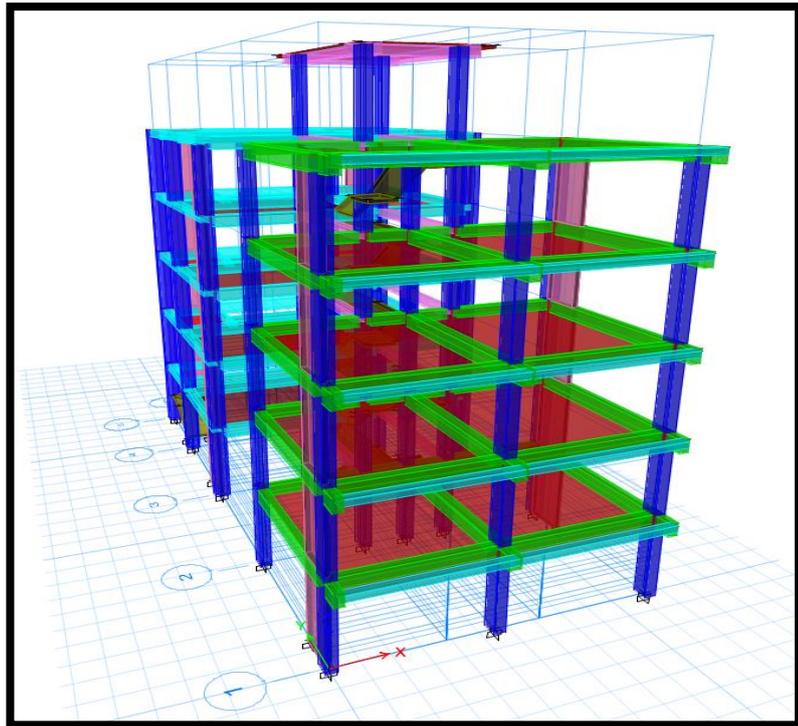


Figura 29. Vista frontal del edificio

Fuente. Etabs V16.2.0.-2016 y elaboración propia

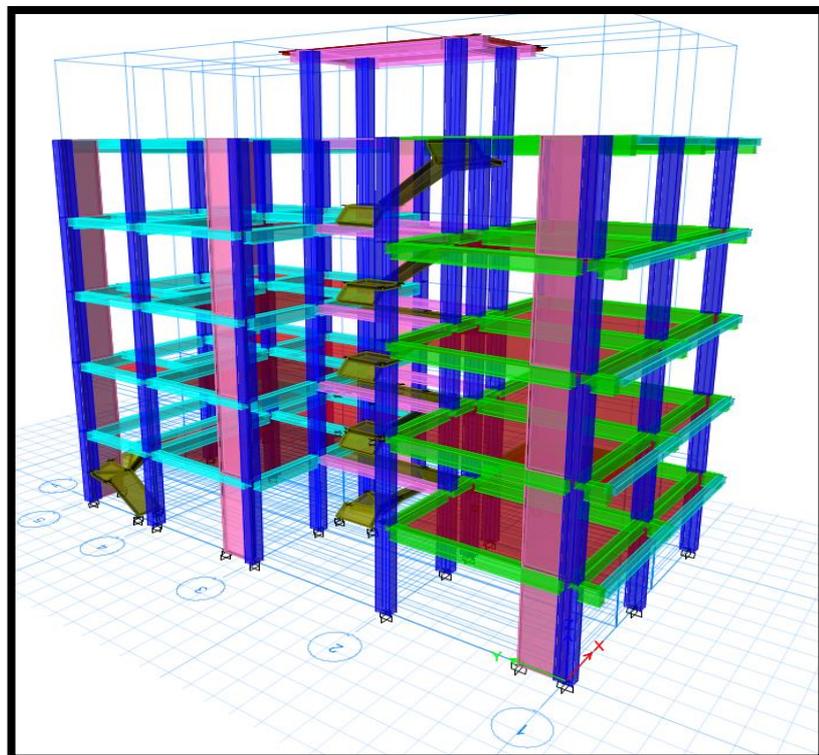


Figura 30. Vista lateral del edificio

Fuente. Etabs V16.2.0.-2016 y elaboración propia

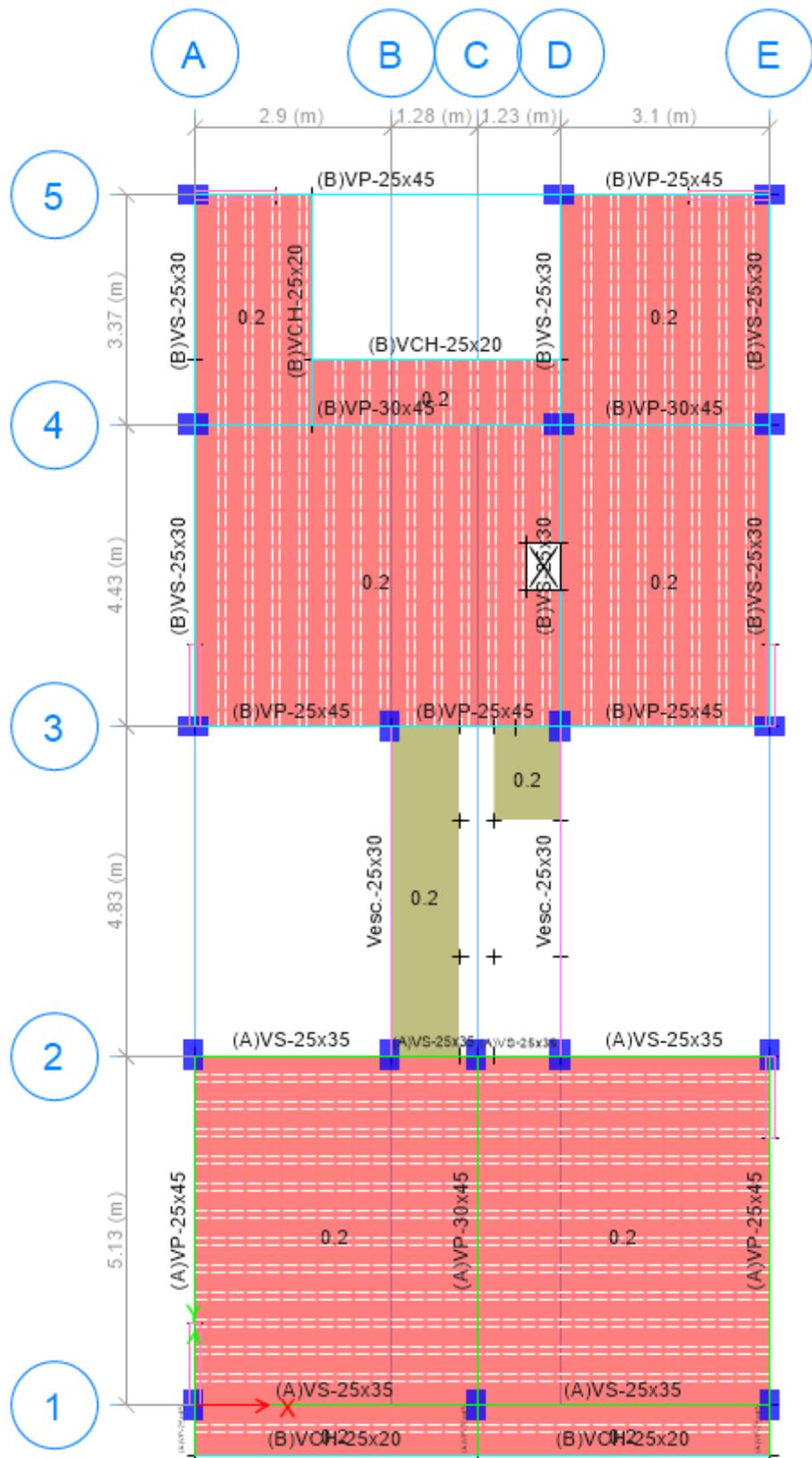


Figura 31. Planta típica del edificio

Fuente. Etabs V16.2.0.-2016 y elaboración propia

4.5. Análisis Sísmico Dinámico

4.5.1. Procedimiento para la determinación de las acciones sísmicas con la norma E030-2016

4.5.1.1. Etapa 1: Peligro Sísmico

a) Factor de Zona (Tabla 2)

Según como se indica en la tabla, este factor se interpreta como la aceleración máxima que ocurrirá en suelo bueno o rígido con una probabilidad de 10%. Para la ciudad de Huancayo según la Tabla 2 se tiene:

$$\text{Zona} = 3$$

$$Z = 0.35$$

b) Perfil del suelo (Tabla 4)

De acuerdo a la clasificación del perfil de suelo con la Tabla 4. Se tiene:

Tipo de suelo = S2 (determinado del mapa de "PELIGRO Y CAPACIDAD PORTANTE - INDECI)

c) Parámetros de sitio (Tabla 6 y Tabla 7)

De acuerdo a la Tabla 6 y Tabla 7, se obtiene los parámetros de sitio, este depende del perfil de tipo de suelo y la zona de ubicación.

$$S = 1.15$$

$$TP(s) = 0.6$$

$$TL((s) = 2.0$$

d) Calculo de Factor de Amplificación Sísmica "C" versus Periodo "T"

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\begin{array}{ll} T < TP & C = 2.5 \\ TP < T < TL & C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right) \end{array}$$

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

El factor de amplificación se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo.

Tabla 21

Tabulación de "C" vs "T" (E030-2016)

T	C
0	2.5
0.1	2.5
0.2	2.5
0.3	2.5
0.4	2.5
0.5	2.5
0.6	2.5
0.7	2.142857
0.8	1.875
0.9	1.666667
1	1.5
1.1	1.363636
1.2	1.25
1.3	1.153846
1.4	1.071429
1.5	1
1.6	0.9375
1.7	0.882353
1.8	0.833333
1.9	0.789474
2	0.75
2.1	0.680272
2.2	0.619835
2.3	0.567108
2.4	0.520833
2.5	0.48
2.6	0.443787
2.7	0.411523
2.8	0.382653
2.9	0.356718

3	0.333333
3.1	0.312175
3.2	0.292969
3.3	0.275482
3.4	0.259516
3.5	0.244898

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Siendo el espectro:

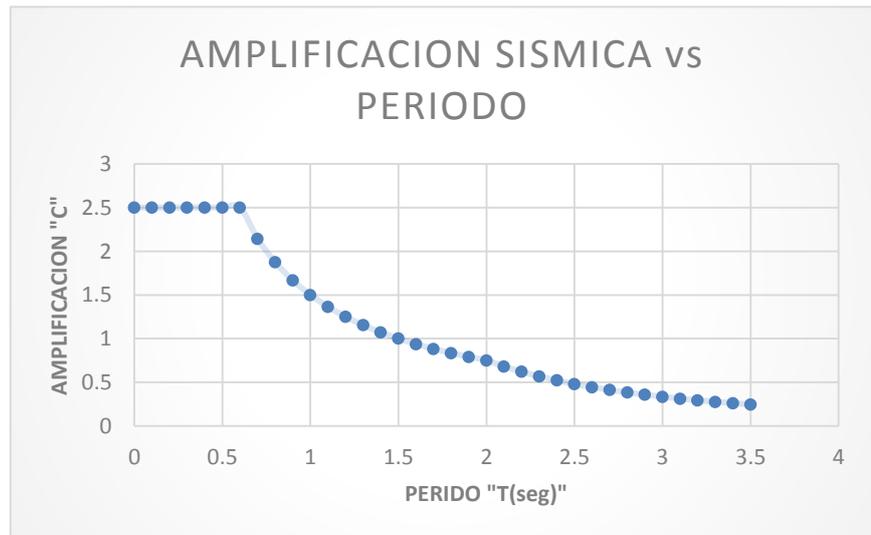


Figura 32. Amplificación sísmica vs Período (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

4.5.1.2. Etapa 2: Caracterización del edificio

a) Categoría y el factor de uso (Tabla 8)

Este depende del tipo de uso que se le da a la edificación.

Categoría = C (Edificaciones comunes)

Factor de uso = 1.00

b) Sistema Estructural

Este se clasifica de acuerdo al material predominante usado y el sistema de estructuración predominante.

Sistema Estructural = Dual

c) Coeficiente de reducción sísmica (Tabla 10)

Según la Tabla 10 el coeficiente de reducción sísmica que se empleará será:

$$R = 7$$

d) Determinación de factores de irregularidad en planta y altura (Tabla 14 y Tabla 17)

a. Irregularidad de Altura

• Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

Esta irregularidad se obtiene cuando la distorsión de entrepiso es mayor de 1.4 veces de la distorsión de entrepiso superior. $(\frac{\Delta}{h_i} > 1.4(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}))$

Tabla 22

Irregularidad de Piso Blando - dirección X (E030-2016)

Piso	Derivas elástica	Irregularidad si $\Delta > 1.4\Delta_{+1}$	la = 0.75
N+17.46 Azotea - AB	0.002	-	
N+14.58 piso 5-AB	0.002	-	
N+11.7 piso 4-AB	0.003	1.39	No existe irregularidad
N+8.82 piso 3-AB	0.004	1.23	
N+5.94 piso 2-AB	0.004	1.02	
N+3.06 piso 1-AB	0.002	0.54	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 23

Irregularidad de Piso Blando - dirección Y (E030-2016)

Piso	Derivas elástica	Irregularidad si : $\Delta > 1.4\Delta_{+1}$	la = 0.75
N+17.46 Azotea - AB	0.002	-	
N+14.58 piso 5-AB	0.001	-	
N+11.7 piso 4-AB	0.001	1.18	No existe irregularidad
N+8.82 piso 3-AB	0.001	1.12	
N+5.94 piso 2-AB	0.001	0.91	
N+3.06 piso 1-AB	0.000	0.46	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Irregularidad de resistencia – Piso Débil**

Esta irregularidad es aplicable cuando el elemento estructural no es continuo en este edificio todos los elementos son continuos.

- **Irregularidad de masa o peso**

Esta irregularidad se obtiene cuando el peso de un piso es mayor que 1.5 veces del peso del piso superior. ($w_i > 1.5w_{i+1}$),

Tabla 24

Irregularidad de masa (E030-2016)

Piso	Peso por nivel (ton)	Irregularidad si : $w > 1.5w_{+1}$	$I_a = 0.90$
N+17.46 Azotea - AB	20.1349	-	
N+14.58 piso 5-AB	108.8207	-	
N+11.7 piso 4-AB	138.2504	1.27	No existe irregularidad
N+8.82 piso 3-AB	138.6948	1.00	
N+5.94 piso 2-AB	138.2504	1.00	
N+3.06 piso 1-AB	143.8988	1.04	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Irregularidad geométrica vertical**

Esta irregularidad se obtiene cuando la dimensión en planta es mayor que 1.3 veces que la dimensión adyacente. En este caso no se aplica porque la edificación es continua y no se aplica en azotea ni en sótano.

- **Irregularidad en los sistemas resistentes**

Esta irregularidad es aplicable cuando el elemento estructural no es continuo (muros bandera), en este edificio todos los elementos son continuos.

b. Irregularidad de Planta

- **Irregularidad torsional**

Existe irregularidad torsional si la deriva del entrepiso es mayor a 1.2 veces de la deriva del centro de masa.

Tabla 25

Irregularidad torsional - dirección X (E030-2016)

Piso	Deriva del entrepiso	Deriva del C.M.	Irregularidad si: $\Delta P.E > 1.2 \Delta C.M$	Torsion $I_p = 0.75$
N+14.58 piso 5-AB	0.017	0.008	2.130	
N+11.7 piso 4-AB	0.024	0.011	2.280	
N+8.82 piso 3-AB	0.030	0.014	2.171	Si existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.030	0.014	2.153	
N+3.06 piso 1-AB	0.016	0.008	2.032	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 26

Irregularidad torsional - dirección Y (E030-2016)

Piso	Deriva del entrepiso	Deriva del C.M.	Irregularidad si: $\Delta P.E > 1.2 \Delta C.M$	Torsion $I_p = 0.75$
N+14.58 piso 5-AB	0.006	0.006	1.014	
N+11.7 piso 4-AB	0.007	0.007	1.008	
N+8.82 piso 3-AB	0.008	0.008	1.010	No existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.007	0.007	1.013	
N+3.06 piso 1-AB	0.003	0.003	1.023	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Irregularidad torsional extrema**

Existe irregularidad torsional extrema si la deriva del entrepiso es mayor a 1.5 veces de la deriva del centro de masa.

Tabla 27

Irregularidad torsional extrema - dirección X (E030-2016)

Piso	Deriva del entrepiso	Deriva del C.M.	Irregularidad si: $\Delta P.E > 1.5 \Delta C.M$	Torsion extrema $I_p = 0.6$
N+14.58 piso 5-AB	0.017	0.008	2.130	
N+11.7 piso 4-AB	0.024	0.011	2.280	
N+8.82 piso 3-AB	0.030	0.014	2.171	Si existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.030	0.014	2.153	
N+3.06 piso 1-AB	0.016	0.008	2.032	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 28

Irregularidad torsional extrema - dirección Y (E030-2016)

Piso	Deriva del entrepiso	Deriva del C.M.	Irregularidad si: $\Delta P.E > 1.5 \Delta C.M$	Torsion extrema $I_p = 0.6$
N+14.58 piso 5-AB	0.006	0.006	1.014	
N+11.7 piso 4-AB	0.007	0.007	1.008	
N+8.82 piso 3-AB	0.008	0.008	1.010	No existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.007	0.007	1.013	
N+3.06 piso 1-AB	0.003	0.003	1.023	

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Esquinas Entrantes**

Existe irregularidad esquinas entrantes cuando en ambas direcciones son mayores del 20% de la dimensión total.

Tabla 29

Irregularidad esquinas entrantes (E030-2016)

Dimensiones en ambas direcciones		Irregularidad si: $a > 0.2A$ y $b > 0.2B$	$I_p = 0.9$	Imagen
Lado A	18.13	0.245449531	Si existe irregularidad	
Lado a	4.45			
Lado B	8.95	0.346368715		
Lado b	3.1			

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Discontinuidad de diafragma**

Existe irregularidad de discontinuidad de diafragma cuando el área de los ductos es mayor al 50% del área bruta del diafragma. En este caso no existe esta irregularidad.

- **Sistemas no paralelos**

Se aplica esta irregularidad cuando los elementos no son paralelos. En esta edificación no existe esta irregularidad.

4.5.1.3. Etapa 3: Análisis Estructural

4.5.1.3.1. Modelos de análisis

Para el modelo se considerará tres grados de libertad, dos componentes de traslación horizontal y una rotación.

4.5.1.3.2. Estimación del peso

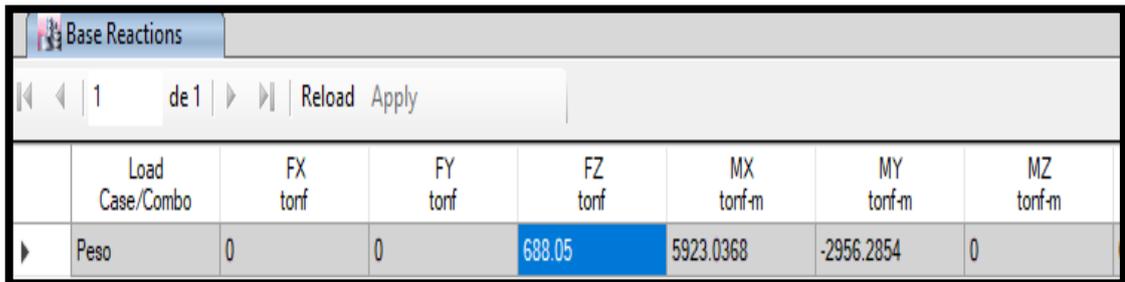
Se determina el peso para el cálculo de la fuerza sísmica.

Peso Sísmico (Edificaciones de categoría C)

$P = \text{Carga muerta } 100\% + \text{Carga viva } 25\%$

$P = 688.05 \text{ ton}$

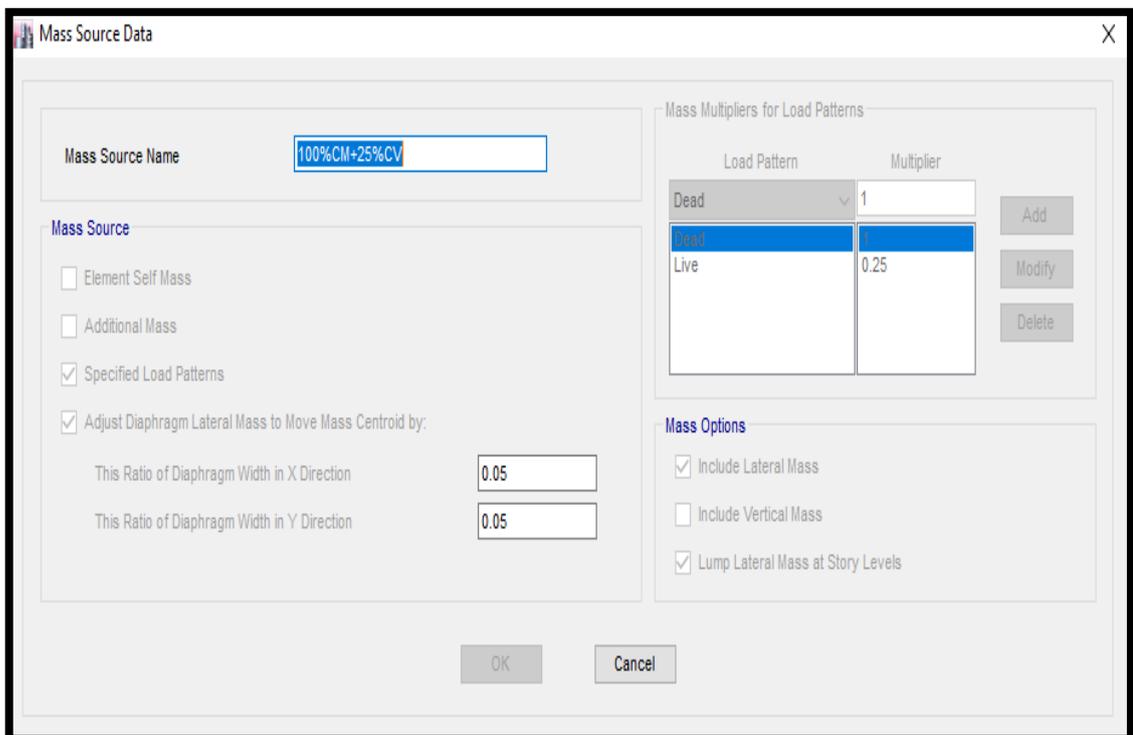
Este es el peso obtenido del Software Etabs como se muestra en la *Figura 33*.



Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Peso	0	0	688.05	5923.0368	-2956.2854	0

Figura 33. Peso (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia



Mass Source Name: 100%CM+25%CV

Mass Source:

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0.05

Mass Multipliers for Load Patterns:

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.25

Mass Options:

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

Figura 34. Definición del peso sísmico y la excentricidad (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.1.3.3. Análisis modal (determinación de modos de vibración, periodos naturales y masas participantes)

La sumatoria de las masas efectivas, debe ser por lo menos el 90% de la masa total. Se toma en cuenta los tres primeros modos.

$T_x = 0.754$ seg.

$T_y = 0.491$ seg.

$T_z = 0.460$ seg.

Estos datos se obtuvieron del software Etabs V.16, se muestran en la *Figura 35*.

Modal Participating Mass Ratios															
3 de 15 Reload Apply															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
	Modal	1	0.754	0.5269	0.0016	0	0.5269	0.0016	0	0.0004	0.1663	0.2668	0.0004	0.1663	0.2668
	Modal	2	0.491	0.0075	0.7269	0	0.5344	0.7286	0	0.2955	0.003	0.0033	0.2958	0.1693	0.2702
▶	Modal	3	0.46	0.2499	0.0084	0	0.7843	0.737	0	0.0046	0.0784	0.4867	0.3004	0.2477	0.7568
	Modal	4	0.24	0.0791	0.0001	0	0.8633	0.737	0	0.0009	0.3813	0.033	0.3013	0.6289	0.7898
	Modal	5	0.188	4.283E-05	0.0627	0	0.8634	0.7997	0	0.1543	0.0002	1.413E-05	0.4557	0.6291	0.7898
	Modal	6	0.163	0.0049	0.0001	0	0.8683	0.7997	0	0.0001	0.0085	0.0223	0.4558	0.6376	0.8121
	Modal	7	0.138	0.0145	0.0005	0	0.8828	0.8002	0	0.0011	0.041	0.0052	0.4569	0.6786	0.8173
	Modal	8	0.122	0.0277	0.0554	0	0.9105	0.8556	0	0.166	0.0781	0.0237	0.6229	0.7566	0.8411
	Modal	9	0.118	0.029	0.0433	0	0.9395	0.8989	0	0.1255	0.0787	0.0336	0.7484	0.8353	0.8746
	Modal	10	0.114	0.0071	2.566E-06	0	0.9466	0.8989	0	9.393E-06	0.0127	0.0419	0.7484	0.848	0.9165
	Modal	11	0.074	0.0167	1.159E-05	0	0.9633	0.8989	0	4.781E-05	0.0537	0.0055	0.7485	0.9018	0.922
	Modal	12	0.061	0.0004	0.054	0	0.9637	0.9529	0	0.1167	0.0008	0.0003	0.8652	0.9026	0.9223
	Modal	13	0.054	0.0058	3.891E-06	0	0.9694	0.9529	0	1.298E-05	0.0167	0.0024	0.8652	0.9193	0.9247
	Modal	14	0.054	0.0155	0.0008	0	0.985	0.9537	0	0.0016	0.0344	0.042	0.8668	0.9538	0.9667
	Modal	15	0.036	0.0001	0.0294	0	0.9851	0.9831	0	0.0827	0.0003	0.0001	0.9495	0.9541	0.9668

Figura 35. Modos de vibración, periodos (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.1.3.4. Espectro sísmico para cada dirección

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS							
Tesista:		Luis Aclari Huayllani					
Ficha de elaboracion del Espectro Sismico aplicando con la norma E030-2016							
Factor de zona				Periodo	E030-2016		
Z1	0.1			T (seg)	C	Sa x	Sa y
Z2	0.25			0	2.50	2.350	1.567
Z3	0.35			0.1	2.50	2.350	1.567
Z4	0.45			0.2	2.50	2.350	1.567
Parametros del suelo				0.3	2.50	2.350	1.567
S2	1.15			0.4	2.50	2.350	1.567
TP(s)	0.6			0.5	2.50	2.350	1.567
TL(s)	2			0.6	2.50	2.350	1.567
Factor de amplificacion sismica				0.7	2.14	2.015	1.343
C=2.5 ; T<TP				0.8	1.88	1.763	1.175
C=2.5 x TP/T ; TP<T<TL				0.9	1.67	1.567	1.045
C= 2.5 x (TP x TL/T^2) ; T>TL				1	1.50	1.410	0.940
Factor de Uso de la edificacion				1.1	1.36	1.282	0.855
Edificacion esencial	U=1.5			1.2	1.25	1.175	0.783
Edificacion importante	U=1.3			1.3	1.15	1.085	0.723
Edificacion comun	U=1.0			1.4	1.07	1.007	0.672
Edificaciones temporales	ver nota 2			1.5	1.00	0.940	0.627
Factor de Reduccion				1.6	0.94	0.881	0.588
Rox	7	Roy	7	1.7	0.88	0.830	0.553
lax	1	lay	1	1.8	0.83	0.783	0.522
lpx	0.6	lpy	0.9	1.9	0.79	0.742	0.495
Rx	4.2	Ry	6.3	2	0.75	0.705	0.470
Gravedad				2.1	0.68	0.640	0.426
g	9.81			2.2	0.62	0.583	0.388
Factor				2.3	0.57	0.533	0.355
$\frac{ZxUxS}{R} \times g$				2.4	0.52	0.490	0.326
				2.5	0.48	0.451	0.301
Sa x-y				2.6	0.44	0.417	0.278
Factor X	0.940125	Factor Y	0.62675	2.7	0.41	0.387	0.258

Figura 36. Elaboración de espectro sísmico (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

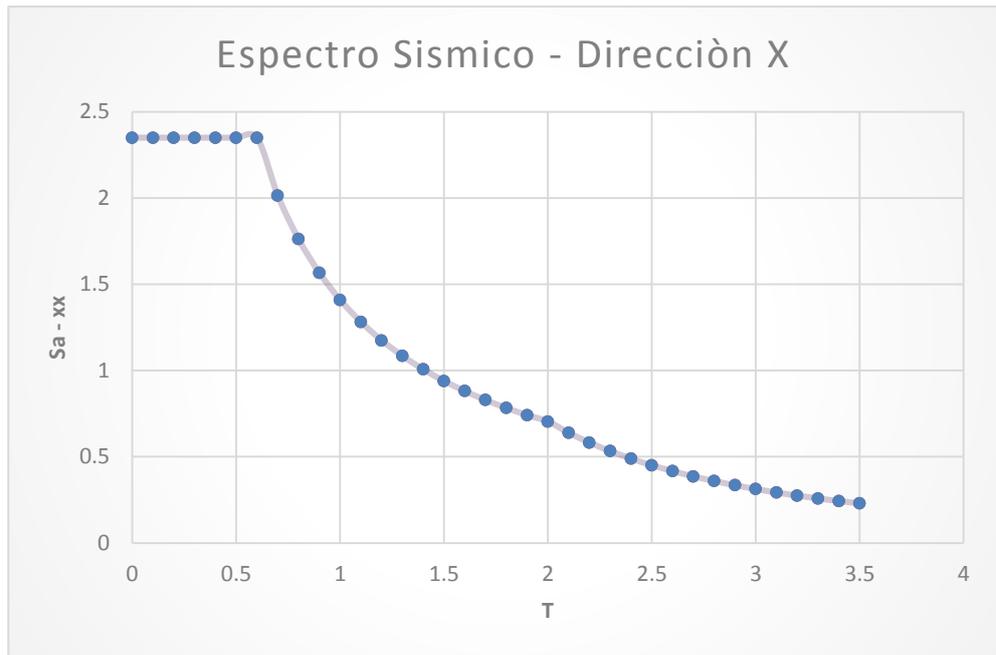


Figura 37. Espectro sísmico – Dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

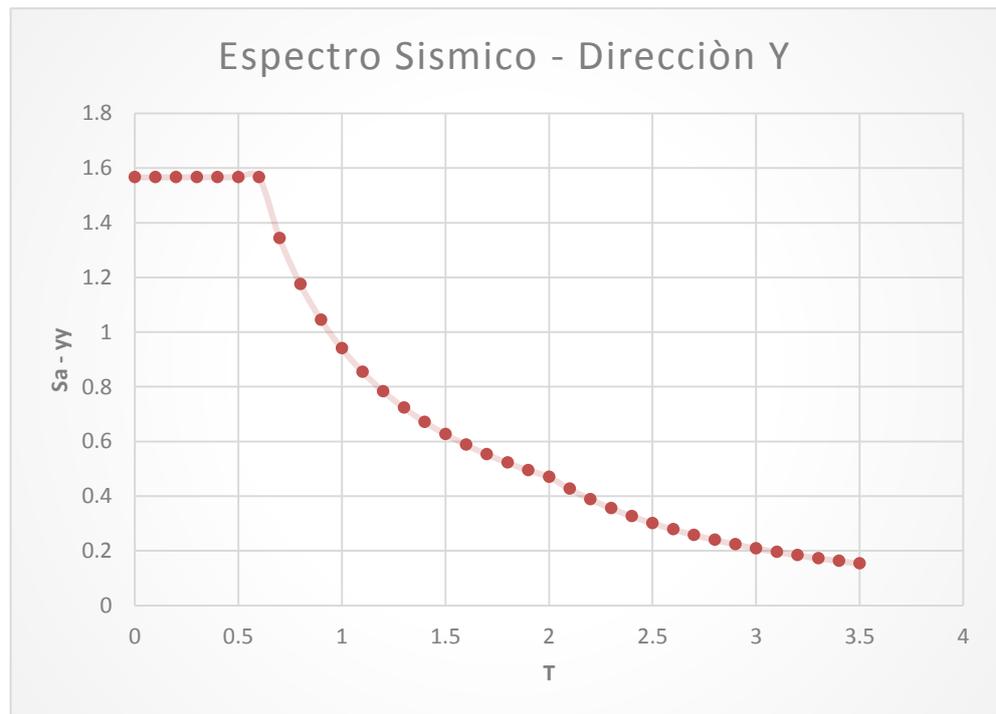


Figura 38. Espectro sísmico – Dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

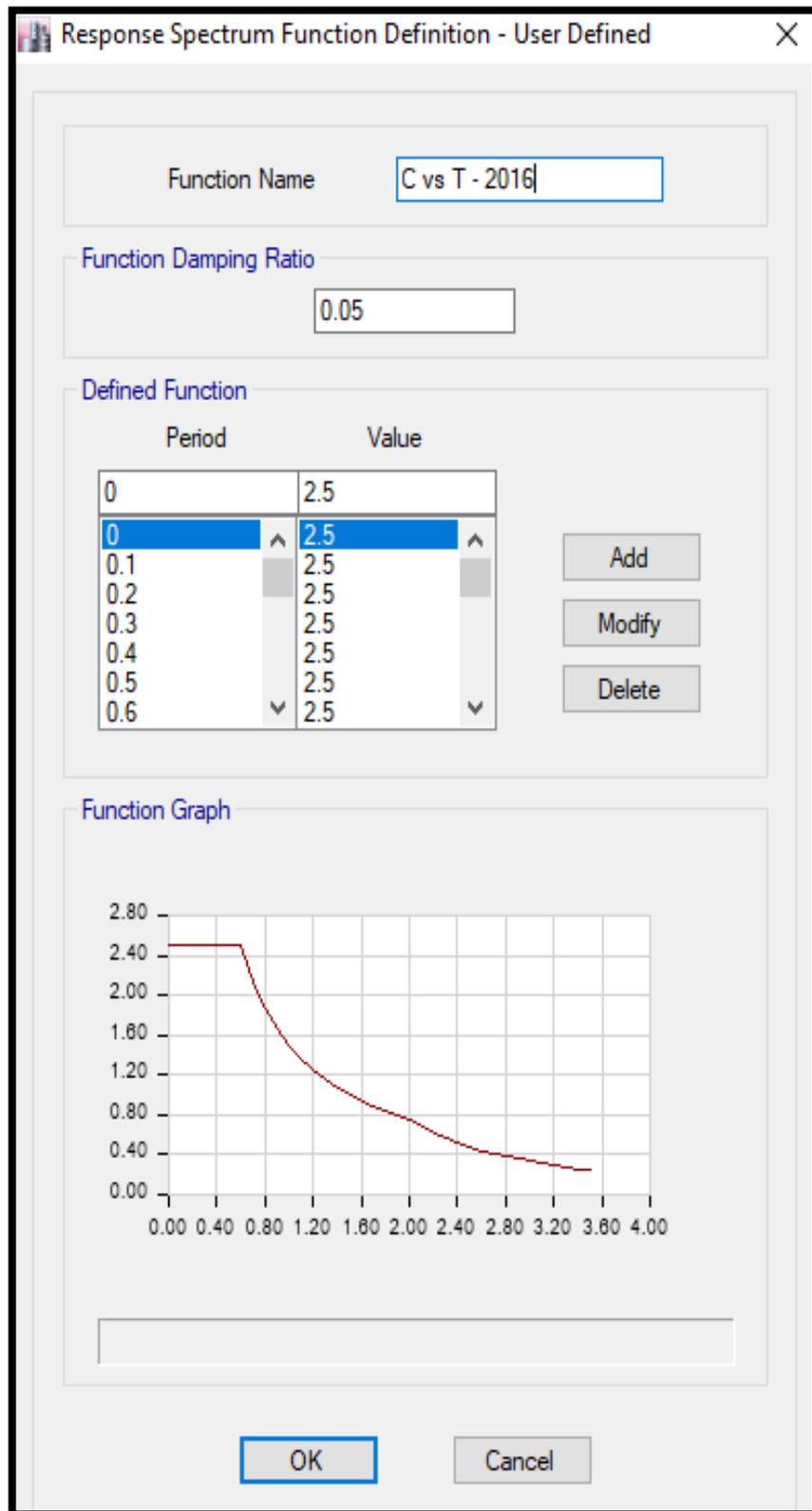


Figura 39. Insertando la función de C vs T (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

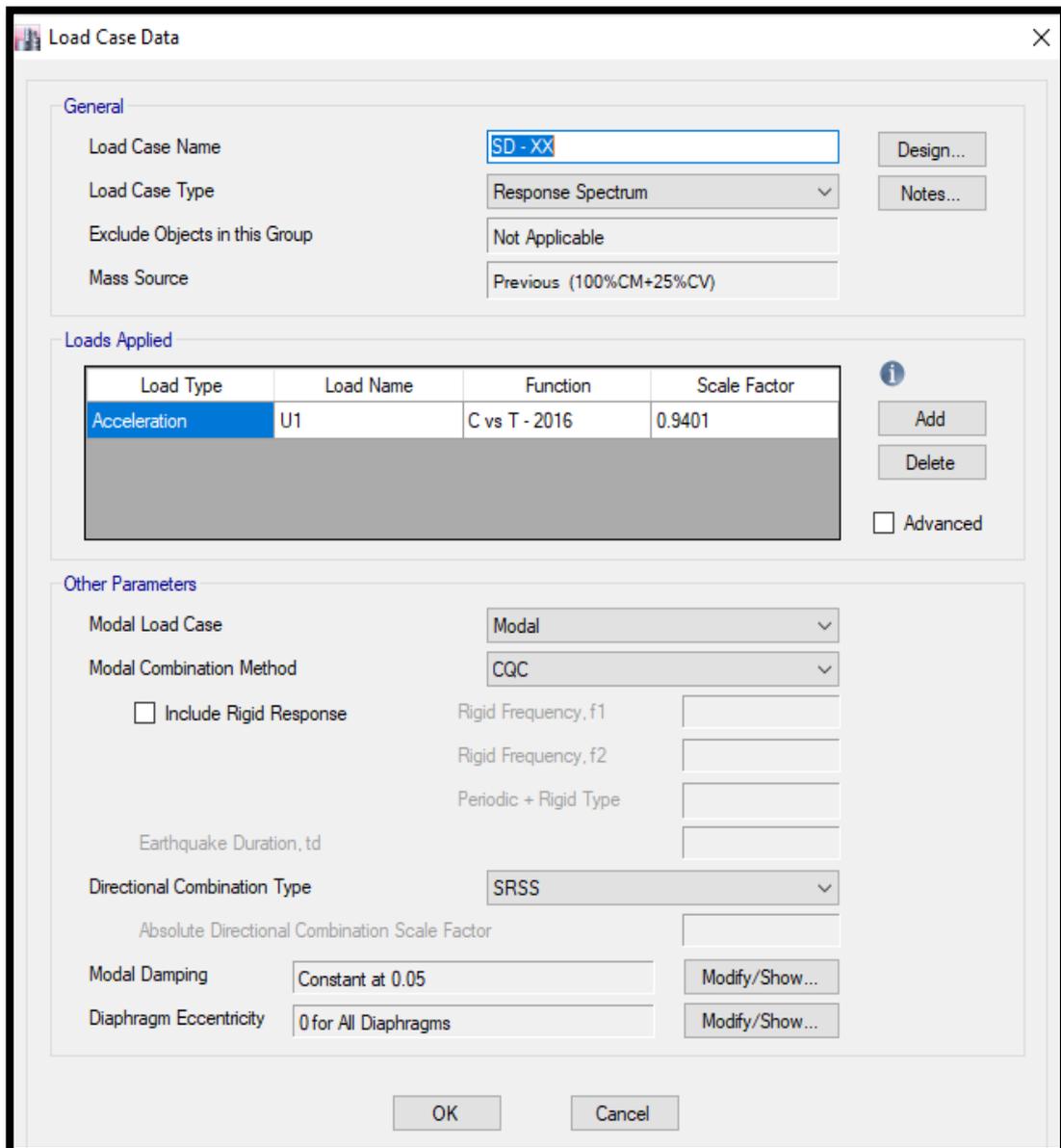


Figura 40. Definición del espectro sísmico, método de CQC y amortiguamiento de 5% (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.1.3.5. Determinación de la fuerza cortante

La fuerza cortante dinámica obtenida mediante el método de CQC es:

$$V_{\text{Dinámico XX}} = 83.06 \text{ ton.f}$$

$$V_{\text{Dinámico YY}} = 80.34 \text{ ton.f}$$

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	SD - XX Max	Bottom	0	5.6622	0.743	41.2439	2.1399	16.3072
N+17.46 Azotea -	SD - YY Max	Bottom	0	0.4343	6.5679	30.9573	18.9157	1.2507
N+14.58 piso 5-AB	SD - XX Max	Bottom	0	25.8759	3.2039	250.3408	10.2515	88.6094
N+14.58 piso 5-AB	SD - YY Max	Bottom	0	2.0554	26.8752	135.8143	91.6831	6.9406
N+11.7 piso 4-AB	SD - XX Max	Bottom	0	48.6699	5.9049	498.8248	26.945	225.5569
N+11.7 piso 4-AB	SD - YY Max	Bottom	0	3.8744	49.7519	254.4973	231.9769	17.8916
N+8.82 piso 3-AB	SD - XX Max	Bottom	0	65.7884	7.68	678.5086	48.5663	410.8097
N+8.82 piso 3-AB	SD - YY Max	Bottom	0	5.1338	66.3233	340.7817	419.8589	32.5006
N+5.94 piso 2-AB	SD - XX Max	Bottom	0	77.3861	8.9167	793.7858	73.2053	626.9454
N+5.94 piso 2-AB	SD - YY Max	Bottom	0	5.9111	76.3219	392.8233	635.9667	49.1096
N+3.06 piso 1-AB	SD - XX Max	Bottom	0	83.0633	9.5185	845.844	101.185	873.2498
N+3.06 piso 1-AB	SD - YY Max	Bottom	0	6.3457	80.3353	414.1819	877.6765	67.8498

Figura 41. Fuerza cortante dinámica (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Para la determinación de la fuerza cortante dinámica mínima, se debe considerar un 80% para estructuras regulares y un 90% para estructuras irregulares de la fuerza cortante estática.

Z=	0.35	zona 3					
U=	1	edificacion c					
S=	1.15	S2					
TP=	0.6				Coeficiente	Peso	Cortante
TL=	2				sismico	Edificacion	Estatica
Cx=	1.98938992	Tx=	0.754	Vx= ZUCS/RX	0.19	688.05	131.18
Cy=	2.5	Ty=	0.491	Vy= ZUCS/Ry	0.16	688.05	109.90
Rx=	4.2	CX/RX>0.125	0.47366427				
Ry=	6.3	CY/Ry>0.125	0.3968254				

Figura 42. Fuerza cortante estática (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

	Cortante Estatica	90% de V. estatica	Cortante Dinamica	Factor Escala	Cortante minima de diseño (Vdina. * F.E)
Vx	131.18	118.05898	83.063	1.42131	118.06
Vy	109.90	98.907188	80.34	1.23118	98.91

Figura 43. Escalamiento de fuerzas corregidas (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo xx Max	Bottom	0	8.0478	1.0561	58.6204	3.0414	23.1777
N+17.46 Azotea -	Sismo yy Max	Bottom	0	0.5346	8.0863	38.114	23.2886	1.5398
N+14.58 piso 5-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	36.7777	4.5537	355.8119	14.5705	125.9414
N+14.58 piso 5-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	2.5306	33.0883	167.2118	112.8784	8.5451
N+11.7 piso 4-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	69.175	8.3927	708.9847	38.2972	320.5863
N+11.7 piso 4-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	4.7701	61.2535	313.332	285.6053	22.0278
N+8.82 piso 3-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	93.5057	10.9157	964.371	69.0278	583.8879
N+8.82 piso 3-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	6.3206	81.656	419.5636	516.9218	40.0141
N+5.94 piso 2-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	109.9897	12.6735	1128.2157	104.0474	891.0838
N+5.94 piso 2-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	7.2777	93.966	483.6362	782.9895	60.4627
N+3.06 piso 1-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	118.0586	13.5288	1202.2066	143.8153	1241.1587
N+3.06 piso 1-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	7.8127	98.9072	509.9325	1080.5777	83.5353

Figura 44. Fuerza cortante dinámica de diseño (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.1.4. Etapa 4: Validación de la estructura

4.5.1.4.1. Distorsión de entrepiso – Deriva

Tabla 30

Deriva Elástica en Dirección X (E030-2016)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.002
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.002
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.003
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.004
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.004
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.002

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 31

Deriva Elástica en Dirección Y (E030-2016)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.0015
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.0008
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.0010
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.0011
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.0010
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.0005

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

4.5.2. Procedimiento para la determinación de las acciones sísmicas con la norma E030-2003

4.5.2.1. Etapa 1: Peligro Sísmico

e) Factor de Zona (Tabla 3)

Según como se indica en la tabla, este factor se interpreta como la aceleración máxima en roca con una probabilidad de 10%. Para la ciudad de Huancayo según la Tabla 3 se tiene:

$$\text{Zona} = 2$$

$$Z = 0.30$$

f) Perfil del suelo (Tabla 5)

De acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelo y clasificado con la Tabla 5 Se tiene:

Tipo de suelo = S2 (determinado del mapa de "PELIGRO Y CAPACIDAD PORTANTE - INDECI).

g) Parámetros de sitio (Tabla 5)

De acuerdo a la Tabla 5, se obtiene los parámetros de sitio y este depende del perfil de suelo que tenga.

$$S = 1.2$$

$$TP(s) = 0.6$$

h) Calculo de Factor de Amplificación Sísmica "C" versus Periodo "T"

Se determina mediante la siguiente expresión:

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

Tabla 32

Tabulación "C" vs "T" (E030 – 2003)

T	C
0	2.5
0.1	2.5
0.2	2.5
0.3	2.5
0.4	2.5
0.5	2.5
0.6	2.5
0.7	2.142857
0.8	1.875
0.9	1.666667
1	1.5
1.1	1.363636
1.2	1.25
1.3	1.153846
1.4	1.071429
1.5	1
1.6	0.9375
1.7	0.882353
1.8	0.833333
1.9	0.789474
2	0.75
2.1	0.714286
2.2	0.681818
2.3	0.652174
2.4	0.625
2.5	0.6
2.6	0.576923
2.7	0.555556
2.8	0.535714
2.9	0.517241
3.1	0.483871
3.2	0.46875
3.3	0.454545
3.4	0.441176
3.5	0.428571

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Siendo el espectro:

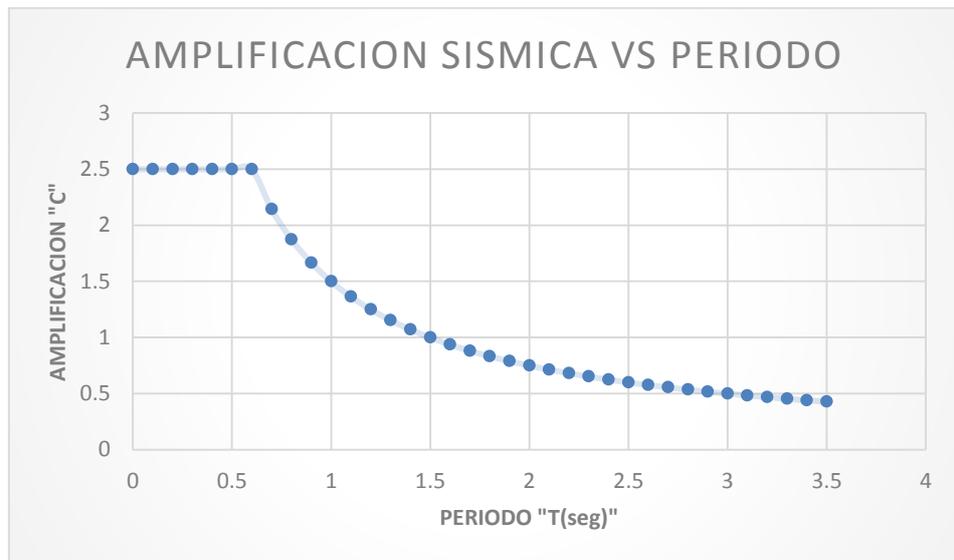


Figura 45. Amplificación sísmica vs Periodo (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

4.5.2.2. Etapa 2: Caracterización del edificio

e) Categoría y el factor de uso (Tabla 9)

Este depende del tipo de uso que se le da a la edificación.

Categoría = C (Edificaciones comunes)

Factor de uso = 1.00

f) Sistema Estructural

Este se clasifica de acuerdo al material predominante usado y el sistema de estructuración predominante.

Sistema Estructural = Dual

g) Coeficiente de reducción sísmica (Tabla 11)

Según la Tabla 11 el coeficiente de reducción sísmica que se empleará será:

$$R = 7$$

h) Determinación de factores de irregularidad en planta y altura (Tabla 15 y Tabla 16)

c. Irregularidad de Altura

- **Irregularidad de Rigidez – Piso Blando**

Esta irregularidad se obtiene cuando las sumas de las áreas transversales de columnas y muros, es menor que el 85% de la suma de las áreas transversales del entrepiso superior. $\sum A1 < 0.85\sum A2$.

En este caso se presenta continuidad de los elementos verticales y no hay variación de dimensión en los pisos. Por lo tanto, este tipo de irregularidad no se presenta.

- **Irregularidad de masa o peso**

No hubo cambio alguno, por lo tanto no existe irregularidad así como se muestra en la Tabla 24.

- **Irregularidad geométrica vertical**

No se aplica porque la edificación es continua y no se aplica en azotea ni en sótano.

- **Irregularidad en los sistemas resistentes**

Esta irregularidad es aplicable cuando el elemento estructural no es continuo (muros bandera), en este edificio todos los elementos son continuos.

d. Irregularidad de Planta

- **Irregularidad torsional**

Existe irregularidad torsional si el desplazamiento relativo máximo del entrepiso es mayor a 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio del

entrepiso. $\Delta_{max} \geq 1.3 \Delta_{prom}$; $\Delta_{prom} = (\Delta_1 + \Delta_2) / 2$ y
 $\Delta_{max} = \Delta_1$

Tabla 33

Irregularidad torsional - dirección X (E030-2003)

Piso	Δ_{max}	$\Delta_{prom.}$	Irregularidad si: $\Delta_{max} \geq 1.3 \Delta_{prom}$	Δ	Torsion $I_p = 0.75$
N+14.58 piso 5-AB	0.035	0.024	1.486		
N+11.7 piso 4-AB	0.030	0.020	1.502		
N+8.82 piso 3-AB	0.023	0.015	1.519		Si existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.014	0.009	1.538		
N+3.06 piso 1-AB	0.005	0.003	1.566		

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 34

Irregularidad torsional - dirección Y (E030-2003)

Piso	Δ_{max}	$\Delta_{prom.}$	Irregularidad si: $\Delta_{max} \geq 1.3 \Delta_{prom}$	Δ	Torsion $I_p = 0.75$
N+14.58 piso 5-AB	0.014	0.014	1.037		
N+11.7 piso 4-AB	0.012	0.011	1.039		
N+8.82 piso 3-AB	0.008	0.008	1.042		No existe irregularidad
N+5.94 piso 2-AB	0.005	0.005	1.044		
N+3.06 piso 1-AB	0.002	0.002	1.050		

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

- **Esquinas Entrantes**

No hubo cambio alguno, la cual si existe irregularidad igual como se muestra en la Tabla 29.

- **Discontinuidad de diafragma**

Hay irregularidad de discontinuidad de diafragma cuando el área de los ductos es mayor al 50% del área bruta del diafragma. En este caso no existe esta irregularidad.

4.5.2.3. Etapa 3: Análisis Estructural

4.5.2.3.1. Modelos de análisis

Para el modelo se considerará tres grados de libertad, dos componentes de traslación horizontal y una rotación.

4.5.2.3.2. Estimación del peso

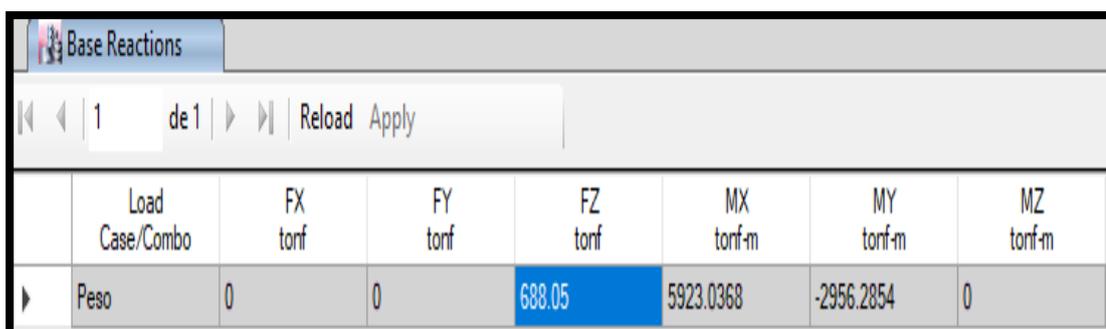
Se determina el peso para el cálculo de la fuerza sísmica.

Peso Sísmico (Edificaciones de categoría C)

$P = \text{Carga muerta } 100\% + \text{Carga viva } 25\%$

$P = 688.05 \text{ ton}$

Este es el peso obtenido del Software Etabs como se muestra en la *Figura 46*.



	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
▶	Peso	0	0	688.05	5923.0368	-2956.2854	0

Figura 46. Peso (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

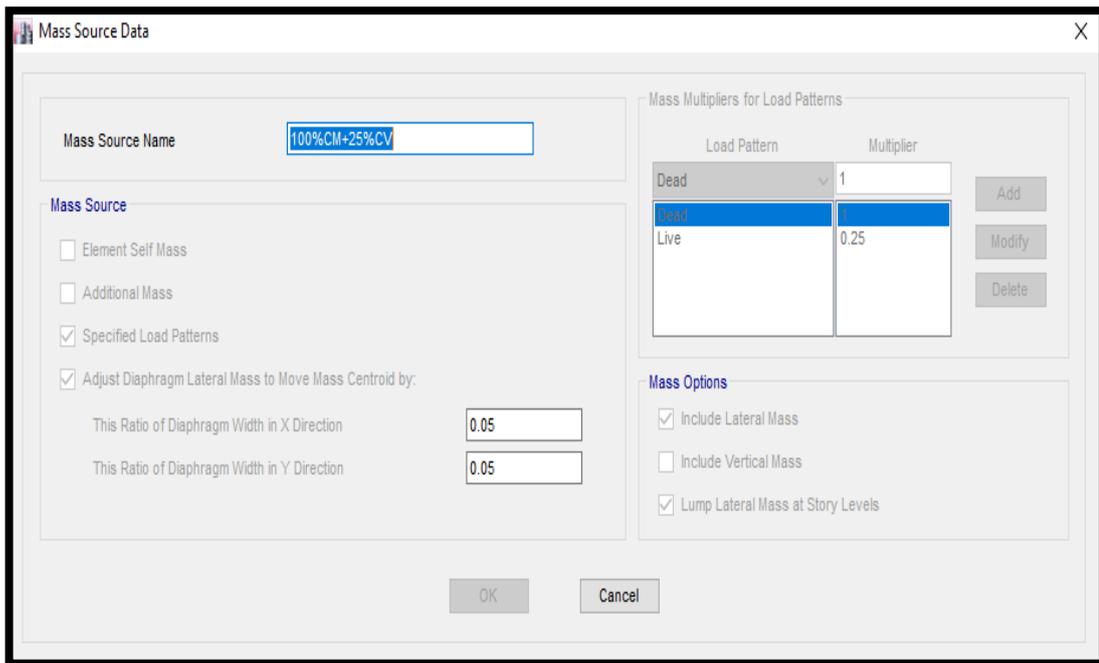


Figura 47. Definición del peso sísmico y la excentricidad (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.2.3.3. Análisis modal (determinación de modos de vibración, periodos naturales y masas participantes)

La sumatoria de las masas efectivas, debe ser por lo menos el 90% de la masa total. Se toma en cuenta los tres primeros modos.

$$T_x = 0.754 \text{ seg.}$$

$$T_y = 0.491 \text{ seg.}$$

$$R_z = 0.460 \text{ seg.}$$

Estos datos se obtuvieron del software Etabs V.16, se muestran en la Figura 48.

Modal Participating Mass Ratios															
3 de 15 Reload Apply															
	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
	Modal	1	0.754	0.5269	0.0016	0	0.5269	0.0016	0	0.0004	0.1663	0.2668	0.0004	0.1663	0.2668
	Modal	2	0.491	0.0075	0.7269	0	0.5344	0.7286	0	0.2955	0.003	0.0033	0.2958	0.1693	0.2702
▶	Modal	3	0.46	0.2499	0.0084	0	0.7843	0.737	0	0.0046	0.0784	0.4867	0.3004	0.2477	0.7568
	Modal	4	0.24	0.0791	0.0001	0	0.8633	0.737	0	0.0009	0.3813	0.033	0.3013	0.6289	0.7898
	Modal	5	0.188	4.283E-05	0.0627	0	0.8634	0.7997	0	0.1543	0.0002	1.413E-05	0.4557	0.6291	0.7898
	Modal	6	0.163	0.0049	0.0001	0	0.8683	0.7997	0	0.0001	0.0085	0.0223	0.4558	0.6376	0.8121
	Modal	7	0.138	0.0145	0.0005	0	0.8828	0.8002	0	0.0011	0.041	0.0052	0.4569	0.6786	0.8173
	Modal	8	0.122	0.0277	0.0554	0	0.9105	0.8556	0	0.166	0.0781	0.0237	0.6229	0.7566	0.8411
	Modal	9	0.118	0.029	0.0433	0	0.9395	0.8989	0	0.1255	0.0787	0.0336	0.7484	0.8353	0.8746
	Modal	10	0.114	0.0071	2.566E-06	0	0.9466	0.8989	0	9.393E-06	0.0127	0.0419	0.7484	0.848	0.9165
	Modal	11	0.074	0.0167	1.159E-05	0	0.9633	0.8989	0	4.781E-05	0.0537	0.0055	0.7485	0.9018	0.922
	Modal	12	0.061	0.0004	0.054	0	0.9637	0.9529	0	0.1167	0.0008	0.0003	0.8652	0.9026	0.9223
	Modal	13	0.054	0.0058	3.891E-06	0	0.9694	0.9529	0	1.298E-05	0.0167	0.0024	0.8652	0.9193	0.9247
	Modal	14	0.054	0.0155	0.0008	0	0.985	0.9537	0	0.0016	0.0344	0.042	0.8668	0.9538	0.9667
	Modal	15	0.036	0.0001	0.0294	0	0.9851	0.9831	0	0.0827	0.0003	0.0001	0.9495	0.9541	0.9668

Figura 48. Modos de vibración, periodos (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.2.3.4. Espectro sísmico para cada dirección de análisis

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
ANALISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS							
Tesista:		Luis Aclari Huayllani					
Ficha de elaboracion del Espectro Sismico aplicando con la norma E030-2003							
Factor de zona		Periodo	E030-2003				
Z1	0.15	T (seg)	C	Sa x	Sa y		
Z2	0.30	0	2.5	1.681714	1.681714		
Z3	0.40	0.1	2.5	1.681714	1.681714		
Perfil de suelo		0.2	2.5	1.681714	1.681714		
S2	1.2	0.3	2.5	1.681714	1.681714		
TP(s)	0.6	0.4	2.5	1.681714	1.681714		
Factor de amplificacion sismica		0.5	2.5	1.681714	1.681714		
C=2.5 x TP/ T ; C≤2.5		0.6	2.5	1.681714	1.681714		
Factor de Uso de la edificacion		0.7	2.142857	1.441469	1.441469		
Edificacion esencial	U=1.5	0.8	1.875	1.261286	1.261286		
Edificacion importante	U=1.3	0.9	1.666667	1.121143	1.121143		
Edificacion comun	U=1.0	1	1.5	1.009029	1.009029		
Edificaciones temporales	(*)	1.1	1.363636	0.917299	0.917299		
Factor de Reduccion		1.2	1.25	0.840857	0.840857		
R	5.25	1.3	1.153846	0.776176	0.776176		
Si es irregular multiplicar por 3/4		1.4	1.071429	0.720735	0.720735		
Gravedad		1.5	1	0.672686	0.672686		
g	9.81	1.6	0.9375	0.630643	0.630643		
Factor		1.7	0.882353	0.593546	0.593546		
$\frac{ZxUxS}{R} \times g$		1.8	0.833333	0.560571	0.560571		
		1.9	0.789474	0.531068	0.531068		
Sa x-y		2	0.75	0.504514	0.504514		
Factor X	0.672685714	Factor Y	0.67268571	2.1	0.714286	0.48049	0.48049

Figura 49. Elaboración de espectro sísmico (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

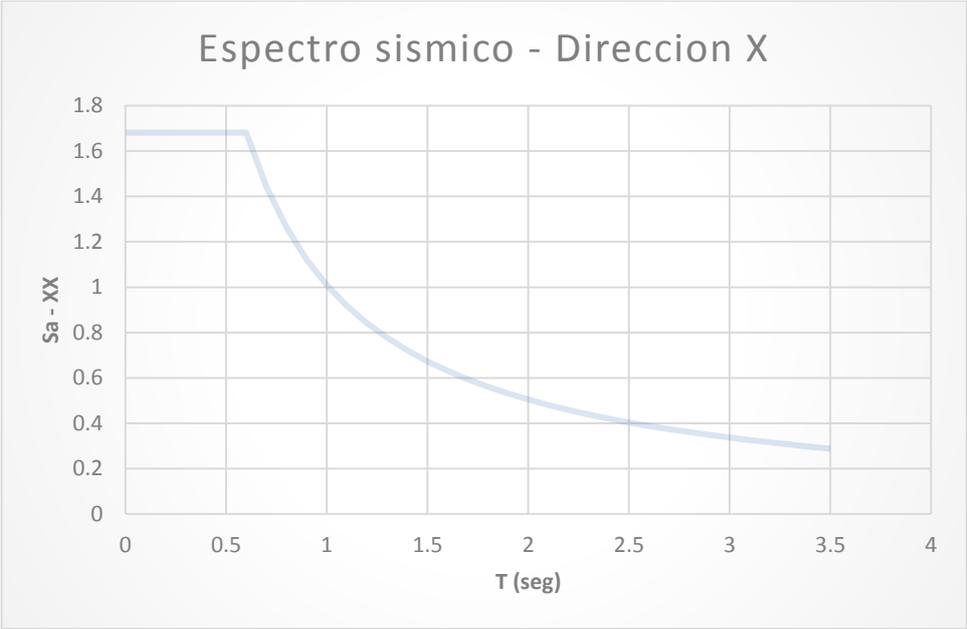


Figura 50. Espectro sísmico – Dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

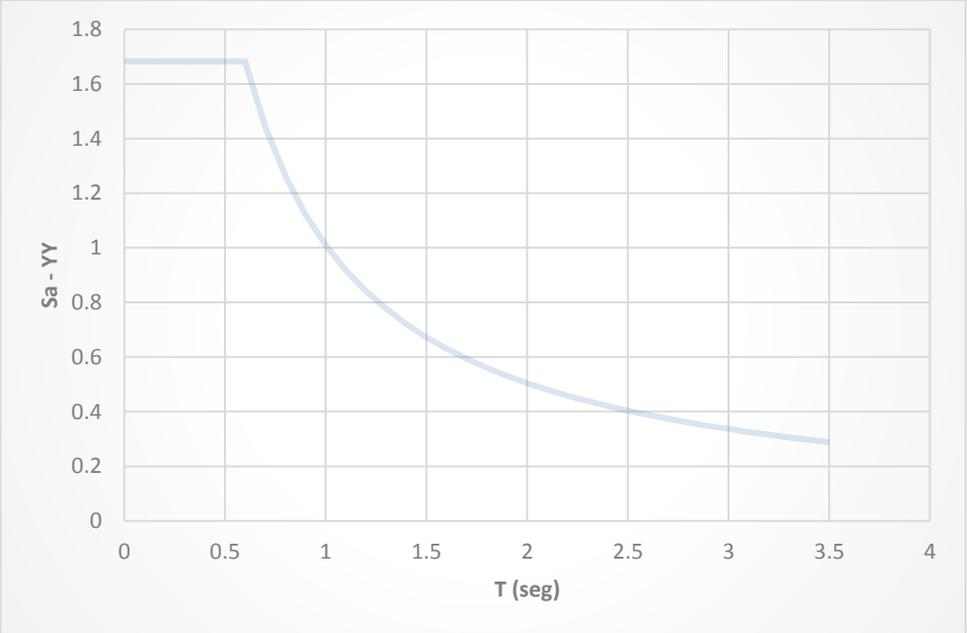


Figura 51. Espectro sísmico – Dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

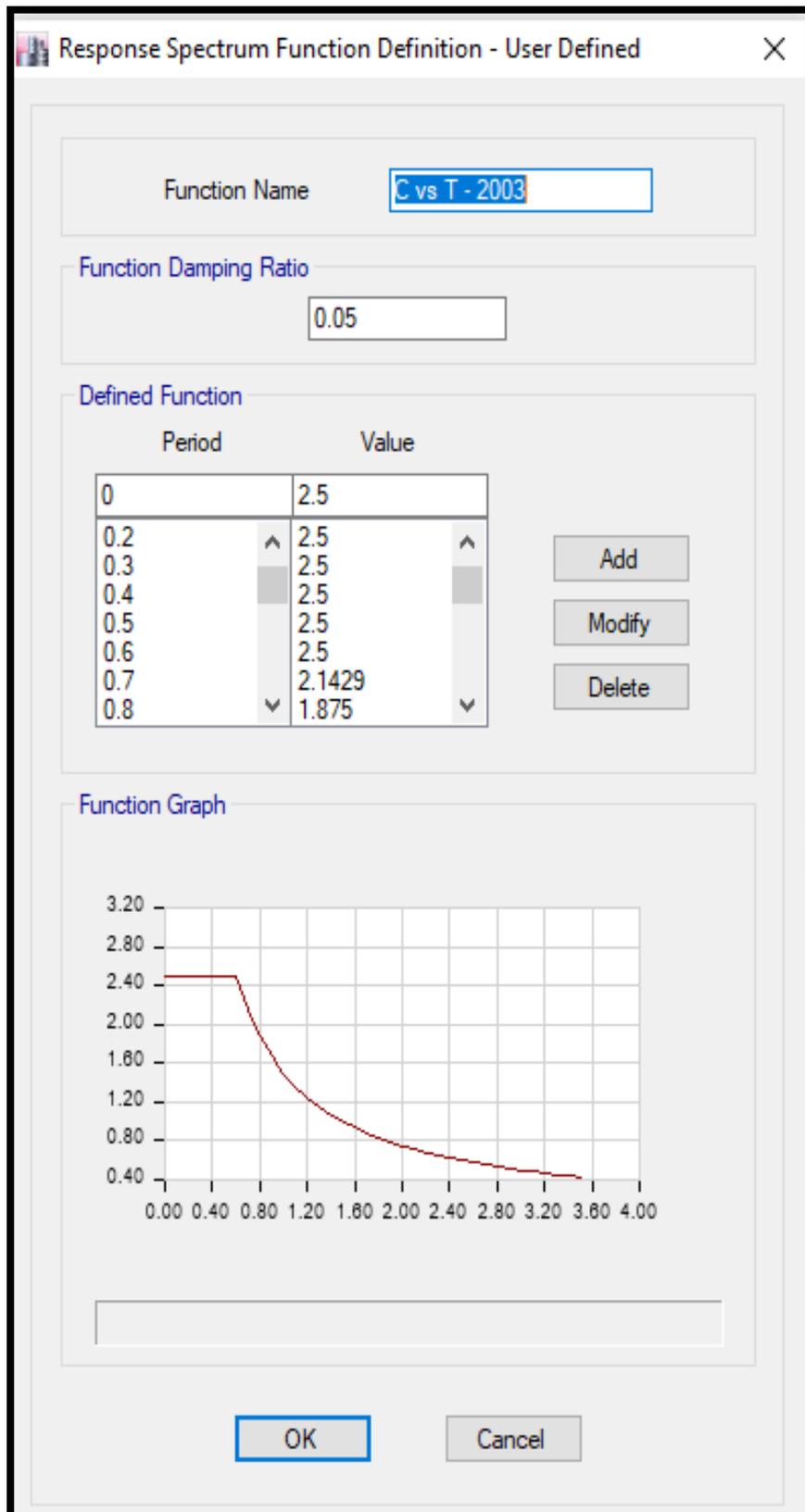


Figura 52. Insertando de la función de C vs T (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

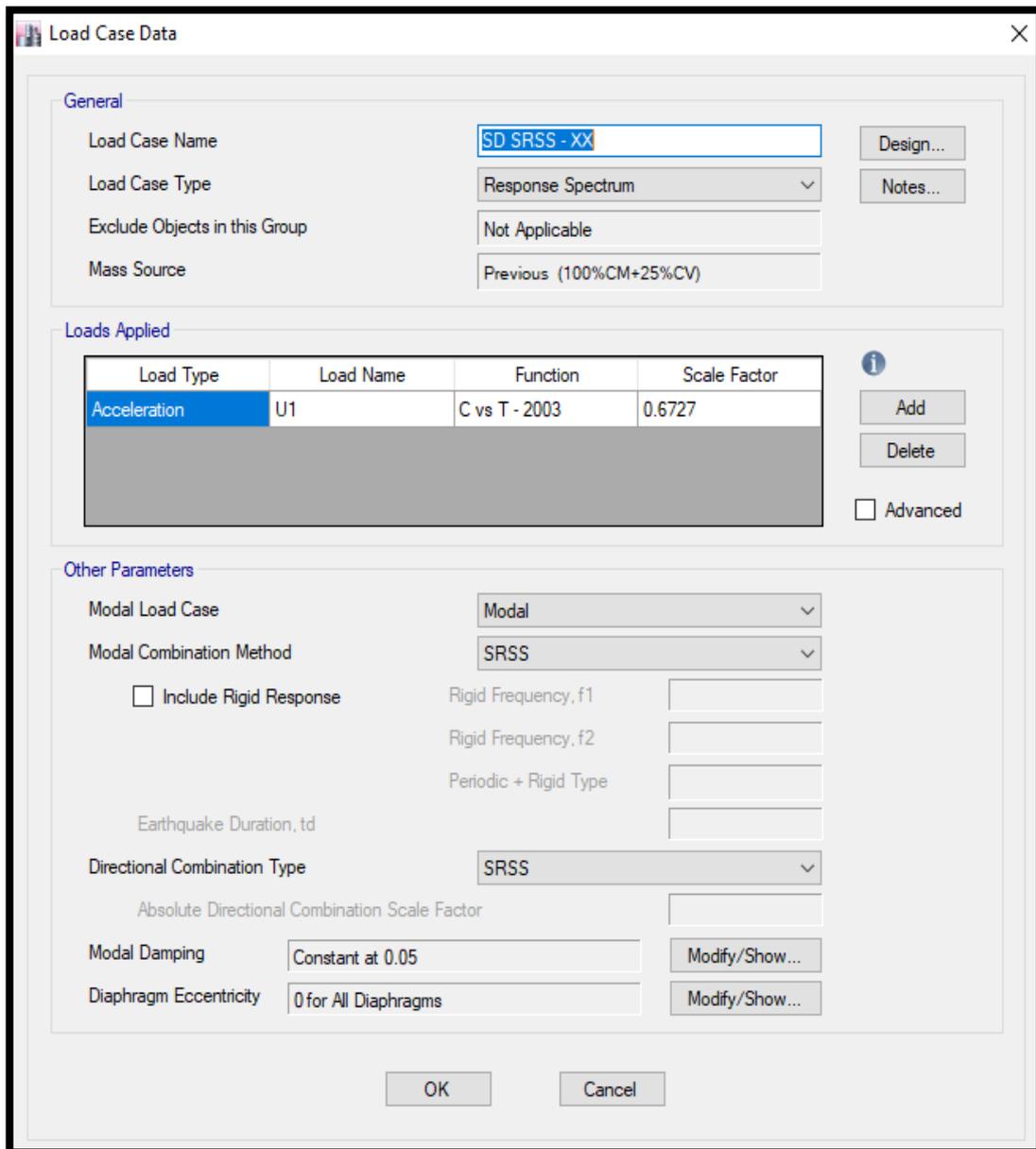


Figura 53. Definición del espectro sísmico, método de SRSS y amortiguamiento de 5% (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.2.3.5. Determinación de la fuerza cortante

La fuerza cortante dinámica obtenida mediante el método de SRSS es:

$$V_{\text{Dinámico XX}} = 68.62 \text{ ton.f}$$

$$V_{\text{Dinámico YY}} = 92.15 \text{ ton.f}$$

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	SD xx Max	Bottom	0	5.1059	1.7566	40.354	5.059	14.7051
N+17.46 Azotea -	SD yy Max	Bottom	0	0.7851	8.2264	40.9839	23.6921	2.261
N+14.58 piso 5-AB	SD xx Max	Bottom	0	23.0121	6.4	218.545	17.9575	78.554
N+14.58 piso 5-AB	SD yy Max	Bottom	0	4.8319	32.444	207.8912	110.1733	15.6332
N+11.7 piso 4-AB	SD xx Max	Bottom	0	40.9131	10.3165	396.6935	46.9411	190.7045
N+11.7 piso 4-AB	SD yy Max	Bottom	0	9.071	56.2836	361.8279	265.7116	40.9798
N+8.82 piso 3-AB	SD xx Max	Bottom	0	52.5659	10.7304	513.154	75.8188	334.2326
N+8.82 piso 3-AB	SD yy Max	Bottom	0	10.8587	73.2687	460.1868	465.3081	70.8478
N+5.94 piso 2-AB	SD xx Max	Bottom	0	62.3269	13.5019	610.8434	102.1638	494.6521
N+5.94 piso 2-AB	SD yy Max	Bottom	0	12.8599	85.0379	544.9025	688.7188	98.8615
N+3.06 piso 1-AB	SD xx Max	Bottom	0	68.6198	15.8391	668.3794	137.5064	677.4285
N+3.06 piso 1-AB	SD yy Max	Bottom	0	15.8391	92.1474	602.8547	948.9621	135.1247

Figura 54. Fuerza cortante dinámica (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Para la determinación de la fuerza cortante dinámica mínima, se debe considerar un 80% para estructuras regulares y un 90% para estructuras irregulares de la fuerza cortante estática.

Z=	0.3	zona 2					
U=	1	edificacion c					
S=	1.2	S2					
TP=	0.6						
					Coefficiente sismico	Peso Edificacion	Cortante Estatica
Cx=	1.98938992	Tx=	0.754	Vx= ZUCS/RX	0.14	688.05	93.86
Cy=	2.5	Ty=	0.491	Vy= ZUCS/Ry	0.17	688.05	117.95
Rx=	5.25	CX/RX>0.125	0.37893141				
Ry=	5.25	CY/Ry>0.125	0.47619048				

Figura 55. Fuerza cortante estática (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

	Cortante Estatica	90% de Vesta.	Cortante Dinamica	Factor Escala	Cortante dinamica de diseño (Vdina.* F.E.)
Vx	93.86	84.47	68.620	1.23105	84.47
Vy	117.95	106.16	92.15	1.15203	106.16

Figura 56. Escalamiento de fuerzas corregidas (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	6.2857	2.1625	49.6778	6.2279	18.1027
N+17.46 Azotea -	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	0.9044	9.4771	47.2147	27.294	2.6048
N+14.58 piso 5-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	28.3291	7.8787	269.0398	22.1066	96.7039
N+14.58 piso 5-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	5.5665	37.3764	239.4969	126.923	18.0099
N+11.7 piso 4-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	50.3661	12.7002	488.3495	57.7868	234.7667
N+11.7 piso 4-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	10.4501	64.8404	416.8365	306.1077	47.2099
N+8.82 piso 3-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	64.7112	13.2096	631.7182	93.3368	411.4571
N+8.82 piso 3-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	12.5095	84.4077	530.149	536.0489	81.6188
N+5.94 piso 2-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	76.7275	16.6215	751.9787	125.7688	608.9415
N+5.94 piso 2-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	14.8149	97.9662	627.744	793.4247	113.8915
N+3.06 piso 1-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	84.4744	19.4987	822.8084	169.2773	833.9483
N+3.06 piso 1-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	18.2471	106.1565	694.5067	1093.2328	155.6678

Figura 57. Fuerza cortante dinámica de diseño (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

4.5.2.4. Etapa 4: Validación de la estructura

4.5.2.4.1. Distorsión de entrepiso – Deriva

Tabla 35

Deriva Elástica en Dirección X (E030-2003)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.001
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.002
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.003
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.003
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.003
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.002

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

Tabla 36

Deriva Elástica en Dirección Y (E030-2003)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.002
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.001
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.001
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.001
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.001
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.001

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

4.6. Comparación de resultados del análisis sísmico dinámico

4.6.1. Resultados de distorsión de entrepiso - deriva

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
N+17.46 Azotea -	Deriva xx Max	X	0.011139	36	5.41	5.13	17.46
N+14.58 piso 5-AB	Deriva xx Max	X	0.017325	29	8.51	-0.73	14.58
N+11.7 piso 4-AB	Deriva xx Max	X	0.024162	29	8.51	-0.73	11.7
N+8.82 piso 3-AB	Deriva xx Max	X	0.029769	29	8.51	-0.73	8.82
N+5.94 piso 2-AB	Deriva xx Max	X	0.030334	29	8.51	-0.73	5.94
N+3.06 piso 1-AB	Deriva xx Max	X	0.016363	3	8.51	0	3.06

Figura 58. Deriva Inelástica del Etabs en dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 37

Deriva Inelástica en Dirección X (E030-2016)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica	Deriva*R	Deriva limite E030-2016	Deriva*R>0.007
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.002	0.011	0.007	No cumple
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.002	0.017	0.007	No cumple
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.003	0.024	0.007	No cumple
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.004	0.030	0.007	No cumple
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.004	0.030	0.007	No cumple
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.002	0.016	0.007	No cumple

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

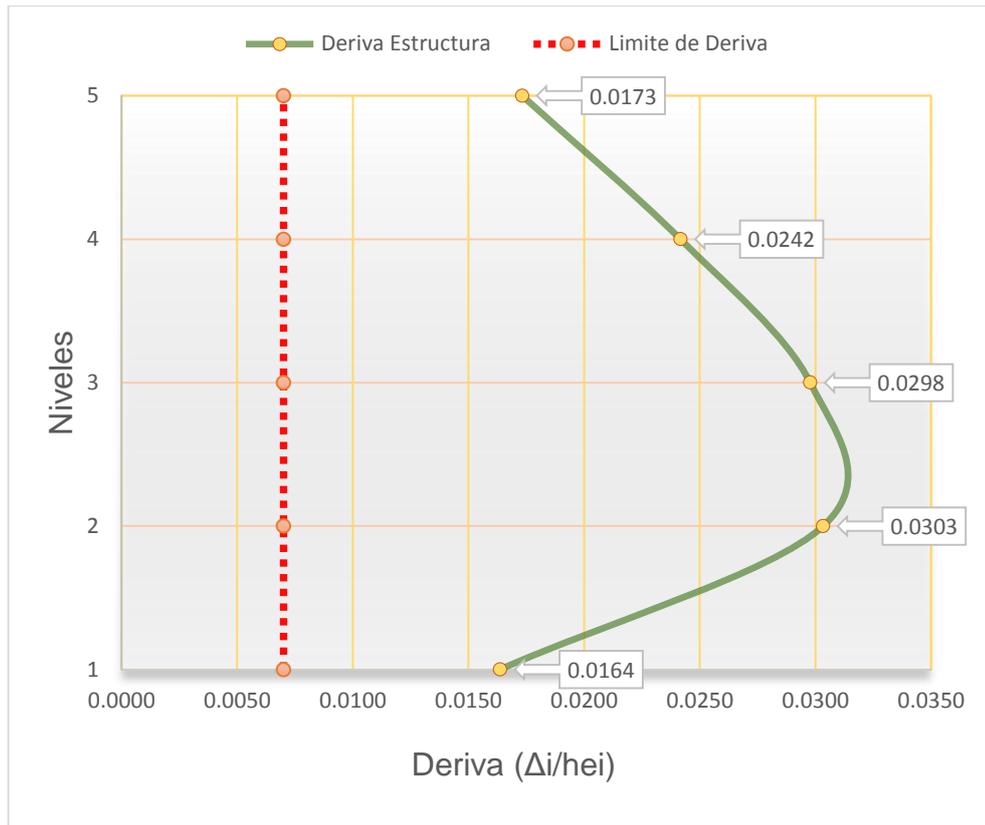


Figura 59. Grafica de Deriva Inelástica - Dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story Drifts								
1 de 6 Reload Apply								
	Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
▶	N+17.46 Azotea -	Deriva yy Max	Y	0.010577	36	5.41	5.13	17.46
	N+14.58 piso 5-AB	Deriva yy Max	Y	0.005847	28	0	-0.73	14.58
	N+11.7 piso 4-AB	Deriva yy Max	Y	0.006914	29	8.51	-0.73	11.7
	N+8.82 piso 3-AB	Deriva yy Max	Y	0.007714	29	8.51	-0.73	8.82
	N+5.94 piso 2-AB	Deriva yy Max	Y	0.007016	29	8.51	-0.73	5.94
	N+3.06 piso 1-AB	Deriva yy Max	Y	0.003236	19	8.51	11.16	3.06

Figura 60. Deriva Inelástica del Etabs en dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 38

Deriva Inelástica en Dirección Y (E030-2016)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica	Deriva*R	Deriva limite E030-2016	Deriva*R>0.007
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.0015	0.0106	0.007	No cumple
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.0008	0.0058	0.007	Si cumple
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.0010	0.0069	0.007	Si cumple
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.0011	0.0077	0.007	No cumple
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.0010	0.0070	0.007	Si cumple
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.0005	0.0032	0.007	Si cumple

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

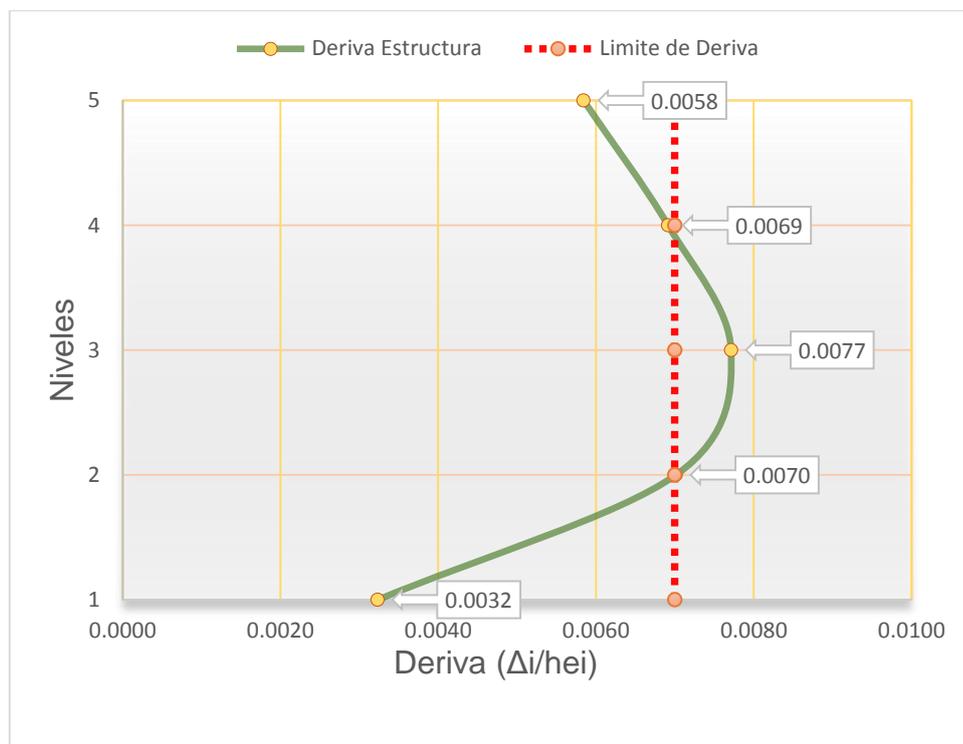


Figura 61. Grafica de Deriva Inelástica - Dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
N+17.46 Azotea -	Deriva xx Max	X	0.007262	36	5.41	5.13	17.46
N+14.58 piso 5-AB	Deriva xx Max	X	0.010586	29	8.51	-0.73	14.58
N+11.7 piso 4-AB	Deriva xx Max	X	0.014168	29	8.51	-0.73	11.7
N+8.82 piso 3-AB	Deriva xx Max	X	0.016904	29	8.51	-0.73	8.82
N+5.94 piso 2-AB	Deriva xx Max	X	0.017178	29	8.51	-0.73	5.94
N+3.06 piso 1-AB	Deriva xx Max	X	0.00933	3	8.51	0	3.06

Figura 62. Deriva Inelástica del Etabs en dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 39

Deriva Inelástica en Dirección X (E030-2003)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica	Deriva* R*0.75	Deriva limite E030-2016	Deriva*R* 0.75>0.007
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.001	0.007	0.007	
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.002	0.011	0.007	No cumple
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.003	0.014	0.007	No cumple
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.003	0.017	0.007	No cumple
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.003	0.017	0.007	No cumple
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.002	0.009	0.007	No cumple

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

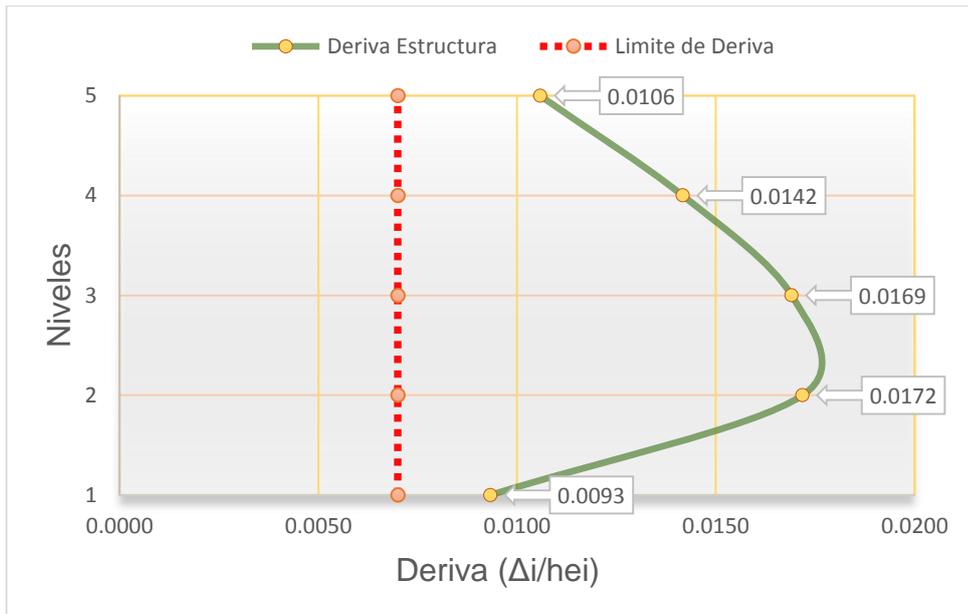


Figura 63. Grafica de Deriva Inelástica - Dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story Drifts								
1 de 6 Reload Apply								
	Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
▶	N+17.46 Azotea -	Deriva yy Max	Y	0.009571	36	5.41	5.13	17.46
	N+14.58 piso 5-AB	Deriva yy Max	Y	0.005118	29	8.51	-0.73	14.58
	N+11.7 piso 4-AB	Deriva yy Max	Y	0.00596	29	8.51	-0.73	11.7
	N+8.82 piso 3-AB	Deriva yy Max	Y	0.006558	29	8.51	-0.73	8.82
	N+5.94 piso 2-AB	Deriva yy Max	Y	0.006005	29	8.51	-0.73	5.94
	N+3.06 piso 1-AB	Deriva yy Max	Y	0.002823	19	8.51	11.16	3.06

Figura 64. Deriva Inelástica del Etabs en dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 40

Deriva Inelástica en Dirección Y (E030-2003)

Piso	Altura (m)	Deriva Elastica	Deriva* R*0.75	Deriva limite E030-2016	Deriva*R*0.75<0.007
N+17.46 Azotea - AB	2.880	0.002	0.013	0.007	
N+14.58 piso 5-AB	2.880	0.001	0.0051	0.007	Si cumple
N+11.7 piso 4-AB	2.880	0.001	0.0060	0.007	Si cumple
N+8.82 piso 3-AB	2.880	0.001	0.0066	0.007	Si cumple
N+5.94 piso 2-AB	2.880	0.001	0.0060	0.007	Si cumple
N+3.06 piso 1-AB	3.060	0.001	0.0028	0.007	Si cumple

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

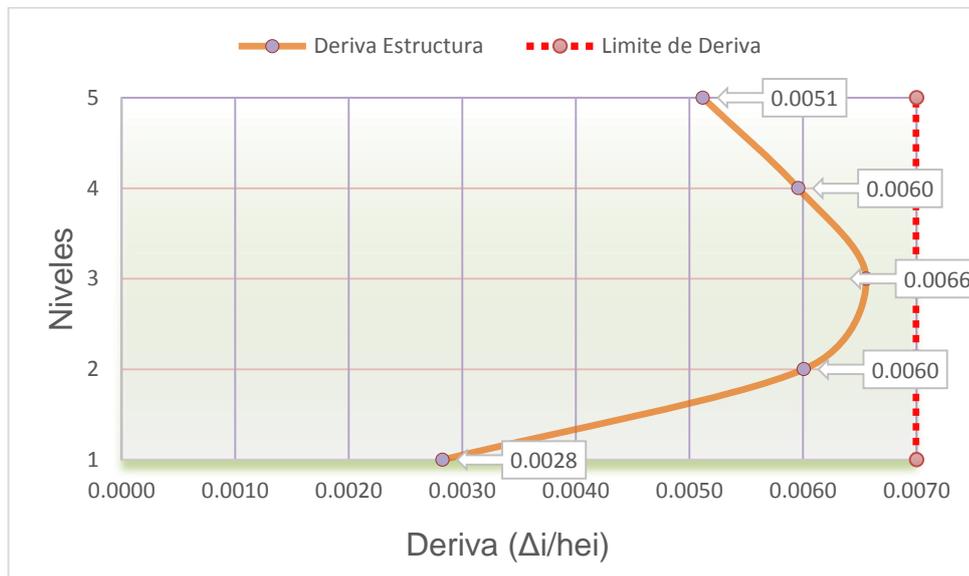


Figura 65. Grafica de Deriva Inelástica - Dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Tabla 41

Cuadro comparativo de Derivas (E030-2016 y E030-2003)

Piso	E030-2016		E030-2003		Diferencia de Derivas	
	Deriva X	Deriva Y	Deriva X	Deriva Y	X (%)	Y (%)
N+17.46 Azotea - AB	0.011	0.011	0.007	0.013		
N+14.58 piso 5-AB	0.017	0.006	0.011	0.005	-64%	-14%
N+11.7 piso 4-AB	0.024	0.007	0.014	0.006	-71%	-16%
N+8.82 piso 3-AB	0.030	0.008	0.017	0.007	-76%	-18%
N+5.94 piso 2-AB	0.030	0.007	0.017	0.006	-77%	-17%
N+3.06 piso 1-AB	0.016	0.003	0.009	0.003	-75%	-14%

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia



Figura 66. Diferencia de Derivas - dirección X (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

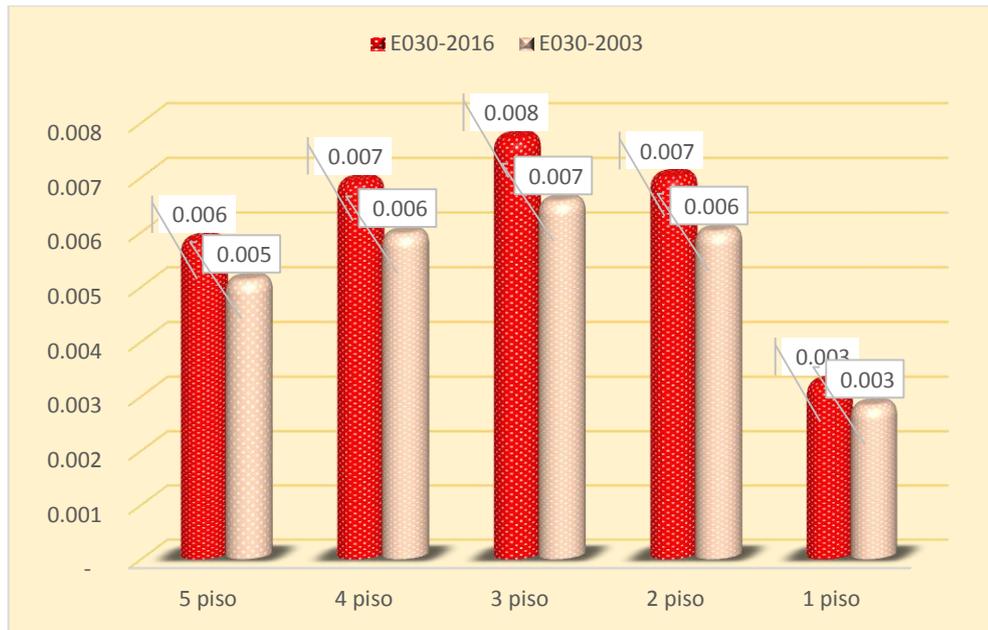


Figura 67. Diferencia de Derivas - dirección Y (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

En la Tabla 41 demuestra que la deriva o distorsión de entrepiso de la norma E030-2016 con respecto a la norma E030-2003 incrementa el 72.6% promedio en la dirección “X” e incrementa el 15.8% promedio en la dirección “Y”.

Así mismo se observa que las derivas no cumplen con el límite de distorsión de entrepiso que establece la norma E030.

4.6.2. Resultados de fuerzas cortantes

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo xx Max	Bottom	0	8.0478	1.0561	58.6204	3.0414	23.1777
N+14.58 piso 5-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	36.7777	4.5537	355.8119	14.5705	125.9414
N+11.7 piso 4-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	69.175	8.3927	708.9847	38.2972	320.5863
N+8.82 piso 3-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	93.5057	10.9157	964.371	69.0278	583.8879
N+5.94 piso 2-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	109.9897	12.6735	1128.2157	104.0474	891.0838
N+3.06 piso 1-AB	Sismo xx Max	Bottom	0	118.0586	13.5288	1202.2066	143.8153	1241.1587

Figura 68. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 42

Fuerza cortante escalada en Dirección X (E030-2016)

Piso	Vx (Tn)
N+17.46 Azotea - AB	8.0478
N+14.58 piso 5-AB	36.7777
N+11.7 piso 4-AB	69.175
N+8.82 piso 3-AB	93.5057
N+5.94 piso 2-AB	109.9897
N+3.06 piso 1-AB	118.0586

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

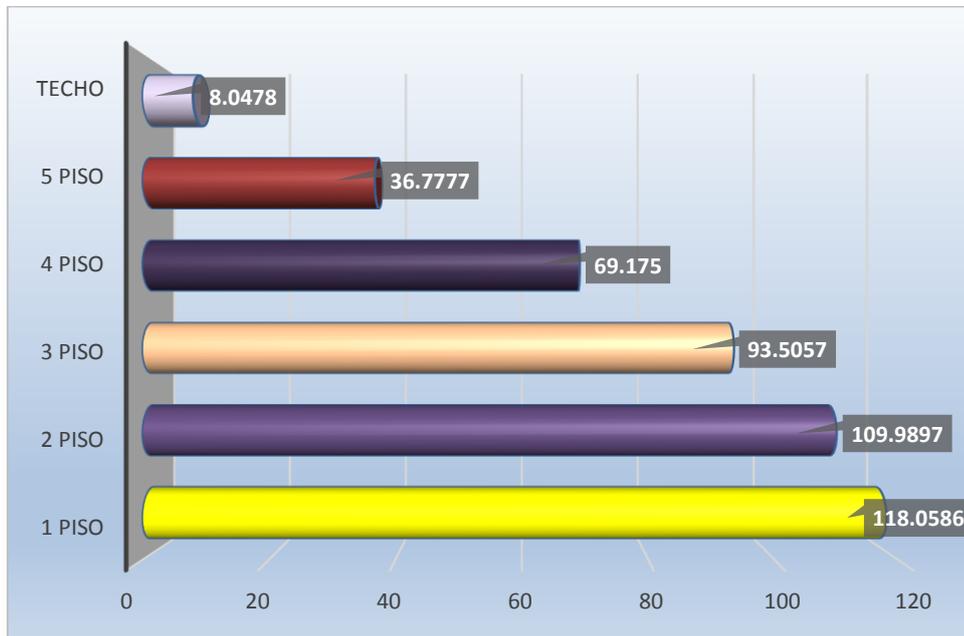


Figura 69. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo yy Max	Bottom	0	0.5346	8.0863	38.114	23.2886	1.5398
N+14.58 piso 5-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	2.5306	33.0883	167.2118	112.8784	8.5451
N+11.7 piso 4-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	4.7701	61.2535	313.332	285.6053	22.0278
N+8.82 piso 3-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	6.3206	81.656	419.5636	516.9218	40.0141
N+5.94 piso 2-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	7.2777	93.966	483.6362	782.9895	60.4627
N+3.06 piso 1-AB	Sismo yy Max	Bottom	0	7.8127	98.9072	509.9325	1080.5777	83.5353

Figura 70. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 43

Fuerza cortante escalada en Dirección Y (E030-2016)

Piso	Vy (Tn)
N+17.46 Azotea - AB	8.0863
N+14.58 piso 5-AB	33.0883
N+11.7 piso 4-AB	61.2535
N+8.82 piso 3-AB	81.656
N+5.94 piso 2-AB	93.966
N+3.06 piso 1-AB	98.9072

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

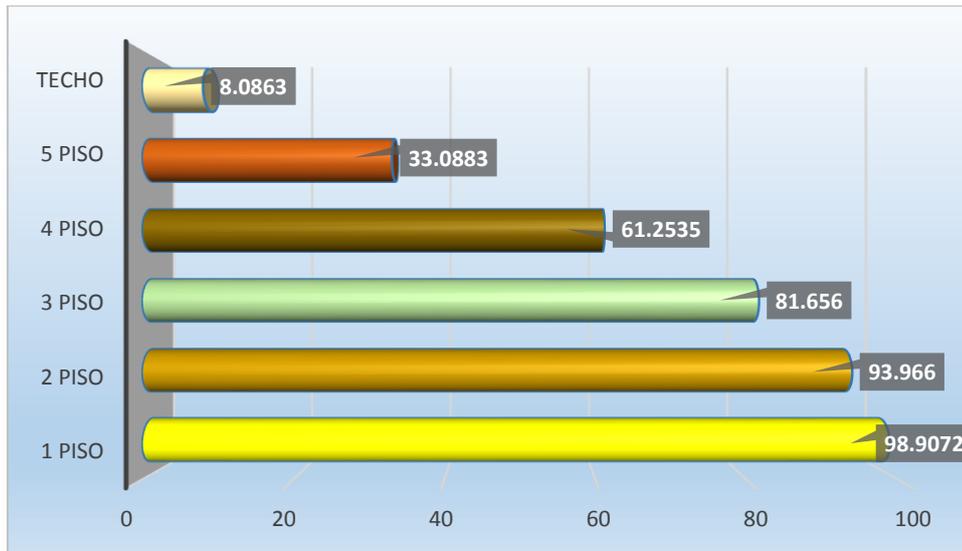


Figura 71. Grafica de Fuerza cortante dinámica en Dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	6.2857	2.1625	49.6778	6.2279	18.1027
N+14.58 piso 5-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	28.3291	7.8787	269.0398	22.1066	96.7039
N+11.7 piso 4-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	50.3661	12.7002	488.3495	57.7868	234.7667
N+8.82 piso 3-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	64.7112	13.2096	631.7182	93.3368	411.4571
N+5.94 piso 2-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	76.7275	16.6215	751.9787	125.7688	608.9415
N+3.06 piso 1-AB	Sismo Diseño XX...	Bottom	0	84.4744	19.4987	822.8084	169.2773	833.9483

Figura 72. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 44

Fuerza cortante escalada en Dirección X (E030-2003)

Piso	Vx (Tn)
N+17.46 Azotea - AB	6.2857
N+14.58 piso 5-AB	28.3291
N+11.7 piso 4-AB	50.3661
N+8.82 piso 3-AB	64.7112
N+5.94 piso 2-AB	76.7275
N+3.06 piso 1-AB	84.4744

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

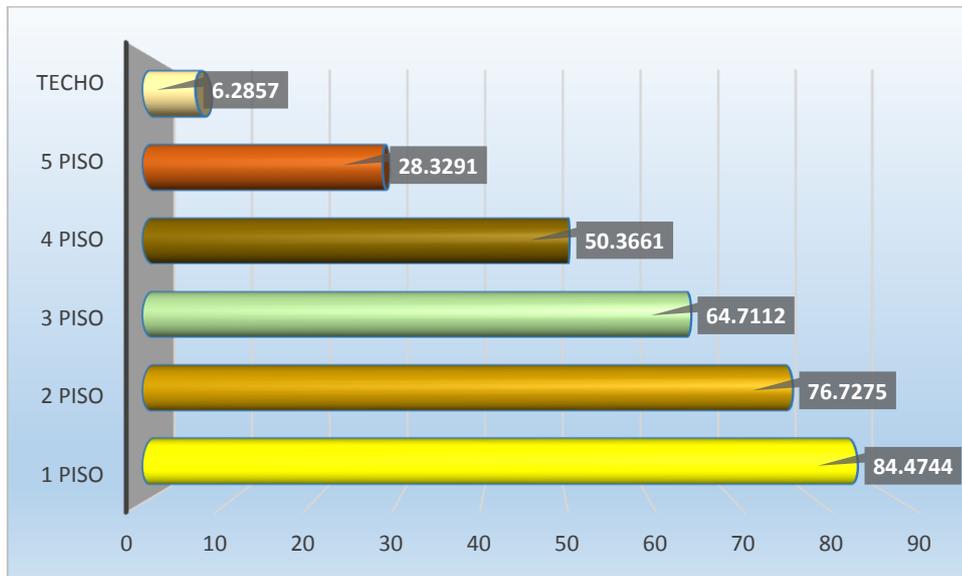


Figura 73. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
N+17.46 Azotea -	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	0.9044	9.4771	47.2147	27.294	2.6048
N+14.58 piso 5-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	5.5665	37.3764	239.4969	126.923	18.0099
N+11.7 piso 4-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	10.4501	64.8404	416.8365	306.1077	47.2099
N+8.82 piso 3-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	12.5095	84.4077	530.149	536.0489	81.6188
N+5.94 piso 2-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	14.8149	97.9662	627.744	793.4247	113.8915
N+3.06 piso 1-AB	Sismo Diseño YY...	Bottom	0	18.2471	106.1565	694.5067	1093.2328	155.6678

Figura 74. Fuerza cortante dinámica escalada en Dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Etabs v.16.2 y elaboración propia

Tabla 45

Fuerza cortante escalada en Dirección Y (E030-2003)

Piso	Vy (Tn)
N+17.46 Azotea - AB	9.4771
N+14.58 piso 5-AB	37.3764
N+11.7 piso 4-AB	64.8404
N+8.82 piso 3-AB	84.4077
N+5.94 piso 2-AB	97.9662
N+3.06 piso 1-AB	106.157

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

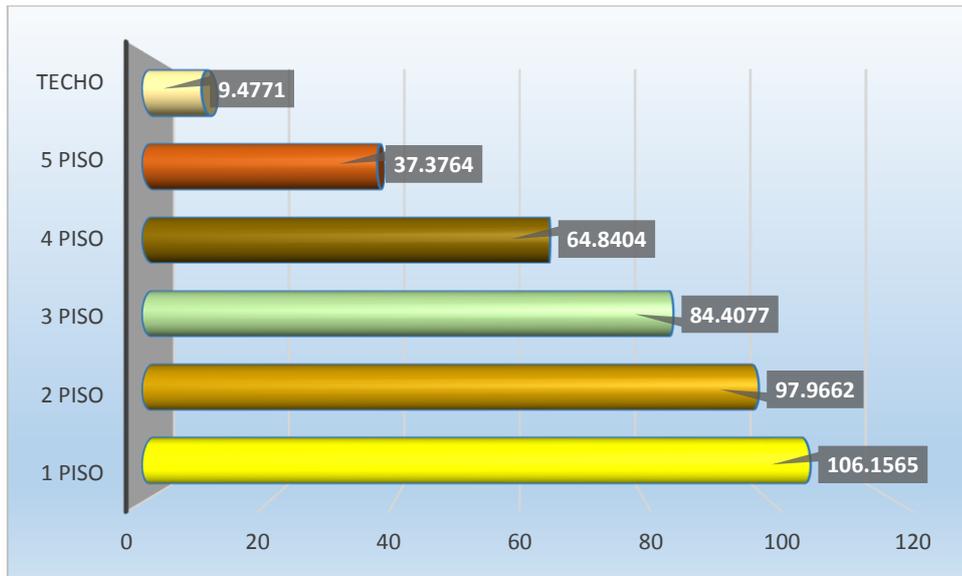


Figura 75. Grafica de Fuerza cortante dinámica - Dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Tabla 46

Cuadro comparativo de Fuerza cortante Dinámica (E030-2016 y E030-2003)

Piso	E030-2016		E030-2003		Diferencia Vdina.	
	VX	VY	VX	VY	VX (%)	VY (%)
N+17.46 Azotea - AB	8.05	8.09	6.29	9.48	-28%	15%
N+14.58 piso 5-AB	36.78	33.09	28.33	37.38	-30%	11%
N+11.7 piso 4-AB	69.18	61.25	50.37	64.84	-37%	6%
N+8.82 piso 3-AB	93.51	81.66	64.71	84.41	-44%	3%
N+5.94 piso 2-AB	109.99	93.97	76.73	97.97	-43%	4%
N+3.06 piso 1-AB	118.06	98.91	84.47	106.16	-40%	7%

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

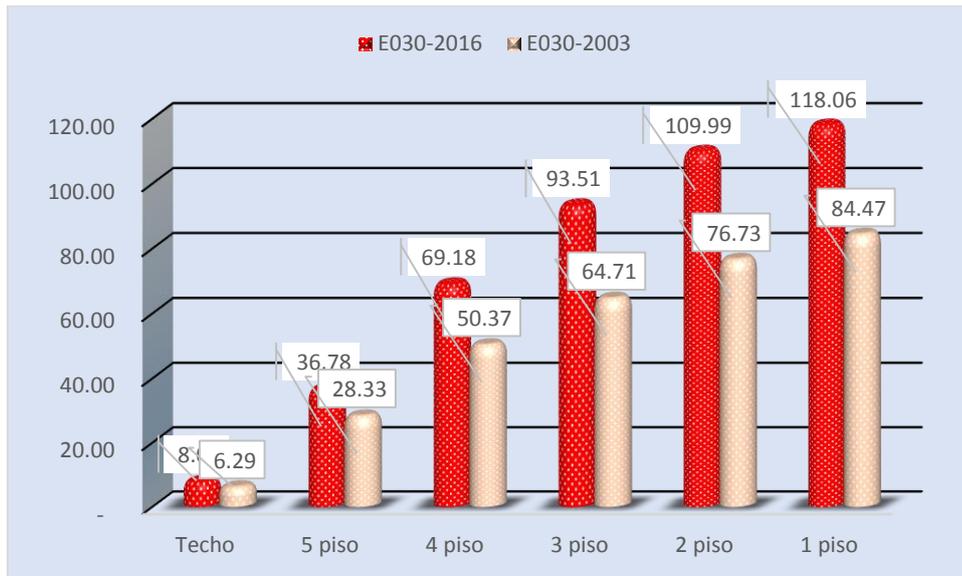


Figura 76. Grafica comparativa de Fuerza cortante dinámica en Dirección X (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

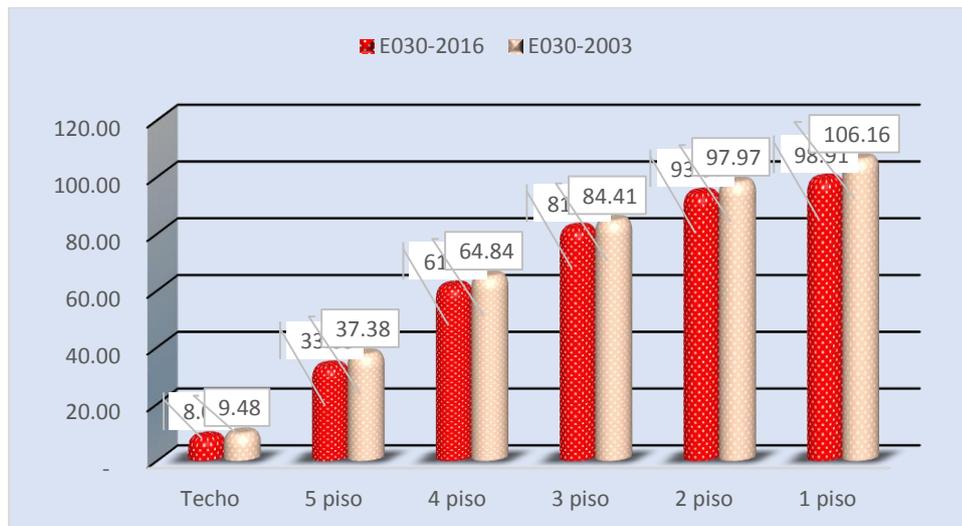


Figura 77. Grafica comparativa de Fuerza cortante dinámica en Dirección Y (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

En la Tabla 46 demuestra que la fuerza cortante dinámica de la norma E030-2016 con respecto a la norma E030-2003 incrementa el 38.8% promedio en la dirección "X" e disminuye el 6.2% promedio en la dirección "Y".

4.6.3. Resultados de espectros de diseño

Factor de zona		T	C	Sa	T	C	Sa
Z	Huancayo	0	2.50	2.35	1.20	1.25	1.18
3	0.35	0.1	2.50	2.35	1.30	1.15	1.08
Factor de uso		0.2	2.50	2.35	1.40	1.07	1.01
U	1	0.3	2.50	2.35	1.50	1.00	0.94
Perfil de suelo		0.4	2.50	2.35	1.60	0.94	0.88
S	Suelo Intermedio	0.5	2.50	2.35	1.70	0.88	0.83
S2	1.15	0.6	2.50	2.35	1.80	0.83	0.78
Tp (s)	0.6	0.7	2.14	2.01	1.90	0.79	0.74
TL (s)	2	0.8	1.88	1.76	2.00	0.75	0.71
Sistema estructural		0.9	1.67	1.57	2.10	0.68	0.64
R	Concreto Armado - Dual	1	1.50	1.41	2.20	0.62	0.58
R	$R_o * I_a * I_p = 4.2$	1.1	1.36	1.28	2.30	0.57	0.53

Figura 78. Resultados de Espectro de diseño en Dirección X (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Factor de zona		T	C	Sa	T	C	Sa
Z	Huancayo	0	2.50	1.57	1.20	1.25	0.78
3	0.35	0.1	2.50	1.57	1.30	1.15	0.72
Factor de uso		0.2	2.50	1.57	1.40	1.07	0.67
U	1	0.3	2.50	1.57	1.50	1.00	0.63
Perfil de suelo		0.4	2.50	1.57	1.60	0.94	0.59
S	Suelo Intermedio	0.5	2.50	1.57	1.70	0.88	0.55
S2	1.15	0.6	2.50	1.57	1.80	0.83	0.52
Tp (s)	0.6	0.7	2.14	1.34	1.90	0.79	0.49
TL (s)	2	0.8	1.88	1.18	2.00	0.75	0.47
Sistema estructural		0.9	1.67	1.04	2.10	0.68	0.43
R	Concreto Armado - Dual	1	1.50	0.94	2.20	0.62	0.39
R	$R_o * I_a * I_p = 6.3$	1.1	1.36	0.85	2.30	0.57	0.36

Figura 79. Resultados de Espectro de diseño en Dirección Y (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

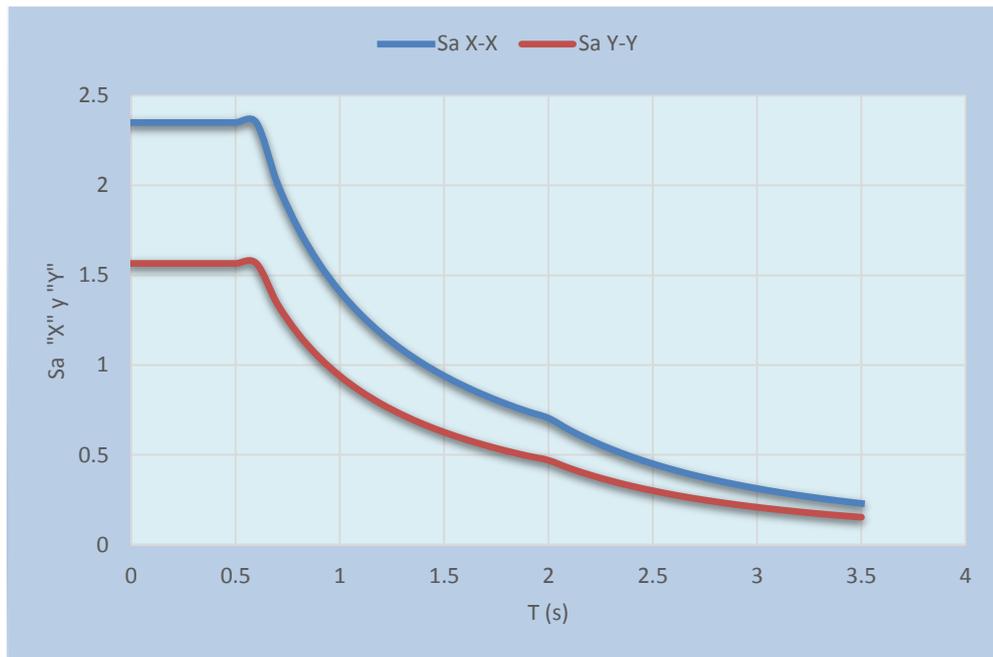


Figura 80. Grafica de Espectro de diseño en dirección "X" y "Y" (E030-2016)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Factor de zona		T	C	Sa	T	C	Sa
Z	Huancayo	0	2.50	1.68	1.20	1.25	0.84
3	0.3	0.1	2.50	1.68	1.30	1.15	0.78
Factor de uso		0.2	2.50	1.68	1.40	1.07	0.72
U	1	0.3	2.50	1.68	1.50	1.00	0.67
Perfil de suelo		0.4	2.50	1.68	1.60	0.94	0.63
S	Suelo Intermedio	0.5	2.50	1.68	1.70	0.88	0.59
S2	1.2	0.6	2.50	1.68	1.80	0.83	0.56
Tp (s)	0.6	0.7	2.14	1.44	1.90	0.79	0.53
		0.8	1.88	1.26	2.00	0.75	0.50
Sistema estructural		0.9	1.67	1.12	2.10	0.71	0.48
R	Concreto Armado - Dual	1	1.50	1.01	2.20	0.68	0.46
R	Ro*la*ip = 5.25	1.1	1.36	0.92	2.30	0.65	0.44

Figura 81. Resultados de Espectro de diseño en Dirección X (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Factor de zona		T	C	Sa	T	C	Sa
Z	Huancayo	0	2.50	1.68	1.20	1.25	0.84
3	0.3	0.1	2.50	1.68	1.30	1.15	0.78
Factor de uso		0.2	2.50	1.68	1.40	1.07	0.72
U	1	0.3	2.50	1.68	1.50	1.00	0.67
Perfil de suelo		0.4	2.50	1.68	1.60	0.94	0.63
S	Suelo Intermedio	0.5	2.50	1.68	1.70	0.88	0.59
S2	1.2	0.6	2.50	1.68	1.80	0.83	0.56
Tp (s)	0.6	0.7	2.14	1.44	1.90	0.79	0.53
		0.8	1.88	1.26	2.00	0.75	0.50
Sistema estructural		0.9	1.67	1.12	2.10	0.71	0.48
R	Concreto Armado - Dual	1	1.50	1.01	2.20	0.68	0.46
R	$R_o * I_a * I_p = 5.25$	1.1	1.36	0.92	2.30	0.65	0.44

Figura 82. Resultados de Espectro de diseño en Dirección Y (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

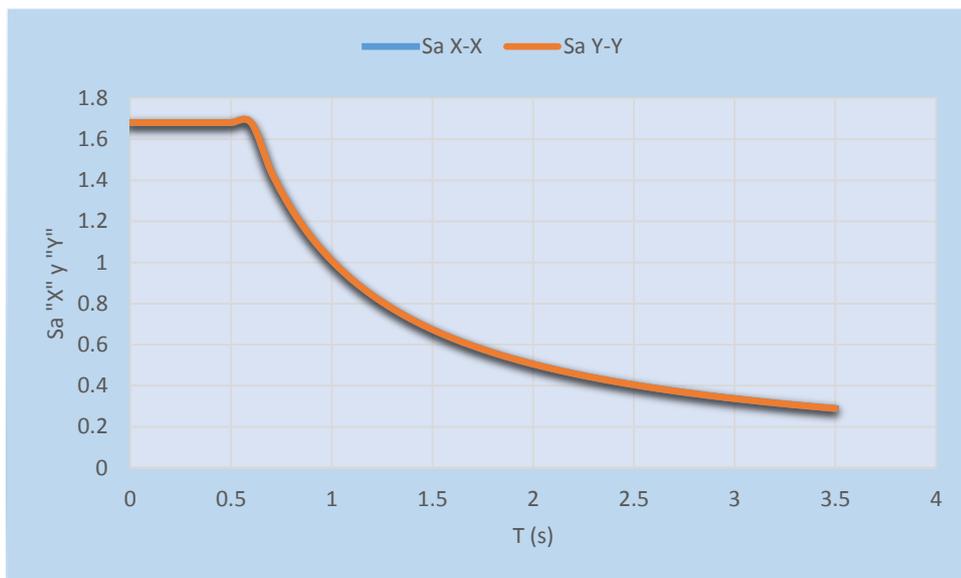


Figura 83. Grafica de Espectro de diseño en dirección "X" y "Y" (E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

Tabla 47

Cuadro Comparativo de “C” y “Sa” (E030-2016 y E030-2003)

Periodo T (seg)	E030 - 2016			E30 - 2003	
	C	SaX	SaY	C	Sa X - Y
0	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.1	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.2	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.3	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.4	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.5	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.6	2.50	2.35	1.57	2.50	1.68
0.7	2.14	2.01	1.34	2.14	1.44
0.8	1.88	1.76	1.18	1.88	1.26
0.9	1.67	1.57	1.04	1.67	1.12
1	1.50	1.41	0.94	1.50	1.01
1.1	1.36	1.28	0.85	1.36	0.92
1.2	1.25	1.18	0.78	1.25	0.84
1.3	1.15	1.08	0.72	1.15	0.78
1.4	1.07	1.01	0.67	1.07	0.72
1.5	1.00	0.94	0.63	1.00	0.67
1.6	0.94	0.88	0.59	0.94	0.63
1.7	0.88	0.83	0.55	0.88	0.59
1.8	0.83	0.78	0.52	0.83	0.56
1.9	0.79	0.74	0.49	0.79	0.53
2	0.75	0.71	0.47	0.75	0.50

Nota. Fuente: Software Excel y elaboración propia

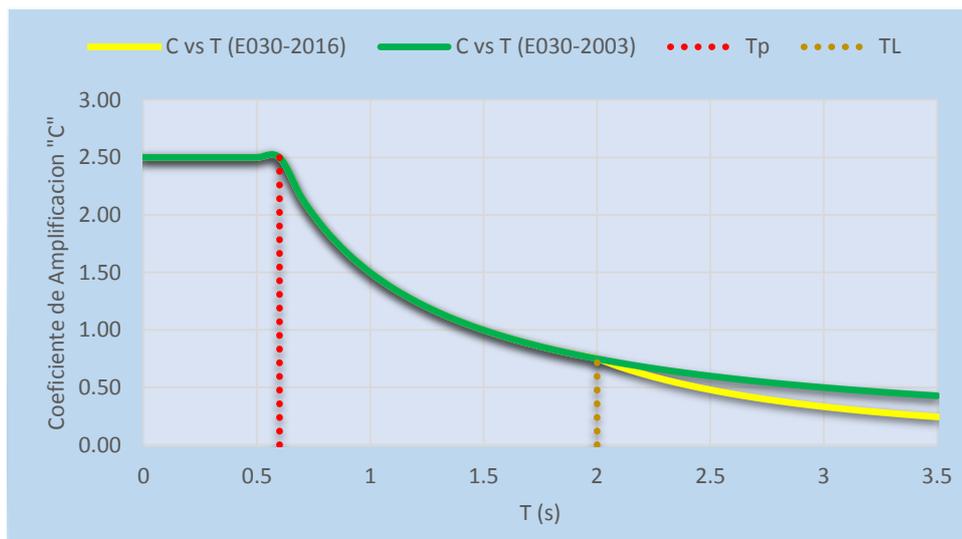


Figura 84. Grafica comparativa de “C” vs “T” (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

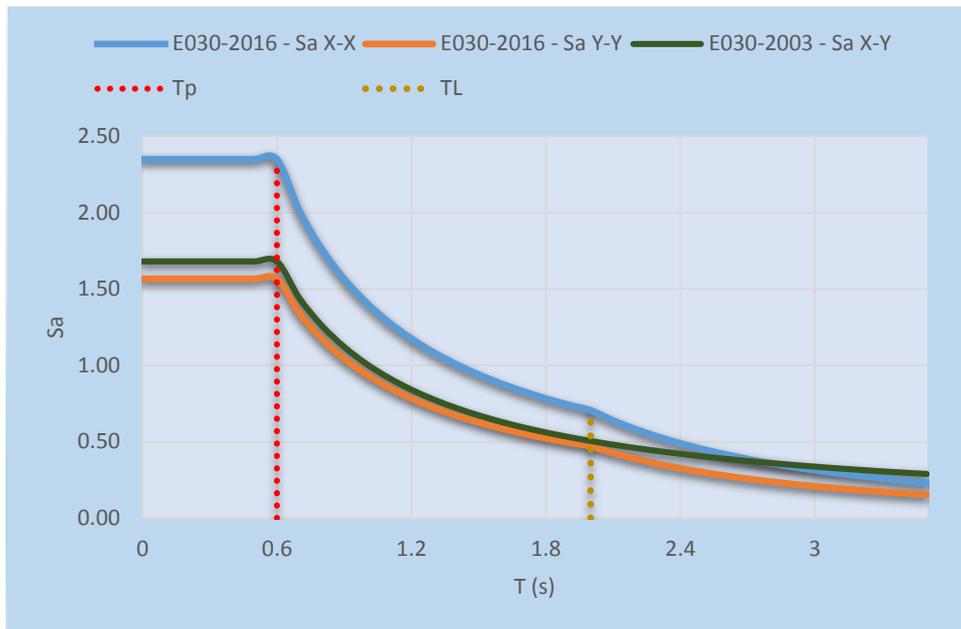


Figura 85. Grafica comparativa de Espectro de diseño (E030-2016 y E030-2003)

Fuente. Software Excel y elaboración propia

En la *Figura 85* demuestra que la norma E030-2003 posee un espectro para la dirección “X” y “Y”, a diferencia de la norma E030-2016 que posee dos espectros una para cada dirección dependiendo de la irregularidad, teniendo como resultado un mejor análisis acorde a la realidad sísmica

CAPITULO V

DISCUSIÓN RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

- Nuestra investigación tiene diferencias con la tesis de (Yallico, J.,2017), ya que en su investigación “Análisis sísmico comparativo del pabellón A de secundaria, del colegio emblemático Santa Isabel, de la ciudad de Huancayo, región Junín 2017”. Menciona que los resultados de distorsión de entrepiso en su edificio no varían. Mientras que el objeto de estudio de nuestra investigación es de forma asimétrica, en el cual los resultados de la distorsión de entrepiso varían mayor al 40%, con un 72.6% en la dirección “X” por irregularidad torsional y un porcentaje de 15.8% en la dirección “Y” por irregularidad de esquinas entrantes como se muestra en la Tabla 41.
- Nuestra investigación tiene diferencias con la tesis de (Quispe, F.,2015), ya que en su investigación “Análisis y diseño estructural comparativo con la norma sismo resistente E.030-2014 vs E.030-2003 de un edificio multifamiliar de 5 pisos”. Menciona que los resultados de fuerza cortante en su edificio no varían, puesto que la diferencia es mínima y por tanto no afecta mucho en el comportamiento sísmico de las edificaciones construidas con la norma E030-2003. Mientras que el objeto de estudio de nuestra investigación es de forma asimétrica, en el cual los resultados de fuerza cortante varían mayor al 20%, con un 38.8% en la dirección “X” por irregularidad torsional y disminuye un porcentaje de 6.2% en la dirección “Y” por irregularidad de esquinas entrantes como se muestra en la Tabla 46.
- Nuestra investigación diferencias con la tesis de (Moscoso, D y García, M.,2016), ya que en su investigación “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso y fuerzas cortantes en un edificio de concreto armado de sistema dual,

aplicado con la norma E030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCh 433.of1996 modificada en 2012". Menciona que la norma E030-2016 posee un solo espectro de diseño para la dirección "X" y "Y", esto debido porque su edificación no presenta irregularidad, mientras que el resultado obtenido de nuestra investigación posee espectros diferentes para la dirección "X" y para la dirección "Y". Porque cada dirección tuvo diferente irregularidad, y como consecuencia de esto se logró diferente espectro para cada dirección como se muestra en la *Figura 85*.

CONCLUSIONES

1. Determinando que los resultados del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos, varían en la respuesta sísmica. Notándose que la edificación analizada y de características similares diseñadas con la norma E030-2003 son muy flexibles, altamente vulnerables e inseguras en la actualidad.
2. Al obtener los resultados de distorsión de entrepiso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 mediante el análisis sísmico dinámico en un edificio de 5 pisos de concreto armado con sistema dual, se comprueba que nuestra primera hipótesis específica cumple. Esto indica que la norma actual respecto a la norma antigua en la dirección "X" nos muestra un incremento del 78.6% promedio por causa de irregularidad de torsión extrema y una variación del 15.8% en la dirección "Y" promedio por causa de la irregularidad de esquinas entrantes.
3. Al determinar los resultados de fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 mediante el análisis sísmico dinámico en un edificio de 5 pisos de concreto armado con sistema dual, se comprueba que nuestra segunda hipótesis específica cumple. Porque la norma actual respecto a la norma antigua en la dirección "X" incrementa un 38.8% promedio y disminuye el 6.2% en la dirección "Y" promedio; como se muestra; por tanto indica que la edificación diseñada con la norma E030-2003 es flexible respecto a la norma E030-2016, y esto se debe a que la norma actual toma en cuenta más a las edificaciones irregulares, acercándose así más a la realidad sísmica.
4. Al obtener los espectros de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 mediante el análisis sísmico dinámico en un edificio de 5 pisos de concreto armado de sistema dual, se llega a cumplir con la tercera hipótesis específica. Esto debido a que la norma E030-2016 posee espectros diferentes para la dirección "X" y para la dirección "Y" a diferencia de la norma E030-2003 que posee solo un espectro para ambas

direcciones ("X" y "Y"). Teniendo resultados más acordes a la realidad sísmica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la edificación analizada y las edificaciones de características similares diseñadas con la norma E030-2003, tomen en cuenta el reforzamiento estructural para que tengan más rigidez, ya que en la actualidad son flexibles.
2. Se recomienda que las edificaciones tengan una configuración estructural simétrica, ya que estas tienen un comportamiento sísmico más adecuado ante un evento sísmico y son más económicas.
3. Se recomienda que las edificaciones sean simétricas y las que tengan de forma alargada, T, L, I, o H en planta sean separadas mediante juntas sísmicas para que no sufran el efecto de torsión. Asimismo, en la actualidad las edificaciones asimétricas analizadas con la norma E030-2016 proporcionan elementos estructurales sobredimensionados, haciendo que la edificación sea robusta y altamente costosa.
4. Se recomienda realizar un análisis sísmico dinámico, ya que estas tienen gran aceptación en la práctica profesional y buena aproximación en los resultados. Así mismo realizar el reforzamiento estructural con muros de concreto ya que estos aportan rigidez y disminuyen desplazamientos laterales. Asimismo, reforzamiento de columnas y vigas mediante encamisados ya que ayudaran a reforzar la cuantía de acero faltante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Pique del Pozo, J. (2016). Evolución de la normatividad sísmica en el Perú - La norma del 2016. Ponencia Norma de Diseño Sismorresistente E-030. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
2. Chevarria, C. (2014). En su tesis “Análisis y Diseño estructural sismorresistente por el método de elementos finitos: pabellón de aulas I.E.S. Charamaya – Mañazo”. Tesis para optar el Título de Ingeniera Civil en la Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
3. Quispe, F. (2015). En sus tesis “Análisis Estructural comparativo con la norma sismorresistente E.030-2014 vs E.030-2003 de un edificio multifamiliar de 6 pisos en distrito de surquillo”. Tesis para optar el Título de Ingeniera Civil en la Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
4. Aguilar, R. (2008). Análisis sísmico de edificios (1ra ed.). Quito, Ecuador: Ed. Centro de investigaciones Científicas.
5. Vivanco, T. (2018, 18 de mayo). ¿Junín está preparado para afrontar sismo de 7.5 grados? Diario Correo. Recuperado de: <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/junin-esta-preparado-para-afrontar-sismo-de-75-grados-819614/>
6. Ottazzi, G. (2006). Diseño en concreto armado (1ra ed.). Lima, Perú: Ed. Capítulo peruano del American concrete institute.
7. Bozzo, L. y Barbat, Alex (2003). Diseño sismorresistente de edificios – Técnicas convencionales y avanzadas (1ra ed.). Lima, Perú: Ed. Reverte, S. A.
8. Sagripanti, L., Bettiol, A. y Seitz, C. (2007). Terremotos: nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía (1ra ed.). Córdoba, Argentina: Ed. Área de promoción científica de la agencia Córdoba Ciencia S.E.
9. Blanco, A. (2011). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado (2da ed.). Lima, Perú: Ed. Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima y Colegio de Ingenieros del Perú.
10. Bazan, E. y Meli, R. (2004). Diseño sísmico de edificios (1ra ed.). La ciudad de México, México: Ed. Limusa.

11. Rochel, R. (2012). Análisis y diseño sísmico de edificio (2da ed). Medellín, Colombia: Ed. Universidad EAFIT.
12. Hibbeler, R. (2012). Análisis estructural (8va ed.). La ciudad de México, México: Ed. Pearson.
13. Villareal, G. (2009). Análisis estructural (2da ed.). Lima, Perú: Ed. Asamblea Nacional de Rectores.
14. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (6ta ed.). La ciudad de México. México: Ed. McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

ANEXOS

Anexo N° 01. Matriz de consistencia

Anexo N° 02. Validación de edificios de 5 pisos

Anexo N° 03. Mapa de peligros y capacidad portante (INDECI)

Anexo N° 04. Planos de arquitectura

Anexo N° 05. Planos de estructuras – losa aligerada

Anexo N° 06. Planos de estructuras – viga

Anexo N° 07. Norma Sismoresistente E.030 (2003).

Anexo N° 08. Norma Sismoresistente E.030 (2016).

Anexo N° 09. Porcentaje de variación en cuantía de acero de vigas y columnas

ANEXO N° 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA:

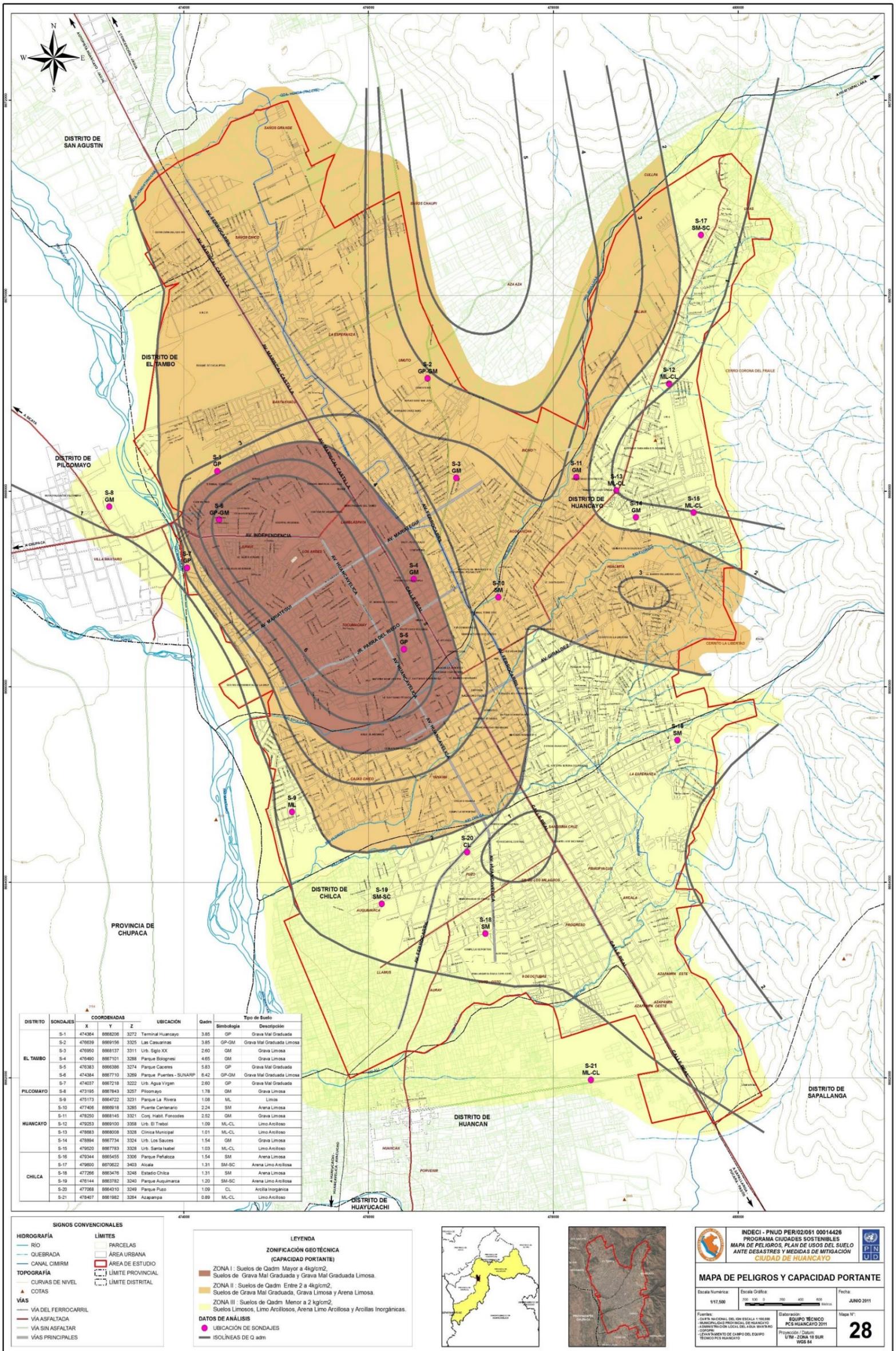
ANÁLISIS SISMICO DINAMICO APLICANDO LAS NORMAS E030-2016 Y E030-2003 EN UN EDIFICIO DE 5 PISOS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es el resultado de respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?</p> <p>2. PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>a) ¿Qué diferencia hay en el resultado de la distorsión de entre piso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?</p> <p>b) ¿Qué varianza hay en el resultado de la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?</p> <p>c) ¿Qué diferencia hay en el espectro de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Comparar los resultados de la respuesta sísmica del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Diferenciar los resultados de la distorsión de entrepiso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos</p> <p>b) Analizar los resultados de la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos</p> <p>c) Comparar los espectros de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Los resultados del análisis sísmico dinámico aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su respuesta sísmica.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) Los resultados en la distorsión de entrepiso aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos tienen una variación mayor al 40%.</p> <p>b) Los resultados en la fuerza cortante aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos tiene una variación mayor al 20%.</p> <p>c) Los espectros de diseño aplicando las normas E030-2016 y E030-2003 en un edificio de 5 pisos varían en su representación gráfica.</p>	<p>Variable Independiente Las normas E030-2016 y E030-2003</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peligro sísmico • Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones • Análisis estructural • Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad <p>Variable Dependiente Análisis sísmico dinámico</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distorsión de entrepiso • Fuerza cortante • Espectro sísmico 	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Descriptivo - Comparativo - Correlacional</p> <p>Método de investigación: Científico</p> <p>Diseño de la Investigación: No experimental -transversal</p> <p>Población y Muestra:</p> <p>Población: Nuestra población vendrá a ser las 15 edificaciones de la urbanización la Rivera de con características similares.</p> <p>Muestra: La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico del tipo intencional. Por tanto, nuestra muestra y unidad de objeto es una edificación de 5 pisos dentro de la Av. Daniel Alcides Carrión N°1195.</p>

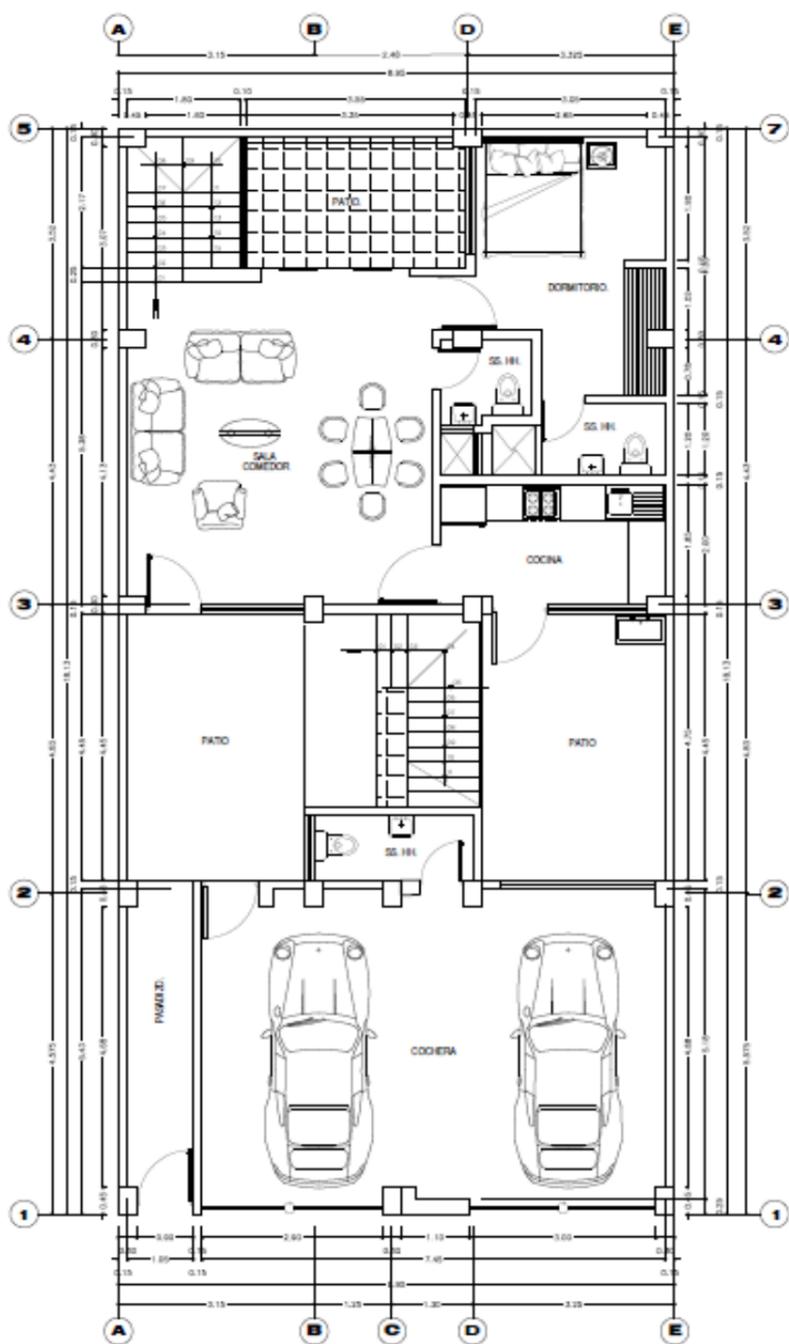
ANEXO Nª 02
VALIDACIÓN DE EDIFICIOS DE 5 PISOS

ANEXO N° 03

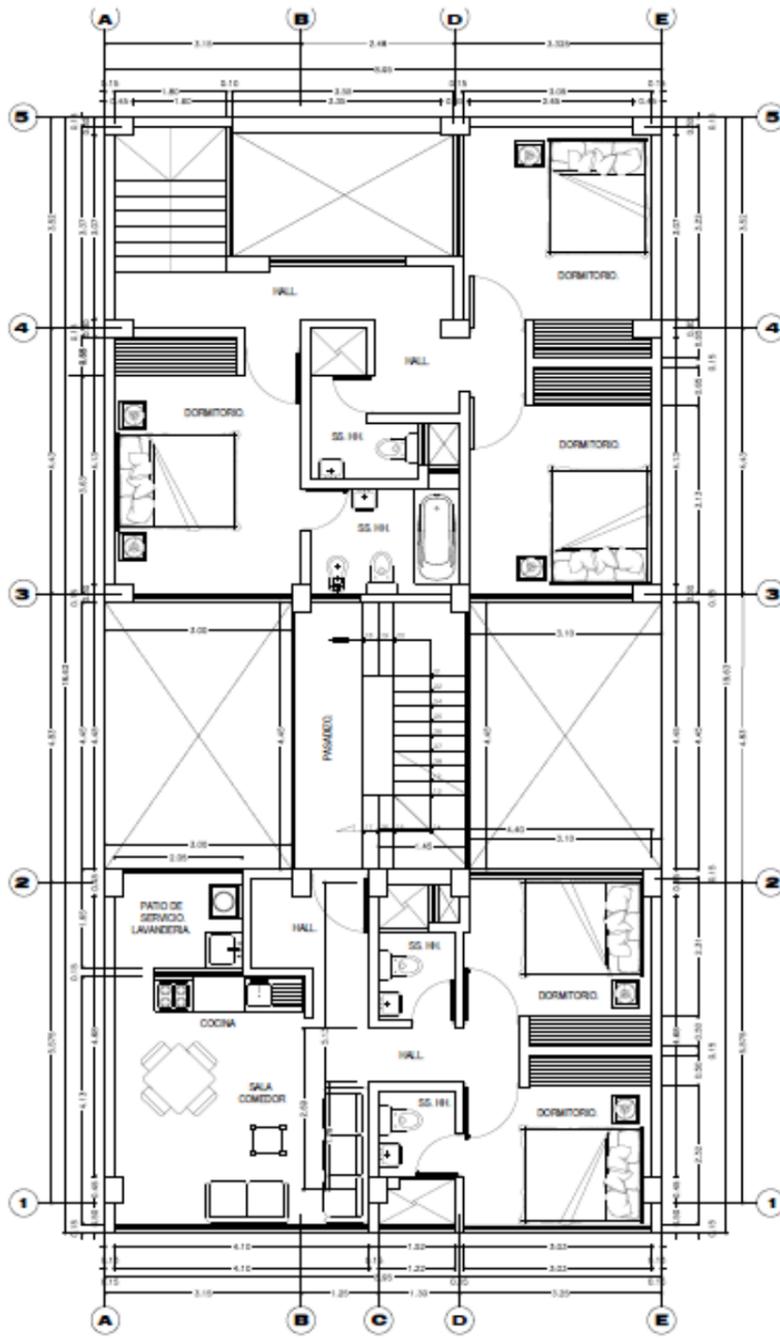
MAPAS DE PELIGRO Y CAPACIDAD PORTANTE (INDECI)



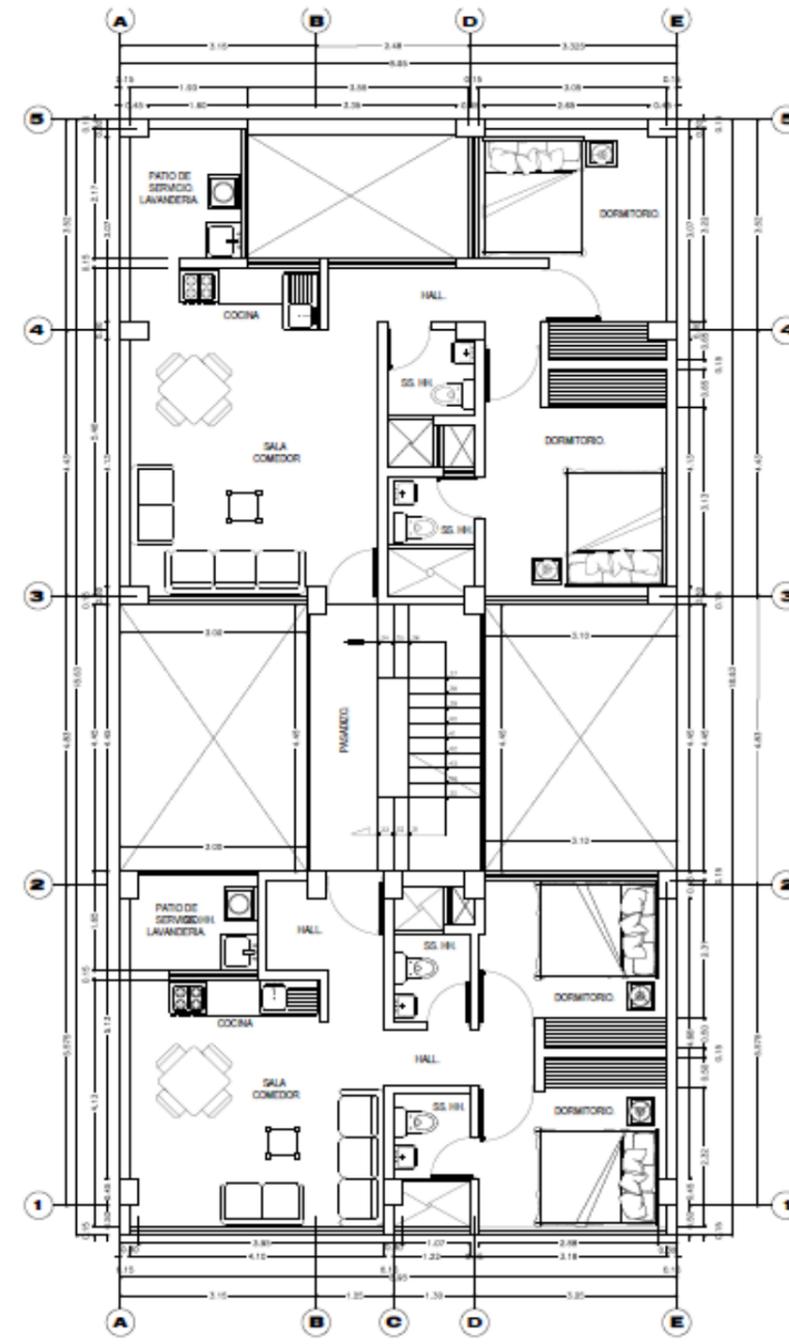
ANEXO N° 04
PLANOS DE ARQUITECTURA



PRIMER PISO.
ESCALA 1/50



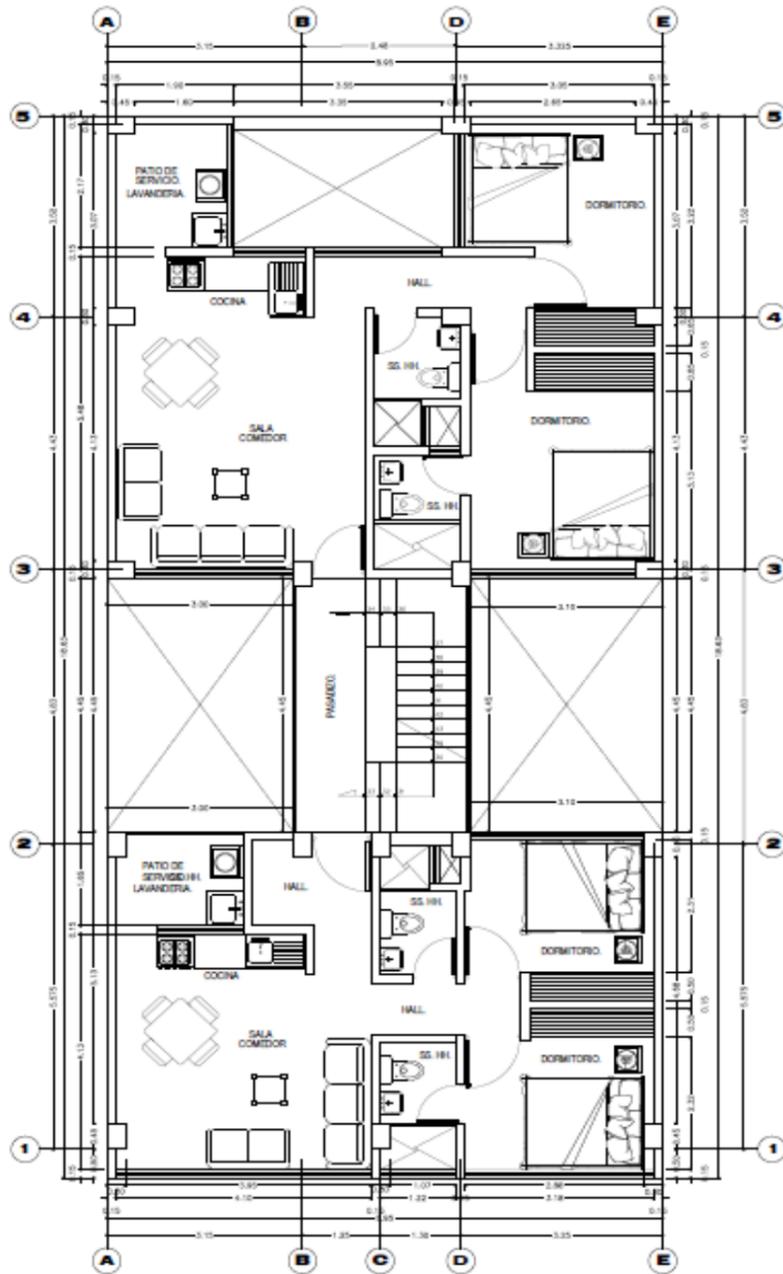
SEGUNDO PISO.
ESCALA 1/50



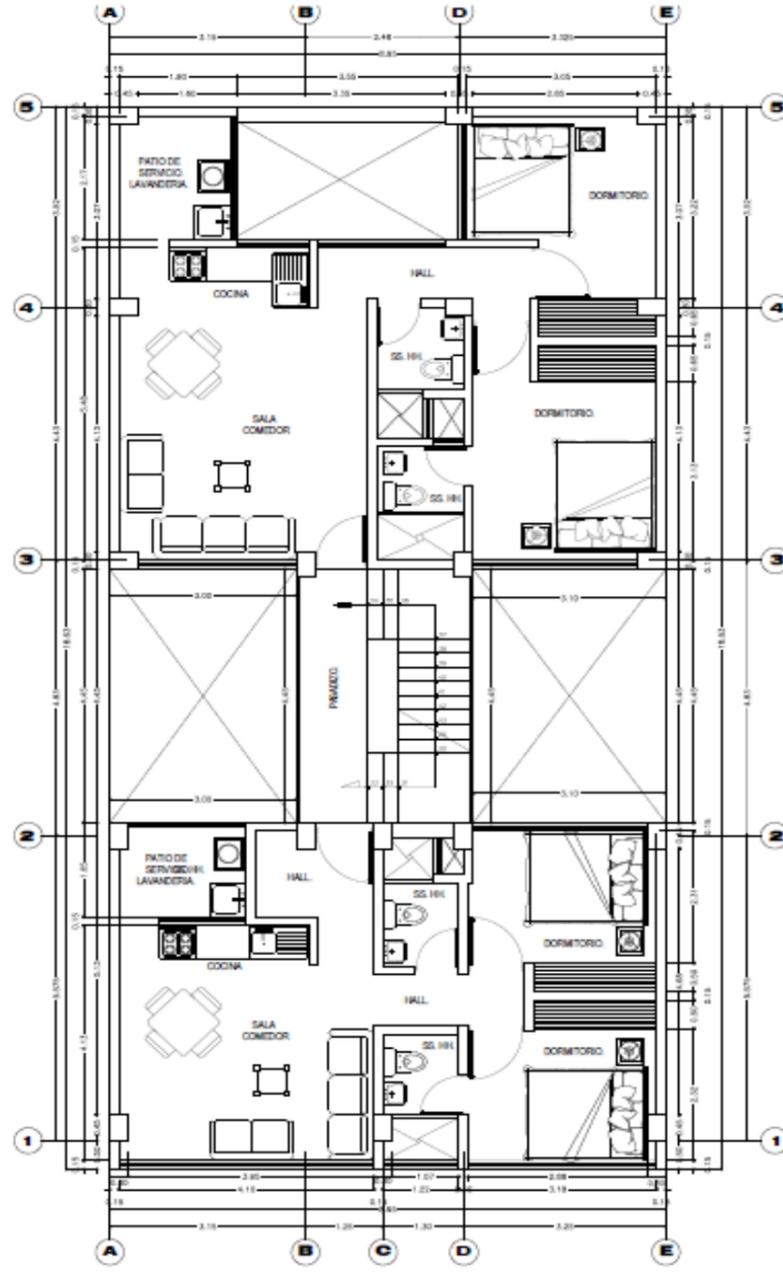
TERCER PISO.
ESCALA 1/50



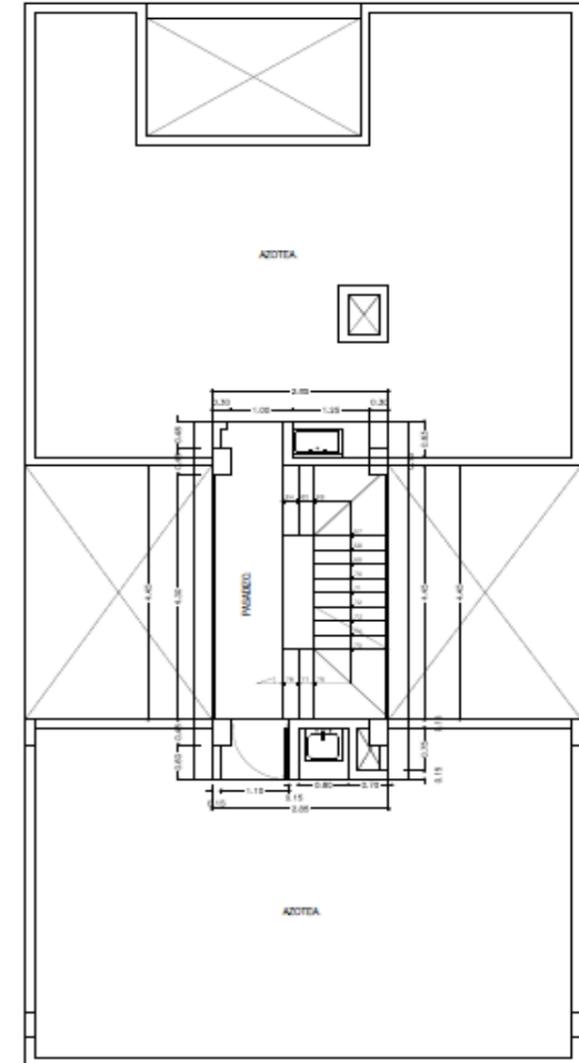
Vivienda Multifamiliar		● ● ●	
PROYECTO DE ARQUITECTURA Y PLANTAS			
PROYECTO DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DEL TIPO "VIVIENDA" DEL ALBERGUE "PRIMA VIVIENDA"			
Arquitectura - Plantas			
PROYECTO	PLANTA	ESCALA	FECHA
01/24	01/24	1:50	A-01



CUARTO PISO.
ESCALA 1/50



QUINTO PISO.
ESCALA 1/50

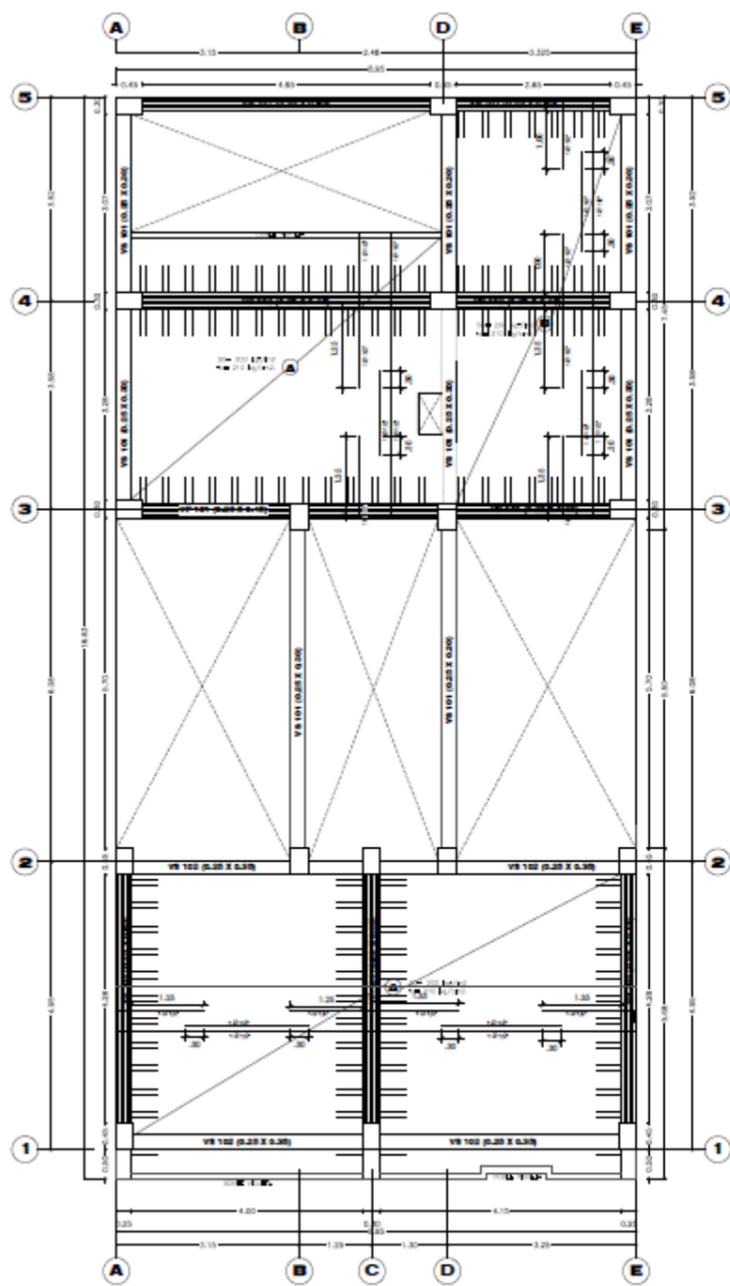


AZOTEA.
ESCALA 1/50

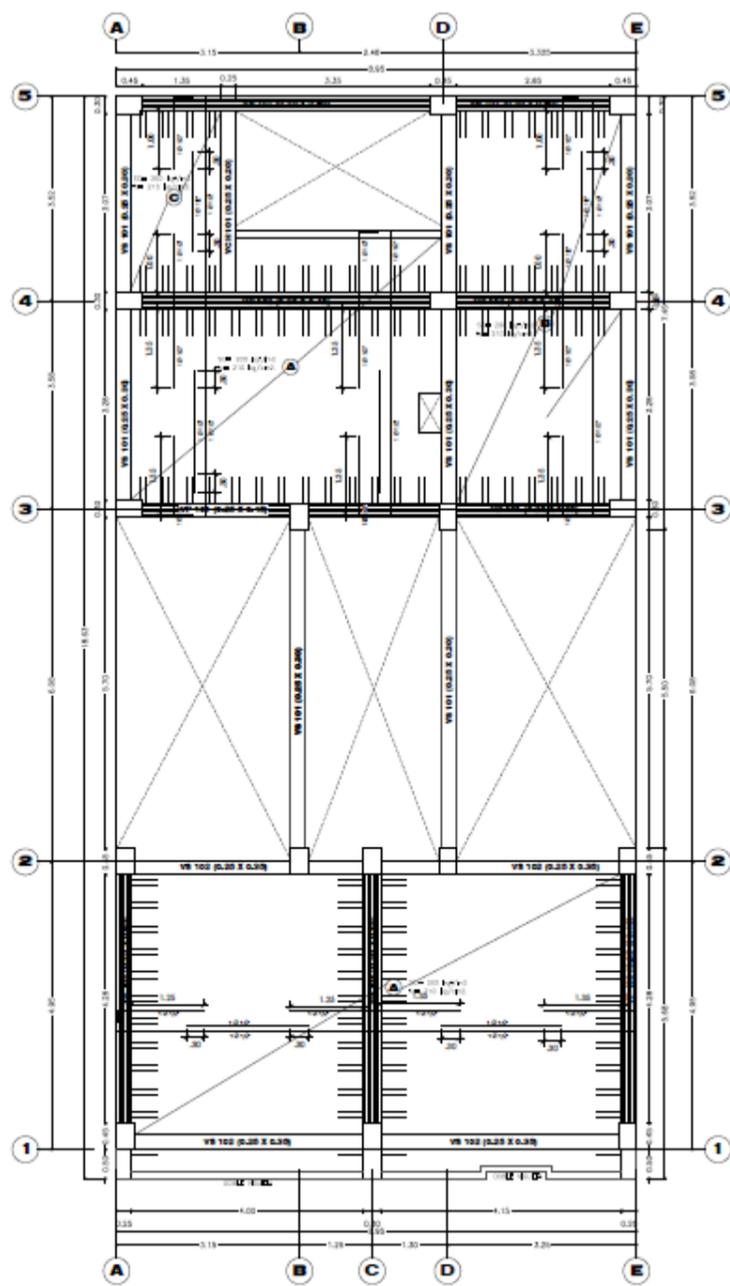


Vivienda Multifamiliar		PROYECTADO POR: [Logo]	
PROYECTO DE: [Logo]			
Arquitectura - Plantas			
FECHA:	ESCALA:	HOJA:	A-02

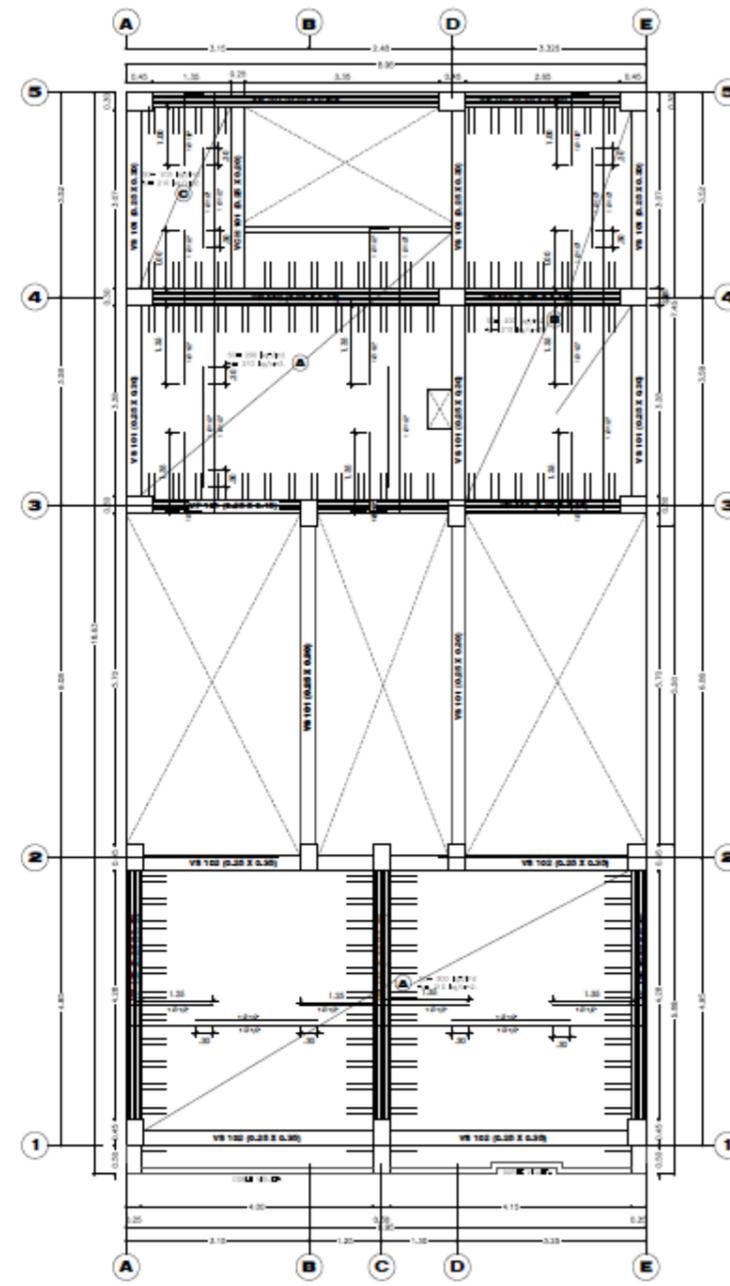
ANEXO N° 05
PLANOS DE ESTRUCTURAS – LOSA ALIGERADA



PRIMER PISO.
ESCALA 1/50



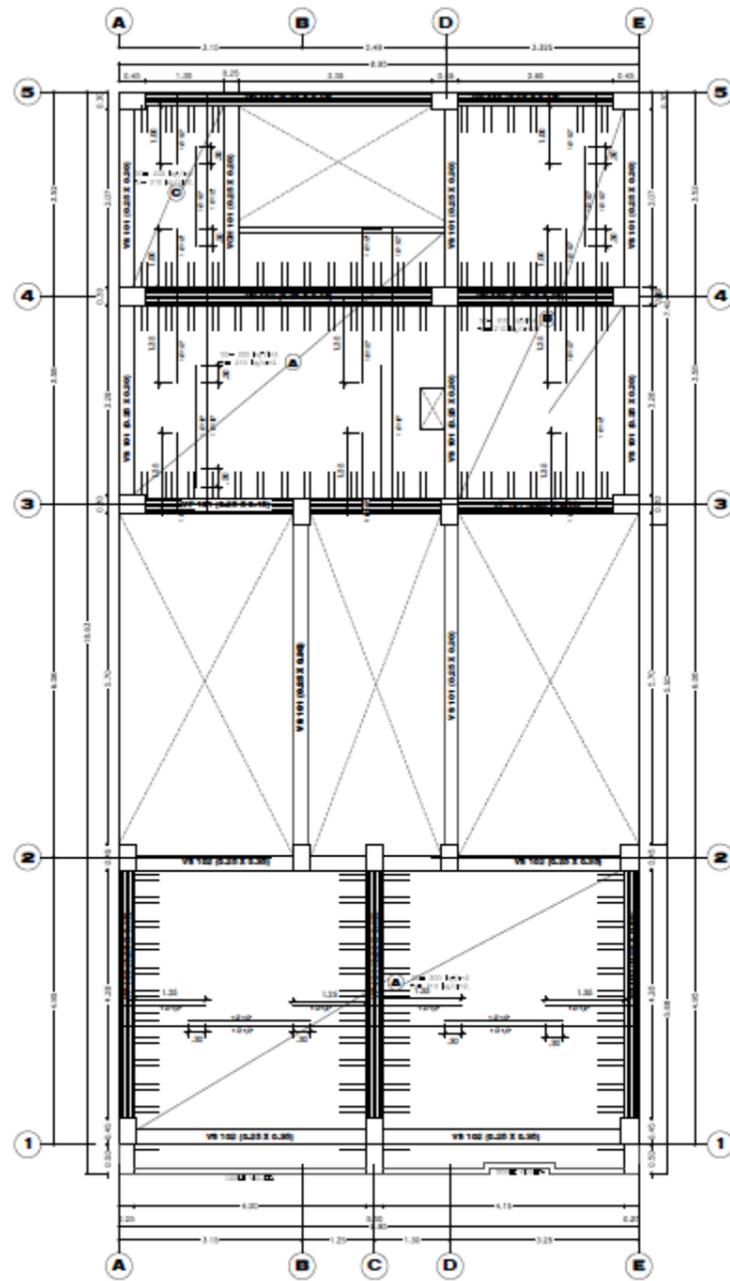
SEGUNDO PISO.
ESCALA 1/50



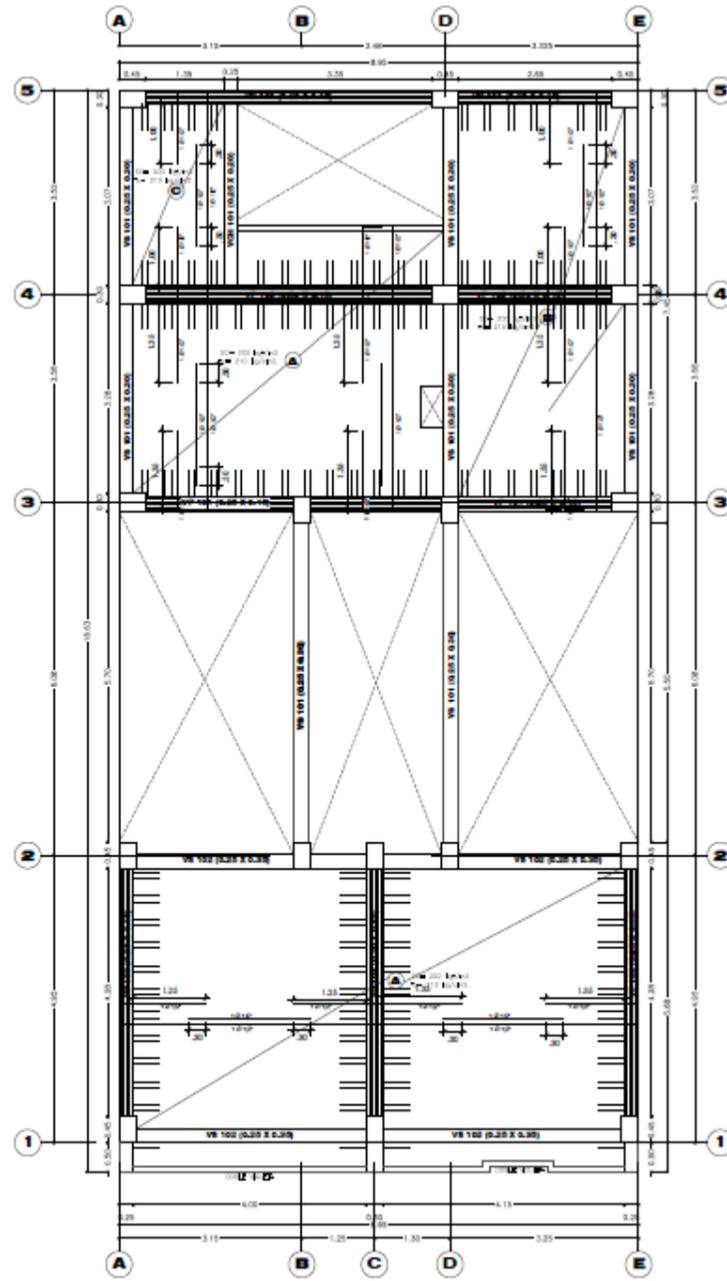
TERCER PISO.
ESCALA 1/50



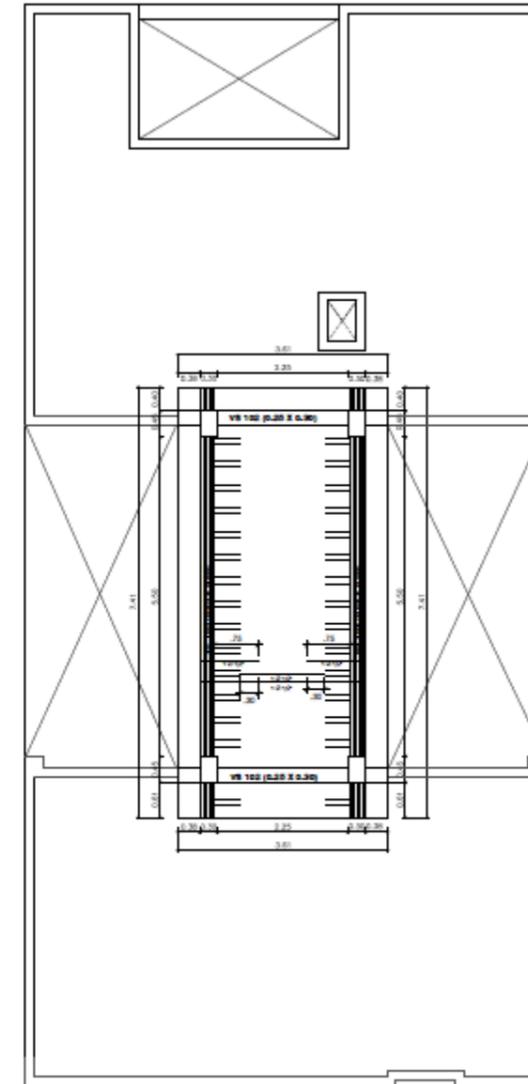
Vivienda Multifamiliar			
PROYECTADO POR: INGENIERO RUBEN PERAZO			
REVISADO POR: INGENIERO CARLOS TORRES, INGENIERO JORGE ALVARADO, INGENIERO PABLO HUACAY			
Estructuras - aligerados.			
TRACER	PROYECTO	FECHA	E-02
		11/03/2024	



CUARTO PISO.
ESCALA 1/50



QUINTO PISO.
ESCALA 1/50

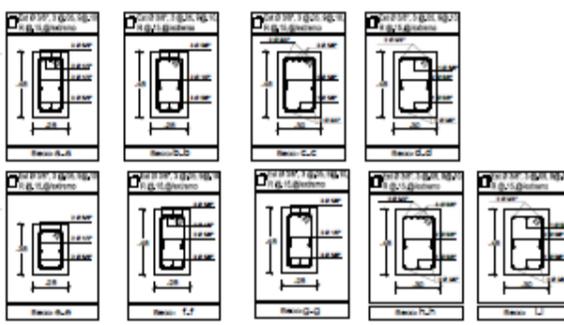
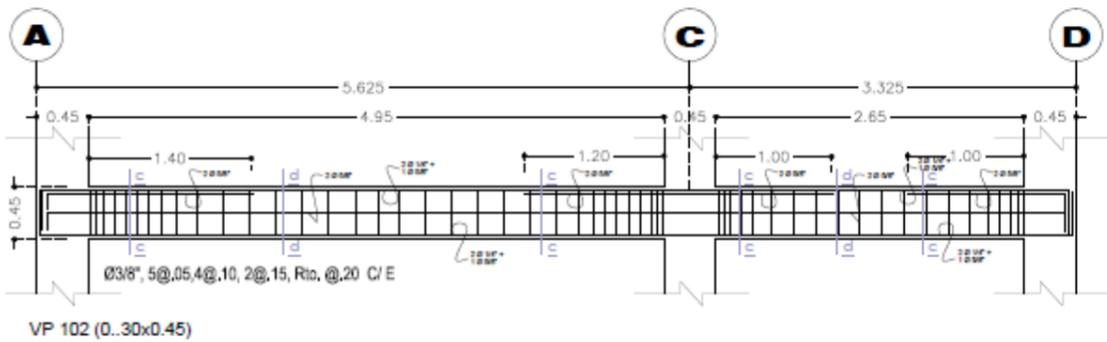
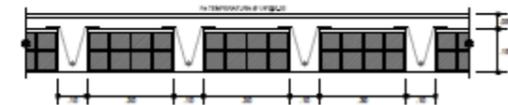
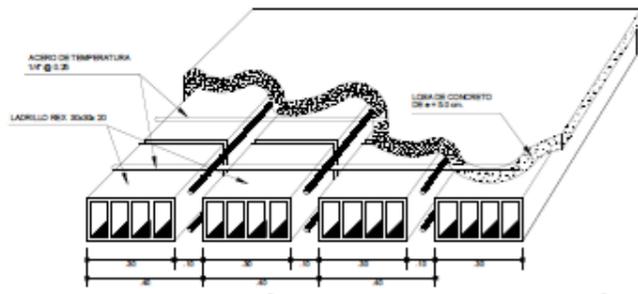
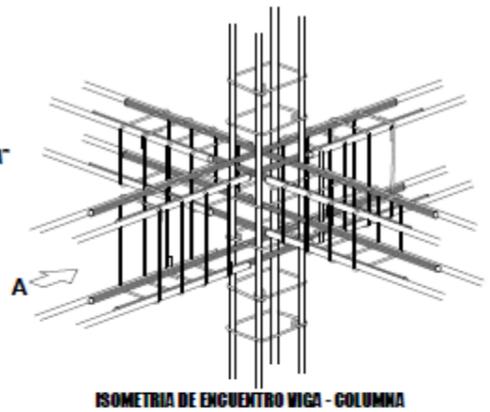
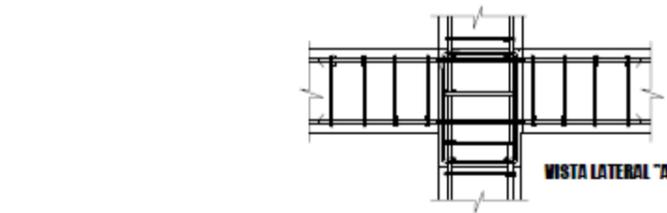
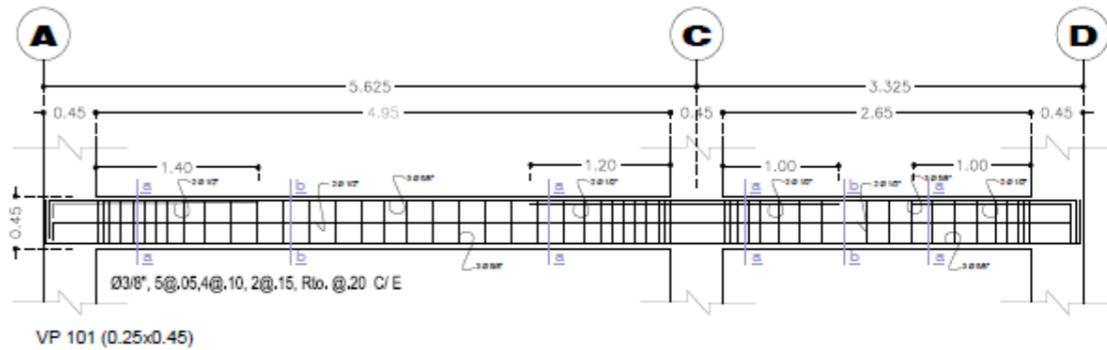


AZOTEA.
ESCALA 1/50

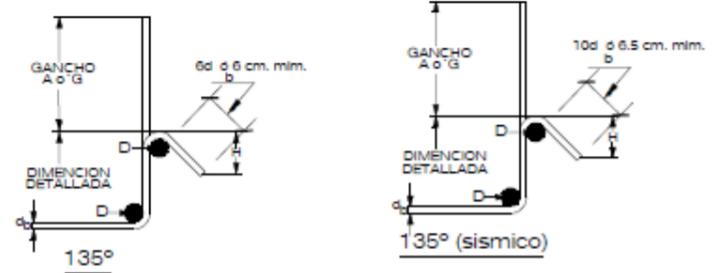
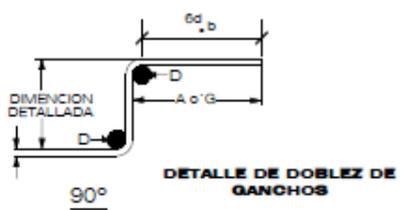
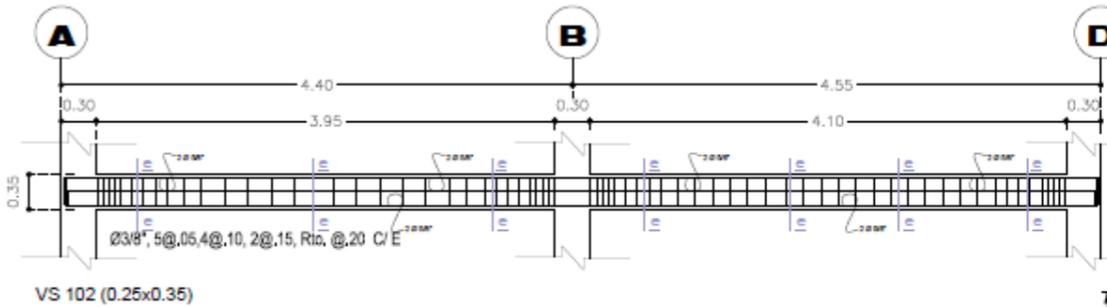


Proyecto		Vivienda Multifamiliar	
Proyecto de Obra		PROYECTO DE OBRA	
Estructuras - aligerados.		Estructuras - aligerados.	
FECHA	ESCALA	PROYECTO	E-03

ANEXO N° 06
PLANOS DE ESTRUCTURAS – VIGA



EMPALME DE COLUMNAS		DOBLADO DE ESTRIBOS																															
<p>EMPALME EN DIFERENTES PARTES DEL NUDO DE CADA ZONA DE CONFINAMIENTO</p>		<p>DESARROLLO EN EXT. DE VIGA</p>																															
<p>LONGITUD DE DOBLADO</p>		<p>DOBLAR EN EL INTERIOR DEL NUDO NO CONFINADO</p>																															
<table border="1"> <tr> <th></th> <th>Ø</th> <th>r</th> <th>a</th> </tr> <tr> <td>14"</td> <td>2 cm.</td> <td>8 cm.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>3 cm.</td> <td>13 cm.</td> <td></td> </tr> </table>			Ø	r	a	14"	2 cm.	8 cm.		3/8"	3 cm.	13 cm.		<table border="1"> <tr> <th>LONGITUD DE DESARROLLO EN EXTREMOS DE VIGAS</th> <th>Ø</th> <th>1/2"</th> <th>5/8"</th> <th>3/4"</th> <th>1"</th> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>0.50</td> <td>0.70</td> <td>0.90</td> <td>1.10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>0.35</td> <td>0.45</td> <td>0.60</td> <td>0.80</td> <td></td> </tr> </table>		LONGITUD DE DESARROLLO EN EXTREMOS DE VIGAS	Ø	1/2"	5/8"	3/4"	1"	L1	0.50	0.70	0.90	1.10		L2	0.35	0.45	0.60	0.80	
	Ø	r	a																														
14"	2 cm.	8 cm.																															
3/8"	3 cm.	13 cm.																															
LONGITUD DE DESARROLLO EN EXTREMOS DE VIGAS	Ø	1/2"	5/8"	3/4"	1"																												
L1	0.50	0.70	0.90	1.10																													
L2	0.35	0.45	0.60	0.80																													
<table border="1"> <tr> <th>LONGITUD DE EMPALME</th> <th>Ø</th> <th>5/8"</th> <th>3/4"</th> <th>1"</th> </tr> <tr> <td>L</td> <td>0.40 m</td> <td>0.55 m</td> <td>1.00 m</td> <td></td> </tr> </table>		LONGITUD DE EMPALME	Ø	5/8"	3/4"	1"	L	0.40 m	0.55 m	1.00 m																							
LONGITUD DE EMPALME	Ø	5/8"	3/4"	1"																													
L	0.40 m	0.55 m	1.00 m																														



Vivienda Multifamiliar

PROYECTO DE OBRA NUEVA PRECISADA

ESTRUCTURAS - VIGAS

E-04

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

OBRAS DE CONCRETO

SOLADO	: 1 : 12 (CEMENTO-HORMIGÓN)
CEMENTO	: 1 : 10 + 30% P.G. (CEMENTO-HORMIGÓN)
SOBRECIMENTO CORRIDO	: 1 : 6 + 25% P.M. (CEMENTO-HORMIGÓN)
SOBRECIMENTO REFORZADO	: f'c = 175 Kg/cm²
ZAPATAS, COLUMNAS, VIGAS, LOSAS	: f'c = 210 Kg/cm²
ACERO DE REFORZO	: fy = 4.200 Kg/cm²
MORTERO PARA ASENTAR LADRILLOS	: 1 : 4 (CEMENTO-ARENA)
MUROS DE CABEZA Y DE SOGA	: LADRILLO H-K AROJILLA DE 8 x 12 x 24 cm.
TECHO ALIGERADO	: LADRILLO MUECO AROJILLA DE 30 x 30 x 25 cm.

REQUERIMIENTOS

VIGAS PERALTADAS Y COLUMNAS	: r = 2.00 cm. MÍNIMO
VIGAS CHATAS	: r = 2.50 cm. MÍNIMO
ALIGERADO	: r = 2.00 cm. MÍNIMO
VIGAS DE ORIENTACION	: r = 5.00 cm. MÍNIMO
ZAPATA	: r = 7.00 cm. MÍNIMO
CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO	:

ACERÍA

INTERIORES DE AMBIENTES	: 200.00 Kg/cm²				
CORRIDORES	: 200.00 Kg/cm²				
LONG. MÍNIMAS DE TRASLAPES EN ARMADURA Y GANCHOS ESTÁNDAR					
Ø DEL ACERO DIAM. (cm)	ARREDA (cm)	TRASLAPES EN COMPRESION	TRASLAPES EN TRACCION	GANCHOS ESTÁNDAR	
3/8"	0.95 cm.	0.71 cm	30 cm.	40 cm.	20 cm.
1/2"	1.27 cm.	1.27 cm	30 cm.	45 cm.	25 cm.
5/8"	1.59 cm.	1.90 cm.	40 cm.	55 cm.	30 cm.
3/4"	1.91 cm.	2.55 cm	45 cm.	65 cm.	35 cm.
1"	2.54 cm.	3.57 cm	60 cm.	85 cm.	45 cm.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA TÉCNICA DE DISEÑO SISMORESISTENTE	: NTE - 030
NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES	: NTE - 050
NORMA TÉCNICA DE SUELOS Y ORIENTACIONES	: NTE - 050
NORMA TÉCNICA DE CARGAS	: NTE - 030
NORMA TÉCNICA DE ALBAÑILERÍA	: NTE - 070

PARÁMETROS SISMICOS

FACTOR DE ZONA	Z =
FACTOR DE USO	U =
FACTOR DE AMPLIFICACION DINAMICA	C =
FACTOR DE SUELO	S =
COEFICIENTE DE REDUCCION SISMICA	Rx - x =
COEFICIENTE DE REDUCCION SISMICA	Ry - y =

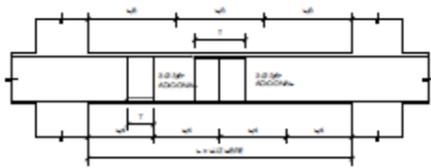
DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS

Desplazamiento relativo máximo x - x =
Desplazamiento relativo máximo y - y =

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACERO Y MADERA

1-ESTRUCTURA METALICA	1-ESTRUCTURA MADERA	
-PERFILES Y PLANCHAS	ASMT A-36 O	1-MADERA ESTRUCTURAL GRUPO C
-BARRAS (SIDERFERA)	ASMT A-307	-MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
-PERNOS (GRADO 2)	USAR BARRAS DE ACERO A-36	18%
-BORNOS DE ANCLAJE	USAR BARRAS DE ACERO A-36	
-ELECTRODOS Y SOLDADURAS	E60X0	
-PINTURA	ADHESIVO AL GRADO METAL BLANCO	
	DOS MANOS DE ANTICORROSIVA TIPO KEM KROMIX	
	ESON 2 DE SHERWIN WILLIAMS O SIMILAR DE L MTS CADA UNA A BASE DE OXIDOS Y CROMATOS.	
	LA PRIMERA MANO SE APLICARA INMEDIATAMENTE LUEGO DEL ARENADO	
	ACABADOS CON DOS MANOS DE ESMALTE SINTETICO A BASE DE RESINAS ALQUIDICAS EN ACEITE SEM LUSTRAL DE SHERWIN WILLIAMS O SIMILAR.	

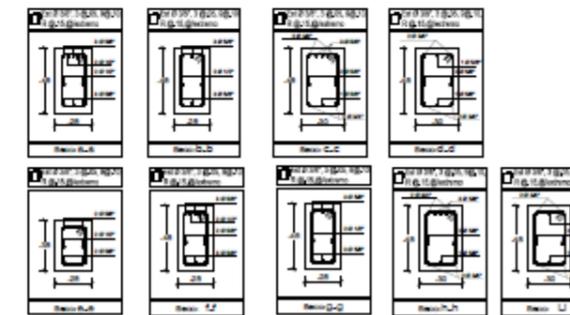
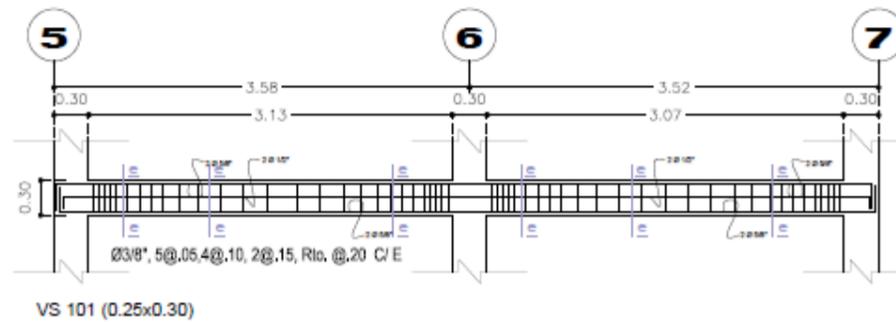
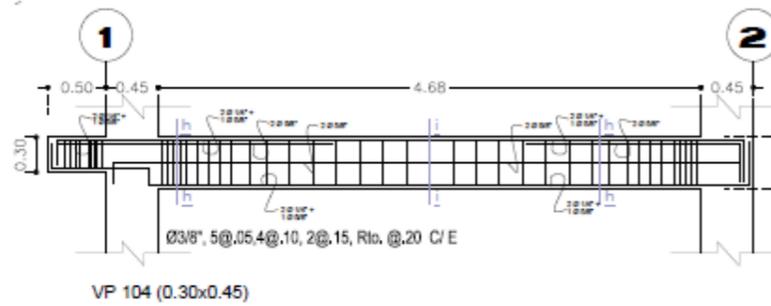
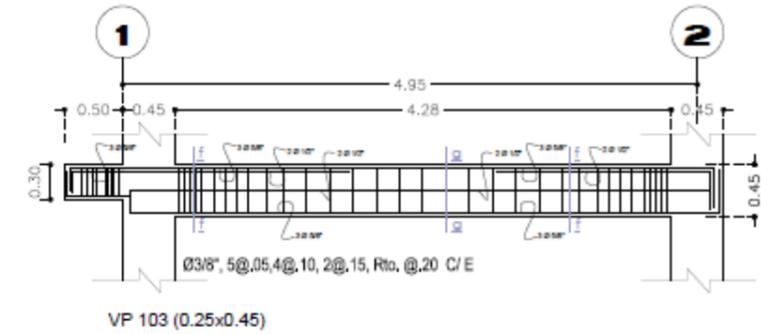
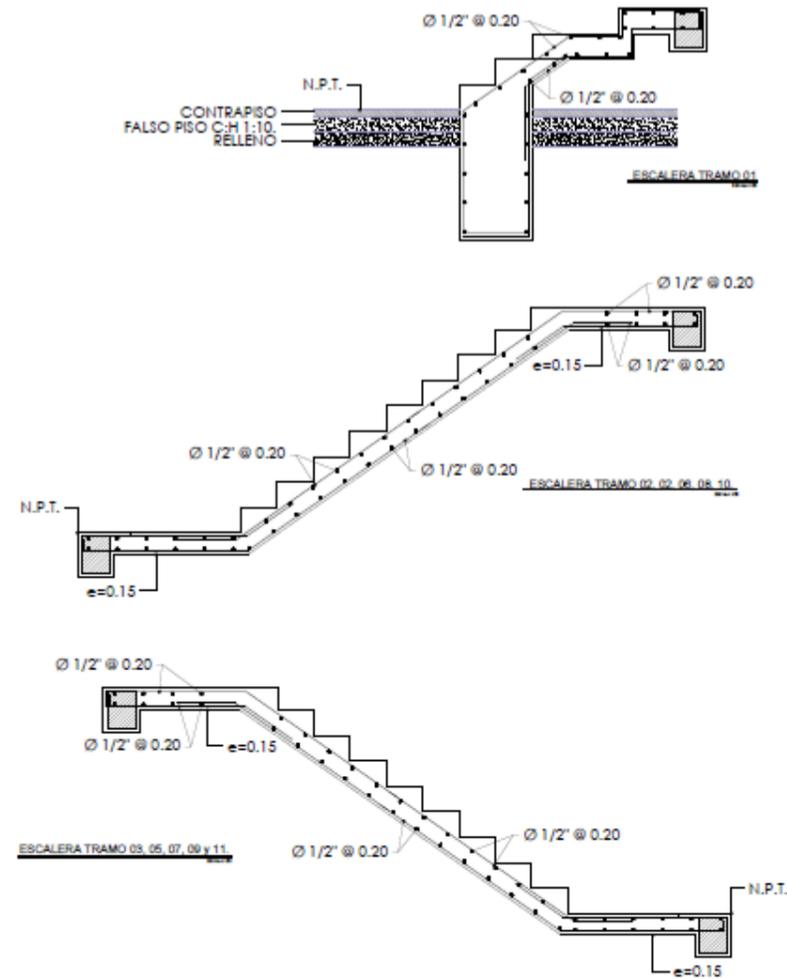
ZONA DE TRASLAPES EN VIGAS



LONGITUD DE TRASLAPES	Ø	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
	L (cm.)	30.0	45.0	60.0	75.0	90.0

CUADRO DE DOBLECES		
DIAMETRO	D (cm.)	L (cm.)
3/8"	4.00	10.00
1/2"	6.00	15.00
5/8"	8.00	20.00
3/4"	10.00	25.00

CUADRO EMPALMES LONGITUDINALES				
DIAMETRO	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"
L (cm.)	30.0	45.0	60.0	75.0



ENTRAL

Vivienda Multifamiliar
PROYECTADO POR: INGENIERO HUMANO FRANCISCO
DIRECCION DE OBRAS: ALDO CARLOS TORO, LA MONTA, 367 HUANUCO, PUNO PERU
Estructuras - vigas y escalera.

PROYECTO: E-05

ANEXO N° 07
NORMA SISMORRESISTENTE E.030 (2003)

NORMA TÉCNICA E.030
DISEÑO SISMO RESISTENTE

NORMA E.030

DISEÑO SISMORRESISTENTE

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 1.- Nomenclatura

Para efectos de la presente norma, se consideran las siguientes nomenclaturas:

- C Coeficiente de amplificación sísmica
- C_p Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio
- D_i Desplazamiento elástico lateral del nivel «i» relativo al suelo
- e Excentricidad accidental
- F Fuerza horizontal en la azotea
 F_i Fuerza horizontal en el nivel «i»- g Aceleración de la gravedad
 h_i Altura del nivel «i» con relación al nivel del terreno h_n Altura del entrepiso «n» h_t Altura total de la edificación en metros M_i Momento torsor accidental en el nivel «i» m Número de modos usados en la combinación modal n Número de pisos del edificio N_i Sumatoria de los pesos sobre el nivel «i» P Peso total de la edificación p Peso del nivel «i» R Coeficiente de reducción de sollicitaciones sísmicas r Respuesta estructural máxima elástica esperada r_i Respuestas elásticas correspondientes al modo «i» S Factor de suelo S_a Aceleración espectral T Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico T_p Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo. U Factor de uso e importancia V Fuerza cortante en la base de la estructura V_i Fuerza cortante en el entrepiso «i» Z Factor de zona Q Coeficiente de estabilidad para efecto P-delta global D_i Desplazamiento relativo del entrepiso «i»

Artículo 2.- Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el Artículo 3°.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

Para el caso de estructuras especiales tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, plantas nucleares y todas aquellas cuyo comportamiento difiera del de las edificaciones, se requieren consideraciones adicionales que complementen las exigencias aplicables de la presente Norma.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

Artículo 3.- Filosofía y Principios del diseño sismorresistente

La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:

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

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

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.

b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

Artículo 4.- Presentación del Proyecto (Disposición transitoria)

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán llevar la firma de un ingeniero civil colegiado, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán contener como mínimo la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente
- b. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- c. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.

Para su revisión y aprobación por la autoridad competente, los proyectos de edificaciones con más de 70 m de altura deberán estar respaldados con una memoria de datos y cálculos justificativos.

El empleo de materiales, sistemas estructurales y métodos constructivos diferentes a los indicados en esta Norma, deberán ser aprobados por la autoridad competente nombrada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y debe cumplir con lo establecido en este artículo y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y durabilidad.

CAPÍTULO II PARÁMETROS DE SITIO

Artículo 5.- Zonificación

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



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z, según se indica en la Tabla N°1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org / Telefax : 421 - 7896

ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

Artículo 6.- Condiciones Locales

6.1. Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

a. Microzonificación Sísmica

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

Será requisito la realización de los estudios de microzonificación en los siguientes casos:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Complejos industriales o similares.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

Los resultados de estudios de microzonificación serán aprobados por la autoridad competente, que puede solicitar informaciones o justificaciones complementarias en caso lo considere necesario.

b. Estudios de Sitio

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

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

6.2. Condiciones Geotécnicas

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos son cuatro:

a. Perfil tipo S₁: Roca o suelos muy rígidos.

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca sana o parcialmente alterada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Grava arenosa densa.
- Estrato de no más de 20 m de material cohesivo muy rígido, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas superior a 100 kPa (1 kg/cm²), sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.
- Estrato de no más de 20 m de arena muy densa con N > 30, sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.

b. Perfil tipo S₂: Suelos intermedios.

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S₁ y S₃.

c. Perfil tipo S₃: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s, incluyén-

dose los casos en los que el espesor del estrato de suelo excede los valores siguientes:

Suelos Cohesivos	Resistencia al Corte típica en condición no drenada (kPa)	Espesor del estrato (m) (*)
Blandos	< 25	20
Medianamente compactos	25 - 50	25
Compactos	50 - 100	40
Muy compactos	100 - 200	60
Suelos Granulares	Valores N típicos en ensayos de penetración estándar (SPT)	Espesor del estrato (m) (*)
Sueltos	4 - 10	40
Medianamente densos	10 - 30	45
Densos	Mayor que 30	100

(*) Suelo con velocidad de onda de corte menor que el de una roca.

d. Perfil Tipo S₄: Condiciones excepcionales.

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de T_s y del factor de amplificación del suelo S, dados en la Tabla N°2.

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S₃. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S₄ cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

Tipo	Descripción	T _s (s)	S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S ₂	Suelos intermedios	0,6	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S ₄	Condiciones excepcionales	*	*

(*) Los valores de T_s y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S₃.

Artículo 7.- Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

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

T es el período según se define en el Artículo 17 (17.2) ó en el Artículo 18 (18.2 a)

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

CAPÍTULO III REQUISITOS GENERALES

Artículo 8.- Aspectos Generales.

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas determinadas en la forma pre-escrita en esta Norma.

Deberá considerarse el posible efecto de los elementos no estructurales en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

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

Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

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



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

Artículo 9.- Concepción Estructural Sismorresistente
El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

Artículo 10.- Categoría de las Edificaciones
Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 3. El coeficiente de uso e importancia (U), definido en la Tabla N° 3 se usará según la clasificación que se haga.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes homes, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cerros de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

Artículo 11.- Configuración Estructural
Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de fuerza sísmica (Tabla N° 6).

a. Estructuras Regulares. Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales.

b. Estructuras Irregulares. Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla N° 4 o Tabla N° 5.

Tabla N° 4
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA

Irregularidades de Rigidez - Piso blando En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 80 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_s) donde h_s es altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.
Irregularidad de Masa Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas.
Irregularidad Geométrica Vertical La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes. Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

Tabla N° 5
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

Irregularidad Torsional Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N° 8 del Artículo 15 (15.1). En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.
Esquinas Entrantes La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.
Discontinuidad del Diafragma Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

Artículo 12.- Sistemas Estructurales
Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección tal como se indica en la Tabla N° 6.

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). Para el diseño por resistencia última las fuerzas sísmicas internas deben combinarse con factores de carga unitarios. En caso contrario podrá usarse como (R) los valores establecidos en Tabla N° 6 previa multiplicación por el factor de carga de sismo correspondiente.

Tabla N° 6
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Exoentrics.	6,5
Arriostres en Cruz.	6,0
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾ .	8
Dual ⁽²⁾ .	7
De muros estructurales ⁽³⁾ .	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾ .	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾ .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

1. Por lo menos el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la NTE E.080 Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, estos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org / Telefax : 421 - 7896

2. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos 25% del cortante en la base. Los muros estructurales serán diseñados para las fuerzas obtenidas del análisis según Artículo 16 (16.2).

3. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80% del cortante en la base.

4. Edificación de baja altura con alta densidad de muros de ductilidad limitada.

5. Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R será 6

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

(**) Para estructuras irregulares, los valores de R deben ser tomados como 1/4 de los anotados en la Tabla.

Para construcciones de tierra referirse a la NTE E.080 Adobe. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_{μ} , ni se permite en suelos S_{ν} .

Artículo 13.- Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse observando las características de regularidad y empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 7.

Categoría de la Edificación.	Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A o B	Regular	3	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
		2 y 1	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
B	Regular o Irregular	3 y 2	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
		1	Cualquier sistema.
C	Regular o Irregular	3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(*) Para lograr los objetivos indicados en la Tabla N°3, la edificación será especialmente estructurada para resistir sismos severos.

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

Artículo 14.- Procedimientos de Análisis

14.1. Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos referidos en el Artículo 18.

14.2. Las estructuras clasificadas como regulares según el artículo 10 de no más de 45 m de altura y las estructuras de muros portantes de no más de 15 m de altura, aún cuando sean irregulares, podrán analizarse mediante el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes del Artículo 17.

Artículo 15.- Desplazamientos Laterales

15.1. Desplazamientos Laterales Permisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 16 (16.4), no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla N° 8.

Material Predominante	(D / h _e)
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

15.2. Junta de Separación sísmica (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima s para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

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

$$s = 3 + 0,004 \cdot (h - 500) \quad (h \text{ y } s \text{ en centímetros})$$

$$s > 3 \text{ cm}$$

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

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que 2/3 del desplazamiento máximo calculado según Artículo 16 (16.4) ni menores que $s/2$.

15.3. Estabilidad del Edificio

Deberá considerarse el efecto de la excentricidad de la carga vertical producida por los desplazamientos laterales de la edificación, (efecto P-delta) según se establece en el Artículo 16 (16.5).

La estabilidad al volteo del conjunto se verificará según se indica en el Artículo 21.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE EDIFICIOS

Artículo 16.- Generalidades

16.1. Solicitaciones Sísmicas y Análisis

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del Artículo 3, se acepta que las edificaciones tendrán incursiones inelásticas frente a sollicitaciones sísmicas severas. Por tanto las sollicitaciones sísmicas de diseño se consideran como una fracción de la sollicitación sísmica máxima elástica.

El análisis podrá desarrollarse usando las sollicitaciones sísmicas reducidas con un modelo de comportamiento elástico para la estructura.

16.2. Modelos para Análisis de Edificios

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

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

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

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

16.3. Peso de la Edificación

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

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

16.4. Desplazamientos Laterales

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75R los resultados obtenidos del análisis lineal y



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org / Telefax : 421 - 7896

elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el Artículo 17 (17.3) ni el cortante mínimo en la base especificado en el Artículo 18 (18.2 d).

16.5. Efectos de Segundo Orden (P-Delta)

Los efectos de segundo orden deberán ser considerados cuando produzcan un incremento de más del 10 % en las fuerzas internas.

Para estimar la importancia de los efectos de segundo orden, podrá usarse para cada nivel el siguiente cociente como índice de estabilidad:

$$Q = \frac{N_i \cdot \Delta_i}{V_i \cdot h_{e_i} \cdot R}$$

Los efectos de segundo orden deberán ser tomados en cuenta cuando $Q > 0,1$

16.6. Solicitaciones Sísmicas Verticales

Estas solicitaciones se considerarán en el diseño de elementos verticales, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio.

Artículo 17.- Análisis Estático

17.1. Generalidades

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

Debe emplearse sólo para edificios sin irregularidades y de baja altura según se establece en el Artículo 14 (14.2).

17.2. Período Fundamental

a. El período fundamental para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

donde :

$C_T = 35$ para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente pórticos.

$C_T = 45$ para edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

$C_T = 60$ para estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean fundamentalmente muros de corte.

b. También podrá usarse un procedimiento de análisis dinámico que considere las características de rigidez y distribución de masas en la estructura. Como una forma sencilla de este procedimiento puede usarse la siguiente expresión:

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

Cuando el procedimiento dinámico no considere el efecto de los elementos no estructurales, el período fundamental deberá tomarse como el 0,85 del valor obtenido por este método.

17.3. Fuerza Cortante en la Base

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

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

debiendo considerarse para C/R el siguiente valor mínimo:

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

17.4. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Si el período fundamental T, es mayor que 0,7 s, una parte de la fuerza cortante V, denominada F_a , deberá aplicarse como fuerza concentrada en la parte superior de la estructura. Esta fuerza F_a se determinará mediante la expresión:

$$F_a = 0,07 \cdot T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$$

donde el período T en la expresión anterior será el mismo que el usado para la determinación de la fuerza cortante en la base.

El resto de la fuerza cortante, es decir $(V - F_a)$ se distribuirá entre los distintos niveles, incluyendo el último, de acuerdo a la siguiente expresión:

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

17.5. Efectos de Torsión

Se supondrá que la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además el efecto de excentricidades accidentales como se indica a continuación.

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

En cada nivel además de la fuerza actuante, se aplicará el momento accidental denominado M_t que se calcula como:

$$M_t = \pm F_i \cdot e_i$$

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

17.6. Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso. Para las zonas 3 y 2 esta fracción será de 2/3 Z. Para la zona 1 no será necesario considerar este efecto.

Artículo 18.- Análisis Dinámico

18.1. Alcances

El análisis dinámico de las edificaciones podrá realizarse mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo-historia.

Para edificaciones convencionales podrá usarse el procedimiento de combinación espectral; y para edificaciones especiales deberá usarse un análisis tiempo-historia.

18.2. Análisis por combinación modal espectral .

a. Modos de Vibración

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

b. Aceleración Espectral

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

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

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



c. Criterios de Combinación

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

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (n) podrá determinarse usando la siguiente expresión.

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

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

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

c. Fuerza Cortante Mínima en la Base

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el Artículo 17 (17.3) para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

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

e. Efectos de Torsión

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

18.3. Análisis Tiempo-Historia

El análisis tiempo historia se podrá realizar suponiendo comportamiento lineal y elástico y deberán utilizarse no menos de cinco registros de aceleraciones horizontales, correspondientes a sismos reales o artificiales. Estos registros deberán normalizarse de manera que la aceleración máxima corresponda al valor máximo esperado en el sitio.

Para edificaciones especialmente importantes el análisis dinámico tiempo-historia se efectuará considerando el comportamiento inelástico de los elementos de la estructura.

CAPÍTULO V CIMENTACIONES

Artículo 19.- Generalidades

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

El diseño de las cimentaciones deberá hacerse de manera compatible con la distribución de fuerzas obtenida del análisis de la estructura.

Artículo 20.- Capacidad Portante

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

Para el cálculo de las presiones admisibles sobre el suelo de cimentación bajo acciones sísmicas, se emplearán los factores de seguridad mínimos indicados en la NTE E.050 Suelos y Cimentaciones.

Artículo 21.- Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo. El factor de seguridad deberá ser mayor o igual que 1,5.

Artículo 22.- Zapatas aisladas y cajones

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo S_1 y S_2 y para las zonas 3 y 2 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10% de la carga vertical que soporta la zapata.

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

CAPÍTULO VI ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPO

Artículo 23.- Generalidades

- Se consideran como elementos no-estructurales, aquellos que estando o no conectados al sistema resistente a fuerzas horizontales, su aporte a la rigidez del sistema es despreciable.

- En el caso que los elementos no estructurales estén aislados del sistema estructural principal, estos deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica (V) asociada a su peso (P) tal como se indica a continuación.

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P$$

Los valores de U corresponden a los indicados en el Capítulo 3 y los valores de C_1 se tomarán de la Tabla N°9.

Tabla N° 9
VALORES DE C_1

- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular a su plano.	
- Elementos cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	1,3
- Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano).	0,9
- Cercos.	0,6
- Tanques, torres, letreros y chimeneas conectados a una parte del edificio considerando la fuerza en cualquier dirección.	0,9
- Pisos y techos que actúan como diafragmas con la dirección de la fuerza en su plano.	0,6

- Para elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural principal y deban acompañar la deformación de la misma, deberá asegurarse que en caso de falla, no causen daños personales.

- La conexión de equipos e instalaciones dentro de una edificación debe ser responsabilidad del especialista correspondiente. Cada especialista deberá garantizar que estos equipos e instalaciones no constituyan un riesgo durante un sismo y, de tratarse de instalaciones esenciales, deberá garantizar la continuación de su operatividad.

CAPÍTULO VII EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Artículo 24.- Generalidades

- Las estructuras dañadas por efectos del sismo deben ser evaluadas y reparadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron la falla y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con los objetivos del diseño sismorresistente anotada en el Capítulo 1.

- Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si el estado de la edificación hace necesario el reforzamiento, reparación o demolición de la misma. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.

- La reparación deberá ser capaz de dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y



ANEXO N° 08
NORMA SISMORRESISTENTE E.030 (216)



El Peruano

190 AÑOS

1825-2015. LA HISTORIA PARA CONTAR | DIARIO OFICIAL

AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU

Domingo 24 de enero de 2016



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

**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**

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

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

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

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

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos N° 001-2010-VIVIENDA y N° 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA; y con los Decretos Supremos N° 011-2012-VIVIENDA, N° 005-2014-VIVIENDA y N° 006-2014-VIVIENDA, se incorporaron tres nuevas normas al citado cuerpo legal;

Que, con Informe N° 001-2015-CPARNE de fecha 17 de junio de 2015, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE, aprobada con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Quincuagésima Segunda Sesión de fecha 10 de junio de 2015, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, la propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 "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;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

Modifícase la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" contenida en el Numeral III.2 Estructuras,

del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Publicación y Difusión

Publícase el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo 3.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión pública y procedimientos administrativos en trámite

Los proyectos de inversión pública que a la fecha de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, cuentan con la declaratoria de viabilidad en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, y los procedimientos administrativos en los que se haya solicitado a las Municipalidades la licencia de edificación correspondiente, se rigen por 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, hasta su conclusión.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil dieciséis.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

FRANCISCO ADOLFO DUMLER CUYA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**NORMA TÉCNICA E.030
"DISEÑO SISMORRESISTENTE"**

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

- 1.1 Nomenclatura
- 1.2 Alcances
- 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- 1.4 Concepción Estructural Sismorresistente
- 1.5 Consideraciones Generales
- 1.6 Presentación del Proyecto

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

- 2.1 Zonificación
- 2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- 2.3 Condiciones Geotécnicas
- 2.4 Parámetros de Sitio (S , T_g y T_d)
- 2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

- 3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)
- 3.2 Sistemas Estructurales
- 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales
- 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_g)
- 3.5 Regularidad Estructural
- 3.6 Factores de Irregularidad (I_a , I_l)
- 3.7 Restricciones a la Irregularidad
- 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas,

R

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Consideraciones Generales para el Análisis
4.2 Modelos para el Análisis
4.3 Estimación del Peso (P)
4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico
4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes
4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral
4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales
5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles
5.3 Separación entre Edificios (s)
5.4 Redundancia
5.5 Verificación de Resistencia Última

CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

6.1 Generalidades
6.2 Responsabilidad Profesional
6.3 Fuerzas de Diseño
6.4 Fuerza Horizontal Mínima
6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales
6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos
6.7 Otras Estructuras
6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

7.1 Generalidades
7.2 Capacidad Portante
7.3 Momento de Volteo
7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo
8.2 Reparación y reforzamiento

CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

9.1 Estaciones Acelerométricas
9.2 Requisitos para su Ubicación
9.3 Mantenimiento
9.4 Disponibilidad de Datos

ANEXOS

ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SÍSMICA

ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

C Factor de amplificación sísmica.
 C_T Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.
 d_i Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

e_i Excentricidad accidental en el nivel i .
 F_i Fuerza sísmica horizontal en el nivel i .
 g Aceleración de la gravedad.
 h_i Altura del nivel i con relación al nivel del terreno.
 h_w Altura del entrepiso i .
 h_s Altura total de la edificación en metros.
 M_i Momento torsor accidental en el nivel i .
 m Número de modos usados en la combinación modal.
 n Número de pisos del edificio.
 P Peso total de la edificación.
 P_i Peso del nivel i .
 R Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
 r Respuesta estructural máxima elástica esperada.
 r_i Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo i .
 S Factor de amplificación del suelo.
 S_a Espectro de pseudo aceleraciones.
 T Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.
 T_p Período que define la plataforma del factor C .
 T_c Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.
 U Factor de uso o importancia.
 V Fuerza cortante en la base de la estructura.
 Z Factor de zona.
 R_o Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.
 I_a Factor de irregularidad en altura.
 I_p Factor de irregularidad en planta.
 f_i Fuerza lateral en el nivel i .
 \bar{V}_c Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.
 \bar{N}_{60} Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.
 \bar{S}_u Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

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

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

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

1.4 Concepción Estructural Sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

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

1.5 Consideraciones Generales

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

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

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

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

1.6 Presentación del Proyecto

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

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

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

- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

2.1 Zonificación

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

ZONAS SÍSMICAS



FIGURA N° 1

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

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

2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

2.2.1 Microzonificación Sísmica

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

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

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

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

2.2.2 Estudios de Sitio

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

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

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

2.3 Condiciones Geotécnicas

2.3.1 Perfiles de Suelo

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

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

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

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

a. Perfil Tipo S_0 : Roca Dura

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

b. Perfil Tipo S_1 : Roca o Suelos Muy Rígidos

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

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con \bar{N}_{60} mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

c. Perfil Tipo S_2 : Suelos Intermedios

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

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada \bar{S}_u , entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d. Perfil Tipo S_3 : Suelos Blandos

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

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT \bar{N}_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S_4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad P_i mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u menor que 25 kPa.

e. Perfil Tipo S_4 : Condiciones Excepcionales

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

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

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

2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Consideraciones Adicionales:

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

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

2.4 Parámetros de Sitio (S , T_p y T_L)

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

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

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

2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

Tes el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

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

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

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

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

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

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

3.2 Sistemas Estructurales

3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.080 Concreto Armado del RNE.

Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursonan en la zona de endurecimiento por deformación.

Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)
Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)
Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

3.2.3 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

3.2.4 Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

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

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

3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_b)

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

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

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

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

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_1 , ni se permite en suelos S_4 .

3.5 Regularidad Estructural

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

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

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

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

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

3.6 Factores de Irregularidad (I_a, I_p)

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

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

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

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

3.7 Restricciones a la Irregularidad

3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

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

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

3.7.2 Sistemas de Transferencia

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

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

3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R

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

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

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

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

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

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

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

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

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

4.2 Modelos para el Análisis

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

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

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

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

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

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

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

4.3 Estimación del Peso (P)

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

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

4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

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

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

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

4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

4.5.1 Generalidades

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

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

4.5.2 Fuerza Cortante en la Base

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

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

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

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

4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

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

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

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

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

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

4.5.4 Período Fundamental de Vibración

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

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

Donde:

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

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

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

4.5.5 Excentricidad Accidental

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

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

$$M_u = \pm F_i \cdot e_i$$

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

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

4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

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

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

4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

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

4.6.1 Modos de Vibración

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

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

4.6.2 Aceleración Espectral

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

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

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

4.6.3 Criterios de Combinación

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

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

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

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

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

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

β , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

ω_i, ω_j son las frecuencias angulares de los modos i, j

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

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

4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

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

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

4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

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

4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

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

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

4.7.1 Registros de Aceleración

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

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

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

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

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

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

4.7.2 Modelo para el Análisis

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

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

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

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

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

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

4.7.3 Tratamiento de Resultados

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

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

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

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

CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

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

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

5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

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

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

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTRECISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

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

5.3 Separación entre Edificios (s)

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

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

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

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

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

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

5.4 Redundancia

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

5.5 Verificación de Resistencia Última

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

CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

6.1 Generalidades

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

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

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

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

ANEXO N° 09
PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN CUANTÍA DE ACERO DE VIGAS Y
COLUMNAS

CUANTIA DE ACERO EN VIGAS - NORMA E030-2003

	VP-25X45			VS-25X30					
Eje E entre Eje 1 y 5	1		2	3		4	4		5
Cuántia superior	7.6	6.1	9.7	0.01	5.5	4.7	2.9	1.1	0.01
Cuántia inferior	5.5	4.2	5.1	0.1	3.3	3.3	1.6	1.7	0.9

	VP-25X45			VS-25X30					
Eje A entre Eje 1 y 5	1		2	3		4	4		5
Cuántia superior	8.4	5.3	8.2	0.01	5.6	4.8	2.5	1	0.01
Cuántia inferior	5.4	4.4	4.9	0.1	3.2	3.5	1.8	1.8	0.8

	VP-30X45		
Eje C entre Eje 1 y 2	1		2
Cuántia superior	11.8	1.3	0.02
Cuántia inferior	3.3	7.2	5.3

	Vesc-25X30			VS-25X30					
Eje D entre Eje 2 y 5	2		3	3		4	4		5
Cuántia superior	0.01	0.01	0.01	0.1	0.4	4.3	2.1	1.1	0.03
Cuántia inferior	0.6	0.9	0.6	1.8	2	1.6	1.8	2	0.5

	VS-25X35					
Eje 1 entre Eje A y E	A		C	C		E
Cuántia superior	2.4	2.6	7.6	7.5	2.6	1.9
Cuántia inferior	2.4	3.5	6.3	5	3.4	2.4

	VP-30X45					
Eje 4 entre Eje A y E	A		D	D		E
Cuántia superior	0.04	1.5	9.7	6	3.1	0.1
Cuántia inferior	4.6	6	2.1	3.9	3.9	1.7

	VP-25X45					
Eje 5 entre Eje A y E	A		D	D		E
Cuántia superior	6.4	5.3	4.8	7.4	10.1	0.1
Cuántia inferior	5	4.5	4.4	7.1	9.2	0.1

CUANTIA DE ACERO EN VIGAS - NORMA E030-2016

	VP-25X45			VS-25X30					
Eje E entre Eje 1 y 5	1		2	3		4	4		5
Cuántia superior	8.6	6.8	10.7	0.01	6.2	5.3	3.4	1.5	0.01
Cuántia inferior	6.5	4.9	5.9	0.1	4	3.9	2	2	0.9

	VP-25X45			VS-25X30					
Eje A entre Eje 1 y 5	1		2	3		4	4		5
Cuántia superior	9	5.5	8.4	0.01	6	5.2	2.9	1.3	0.01
Cuántia inferior	5.9	4.6	5.1	0.1	3.6	3.8	2	2	0.8

	VP-30X45		
Eje C entre Eje 1 y 2	1		2
Cuántia superior	11.7	1.3	0.02
Cuántia inferior	3.2	7.2	5.3

	Vesc-25X30			VS-25X30					
Eje D entre Eje 2 y 5	2		3	3		4	4		5
Cuántia superior	0.01	0.01	0.01	0.1	0.4	4.2	2.1	1.1	0.03
Cuántia inferior	0.6	0.9	0.6	1.8	2	1.6	1.8	2	0.5

	VS-25X35					
Eje 1 entre Eje A y E	A		C	C		E
Cuántia superior	3.2	4.3	11.9	11.3	4.3	2.4
Cuántia inferior	3.5	5.2	10.7	8.7	5.1	3.3

	VP-30X45					
Eje 4 entre Eje A y E	A		D	D		E
Cuántia superior	0.02	2.4	11.1	8.1	3.9	0.5
Cuántia inferior	4.6	6	3.2	4.8	4.8	2.1

	VP-25X45					
Eje 5 entre Eje A y E	A		D	D		E
Cuántia superior	10.2	8.5	7.9	12.3	16.4	0.2
Cuántia inferior	8.7	7.7	7.4	12	15.6	0.2

CALCULO DE COLUMNAS

COLUMNA 1C - NORMA E030.2003



h = 45 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

b = 30 cm

pcolc. =

Cant.	X	Area	+	Cant.	x	Area
10		1.98		0		1.27

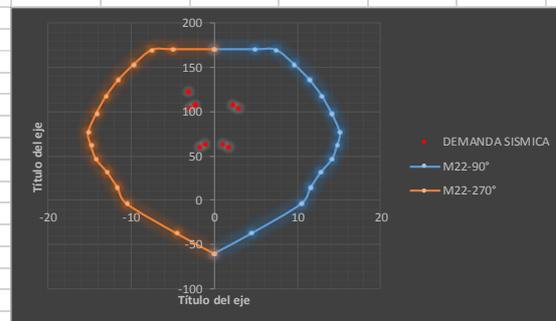
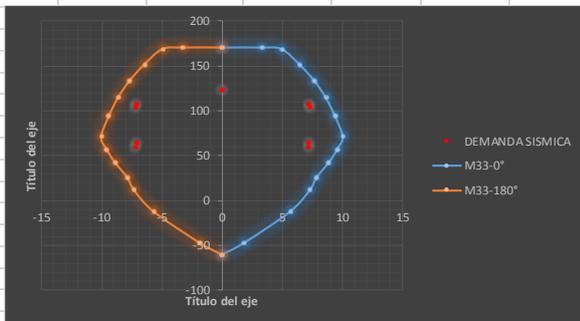
 → 19.8 cm²

PUNTOS	M33		M33	
	180°			
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	3.2542	170.3974	-3.2542
3	168.7053	4.9553	168.7053	-4.9553
4	151.6414	6.4487	151.6414	-6.4487
5	133.7884	7.6678	133.7884	-7.6678
6	114.8174	8.6398	114.8174	-8.6398
7	94.1871	9.4099	94.1871	-9.4099
8	71.1697	10.0484	71.1697	-10.0484
9	57.4636	9.5996	57.4636	-9.5996
10	42.5557	8.8784	42.5557	-8.8784
11	25.978	7.8634	25.978	-7.8634
12	11.9321	7.301	11.9321	-7.301
13	-11.8916	5.6567	-11.8916	-5.6567
14	-46.3028	1.8597	-46.3028	-1.8597
15	-59.5044	0	-59.5044	0

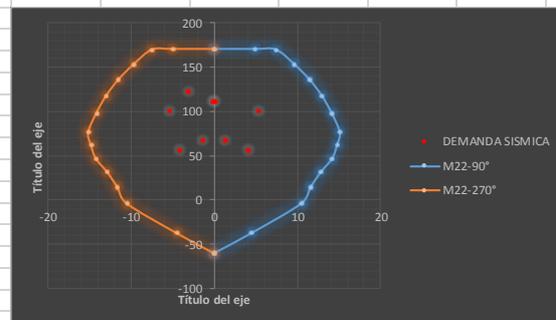
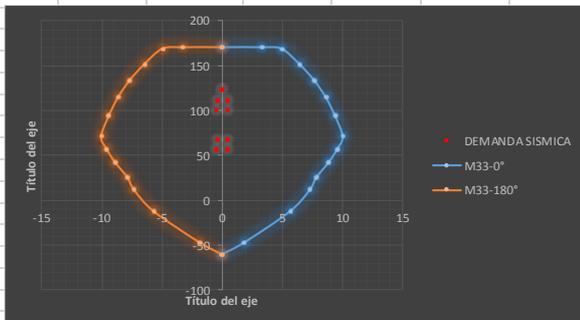
PUNTOS	M22		M22	
	90°			
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	4.9517	170.3974	-4.9517
3	169.7214	7.4299	169.7214	-7.4299
4	153.2894	9.6263	153.2894	-9.6263
5	136.1219	11.4461	136.1219	-11.4461
6	118.2572	12.9044	118.2572	-12.9044
7	98.599	14.0934	98.599	-14.0934
8	76.7058	15.0863	76.7058	-15.0863
9	62.2361	14.7667	62.2361	-14.7667
10	46.8173	14.1509	46.8173	-14.1509
11	32.1859	12.8445	32.1859	-12.8445
12	15.3172	11.6218	15.3172	-11.6218
13	-3.4748	10.4606	-3.4748	-10.4606
14	-36.8832	4.477	-36.8832	-4.477
15	-59.5044	0	-59.5044	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



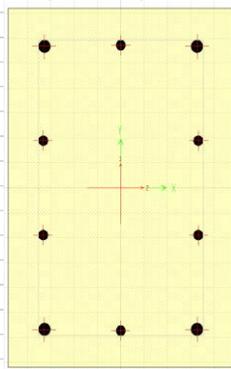
Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-69.1041	-0.014	-1.5673	-0.0004	-1.5164	-0.0169
Live	0	-15.5506	-0.0077	-0.5851	-1.00E-04	-0.5564	-0.009
Sism XX Max	0	1.9798	4.3751	0.1152	0.2692	0.3289	7.2018
Sism YY Max	0	5.4623	0.2716	0.9661	0.0206	2.7445	0.4431
	Dead	69.1041					
	Live	15.5506					

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	107.798175	-2.2621	7.169425
	1.25(CM+CV)-SISXX	103.838575	-2.9199	-7.234175
	0.9CM+SISXX	64.17349	-1.03586	7.18659
	0.9CM-SISXX	60.21389	-1.69366	-7.21701
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	111.280675	0.1535	0.410725
	1.25(CM+CV)-SISYY	100.356075	-5.3355	-0.475475
	0.9CM+SISYY	67.65599	1.37974	0.42789
	0.9CM-SISYY	56.73139	-4.10926	-0.45831

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

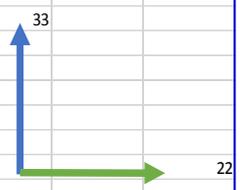
SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	107.798175	-2.2621	7.169425
	1.25(CM+CV)-SISXX	103.838575	-2.9199	-7.234175
	0.9CM+SISXX	64.17349	-1.03586	7.18659
	0.9CM-SISXX	60.21389	-1.69366	-7.21701
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	107.798175	2.2621	-7.169425
	1.25(CM+CV)-SISYY	103.838575	2.9199	7.234175
	0.9CM+SISYY	64.17349	1.03586	-7.18659
	0.9CM-SISYY	60.21389	1.69366	7.21701

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	111.280675	0.1535	0.410725
	1.25(CM+CV)-SISXX	100.356075	-5.3355	-0.475475
	0.9CM+SISXX	67.65599	1.37974	0.42789
	0.9CM-SISXX	56.73139	-4.10926	-0.45831
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	111.280675	-0.1535	-0.410725
	1.25(CM+CV)-SISYY	100.356075	5.3355	0.475475
	0.9CM+SISYY	67.65599	-1.37974	-0.42789
	0.9CM-SISYY	56.73139	4.10926	0.45831



10 φ 5/8"

Cuántia colocada **1.47%**



COLUMNA 1C - NORMA E030.2016



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

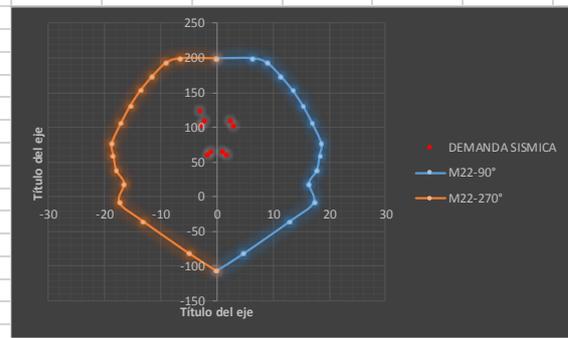
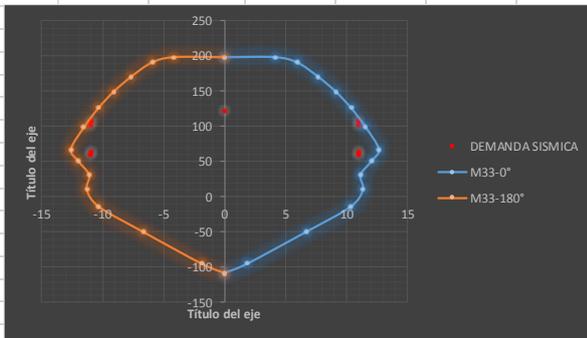
pcolc. = Cant. 10 X Area 2.84 + Cant. 0 x Area 1.8379 → 28.4 cm²

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	198.8747	0	198.8747	0
2	198.8747	4.1692	198.8747	-4.1692
3	191.2222	5.9754	191.2222	-5.9754
4	171.3503	7.6601	171.3503	-7.6601
5	150.0155	9.1115	150.0155	-9.1115
6	126.5983	10.3773	126.5983	-10.3773
7	100.0721	11.5371	100.0721	-11.5371
8	68.3331	12.6342	68.3331	-12.6342
9	51.3992	12.0302	51.3992	-12.0302
10	31.7475	11.1348	31.7475	-11.1348
11	10.6933	11.3349	10.6933	-11.3349
12	-13.2291	10.3311	-13.2291	-10.3311
13	-48.7617	6.703	-48.7617	-6.703
14	-94.2667	1.8379	-94.2667	-1.8379
15	-107.303	0	-107.303	0

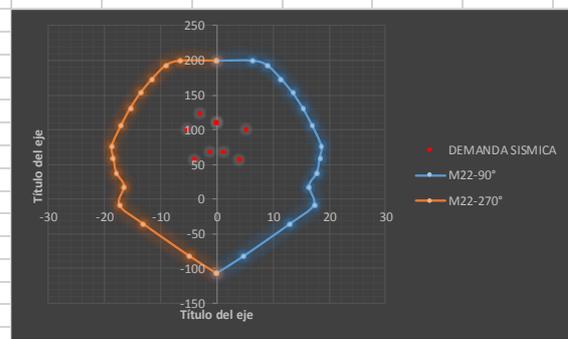
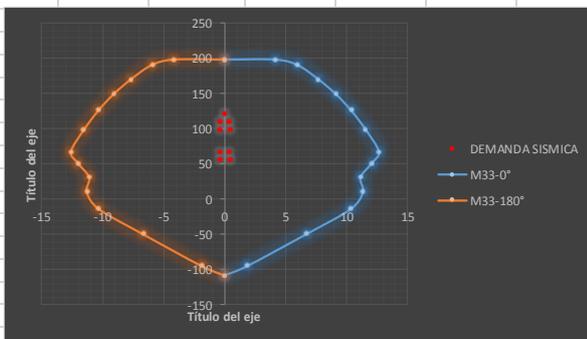
PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	198.8747	0	198.8747	0
2	198.8747	6.3448	198.8747	-6.3448
3	192.469	8.9648	192.469	-8.9648
4	173.2705	11.4083	173.2705	-11.4083
5	152.7125	13.5259	152.7125	-13.5259
6	130.9744	15.3327	130.9744	-15.3327
7	105.7901	17.0021	105.7901	-17.0021
8	76.4269	18.6469	76.4269	-18.6469
9	57.9408	18.3574	57.9408	-18.3574
10	37.0927	17.8444	37.0927	-17.8444
11	18.4291	16.48	18.4291	-16.48
12	-9.155	17.3001	-9.155	-17.3001
13	-36.0326	13.0813	-36.0326	-13.0813
14	-82.7849	4.7902	-82.7849	-4.7902
15	-107.303	0	-107.303	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-69.1041	-0.014	-1.5673	-0.0004	-1.5164	-0.0169
Live	0	-15.5506	-0.0077	-0.5851	-1.00E-04	-0.5564	-0.009
Sism XX Max	0	2.5919	6.6425	0.1097	0.3878	0.3154	10.969
Sism YY Max	0	5.3495	0.2352	0.8968	0.015	2.6011	0.3889

Dead	69.1041
Live	15.5506

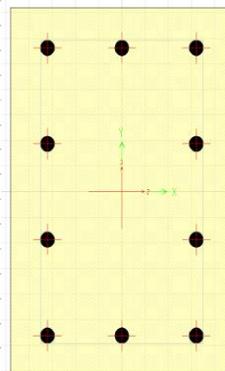
COMBINACIONES DE DISEÑO

	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	108.410275	-2.2756	10.936625
	1.25(CM+CV)-SISXX	103.226475	-2.9064	-11.001375
	0.9CM+SISXX	64.78559	-1.04936	10.95379
	0.9CM-SISXX	59.60179	-1.68016	-10.98421
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	111.167875	0.0101	0.356525
	1.25(CM+CV)-SISYY	100.468875	-5.1921	-0.421275
	0.9CM+SISYY	67.54319	1.23634	0.37369
	0.9CM-SISYY	56.84419	-3.96586	-0.40411

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	108.410275	-2.2756	10.936625
	1.25(CM+CV)-SISXX	103.226475	-2.9064	-11.001375
	0.9CM+SISXX	64.78559	-1.04936	10.95379
	0.9CM-SISXX	59.60179	-1.68016	-10.98421
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	108.410275	2.2756	-10.936625
	1.25(CM+CV)-SISYY	103.226475	2.9064	11.001375
	0.9CM+SISYY	64.78559	1.04936	-10.95379
	0.9CM-SISYY	59.60179	1.68016	10.98421

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	123.18176	-3.06884	-0.03896
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	111.167875	0.0101	0.356525
	1.25(CM+CV)-SISXX	100.468875	-5.1921	-0.421275
	0.9CM+SISXX	67.54319	1.23634	0.37369
	0.9CM-SISXX	56.84419	-3.96586	-0.40411
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	111.167875	-0.0101	-0.356525
	1.25(CM+CV)-SISYY	100.468875	5.1921	0.421275
	0.9CM+SISYY	67.54319	-1.23634	-0.37369
	0.9CM-SISYY	56.84419	3.96586	0.40411



10 ϕ 3/4"

Cuantia colocada 2.10%

COLUMNA 1E - NORMA E030.2003



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

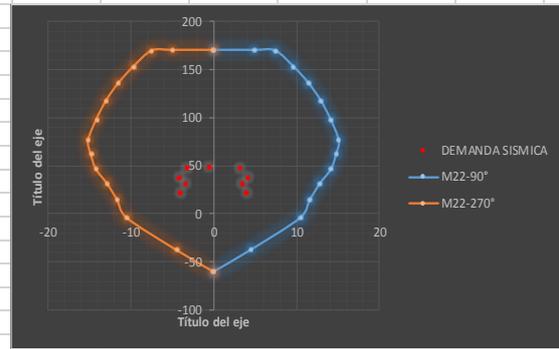
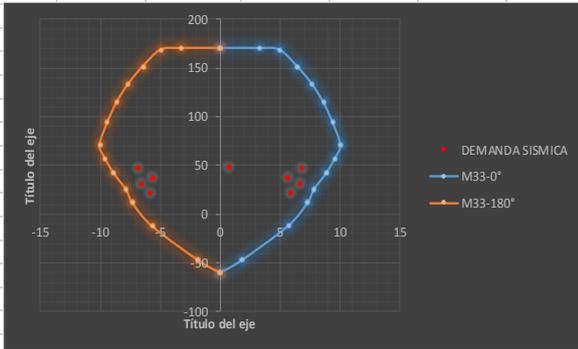
ρcolc. = $\frac{4 \times 1.98 + 6 \times 1.27}{15.54} = 0.45$

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	3.2542	170.3974	-3.2542
3	168.7053	4.9553	168.7053	-4.9553
4	151.6414	6.4487	151.6414	-6.4487
5	133.7884	7.6678	133.7884	-7.6678
6	114.8174	8.6398	114.8174	-8.6398
7	94.1871	9.4099	94.1871	-9.4099
8	71.1697	10.0484	71.1697	-10.0484
9	57.4636	9.5996	57.4636	-9.5996
10	42.5557	8.8784	42.5557	-8.8784
11	25.978	7.8634	25.978	-7.8634
12	11.9321	7.301	11.9321	-7.301
13	-11.8916	5.6567	-11.8916	-5.6567
14	-46.3028	1.8597	-46.3028	-1.8597
15	-59.5044	0	-59.5044	0

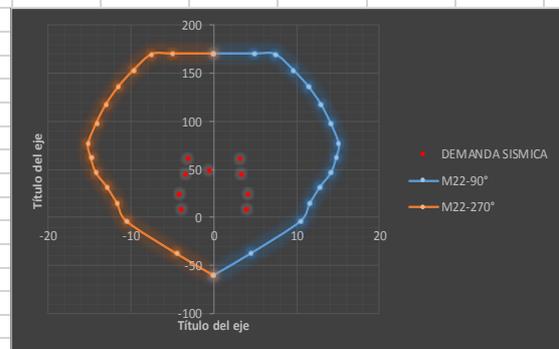
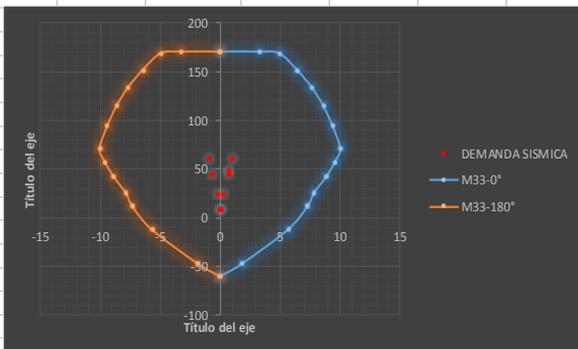
PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	4.9517	170.3974	-4.9517
3	169.7214	7.4299	169.7214	-7.4299
4	153.2894	9.6263	153.2894	-9.6263
5	136.1219	11.4461	136.1219	-11.4461
6	118.2572	12.9044	118.2572	-12.9044
7	98.599	14.0934	98.599	-14.0934
8	76.7058	15.0863	76.7058	-15.0863
9	62.2361	14.7667	62.2361	-14.7667
10	46.8173	14.1509	46.8173	-14.1509
11	32.1859	12.8445	32.1859	-12.8445
12	15.3172	11.6218	15.3172	-11.6218
13	-3.4748	10.4606	-3.4748	-10.4606
14	-36.8832	4.477	-36.8832	-4.477
15	-59.5044	0	-59.5044	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-30.0321	0.404	-0.3092	-0.0004	-0.3175	0.3884
Live	0	-4.2988	0.1014	-0.0857	-1.00E-04	-0.0798	0.0968
Sism XX Max	0	4.554	3.3749	1.985	0.2692	3.6826	6.2315
Sism YY Max	0	18.3517	0.2032	1.8243	0.0206	3.6419	0.3723

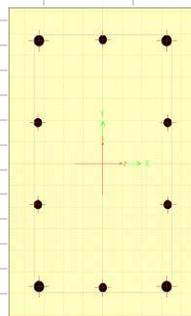
Dead	30.0321
Live	4.2988

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	47.467625	3.185975	6.838
	1.25(CM+CV)-SISXX	38.359625	-4.179225	-5.625
	0.9CM+SISXX	31.58289	3.39685	6.58106
	0.9CM-SISXX	22.47489	-3.96835	-5.88194
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	61.265325	3.145275	0.9788
	1.25(CM+CV)-SISYY	24.561925	-4.138525	0.2342
	0.9CM+SISYY	45.38059	3.35615	0.72186
	0.9CM-SISYY	8.67719	-3.92765	-0.02274

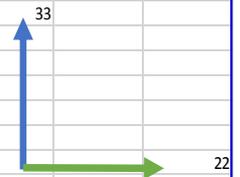
COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	47.467625	3.185975	6.838
	1.25(CM+CV)-SISXX	38.359625	-4.179225	-5.625
	0.9CM+SISXX	31.58289	3.39685	6.58106
	0.9CM-SISXX	22.47489	-3.96835	-5.88194
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	47.467625	-3.185975	-6.838
	1.25(CM+CV)-SISYY	38.359625	4.179225	5.625
	0.9CM+SISYY	31.58289	-3.39685	-6.58106
	0.9CM-SISYY	22.47489	3.96835	5.88194

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	61.265325	3.145275	0.9788
	1.25(CM+CV)-SISXX	24.561925	-4.138525	0.2342
	0.9CM+SISXX	45.38059	3.35615	0.72186
	0.9CM-SISXX	8.67719	-3.92765	-0.02274
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	61.265325	-3.145275	-0.9788
	1.25(CM+CV)-SISYY	24.561925	4.138525	-0.2342
	0.9CM+SISYY	45.38059	-3.35615	-0.72186
	0.9CM-SISYY	8.67719	3.92765	0.02274

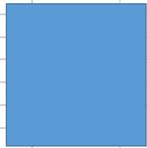


4 ϕ 5/8" + 6 ϕ 1/2"



Cuantia colocada **1.15%**

COLUMNA 1E - NORMA E030.2016



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

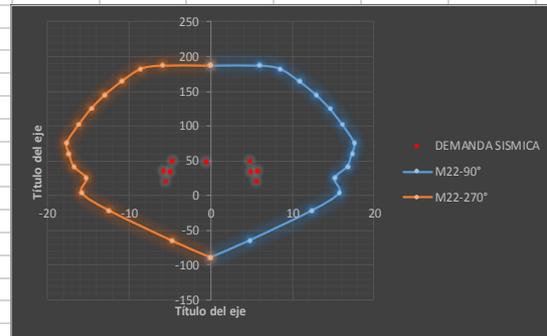
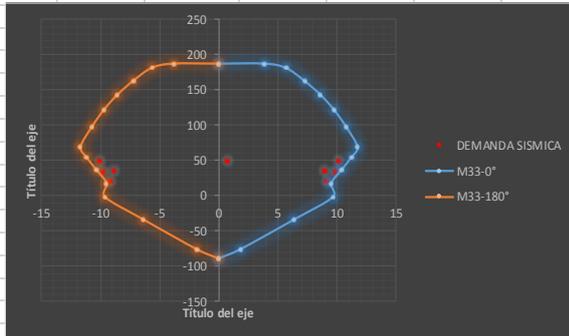
pcalc. = 0 Cant. X Area 2.84 + Cant. 10 x Area 1.98 → **19.80 cm²**

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	187.5419	0	187.5419	0
2	187.5419	3.8487	187.5419	-3.8487
3	181.4781	5.6872	181.4781	-5.6872
4	163.4787	7.2323	163.4787	-7.2323
5	143.5869	8.6012	143.5869	-8.6012
6	122.0153	9.7631	122.0153	-9.7631
7	97.9431	10.7845	97.9431	-10.7845
8	69.8456	11.7267	69.8456	-11.7267
9	54.2605	11.1973	54.2605	-11.1973
10	36.8843	10.3655	36.8843	-10.3655
11	17.7157	9.5096	17.7157	-9.5096
12	-1.2723	9.6518	-1.2723	-9.6518
13	-33.1607	6.3812	-33.1607	-6.3812
14	-75.1622	1.8488	-75.1622	-1.8488
15	-88.2811	0	-88.2811	0

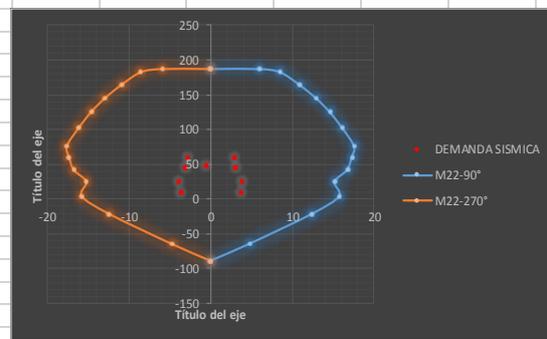
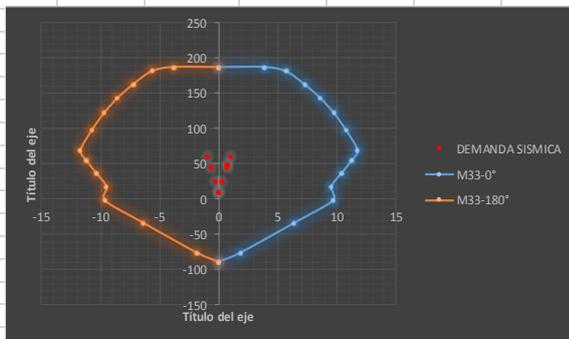
PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	187.5419	0	187.5419	0
2	187.5419	5.9263	187.5419	-5.9263
3	183.1265	8.501	183.1265	-8.501
4	165.0713	10.8718	165.0713	-10.8718
5	145.9151	12.9029	145.9151	-12.9029
6	125.7305	14.6148	125.7305	-14.6148
7	102.837	16.1453	102.837	-16.1453
8	76.5787	17.5999	76.5787	-17.5999
9	60.1779	17.3104	60.1779	-17.3104
10	42.2833	16.7405	42.2833	-16.7405
11	25.3231	15.2166	25.3231	-15.2166
12	4.3721	15.7575	4.3721	-15.7575
13	-20.8041	12.4314	-20.8041	-12.4314
14	-63.9972	4.7551	-63.9972	-4.7551
15	-88.2811	0	-88.2811	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



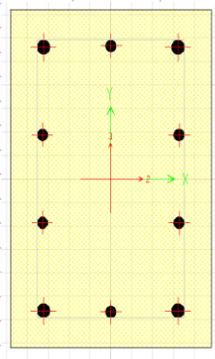
Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-30.0321	0.404	-0.3092	-0.0004	-0.3175	0.3884
Live	0	-4.2988	0.1014	-0.0857	-1.00E-04	-0.0798	0.0968
Sism XX Max	0	6.8776	5.1211	2.8099	0.3878	5.2396	9.4934
Sism YY Max	0	17.8572	0.1809	1.6721	0.015	3.3751	0.3345
Dead		30.0321					
Live		4.2988					

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	49.791225	4.742975	10.0999
	1.25(CM+CV)-SISXX	36.036025	-5.736225	-8.8869
	0.9CM+SISXX	33.90649	4.95385	9.84296
	0.9CM-SISXX	20.15129	-5.52535	-9.14384
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	60.770825	2.878475	0.941
	1.25(CM+CV)-SISYY	25.056425	-3.871725	0.272
	0.9CM+SISYY	44.88609	3.08935	0.68406
	0.9CM-SISYY	9.17169	-3.66085	0.01506

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	49.791225	4.742975	10.0999
	1.25(CM+CV)-SISXX	36.036025	-5.736225	-8.8869
	0.9CM+SISXX	33.90649	4.95385	9.84296
	0.9CM-SISXX	20.15129	-5.52535	-9.14384
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	49.791225	-4.742975	-10.0999
	1.25(CM+CV)-SISYY	36.036025	5.736225	8.8869
	0.9CM+SISYY	33.90649	-4.95385	-9.84296
	0.9CM-SISYY	20.15129	5.52535	9.14384

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	49.3529	-0.58016	0.70832
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	60.770825	2.878475	0.941
	1.25(CM+CV)-SISXX	25.056425	-3.871725	0.272
	0.9CM+SISXX	44.88609	3.08935	0.68406
	0.9CM-SISXX	9.17169	-3.66085	0.01506
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	60.770825	-2.878475	-0.941
	1.25(CM+CV)-SISYY	25.056425	3.871725	-0.272
	0.9CM+SISYY	44.88609	-3.08935	-0.68406
	0.9CM-SISYY	9.17169	3.66085	-0.01506

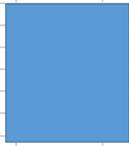


10 ϕ 5/8"

Cuantia colocada **1.47%**



COLUMNA 3E - NORMA E030.2003



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

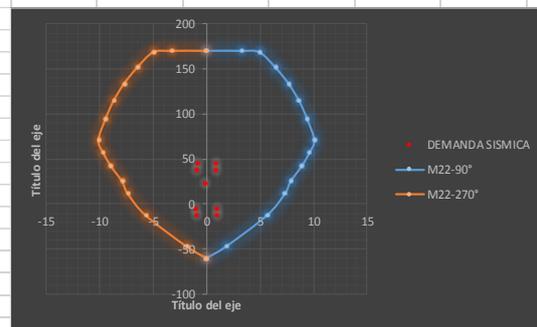
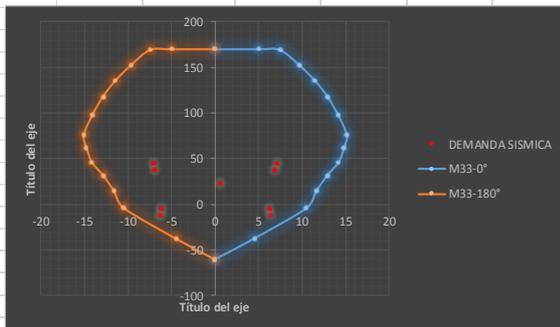
pcolc. = Cant. 4 X Area 1.98 + Cant. 6 x Area 1.27 → 15.54 cm²

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	4.9517	170.3974	-4.9517
3	169.7214	7.4299	169.7214	-7.4299
4	153.2894	9.6263	153.2894	-9.6263
5	136.1219	11.4461	136.1219	-11.4461
6	118.2572	12.9044	118.2572	-12.9044
7	98.599	14.0934	98.599	-14.0934
8	76.7058	15.0863	76.7058	-15.0863
9	62.2361	14.7667	62.2361	-14.7667
10	46.8173	14.1509	46.8173	-14.1509
11	32.1859	12.8445	32.1859	-12.8445
12	15.3172	11.6218	15.3172	-11.6218
13	-3.4748	10.4606	-3.4748	-10.4606
14	-36.8832	4.477	-36.8832	-4.477
15	-59.5044	0	-59.5044	0

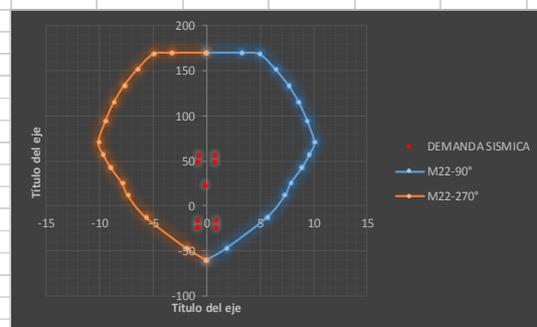
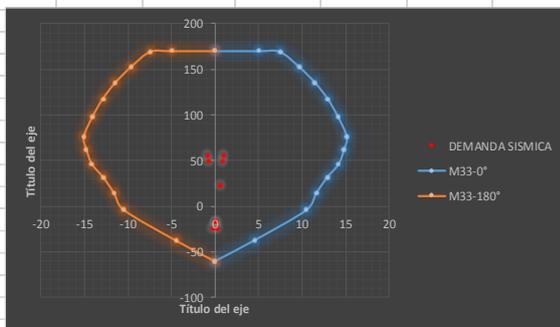
PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	3.2542	170.3974	-3.2542
3	168.7053	4.9553	168.7053	-4.9553
4	151.6414	6.4487	151.6414	-6.4487
5	133.7884	7.6678	133.7884	-7.6678
6	114.8174	8.6398	114.8174	-8.6398
7	94.1871	9.4099	94.1871	-9.4099
8	71.1697	10.0484	71.1697	-10.0484
9	57.4636	9.5996	57.4636	-9.5996
10	42.5557	8.8784	42.5557	-8.8784
11	25.978	7.8634	25.978	-7.8634
12	11.9321	7.301	11.9321	-7.301
13	-11.8916	5.6567	-11.8916	-5.6567
14	-46.3028	1.8597	-46.3028	-1.8597
15	-59.5044	0	-59.5044	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-14.5666	0.3072	-0.0325	-0.0004	-0.0414	0.2919
Live	0	-1.4392	0.0696	-0.0071	-1.00E-04	-0.006	0.0638
Sism XX Max	0	24.9869	3.4255	0.1481	0.2692	0.9153	6.6236
Sism YY Max	0	36.3685	0.2603	0.0913	0.0206	0.8039	0.5151

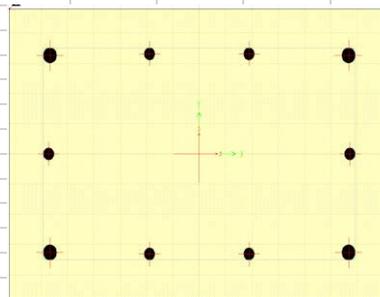
Dead	14.5666
Live	1.4392

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	44.99415	0.85605	7.068225
	1.25(CM+CV)-SISXX	-4.97965	-0.97455	-6.178975
	0.9CM+SISXX	38.09684	0.87804	6.88631
	0.9CM-SISXX	-11.87696	-0.95256	-6.36089
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	56.37575	0.74465	0.959725
	1.25(CM+CV)-SISYY	-16.36125	-0.86315	-0.070475
	0.9CM+SISYY	49.47844	0.76664	0.77781
	0.9CM-SISYY	-23.25856	-0.84116	-0.25239

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	44.99415	0.85605	7.068225
	1.25(CM+CV)-SISXX	-4.97965	-0.97455	-6.178975
	0.9CM+SISXX	38.09684	0.87804	6.88631
	0.9CM-SISXX	-11.87696	-0.95256	-6.36089
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	44.99415	-0.85605	-7.068225
	1.25(CM+CV)-SISYY	-4.97965	0.97455	6.178975
	0.9CM+SISYY	38.09684	-0.87804	-6.88631
	0.9CM-SISYY	-11.87696	0.95256	6.36089

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	56.37575	0.74465	0.959725
	1.25(CM+CV)-SISXX	-16.36125	-0.86315	-0.070475
	0.9CM+SISXX	49.47844	0.76664	0.77781
	0.9CM-SISXX	-23.25856	-0.84116	-0.25239
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	56.37575	-0.74465	-0.959725
	1.25(CM+CV)-SISYY	-16.36125	0.86315	0.070475
	0.9CM+SISYY	49.47844	-0.76664	-0.77781
	0.9CM-SISYY	-23.25856	0.84116	0.25239



4 ϕ 5/8" + 6 ϕ 1/2"

Cuantia colocada **1.15%**



COLUMNA 3E - NORMA E030.2016



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

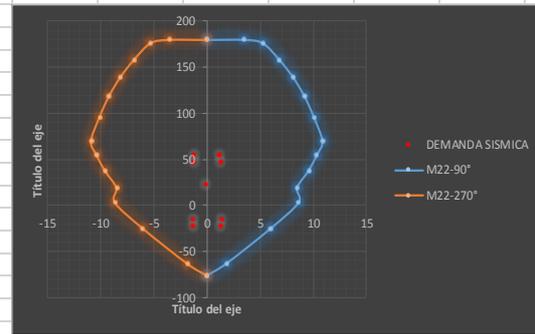
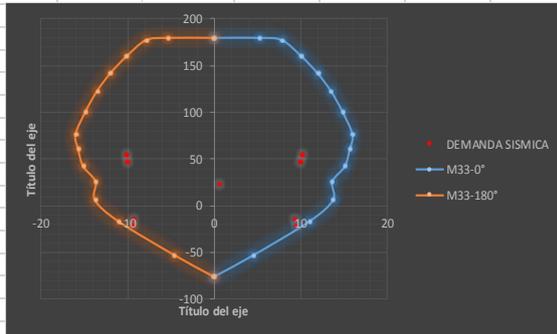
pcalc. = 0 Cant. X Area 2.84 + Cant. 8 x Area 1.98 → 15.8 cm²

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	179.9867	0	179.9867	0
2	179.9867	5.3147	179.9867	-5.3147
3	177.6066	7.8324	177.6066	-7.8324
4	160.2074	10.0911	160.2074	-10.0911
5	141.8573	11.9844	141.8573	-11.9844
6	122.6873	13.5226	122.6873	-13.5226
7	101.1098	14.8282	101.1098	-14.8282
8	76.6264	15.9796	76.6264	-15.9796
9	60.3875	15.6632	60.3875	-15.6632
10	42.4929	15.0956	42.4929	-15.0956
11	26.1595	13.6646	26.1595	-13.6646
12	6.448	13.7415	6.448	-13.7415
13	-16.2003	11.0473	-16.2003	-11.0473
14	-52.435	4.5685	-52.435	-4.5685
15	-75.5998	0	-75.5998	0

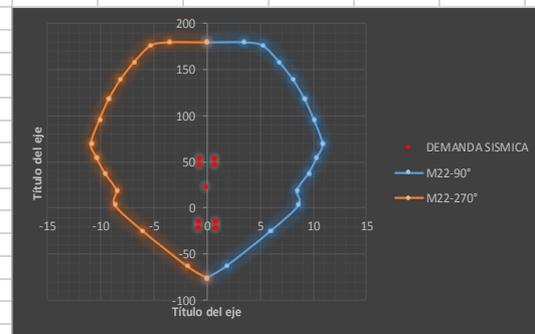
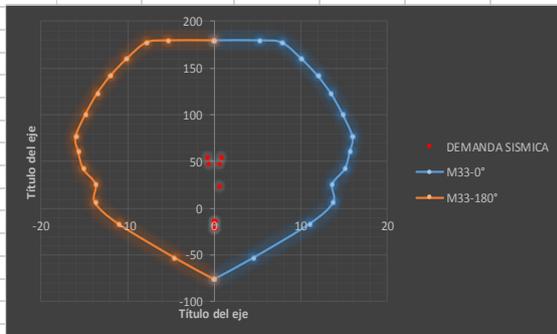
PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	179.9867	0	179.9867	0
2	179.9867	3.5378	179.9867	-3.5378
3	176.2934	5.2732	176.2934	-5.2732
4	158.2421	6.826	158.2421	-6.826
5	139.1694	8.1158	139.1694	-8.1158
6	118.6462	9.1764	118.6462	-9.1764
7	95.9639	10.0635	95.9639	-10.0635
8	70.1084	10.8503	70.1084	-10.8503
9	55.2085	10.3365	55.2085	-10.3365
10	38.4301	9.5627	38.4301	-9.5627
11	19.5605	8.4729	19.5605	-8.4729
12	3.6627	8.6193	3.6627	-8.6193
13	-24.5252	5.9944	-24.5252	-5.9944
14	-62.4809	1.8488	-62.4809	-1.8488
15	-75.5998	0	-75.5998	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-14.5666	0.3072	-0.0325	-0.0004	-0.0414	0.2919
Live	0	-1.4392	0.0696	-0.0071	-1.00E-04	-0.006	0.0638
Sism XX Max	0	34.6002	4.9855	0.1924	0.3878	1.2949	9.7039
Sism YY Max	0	34.298	0.1919	0.0733	0.015	0.7346	0.3502

Dead	14.5666
Live	1.4392

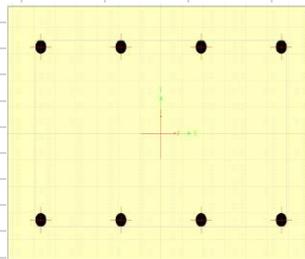
COMBINACIONES DE DISEÑO

	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	54.60745	1.23565	10.148525
	1.25(CM+CV)-SISXX	-14.59295	-1.35415	-9.259275
	0.9CM+SISXX	47.71014	1.25764	9.96661
	0.9CM-SISXX	-21.49026	-1.33216	-9.44119
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	54.30525	0.67535	0.794825
	1.25(CM+CV)-SISYY	-14.29075	-0.79385	0.094425
	0.9CM+SISYY	47.40794	0.69734	0.61291
	0.9CM-SISYY	-21.18806	-0.77186	-0.08749

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	54.60745	1.23565	10.148525
	1.25(CM+CV)-SISXX	-14.59295	-1.35415	-9.259275
	0.9CM+SISXX	47.71014	1.25764	9.96661
	0.9CM-SISXX	-21.49026	-1.33216	-9.44119
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	54.60745	-1.23565	-10.148525
	1.25(CM+CV)-SISYY	-14.59295	1.35415	9.259275
	0.9CM+SISYY	47.71014	-1.25764	-9.96661
	0.9CM-SISYY	-21.49026	1.33216	9.44119

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	22.83988	-0.06816	0.51712
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	54.30525	0.67535	0.794825
	1.25(CM+CV)-SISXX	-14.29075	-0.79385	0.094425
	0.9CM+SISXX	47.40794	0.69734	0.61291
	0.9CM-SISXX	-21.18806	-0.77186	-0.08749
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	54.30525	-0.67535	-0.794825
	1.25(CM+CV)-SISYY	-14.29075	0.79385	-0.094425
	0.9CM+SISYY	47.40794	-0.69734	-0.61291
	0.9CM-SISYY	-21.18806	0.77186	0.08749



8 φ 5/8"

Cuantia colocada 1.17%



22

COLUMNA 5D - NORMA E030.2003



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

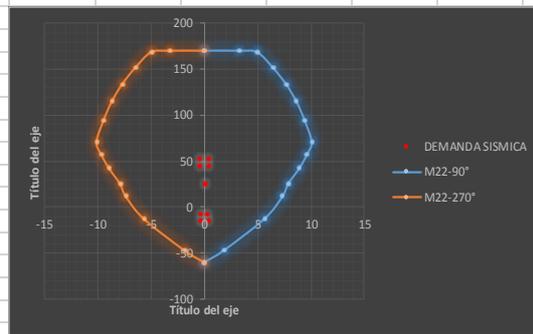
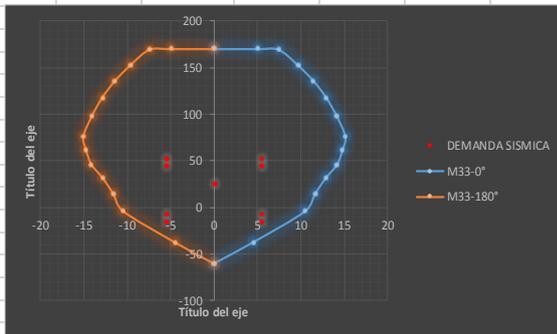
ρcolc. = Cant. 4 X Area 1.98 + Cant. 6 X Area 1.27 → 15.54 cm²

PUNTOS	M33		M33	
	0°			
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	4.9517	170.3974	-4.9517
3	169.7214	7.4299	169.7214	-7.4299
4	153.2894	9.6263	153.2894	-9.6263
5	136.1219	11.4461	136.1219	-11.4461
6	118.2572	12.9044	118.2572	-12.9044
7	98.599	14.0934	98.599	-14.0934
8	76.7058	15.0863	76.7058	-15.0863
9	62.2361	14.7667	62.2361	-14.7667
10	46.8173	14.1509	46.8173	-14.1509
11	32.1859	12.8445	32.1859	-12.8445
12	15.3172	11.6218	15.3172	-11.6218
13	-3.4748	10.4606	-3.4748	-10.4606
14	-36.8832	4.477	-36.8832	-4.477
15	-59.5044	0	-59.5044	0

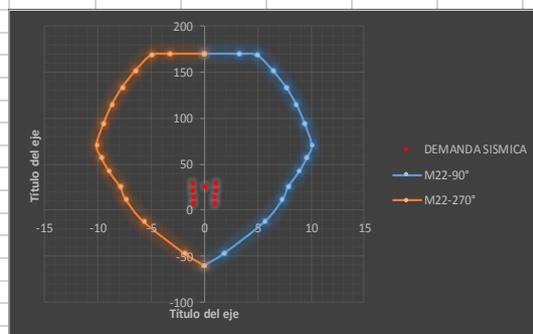
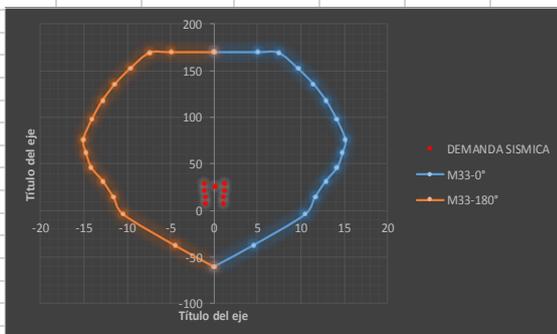
PUNTOS	M22		M22	
	90°			
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	170.3974	0	170.3974	0
2	170.3974	3.2542	170.3974	-3.2542
3	168.7053	4.9553	168.7053	-4.9553
4	151.6414	6.4487	151.6414	-6.4487
5	133.7884	7.6678	133.7884	-7.6678
6	114.8174	8.6398	114.8174	-8.6398
7	94.1871	9.4099	94.1871	-9.4099
8	71.1697	10.0484	71.1697	-10.0484
9	57.4636	9.5996	57.4636	-9.5996
10	42.5557	8.8784	42.5557	-8.8784
11	25.978	7.8634	25.978	-7.8634
12	11.9321	7.301	11.9321	-7.301
13	-11.8916	5.6567	-11.8916	-5.6567
14	-46.3028	1.8597	-46.3028	-1.8597
15	-59.5044	0	-59.5044	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-16.5428	0.0348	0.0404	-0.0004	0.0302	0.0363
Live	0	-1.5244	-0.0133	0.0013	-1.00E-04	0.0023	-0.0147
Sism XX Max	0	30.0094	3.8324	0.1125	0.2692	0.3678	5.4762
Sism YY Max	0	7.3502	0.7923	0.2364	0.0206	1.0467	1.1112

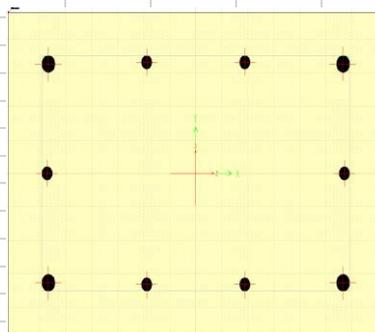
Dead	16.5428
Live	1.5244

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	52.5934	0.408425	5.5032
	1.25(CM+CV)-SISXX	-7.4254	-0.327175	-5.4492
	0.9CM+SISXX	44.89792	0.39498	5.50887
	0.9CM-SISXX	-15.12088	-0.34062	-5.44353
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	29.9342	1.087325	1.1382
	1.25(CM+CV)-SISYY	15.2338	-1.006075	-1.0842
	0.9CM+SISYY	22.23872	1.07388	1.14387
	0.9CM-SISYY	7.53832	-1.01952	-1.07853

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

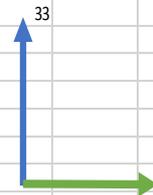
SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	52.5934	0.408425	5.5032
	1.25(CM+CV)-SISXX	-7.4254	-0.327175	-5.4492
	0.9CM+SISXX	44.89792	0.39498	5.50887
	0.9CM-SISXX	-15.12088	-0.34062	-5.44353
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	52.5934	-0.408425	-5.5032
	1.25(CM+CV)-SISYY	-7.4254	0.327175	5.4492
	0.9CM+SISYY	44.89792	-0.39498	-5.50887
	0.9CM-SISYY	-15.12088	0.34062	5.44353

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	29.9342	1.087325	1.1382
	1.25(CM+CV)-SISXX	15.2338	-1.006075	-1.0842
	0.9CM+SISXX	22.23872	1.07388	1.14387
	0.9CM-SISXX	7.53832	-1.01952	-1.07853
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	29.9342	-1.087325	-1.1382
	1.25(CM+CV)-SISYY	15.2338	1.006075	1.0842
	0.9CM+SISYY	22.23872	-1.07388	-1.14387
	0.9CM-SISYY	7.53832	1.01952	1.07853



4 ϕ 5/8" + 6 ϕ 1/2"

Cuantia colocada 1.15%



22

COLUMNA 5D - NORMA E030.2016



h = 45 cm

b = 30 cm

Asmin = 1% * Acol
Asmin = 13.5 cm²

Asecon. = 3% * Acol
Asecon. = 40.5 cm²

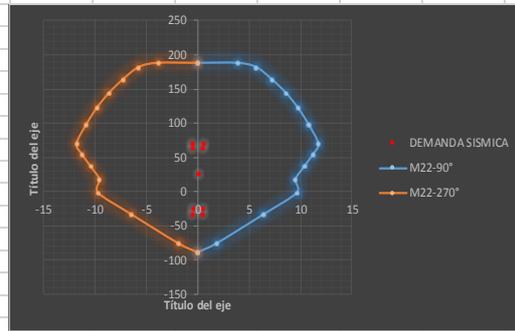
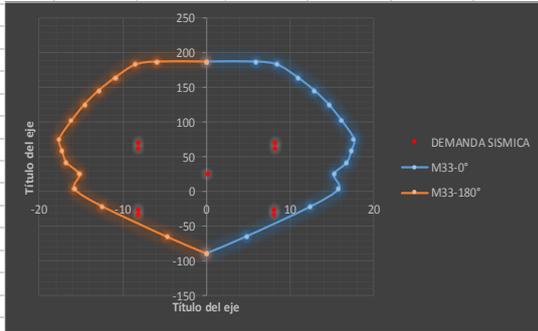
pcalc. = 4 X 2.84 + 6 X 1.98 → 23.2 cm²

PUNTOS	M33 0°		M33 180°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	187.5419	0	187.5419	0
2	187.5419	5.9263	187.5419	-5.9263
3	183.1265	8.501	183.1265	-8.501
4	165.0713	10.8718	165.0713	-10.8718
5	145.9151	12.9029	145.9151	-12.9029
6	125.7305	14.6148	125.7305	-14.6148
7	102.837	16.1453	102.837	-16.1453
8	76.5787	17.5999	76.5787	-17.5999
9	60.1779	17.3104	60.1779	-17.3104
10	42.2833	16.7405	42.2833	-16.7405
11	25.3231	15.2166	25.3231	-15.2166
12	4.3721	15.7575	4.3721	-15.7575
13	-20.8041	12.4314	-20.8041	-12.4314
14	-63.9972	4.7551	-63.9972	-4.7551
15	-88.2811	0	-88.2811	0

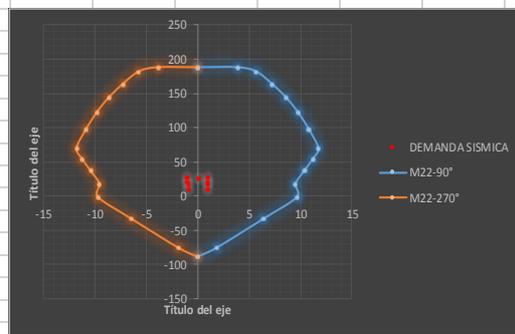
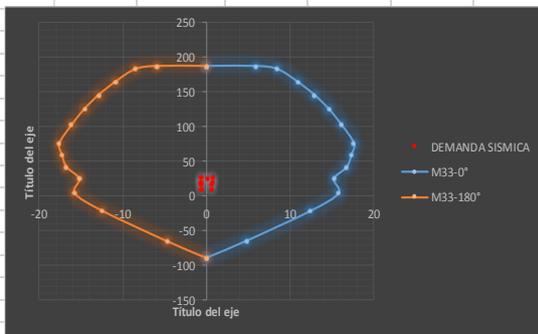
PUNTOS	M22 90°		M22 270°	
	φPn	φMn	φPn	φMn
1	187.5419	0	187.5419	0
2	187.5419	3.8487	187.5419	-3.8487
3	181.4781	5.6872	181.4781	-5.6872
4	163.4787	7.2323	163.4787	-7.2323
5	143.5869	8.6012	143.5869	-8.6012
6	122.0153	9.7631	122.0153	-9.7631
7	97.9431	10.7845	97.9431	-10.7845
8	69.8456	11.7267	69.8456	-11.7267
9	54.2605	11.1973	54.2605	-11.1973
10	36.8843	10.3655	36.8843	-10.3655
11	17.7157	9.5096	17.7157	-9.5096
12	-1.2723	9.6518	-1.2723	-9.6518
13	-33.1607	6.3812	-33.1607	-6.3812
14	-75.1622	1.8488	-75.1622	-1.8488
15	-88.2811	0	-88.2811	0

As	area (cm ²)
1/4"	0.32
3/8"	0.71
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.84
1"	5.07

SISMO XX



SISMO YY



Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
Dead	0	-16.5428	0.0348	0.0404	-0.0004	0.0302	0.0363
Live	0	-1.5244	-0.0133	0.0013	-1.00E-04	0.0023	-0.0147
Sism XX Max	0	47.9536	5.6796	0.15	0.3878	0.5019	8.1623
Sism YY Max	0	5.4556	0.4467	0.2122	0.015	0.9839	0.6344
	Dead	16.5428					
	Live	1.5244					

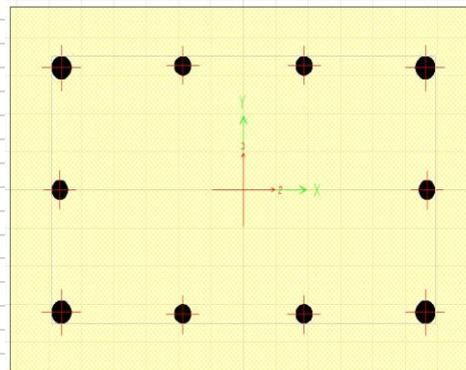
COMBINACIONES DE DISEÑO

	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	70.5376	0.542525	8.1893
	1.25(CM+CV)-SISXX	-25.3696	-0.461275	-8.1353
	0.9CM+SISXX	62.84212	0.52908	8.19497
	0.9CM-SISXX	-33.06508	-0.47472	-8.12963
SIS YY	1.25(CM+CV)+SISYY	28.0396	1.024525	0.6614
	1.25(CM+CV)-SISYY	17.1284	-0.943275	-0.6074
	0.9CM+SISYY	20.34412	1.01108	0.66707
	0.9CM-SISYY	9.43292	-0.95672	-0.60173

COMBINACIONES DE DISEÑO - DEMANDA SISMICA

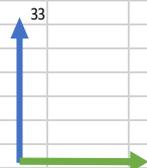
SIS XX				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS XX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	70.5376	0.542525	8.1893
	1.25(CM+CV)-SISXX	-25.3696	-0.461275	-8.1353
	0.9CM+SISXX	62.84212	0.52908	8.19497
	0.9CM-SISXX	-33.06508	-0.47472	-8.12963
SIS XX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	70.5376	-0.542525	-8.1893
	1.25(CM+CV)-SISYY	-25.3696	0.461275	8.1353
	0.9CM+SISYY	62.84212	-0.52908	-8.19497
	0.9CM-SISYY	-33.06508	0.47472	8.12963

SIS YY				
	Combos	P	M2	M3
	1.4CM + 1.7CV	25.7514	0.04619	0.02583
SIS YY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	28.0396	1.024525	0.6614
	1.25(CM+CV)-SISXX	17.1284	-0.943275	-0.6074
	0.9CM+SISXX	20.34412	1.01108	0.66707
	0.9CM-SISXX	9.43292	-0.95672	-0.60173
SIS YY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	28.0396	-1.024525	-0.6614
	1.25(CM+CV)-SISYY	17.1284	0.943275	0.6074
	0.9CM+SISYY	20.34412	-1.01108	-0.66707
	0.9CM-SISYY	9.43292	0.95672	0.60173



4 ϕ 3/4" + 6 ϕ 5/8"

Cuántia colocada **1.72%**



22

**COMPARACION DE CUANTIA DE ACERO EN COLUMNAS CON
LA NORMA E030-2016 Y LA NORMA E030-2003**

		RESUMEN CUADRO COMPARATIVO DE CUANTIA DE ACERO		% de variación	% de variación promedio
Descripción		Norma E030 - 2003	Norma E030 - 2016		
Eje X	Columna 1C	1.47	2.1	0.37	44%
	Columna 5D	1.15	1.72	0.50	
Eje Y	Columna 1E	1.15	1.47	0.28	15%
	Columna 3E	1.15	1.17	0.02	