



UG

Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE
EDIFICACIONES UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON
ALBAÑILERÍA ARMADA PARA EVITAR COLAPSOS EN ZONAS
DE ALTA AMENAZA SÍSMICA DE ECUADOR.**

AUTOR: RICARDO MARCELO HERVAS MORENO.

TUTOR: ING. ADALBERTO VIZCONDE CAMPOS, MSC.

GUAYAQUIL, ENERO, 2018.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento infinito a Dios, quien ha derramado muchas bendiciones sobre mí, me ha dado sabiduría, y toda la fuerza necesaria para perseverar por alcanzar un sueño tan ansiado como lo es incorporarme como ingeniero civil. En segundo lugar, expreso mi agradecimiento a mis padres y a mi hermano, por su apoyo incondicional, por darme todas las herramientas y recursos necesarios para enfrentar los retos que se me han presentado a lo largo de la vida, y poder superar todo tipo de obstáculo. Quien se ha convertido en un pilar fundamental en mi vida, ha sido una persona incondicional conmigo, quiero agradecerle por brindarme su ayuda, por ser quien ha estado siempre motivándome a dar lo mejor de mí, por demostrarme que con esfuerzo, dedicación y perseverancia se puede alcanzar cualquier meta que uno se proponga, por siempre alentarme y no dejarme caer frente a los problemas que se me presentaban, gracias por las horas dedicadas a apoyarme para culminar esta tesis. A mi querida tía Rocío, por estar siempre pendiente de mí, por ser como una segunda mamá, gracias por su cariño, y sus sabios consejos para seguir siempre por el sendero del bien. A toda mi familia, porque siempre de una u otra manera me han apoyado. También quiero expresar mi agradecimiento a mis estimados docentes, que durante todo el transcurso de la carrera me transmitieron sus conocimientos para convertirme en un gran profesional, en especial agradezco a mi tutor, el Ing. Adalberto Vizconde, por su tiempo y guía en este trabajo de titulación.

Ricardo Marcelo Hervas Moreno

DEDICATORIA

Principalmente, quiero dedicar este trabajo de titulación a Dios, porque es él quien ha sido mi guía y me ha otorgado los conocimientos necesarios para culminar este estudio para obtener mi título de tercer nivel. A mis padres y a mi hermano, mi querida familia, por brindarme todo su afecto y apoyo incondicional durante toda mi vida, por todo el sacrificio que han hecho mis padres esta tesis también les pertenece. A mi querida tía Rocío, por ser un gran ejemplo para mí, por aconsejarme y motivarme siempre a ser una mejor persona. A mis demás familiares, que tienen un lugar importante dentro de mi vida, que han sido testigos de todo mi esfuerzo, para ellos también dedico este estudio. También quiero dedicar esta tesis a los habitantes de Guayaquil, Esmeraldas y Bahía de Caraquez, porque este trabajo ha sido realizado pensando en ellos, con el fin de que este estudio contribuya a tener otra alternativa de construcción, de tal manera que las edificaciones tengan una estructura más resistente, y así evitar desastres a causas de movimientos telúricos.

Ricardo Marcelo Hervas Moreno

DECLARACION EXPRESA

Art. XI. del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación, corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la Universidad de Guayaquil.

Ricardo Marcelo Hervas Moreno

C.I: 1207250398

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Santos Baquerizo. MSc.
Decano

Ing. Adalberto Vizconde Campos. MSc.
Tutor

Ing. Christian Almendáriz R, MSc.
Tutor Revisor

Miembro del tribunal



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

ANEXO 11

Guayaquil, 24 de enero del 2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Yo, Ing. Christian Almendáriz R, MSc, habiendo sido designado para revisar el Trabajo de Titulación ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE EDIFICACIONES UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON ALBAÑILERÍA ARMADA PARA EVITAR COLAPSOS EN ZONAS DE ALTA AMENAZA SÍSMICA DEL ECUADOR. Certifico que el presente, elaborado por el Sr. Ricardo Marcelo Hervas Moreno con - C.C. 1207250398, del núcleo estructurante: ESTRUCTURAS, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO CIVIL, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido REVISADO Y APROBADO en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

Atentamente,

Ing. Christian Almendáriz R, MSc.
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. N° 0916587728.

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

OFC. RECIBIDO 25-1-2018

HORA: 9h20

Certificado Ofc. No.

F I R M A



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas

QFC. RECIBIDO 25-1-2018

HORA: 9h20

Certificado Ole. No. _____

Hervas Moreno
 H E R V A S

ANEXO 12

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADEMICOS

Yo, **HERVAS MORENO RICARDO MARCELO**, con C.I. N° 120725039-8, certifico que el contenido desarrollado en este trabajo de titulación, cuyo título es "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE EDIFICACIONES UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON ALBAÑILERÍA ARMADA PARA EVITAR COLAPSOS EN ZONAS DE ALTA AMENAZA SÍSMICA DE ECUADOR". Es de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CODIGO ORGANICO DE LA ECONOMIA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

Atentamente,

HERVAS MORENO RICARDO MARCELO

C.I. N° 1207250398

CODIGO ORGANICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos. - En el caso de las obras creadas en centros educativos, universitarios, escuelas politécnicas, instituto superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigaciones o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sim embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la

INDICE GENERAL

Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Declaracion expresa.....	iii
Tribunal de graduación.....	iv
Anexo 11	v
Anexo 12.....	vi
Índice general.....	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras.....	xv
Resumen.....	xx
Abstract	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes del problema	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5

1.4	Justificación.....	5
1.5	Delimitación de la investigación	6
1.6	Limitación del problema.	7
CAPÍTULO II		8
2	Marco Referencial.....	8
2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.2	Marco Teórico	10
2.2.1	Muros de albañilería armada.....	10
2.2.2	Mortero Fluido ("Grout").....	11
2.2.3	Unidades alveolares o bloques huecos.	11
2.2.4	Ventajas y desventajas de la Albañilería Armada.....	15
2.2.5	Comportamiento sísmico de muros portantes de albañilería armada... 17	
2.2.6	Procedimiento de construcción de edificaciones de albañilería armada.	18
2.2.6.1	Cimentaciones.....	19
2.2.6.2	Bloques y tratamiento previo al asentado.	20
2.2.6.3	Mortero y asentado de bloques.	21
2.2.6.4	Detalles del refuerzo.	22
2.2.6.5	Bloques de la última hilada.	23
2.2.6.6	Vaciado y curado del Grout.....	24
2.2.6.7	Vigas y losa de techo.	26

2.3	Marco contextual.....	26
2.4	Marco conceptual.....	27
2.5	Marco Legal.	30
CAPITULO III.		32
3	Marco metodológico.	32
3.1	Tipo y diseño de investigación	32
3.2	Estudio de campo sobre los tipos de bloques que existen en el medio.	32
3.3	Tipos de suelos a utilizar.....	34
3.4	Descripción del sistema estructural.....	35
3.5	Ensayos de unidades de albañilería.	38
3.6	Análisis sísmico, elaboración de espectros de diseño.	42
CAPITULO IV.....		48
4	Propuesta	48
4.1	Título	48
4.2	Justificación.....	48
4.3	Análisis estructural previo a las modelaciones.....	49
4.4	Elaboración de modelos matemáticos en Etabs 2016	53
4.4.1	Primer Modelo de edificación Unifamiliar de 2 plantas de 70m ² con muros de albañilería armada.	53
4.4.2	Segundo modelo de edificación unifamiliar de 2 plantas de 40m ² con muros de albañilería armada.	69

4.4.3 Tercer modelo de edificación Unifamiliar de 2 plantas de 75m ² con muros de albañilería armada.....	85
4.5 Comprobaciones de esfuerzos axiales máximos	101
Conclusiones.....	104
Recomendaciones.....	106
Bibliografía	
Apéndices	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico de la Norma NEC-15... 34	34
Tabla 2. Tabla de factor de incremento de f_m y v_m por edad de la norma Peruana E.070..... 39	39
Tabla 3. Tabla de factor de corrección de f_m por esbeltez de la norma Peruana E.070..... 39	39
Tabla 4. Tabla de resultados de ensayo realizado a los prismas de 2 bloques 40	40
Tabla 5. Factores de zona escogido para cada ciudad según NEC15..... 43	43
Tabla 6. Tabla de factores de sitio de cada ciudad estudiada..... 43	43
Tabla 7. Tabla de datos para obtener el cortante Basal de cada modelo Matemático. 46	46
Tabla 8. Pesos de cada edificación estudiada. 47	47
Tabla 9. Cortante basal en cada edificación según la ciudad y tipo de suelo. 47	47
Tabla 10. Resultado de densidades en el primer modelo. 50	50
Tabla 11. Resultado de densidades en el segundo modelo..... 50	50
Tabla 12. Resultado de densidades en el tercer modelo. 51	51
Tabla 13. Tabla de equivalencia de factores entre la Norma NEC - 15 y la E.030... 51	51
Tabla 14. Resultado de densidades del primer modelo por medio de la norma E.070. 52	52
Tabla 15. Resultado de densidades del segundo modelo por medio de la norma E.070..... 52	52
Tabla 16. Resultado de densidades del tercer modelo por medio de la norma E.070. 52	52
Tabla 17. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del primer modelo analizado con suelo tipo D. 55	55

Tabla 18. Tabla de máximo desplazamiento en la estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.	57
Tabla 19. Tabla de máximo desplazamiento en la estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.	58
Tabla 20. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.	58
Tabla 21. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección X con suelo tipo D.	60
Tabla 22. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección Y con suelo tipo D.	60
Tabla 23. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del primer modelo analizado con suelo tipo E.	63
Tabla 24. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.	64
Tabla 25. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.	64
Tabla 26. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.	65
Tabla 27. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección X con suelo tipo E.	66
Tabla 28. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección Y con suelo tipo E.	67
Tabla 29. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del segundo modelo con suelo tipo D.	70

Tabla 30. Tabla de máximo desplazamiento en la segunda estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.	72
Tabla 31. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.....	73
Tabla 32. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.	74
Tabla 33. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección X con suelo tipo D.	76
Tabla 34. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección Y con suelo tipo D.	76
Tabla 35. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del segundo modelo analizado con suelo tipo E.	79
Tabla 36. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.....	79
Tabla 37. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.....	80
Tabla 38. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.....	81
Tabla 39. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección X con suelo tipo E.	83
Tabla 40. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección Y con suelo tipo E.....	83
Tabla 41. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del tercer modelo analizado con suelo tipo D.	87

Tabla 42. Tabla de máximo desplazamiento en la tercera estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.	89
Tabla 43. Tabla de máximo desplazamiento en la tercera estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.....	90
Tabla 44. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.	90
Tabla 45. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección X con suelo tipo D.	92
Tabla 46. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección Y con suelo tipo D.	92
Tabla 47. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del tercer modelo analizado con suelo tipo E.	95
Tabla 48. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.....	96
Tabla 49. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.....	96
Tabla 50. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.....	97
Tabla 51. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección X con suelo tipo E.....	99
Tabla 52. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección Y con suelo tipo E.....	99
Tabla 53. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el primer modelo.	102
Tabla 54. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el segundo modelo.....	102
Tabla 55. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el tercer modelo.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa para diseño sísmico.	7
Figura 2. Ejemplo de albañilería armada y unidades huecas.....	10
Figura 3. Bloque de arcilla.....	14
Figura 4. Bloque de concreto vibrado.....	15
Figura 5. Grafica de Envolvente del comportamiento entre muro de albañilería confinada y armada.....	18
Figura 6. Ejemplo de ubicación de refuerzo en la cimentación.	19
Figura 7. Ejemplo de muro levantado y ventanas de limpieza o ratoneras.	20
Figura 8. Ejemplo de cintas de mortero de pega.....	21
Figura 9. Demostración de refuerzo vertical y horizontal.	23
Figura 10. Bloques de última hiladas.	24
Figura 11. Vaciado del grout.	25
Figura 12. Tipos de bloques de la empresa Bloqcim.	33
Figura 13. Tipos de bloques pesados de la empresa Bloqcim.	33
Figura 14. Plano Arquitectónico de la primera edificación de mampostería armada.	35
Figura 15. Plano arquitectónico de la segunda edificación de mampostería armada.	36
Figura 16. Plano arquitectónico de la tercera edificación de mampostería Armada.	37
Figura 17. Detalles de muros y refuerzo vertical y horizontal.....	38
Figura 18. Prismas de 2 unidades para ensayo a la compresión sin relleno.....	41
Figura 19. Prismas de 2 unidades para ensayo a la compresión rellenos de grout. .	41
Figura 20. Muestra de prismas ensayados.	42
Figura 21. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Esmeraldas.	44

Figura 22. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Bahía de Caráquez.....	45
Figura 23. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Guayaquil. ...	45
Figura 24. Primer modelo de vivienda en Etabs 2016.....	54
Figura 25. Primer modo de vibrar traslacional en X de la edificación montada en suelo tipo D	55
Figura 26. Segundo modo de vibrar Rotacional de la edificación montada en suelo tipo D.....	56
Figura 27. Tercer modo de vibrar traslacional en Y de la edificación montada en suelo tipo D.	56
Figura 28. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.....	57
Figura 29. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.....	58
Figura 30. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	59
Figura 31. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.....	61
Figura 32. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.....	61
Figura 33. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	62
Figura 34. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.....	64

Figura 35. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.	65
Figura 36. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.	66
Figura 37. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.	67
Figura 38. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.	68
Figura 39. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.	68
Figura 40. Segundo modelo de vivienda en Etabs 2016.	69
Figura 41. Primer modo de vibrar traslacional en X de la segunda edificación montada en suelo tipo D.	71
Figura 42. Segundo modo de vibrar Rotacional de la segunda edificación montada en suelo tipo D.	71
Figura 43. Tercer modo de vibrar traslacional en Y de la segunda edificación montada en suelo tipo D.	72
Figura 44. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.	73
Figura 45. Gráfica de máximos desplazamientos en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.	74
Figura 46. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	75
Figura 47. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.	77

Figura 48. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.....	77
Figura 49. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	78
Figura 50. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.....	80
Figura 51. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.....	81
Figura 52. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.....	82
Figura 53. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.....	84
Figura 54. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.....	84
Figura 55. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.....	85
Figura 56. Tercer modelo de vivienda en Etabs 2016.....	86
Figura 57. Primer modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.	87
Figura 58. Segundo modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.....	88
Figura 59. Tercer modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.	88
Figura 60. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.....	89

Figura 61. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.....	90
Figura 62. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	91
Figura 63. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.....	93
Figura 64. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.....	93
Figura 65. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.	94
Figura 66. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.....	96
Figura 67. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.....	97
Figura 68. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.....	98
Figura 69. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.....	100
Figura 70. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.....	100
Figura 71. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.....	101

RESUMEN

El presente trabajo de titulación estuvo enfocado en el estudio del comportamiento dinámico de edificaciones construidas con albañilería armada para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador. Se efectuó un ensayo en el cual se analizó el esfuerzo a la compresión de prismas (f'_m), siendo su resultado un dato necesario para modelar las edificaciones propuestas. La metodología de investigación empleada fue cuali – cuantitativa. Cualitativa por la investigación teórica y científica que se realizó para conocer más sobre el proceso y técnicas del sistema constructivo estudiado, y cuantitativa por la metodología numérica y modelación matemática empleada para el análisis estructural. Para la realización del estudio, se analizaron tres edificaciones en las ciudades de Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil con dos tipos de suelos (tipo D y E). Con los tipos de suelos escogidos, se realizaron dos espectros en cada ciudad para que los resultados obtenidos sean los más cercanos a la realidad. Se comprobó que los muros de albañilería armada se comportan dentro del rango elástico, siendo esto muy bueno para evitar los colapsos de los mismos. También, se obtuvo que los resultados de desplazamientos y derivas son marginales y que trabajan con valores dentro de la Ley de Hooke, lo cual es favorable para el comportamiento sismorresistente en las edificaciones. Por último, se observó que existe una buena distribución de cargas en las estructuras de albañilería armada, demostrando un buen comportamiento dinámico en las zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador, aunque por efecto de la configuración de las arquitecturas escogidas no se obtuvo los modos de vibrar requeridos, siendo esto un motivo de futuras investigaciones.

Palabras claves: albañilería armada, comportamiento dinámico, sismorresistente, modelación matemática, zonas sísmicas.

ABSTRACT

The present qualification work was focused in the study of the dynamic behavior of buildings built with armed masonry to avoid collapses in zones of high seismic threat of Ecuador. An experiment was realized in which the effort to the compression of prisms (f'm) was analyzed, being its result a necessary data to model the proposed buildings. The research methodology used was quali-quantitative. Qualitative by the theoretical and scientific research that was realized to know more about the process and techniques of the studied constructive system, and quantitative by the numerical methodology and mathematical modeling used for the structural analysis. For the study, three buildings were analyzed in the cities of Esmeraldas, Bahía de Caráquez and Guayaquil with two types of soils (type D and E). With the soil types chosen, two spectra were made in each city for that the results obtained are the closest to reality. It was verified that the walls of armed masonry behave within the elastic range, being this very good to avoid the collapses of the same ones. Also, was obtained that the results of displacements and drifts are marginal and that work with values within the Law of Hooke, which is favorable for the earthquake resistant behavior in the buildings. Finally, was observed that there is a good distribution of loads in the structures of armed masonry, demonstrating a good dynamic behavior in the zones of high seismic threat of Ecuador, although by effect of the configuration of the chosen architectures the modes of vibrate required were not obtained, this being a reason for future research.

Key words: armed masonry, dynamic behavior, earthquake resistant, mathematical modeling, seismic zones.

INTRODUCCIÓN

El 16 de abril del 2016, Ecuador se vio afectado por un terremoto de 7,8 grados provocando el colapso de las estructuras asentadas en provincias de la costa como Esmeraldas, Manabí y Guayas. Tomando en cuenta el desastre que dejó dicho evento, se observó que muchas edificaciones no contaban con un sistema constructivo adecuado y que los principales problemas se dieron en los sistemas aporticados ya que es el más usado en el campo de la construcción.

Ante esta situación, se presenta como una alternativa de construcción la albañilería armada, siendo este un proceso que requiere de mano de obra capacitada porque se necesita precisión en su ejecución. La albañilería armada es una técnica constructiva que requiere refuerzo interno a lo largo y alto de los muros, y desempeña un papel muy importante en el comportamiento estructural bajo amenazas sísmicas.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo general estudiar el comportamiento dinámico de edificaciones unifamiliares construidas con albañilería armada por medio de modelos matemáticos para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador. Para llegar a cumplir este objetivo, primero es necesario analizar toda la teoría relacionada con la albañilería armada y conocer más sobre su comportamiento bajo sismos actuantes, para de esta manera poder establecer las bases teóricas del estudio.

Posteriormente se debe evaluar por medio de modelaciones matemáticas el comportamiento dinámico de tres edificaciones establecidas en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil al ser sometidas a las diferentes cargas sísmicas, haciendo uso de una investigación cuali-cuantitativa. Este trabajo de titulación está compuesto por cuatro capítulos. El primer capítulo del trabajo está conformado por

el planteamiento del problema, sus antecedentes, los objetivos de la investigación, justificación, delimitación y limitación de la investigación. El capítulo dos corresponde al marco teórico, donde se detalla todo lo concerniente a la albañilería armada y su proceso constructivo. El tercer capítulo comprende lo relacionado a la metodología empleada para este estudio, y los ensayos correspondientes para las respectivas muestras en búsqueda de resultados más confiables.

Por último, en el capítulo cuatro se detalla los resultados del estudio realizado en los tres tipos de edificaciones montadas en los tipos de suelos D y E analizadas con los espectros de las tres ciudades y obtener resultados del comportamiento dinámico de cada estructura. Luego de esto, se muestran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y apéndices.

. Esto despierta el deseo de estudiar sistemas estructurales capaces de soportar estas clases de eventos como lo es la albañilería armada.

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del problema

La experiencia en obra evidencia que en el Ecuador existe un mal empleo de las unidades alveolares o bloques huecos de hormigón vibrado para albañilería, porque no se le da la aplicación estructural para la cual fueron concebidas de acuerdo a la literatura ingenieril. Estas unidades al no ser usadas correctamente pueden tras un evento sísmico, afectarse con la ruptura de la pared de mampostería que estén conformadas. En el último terremoto de Pedernales se observó que existían muchas paredes destruidas ya que fueron construidas con bloques huecos de concreto vibrado haciendo que las unidades no cumplan con el objetivo para el cual se los debería utilizar. Estas paredes constituirán tabiques de relleno de un sistema aporticado.

En nuestro medio se construye mucho con este tipo de unidades huecas que abaratan el costo de obra, pero la resistencia tanto de la pared como de la estructura se ve amenazada, ya que son frágiles y por lo consiguiente las paredes presentan fracturas en sismos fuertes o son destruidas como se evidenció en el terremoto de 7.8 de Pedernales y esta destrucción trajo como consecuencia la pérdida de muchas vidas. En nuestro país existen muchas edificaciones construidas con material inadecuado como en este caso los bloques huecos de hormigón vibrado y los de piedra pómez.

San Bartolomé, Quiun & Silva (2011) sostienen que los bloques huecos de albañilería cumplen su uso cuando en su interior hueco son rellenos de grout (concreto fluido) y reforzados con varillas de acero corrugado para desempeñarse estructuralmente y siendo menos propensas a ser destruidas al contrario son capaces de absorber cargas sísmicas sin la utilización de columnas ni vigas.

1.2 Antecedentes del problema

La presente investigación pretende tomar en cuenta tres regiones en la zona de alta amenaza sísmica de Ecuador como son Esmeraldas, Manabí y Guayas, en las cuales se evidenció en los últimos años, la degradación de sus estructuras y el colapso de muchas de ellas causadas por movimientos telúricos, por la falta de experiencia y por el mal uso de unidades y materiales de mampostería. Esto lleva al presente estudio a explicar porque las paredes se han destruido con el uso de bloques huecos alveolares, y por no cumplir con la resistencia a cortante requerida ni tampoco trabajar sin ningún refuerzo interno siendo así frágiles, al dejar desprotegida parte de la estructura de una edificación.

La literatura explica más sobre el correcto uso de las unidades alveolares y demuestran que estos bloques deben de ser usados como muros estructurales reforzados. Este sistema constructivo se debería estudiar más, debido a que en su proceso constructivo necesita de maestros constructores capacitados. En Ecuador son muy pocas las estructuras construidas con Albañilería armada y se evidencian más en la sierra ecuatoriana y en varias ciudades cercanas a las fronteras con Perú y Colombia ya que en esos países existen más estructuras de esta clase.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Estudiar el comportamiento dinámico de edificaciones unifamiliares construidas con albañilería armada por medio de modelos matemáticos para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica del Ecuador.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar teóricamente todo lo relacionado a las estructuras construidas con albañilería armada.
- Evaluar por medio de modelos matemáticos el comportamiento de las estructuras sometidas a cargas sísmicas.
- Comprobar las diferencias en el desplazamiento, derivas y periodo natural de las estructuras reforzadas con albañilería armada.

1.4 Justificación

La fuerza de la naturaleza es impredecible y no se sabe en qué momento puede llegar a destruir ciudades enteras, como son los eventos sísmicos conocidos como terremotos, lo cual es objeto de investigación ya que Ecuador el 16 de abril del 2016 se vio afectado por un sismo de 7,8 grados dejando en escombros ciudades de la costa como Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil.

Con este suceso se pretende estudiar las causa por la cual muchas estructuras se destruyeron, y en su gran mayoría fueron sus muros o paredes, por lo tanto se estudiara un proceso constructivo para edificaciones llamado albañilería armada, que trata de muros portantes capaces de soportar cargas sísmicas y a su vez dependiente de una estructura interna reforzada con hierro y rellena de una mortero compuesto por materiales finos cemento y arena llamado grout.

Este tipo de estructuras cumplirá un papel importante en las zonas de alta amenaza sísmica intentando detener la destrucción total de los muros de mampostería y a su vez ayudar a que la estructura no colapse por la intervención de un movimiento parecido al que se dio en abril del 2016 en Ecuador, así también gracias a esta implementación se pretende poner a salvo las vidas de los habitantes

de las edificaciones construidas con mampostería armada y obtener mejores resultados al analizar dinámicamente este método que dentro de nuestro país no es muy utilizado por la falta de experiencia e investigación relacionada.

1.5 Delimitación de la investigación

Campo: Estructuras.

Área: Albañilería Armada.

Aspecto: Comportamiento dinámico en estructuras construidas con albañilería armada.

Problema: Mal comportamiento estructural de la tabiquería dentro de un episodio sísmico y el poco conocimiento del comportamiento de la albañilería armada en nuestro medio.

Título: Estudio del comportamiento dinámico de edificaciones unifamiliares construidas con albañilería armada para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador.

Delimitación espacial: La presente investigación se desarrollará analizando el comportamiento de tres edificaciones unifamiliares en tres ciudades de la zona de alta amenaza sísmica de Ecuador como son: Esmeralda, Bahía de Caráques y Guayaquil, para analizar el comportamiento dinámico por medio de modelos matemáticos y así conocer el comportamiento dinámico de las estructuras unifamiliares de albañilería armada. En la figura 1, se detalla la zona de alta amenaza sísmica de Ecuador.

Delimitación temporal: El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en el año 2017.

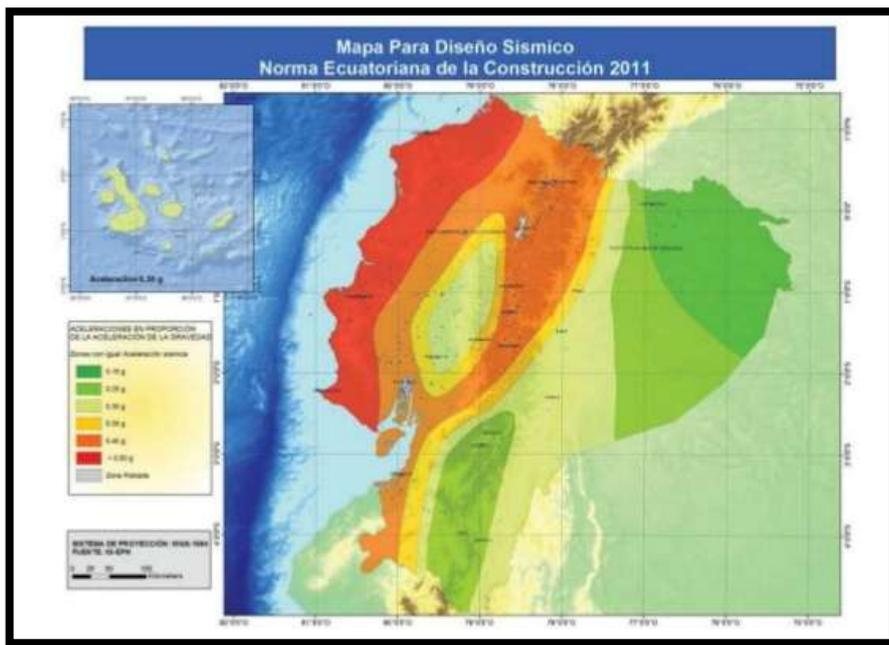


Figura 1. Mapa para diseño sísmico.

Adaptado de Norma Ecuatoriana de la Construcción, p. 27 por Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012.

1.6 Limitación del problema.

Las limitaciones presentes en el estudio a realizarse es la poca información existente sobre la Albañilería Armada en nuestro país, por lo tanto no es un proceso constructivo que se lo practica muy a menudo, ya que aquí no existen muchas construcciones de este tipo. Se tiene muy poca información de las normativas de este proceso, por lo que se ha recurrido a fuentes externas como consulta a expertos, información en páginas de internet, libros de Autores extranjeros y Normas de países vecinos que faciliten el proceso de cálculo de estas estructuras relacionándolas con las normas nuestras. También se ha encontrado limitación por la poca disponibilidad de recursos monetarios, y el requerimiento de ensayos de laboratorios costosos.

CAPÍTULO II

2 Marco Referencial

2.1 Antecedentes de la investigación

Los libros citados en el presente estudio nos muestran un contenido basto y completo. Para el estudio del proceso constructivo de albañilería estructural, nos enseñan el largo camino y evolución que ha tenido este proceso constructivo a lo largo de la historia con tal de satisfacer las solicitudes necesarias de una edificación.

Muchos países del mundo han estudiado a fondo el método de hacer una estructura más confiable y que soporte grandes solicitudes sísmicas. En Perú, se ha visto una gran mayoría de edificaciones de albañilería armada. Estas han sido no tan solo una muestra de un proceso económico, sino también uno de los procesos más estudiados y que han llegado a ser mejorados para soportar agentes físicos, químicos y a su vez ser más resistentes sísmicamente.

Dentro de la historia se conoce que la albañilería armada se la utilizaba desde el año 7350 a.C. en medio Oriente, la cual se puede evidenciar en las ruinas de Jericó. Fueron construcciones de unidades artesanales que se unían por medio de barro y mezclas de varios materiales que ayudaban a anclar los bloques con otros, capaces de soportar el peso gravitatorio y acciones provocadas por la naturales como sismos y grandes vientos (Gallegos & Casabonne, 2005).

En Ecuador se conoce también de vestigios levantados por los Incas con el nombre de las ruinas de Ingapirca, y es muestra de una de las prácticas ancestrales de la albañilería con bloques de piedra con geometría irregular y que formaron parte de la estructura de sus pueblos y templos.

En las consultas realizadas a tesis que se han dado en Ecuador, se encuentran estudios que hablan y demuestran el desempeño y la utilización de la albañilería armada tanto con unidades alveolares de arcilla, como de unidades de concreto vibrado.

Según, Félix & Flores (2006), nos muestran un estudio realizado a bloques estructurales de arcilla, aquellos demostraron un comportamiento muy bueno en una edificación multifamiliar, y llegaron a demostrar que el sistema de Albañilería armada con este tipo de bloques de Arcillas consta de una alta rigidez lateral. El comportamiento es óptimo para la construcción de este tipo de estructuras, ya que fueron diseñadas por el método de última resistencia utilizando cargas mayoradas que garanticen un mejor desempeño. El estudio fue realizado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

En otro estudio realizado en la Universidad de Guayaquil, se da a conocer una guía para la buena práctica constructiva de la albañilería armada como material de apoyo y en el cual nos muestra el desempeño de la albañilería armada con bloques de concreto vibrado, fabricados en Guayaquil, los cuales se los somete a varias pruebas de laboratorio garantizando su resistencia y entregando resultados favorables para la utilización de este tipo de albañilería en Ecuador y en ciudades como Guayaquil (Manzano, 2016).

Herrera (2015) demuestra que la mayoría de los problemas patológicos inician en la etapa constructiva ya que la mano de obra no es capacitada de manera correcta, es por ello que ocurren fallas constructivas dentro de la albañilería armada.

Aun conociendo de estos acontecimientos, en el Ecuador se ha adoptado el sistema aporticado como primera opción. Por eso es el fin de estudio de las

estructuras de albañilería armada para que se conozca su comportamiento dinámico en lugares de alta sollicitación sísmica y se tenga como opción constructiva.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Muros de albañilería armada

San Bartolomé (1994) sostiene que los muros de albañilería armada se determinan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Se distribuye a lo largo de la altura del muro con refuerzo horizontal y en su longitud con refuerzo vertical. Para integrar refuerzos a la albañilería se necesita llenar las celdas de la unidad con concreto líquido llamado grout.

Estos muros requieren de la fabricación de unidades especiales huecas que faciliten la colocación del acero de refuerzo vertical y ser llenados con el grout (ver figura 2). El acero horizontal será colocado en la junta horizontal, y el diámetro dependerá de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada por el acero.

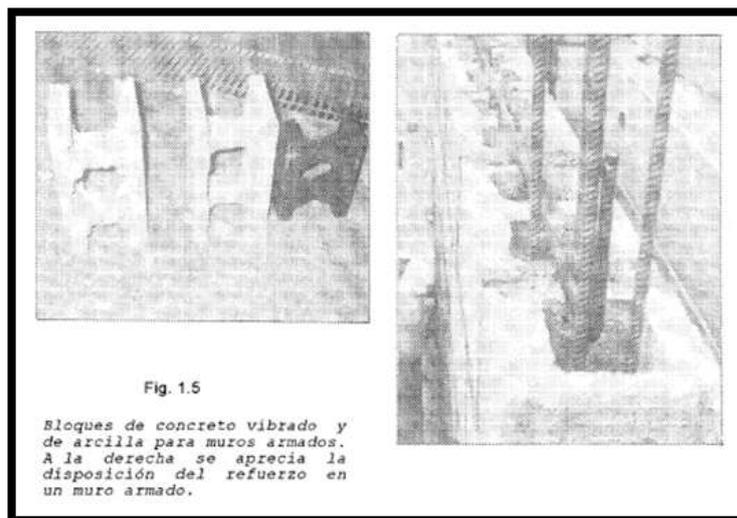


Figura 2. Ejemplo de albañilería armada y unidades huecas.
Adaptado de construcciones de albañilería. p.9 por San Bartolomé A. (1994)

2.2.2 Mortero Fluido ("Grout")

San Bartolomé (1994) manifiesta que en cuanto al Concreto o Mortero Fluido ("Grout") a vaciar en los alveolos, su consistencia debe ser fluida, con un revenimiento comprendido entre 8 y 11 pulgadas. La intención de tener este revenimiento es para que el concreto ingrese a todas las partes de las celdas que deben ser rellenas del túnel formado por los huecos de los bloques, para poder tener una mejor interacción entre el refuerzo y la albañilería. Dependiendo del tamaño que tengan los alveolos del bloque que se utilizará, el grout a emplear se caracterizara de dos formas.

- Mortero fluido o grout fino, usado cuando los huecos son pequeños, por ejemplo, el ladrillo sílico-calcáreo tiene alveolos de 5 cm este carece de confitillo y su proporción volumétrica de arena – cemento es usualmente de 1:3.
- Concreto fluido o grout grueso, utilizado cuando los huecos son grandes, por ejemplo, los bloques de concreto vibrado con 19 cm de espesor tienen alveolos de 12x13 cm. La dosificación cemento- arena- confitillo es 1:2 ½:1 ½.

La diferencia entre el concreto fluido y el mortero fluido está en los agregados; mientras que en el concreto fluido o grout grueso se emplea confitillo de 3/8" que es piedra triturada, más arena gruesa, en el mortero fluido el agregado es sólo arena gruesa.

2.2.3 Unidades alveolares o bloques huecos.

San Bartolomé et. al (2011) nos indica que las unidades alveolares son bloques que presentan huecos perpendiculares a la superficie de apoyo. Entre estas

unidades se conocen los bloques de arcilla, concreto y de sílice-cal, en Ecuador no existen unidades sílice – calcáreas. Estos bloques son concebidos específicamente para la utilización en construcciones de albañilería armada para llevar en su interior acero de refuerzo embebidos de mortero fluido o grout. Estas unidades no deben ser utilizadas en construcciones de albañilería confinada porque al someterse a fuerzas sísmicas y no tener refuerzo interno se verán afectadas en su estructura y a su vez se trituraran llevándolas en algunos casos al colapso total de la mampostería.

Propiedades físicas y Mecánicas de las unidades alveolares.

San Bartolomé et. al (2011) dice que es necesario conocer las propiedades de las unidades alveolares, para tener en cuenta su resistencia y durabilidad al exponerse a la intemperie. Aun así no se puede asegurar que la mejor unidad nos garantice la mejor práctica de albañilería, sabiendo que es un proceso donde se necesita precisión para obtener buenos resultados.

Propiedades según la resistencia de la albañilería son:

- Buena resistencia a la compresión y tracción.
- Variabilidad dimensional
- Alta Succión

Propiedades según la durabilidad de la albañilería son:

- Densidad
- Resistencia a la compresión
- Eflorescencia
- Absorción
- Coeficiente de saturación

Para conocer estas propiedades es necesario determinarlas por medio de ensayos de laboratorios con nombres ya antes mencionados.

Tipos de unidades alveolares

Los tipos de unidades alveolares son clasificadas de acuerdo a su compuesto o al material que han sido fabricadas. En el mundo existen tres tipos que son las más conocidas, estas son de arcilla, concreto y sílico – calcáreas. Dentro de nuestro medio no se tienen unidades sílico – calcáreas, pero se observa la fabricación de bloques de concreto y se ha visualizado también bloques de arcilla del tipo caravista que los usan más en ciudades de la sierra como Cuenca y de forma decorativa.

Unidades huecas de arcilla.

Estas se componen como su nombre lo dice de Arcilla (Figura 3). Se clasifican en. Calcáreas y no calcáreas.

- **Calcáreas:** Las calcáreas están compuestas de un 15% de carbonato de calcio la cual le da un color amarillento a las unidades con esta composición.
- **No calcáreas:** Estas tienen un 5% de óxido de hierro y le da una tonalidad rojiza a la unidad.

Pero aun así se tiene como la mejor arcilla aquella que se compone de arena y limo. La arena para reducir efectos de contracción por secado de las unidades, y así evitar fisuras en los ladrillos.

Félix & Flores (2006), sostienen en un estudio realizado en la ESPE que las construcciones realizadas con bloques de arcillas estructurales deben de analizarse y diseñarse por el método de última resistencia, la cual nos muestra un modelo de estructura más confiable. Esta aclaración se la puede adoptar también para los

bloques de concreto vibrado, donde se necesita asegurar también un comportamiento idóneo de las estructuras de albañilería armada.

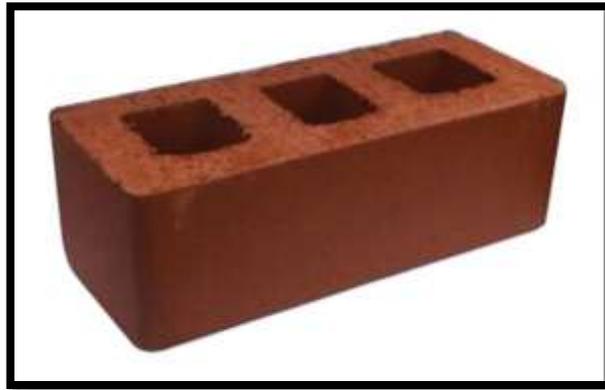


Figura 3. Bloque de arcilla.

Fuente: Empresa Alfadomus por Alfadomus S.A. (2015).

Unidades huecas de concreto.

Las unidades de concreto pueden ser fabricadas de forma artesanal o industrial, lo cual diferencia su calidad y acabado. Es muy importante lograr la estabilidad volumétrica de las unidades para poder ser utilizadas, y así también las unidades curadas con agua deberán alcanzar una edad de 28 días mínimo para poder evitar a la hora del secado la contracción y fisuras en la tabiquería.

El cemento utilizado para la fabricación es una mezcla de cemento arena y piedra triturada de 1/4. El alcanzar una resistencia a la compresión muy alta dependerá de la dosificación que se le dé a cada unidad o al grupo que se esté fabricando, esto también dependerá del tipo de estructura que será aplicado en el caso de edificios altos la resistencia será más alta. Estas unidades son de tonalidad gris, y la consistencia de la mezcla a la hora de su creación debe de tener un revenimiento del orden de 1 pulgada, para su fácil desmolde inmediatamente (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

En Ecuador existen unidades de concreto de este tipo con varias medidas. Para el proyecto actual se ha acudido a usar bloques Bloqcim de 19x39x19 conocidos como bloques P19-A (Figura 4).



Figura 4. Bloque de concreto vibrado.

Fuente: Bloqcim S.A. por Bloqcim S.A.(2014).

2.2.4 Ventajas y desventajas de la Albañilería Armada.

Tomando como referencia a San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011), es posible deducir las siguientes ventajas y desventajas que proporciona el uso de albañilería armada:

Ventajas de la albañilería armada:

- Por la carencia de columnas no se requieren de encofrados.
- Por los alveolos se tiene facilidad para la colocación de conductos para la instalación eléctrica evitando el corte de muros.
- La velocidad de construcción es mejor y requiere de menos tiempo.
- Presenta mejor acabado y a su vez si las unidades son del tipo caravistas no es necesario la aplicación de pinturas.

- Por su buena rigidez lateral hace que sea sismo resistente y ser denominados muros de alta resistencia o portantes.

Desventajas de la albañilería armada.

- Las unidades a utilizarse son más costosas ya que son unidades especiales
- El concreto de relleno de los alveolos llamado grout requiere de un 50% más de cemento.
- Se requiere de refuerzos mínimos en todos los pisos para evitar las fisuras en la tabiquería.
- La mano de obra debe de ser especializada, por la alta precisión que se requiere a la hora del armado.
- Se requiere de ambientes con dimensiones modulares y luces pequeñas.
- Para la cimentación no se recomienda el uso de concreto ciclópeo, lo que nos encarece la obra al tener que realizar losas de cimentación o zapatas corridas.
- En el primer piso el cual es sísmicamente más solicitado las varillas deben de ser ancladas desde la cimentación y el traslape de acero vertical debe ser al 100% y lo que hace que el acero no tenga verticalidad a la hora de asentar los bloques.
- En el caso de existir cangrejeras o vacíos dentro de los alveolos no son visibles excepto cuando se detectan por las ratoneras de limpieza.
- Por la carencia de columnas la fisura por flexión ocurre en una etapa temprana de la sollicitación sísmica.

2.2.5 Comportamiento sísmico de muros portantes de albañilería armada.

San Bartolomé et. al (2011) también deduce que el comportamiento sísmico de las estructuras construidas con albañilería armada, se han visto afectadas algunas veces por la mala práctica constructiva. En muchos edificios construidos con este sistema se han visto fallas significativas, que incluso han llegado al colapso total. Una de las causas que generan estas fallas han sido el traslape del refuerzo vertical con espigas ancladas a la cimentación en el primer piso, siendo este el más solicitado sísmicamente y que en la medida posible deberían evitarse los traslapes y usar refuerzo continuo.

En mayor parte, el colapso de las estructuras es debido a los defectos generados en el proceso constructivo, ya sean estos por el mal llenado de los alveolos de las unidades dejando así burbujas de aire llamados cangrejas, o incluso por la congestión de acero de refuerzo en las celdas.

Es importante citar un caso, en Chile en el sismo de 1985 donde un edificio que se construyó con albañilería confinada en el primer piso y en los tres superiores con albañilería armada, existió una falla por corte en el segundo piso y en el primero siendo este el más solicitado sísmicamente no ocurrió nada. Al hacer un estudio en este edificio se observó que el problema se dio por discontinuidad del acero de refuerzo en la interacción del primer piso y el segundo, debido a que el traslape no fue el correcto llevando a la falla por corte del segundo piso, dejando en claro que el comportamiento de la albañilería confinada fue mejor que la de la armada, como se muestra en la figura 5. Las curvas demuestran que la albañilería confinada tuvo un comportamiento superior al de la albañilería armada, ya que no existió la continuidad de acero desde el primer piso eso genera que la estructura tenga un comportamiento disparejo y la falla por corte es eminente.

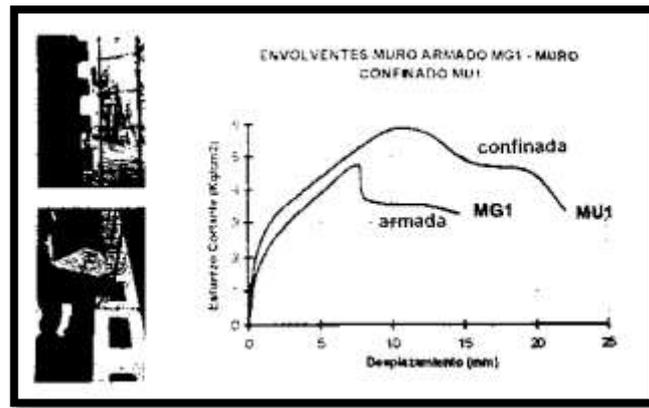


Figura 5. Gráfica de Envolvente del comportamiento entre muro de albañilería confinada y armada.
Adaptado de: *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* p. 163 por San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011).

Otros defectos constructivos que se presentan en este sistema son:

- La falta de supervisión permanente en el proceso constructivo.
- La trituración de los talones en los bordes libres de la tabiquería por acción de los sismos, generando la expulsión lateral del grout y expulsando las tapas de las unidades.
- La posición del refuerzo vertical en la cimentación debe ser precisa, para que coincida con los huecos de las unidades y así evitar doblarlos o grifarlos, para que el refuerzo aporte resistencia a flexión y a corte – fricción.
- El empleo de unidades con huecos pequeños que no permiten alojar con comodidad el refuerzo vertical y no ayuda a compactar el grout, el cual aporta la mayor parte de la resistencia al corte.

2.2.6 Procedimiento de construcción de edificaciones de albañilería armada.

Este sistema constructivo es utilizado cuando los ambientes de la edificación son modulares para evitar un efecto llamado retaceo de los bloques, también son llamadas construcciones de cajón. El proceso constructivo de este sistema se los demostrara de manera ordenada.

2.2.6.1 Cimentaciones.

Según San Bartolomé A. (1994) se puede emplear cualquiera de los tipos de cimentación que se conocen, pero se recomienda no emplear la cimentación con concreto ciclópeo. La razón por la que no se recomienda usar esta cimentación es porque las piedras que tiene la mezcla no dejarían que el esfuerzo vertical quede en su posición correcta.

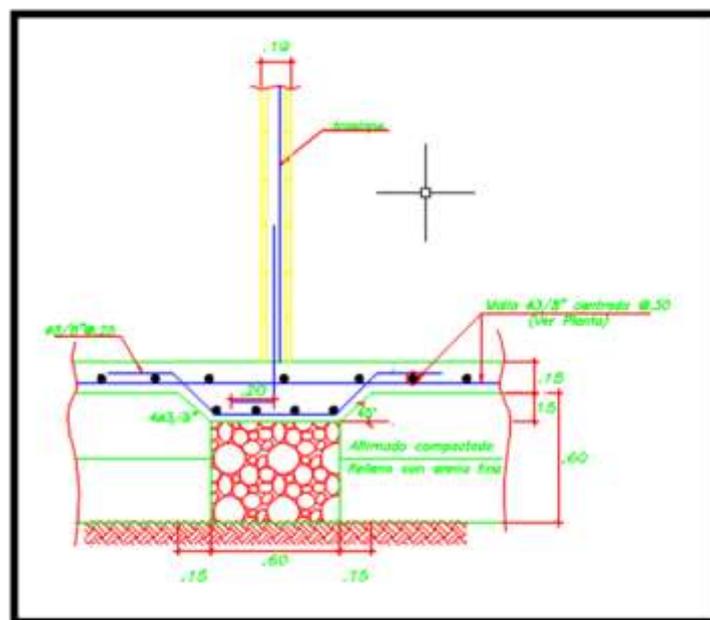


Figura 6. Ejemplo de ubicación de refuerzo en la cimentación.

Usualmente se usan espigas verticales ancladas a la cimentación para facilitar la construcción de la albañilería, pero si el refuerzo vertical es continuo se debe de insertar los bloques desde el extremo superior de la varilla o utilizar bloques tipo H o sin las caras laterales del bloque para facilitar el armado de los muros.

Monzón (2014) sostiene que las cimentaciones idóneas para este tipo de estructuras son las corridas sean éstas en una o dos direcciones, también se puede usar losas de cimentación y donde el suelo es malo la profundidad mínima de los

cimientos es de 80 cm. Otra recomendación, es que se debe evitar que caiga materiales sueltos en las zanjas de las cimentaciones, incluso el material desalojado de las mismas.

2.2.6.2 Bloques y tratamiento previo al asentado.

En los muros de albañilería armada se pueden emplear tres tipos de bloque de concreto, arcilla y sílice – cal. En los bloques de concreto vibrado no se los debe de regar antes del asentado por su alta variación volumétrica causando esto a que se expandan al mojar y al secar se contraigan, lo que haría que se generen fisuras en los muros. Los muros que utilizan este tipo de bloques no deben exceder los 8 m de longitud y si el caso lo amerita, se deben subdividir con juntas verticales de expansión de ½ pulgada.

San Bartolomé et.al, (2011) nos explica que se necesita hacer recortes de bloques o ventanas antes del asiento, esto se hace con una pulidora con disco diamantado, haciéndose estos cortes para algunos fines:

- Formar ventanas de limpieza o ratoneras.
- Alojjar cajas eléctricas.
- Colocar el refuerzo vertical.



Figura 7. Ejemplo de muro levantado y ventanas de limpieza o ratoneras.

Adaptado de: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería p. 126 por San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011).

2.2.6.3 Mortero y asentado de bloques.

En el caso de los bloques que se asientan secos sin curado previo por su variación volumétrica que cambia al ser humedecidos, se aplica un asiento de mortero que contenga $\frac{1}{2}$ volumen de cal, por cada volumen de cemento esto se hace para evitar el secado rápido del mortero. Este mortero de asiento corre por los bordes horizontales y verticales de los bloques, se recomienda que el mortero de todas las juntas debe cubrir completamente la superficie de asiento del bloque.

Para levantar el muro de albañilería armada se usan bloques maestros, con el cual se toma en consideración para guiar el alineamiento horizontal y vertical de los bloques de albañilería. A diferencia de los otros muros confinados y sistema aporticado, los muros armados se construye en 2 jornadas, al culminar cada jornada se debe limpiar la parte interna de los huecos y se recogerá los escombros por medio de las ratoneras para así mantener limpio las celdas que serán rellenas de grout. Se recomienda también curar las juntas del muro con una brocha húmeda, esto se hace 1 vez por cada día hasta que sea vaciado el mortero de relleno.



Figura 8. Ejemplo de cintas de mortero de pega.

Adaptado de: *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* p.130 por San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011).

Todos los muros que se intercepten deberán construirse en simultáneo, quiere decir, que se debe de traslaparse los bloques exceptos cuando se especifican juntas verticales en los planos. Esto nos permite arriostrar los muros entre si y aumentar el

área de compresión por flexión en los extremos, siendo unas de las zonas más críticas de la albañilería armada (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

2.2.6.4 Detalles del refuerzo.

- **Refuerzo Horizontal.**

El refuerzo horizontal debe colocarse como se lo represente en el plano. Pueden ser en forma de escalerillas en las juntas horizontales o varilla de hierro en el eje. Cuando se usa las escalerillas se debe de tomar en cuenta el espacio de los escalones en el caso de que sea confinada o no, y que el recubrimiento medio al borde del refuerzo sea mayor a 1cm. También se debe tomar en cuenta que el diámetro del refuerzo horizontal no debe exceda de $\frac{1}{4}$ de pulgada para que las juntas no excedan en su grosor que es máximo 1.5cm. En el caso de que el refuerzo vaya en el eje, se debe evitar que obstaculice al momento de llenado con el grout y así evitar cangrejeras los dobles de los extremos se los debe de realizar a 90° y así evitar congestión en las celdas por culpa del exceso de refuerzo.

- **Refuerzo vertical.**

Para el refuerzo vertical se debe de tomar en cuenta que el espacio de las unidades sea el correcto ya que en un alveolo de 5cm se alojaría solo una varilla hasta de $\frac{1}{2}$ o 4 veces el diámetro de la varilla, así se conocerá cual es el espacio de las celdas que se necesita. En el caso de los bloques de concreto se pueden alojar varias varillas ya que las dimensiones de los alveolos son más grandes.

En los pisos superiores cuando se tenga que hacer traslape se tendrá que terminar de construir la albañilería para ingresar el acero de traslape, y así evitar que se congestione o se ladee el acero, amarrándose a una varilla horizontal para

poder vaciar el grout y evitar que la barra se mueva y se las extrae una vez que el grout ya fragüe (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

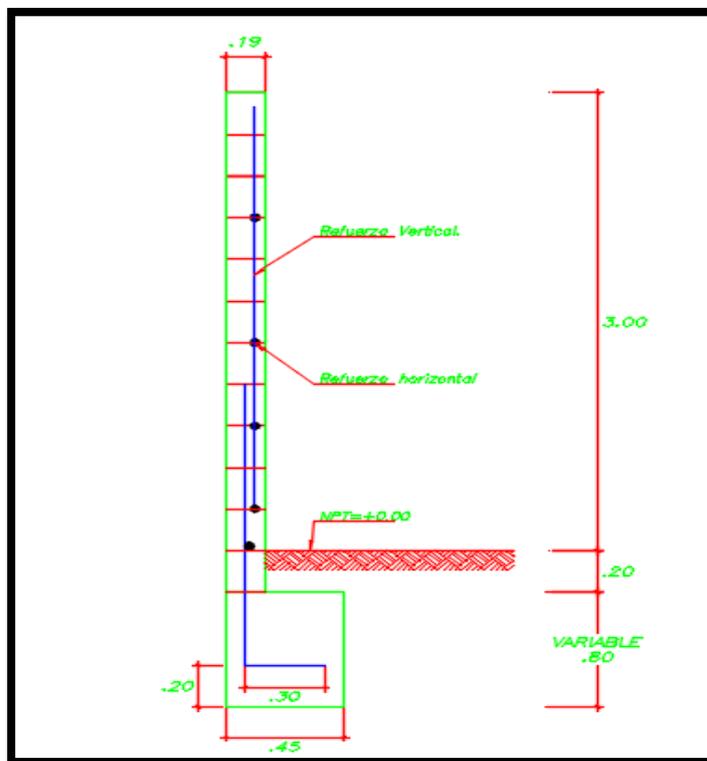


Figura 9. Demostración de refuerzo vertical y horizontal.

2.2.6.5 Bloques de la última hilada.

Los bloques de la última hilada se deben de cortar las caras longitudinales internas, para que contenga el refuerzo de la losa y sirva como un encofrado y así no se vea la losa desde el exterior y en el caso de que se quiera que se vea, los bloques de la última hilada se deberá de llenar de grout los alveolos que no contengan refuerzo pero por la mitad; por lo menos tres días antes para que sirva de apoyo de la losa (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

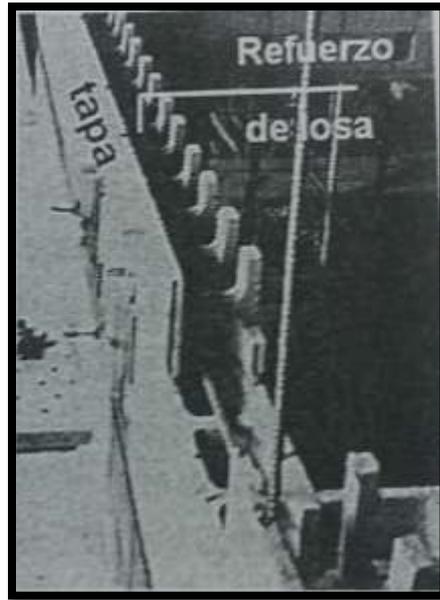


Figura 10. Bloques de última hiladas.

Adaptado de: *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería* p.130 por San Bartolomé, Quiun & Silva (2011).

2.2.6.6 Vaciado y curado del Grout.

El grout debe de tener por lo menos una resistencia a la compresión de 140kg/cm^2 a los 28 días de edad y debe de ser preparado mediante mezcladora. Las probetas para el ensayo axial deben de ser de $10 \times 10 \times 19\text{cm}$ y usando como molde los mismos bloques y deben de permanecer allí hasta el día de su ensayo. El grout es de dos tipos el grout grueso y el grout fluido, uno lleva un porcentaje de piedra triturada de $\frac{1}{4}$ mientras que el otro no lo lleva y se compone solo de cemento y arena gruesa. El grout grueso se usa para llenar alveolos de bloques que tengan una dimensión mayor a 6cm.

Monzón (2014) sostiene que el grout es un pariente del concreto, y que el llenado de los alveolos se los puede hacer cada tres o cuatro hiladas para asegurarse de que queden bien llenos. También indica que para revisar si el alveolo esta bien lleno es mejor hacer un orificio o ventana en el bloque y asi ver si han quedado bien rellenos, esto cada inicio de las hiladas.

Pero San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011) dicen que para el vaciado del grout se lo puede hacer al día siguiente de que se construya la albañilería. En el caso de los bloques de cemento se debe de mojar el interior de las celdas cuando ya está construida la pared y por medio de las ventanas de limpieza se pueda retirar el agua que se quede acumulada dentro de la base y luego del vaciado del grout inmediatamente se deben curar los muros de bloques de concreto, evitando que ingrese agua a las celdas rellenas; se debe de curar 1 vez al día por 3 días.

Al rellenar las celdas con grout, se debe de realizar en 2 etapas con una capa de grout de una altura inferior a 1.30m. Primero se rellena las celdas de los extremos del muro hasta una altura aproximada de 1.3m y se los compacta con un vibrador o con una varilla lisa de ½ pulgada y luego se repite el proceso para el resto. Luego de 5 minutos se vuelve a compactar para que el grout se expanda lateralmente. Luego de 30 minutos aproximadamente se comienza con la segunda etapa de llenado similar a la primera, lo único de diferente es que en última hilada al compactar quede un espacio sin llenar de las celdas para que sean rellenos cuando se construya la losa y pueda formar llaves de corte permitiendo transferir las fuerzas de inercia desde la losa hacia el muro.



Figura 11. Vaciado del grout.

Adaptado de: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería p.139 por San Bartolomé, Quiun, & Silva (2011).

2.2.6.7 Vigas y losa de techo.

En este proceso al igual que la albañilería confinada, se puede emplear viguetas prefabricadas y losas armadas en dos direcciones. Una vez que se construye la losa se puede seguir con la construcción de los muros superiores siendo el mismo proceso que hemos venido estudiando ya que las espigas quedan y se traslapa el acero vertical para su debida construcción (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

2.3 Marco contextual

En la actualidad varios países han soportado sismos fuertes, que han arrasado con muchas de sus edificaciones por falta de rigidez lateral lo cual si proporcionan los muros de albañilería armada. Una muestra de estos intensos sismos fue el pasado terremoto de Ecuador entre Muisne y Pedernales que afecto directamente a edificaciones de todo tipo. La costa ecuatoriana por su ubicación geográfica, se encuentran expuestas a eventos sísmicos constantes. Por eso en el presente estudio se toma en cuenta esta realidad, y se pretende dar a conocer opciones estructurales que desempeñen un buen papel dentro de esta zona y lleguen a proteger la integridad de los habitantes de estas edificaciones.

El buen comportamiento de una estructura es el fruto de una buena práctica constructiva, y al llegar a obtener resultados que nos ayuden a proteger nuestras estructuras y la vida de muchos seres humanos hacen que los estudios realizados cumplan con sus objetivos. Por eso en el caso del estudio del comportamiento dinámico de edificaciones unifamiliares construidas con mampostería armada, nos da a conocer como se desenvolverán estos tipos de estructuras en tres ciudades de la costa ecuatoriana. Frente a eventos sísmicos de baja e intensa magnitud nos lleva a ver que puede haber soluciones con otro tipo de sistema estructural, porque

se ha visto que el sistema aporticado no ha sido capaz de soportar dichas solicitudes.

El sistema estructural de la mampostería armada, para muchos investigadores es confiable, eficaz y económica capaz de trabajar bien bajo amenazas naturales. En Ecuador no se ha podido desarrollar mucho el tema de la albañilería armada, por eso el estudio de este método se torna tedioso, ya que no se encuentra mucha información local y se debe recurrir a literatura de otros países e incluso normativas extranjeras.

El desempeño de una estructura ahora se la puede conocer por medio de software de computadoras, capaces de mostrar el comportamiento de una edificación sus derivas, periodos, e incluso conocer cómo se deformaran bajo cargas sísmicas. En este estudio se recurre al software Etabs 2016, Es una interfaz fácil de manejar y que es capaz de modelar cualquier tipo de estructura pero en este caso se modelaran casas unifamiliares de hasta 2 plantas debido al alcance del proyecto.

2.4 Marco conceptual.

La presente investigación pretende demostrar el desempeño de una edificación construida con albañilería armada, montada en los terrenos de tres ciudades que se encuentran dentro de la zona de alta amenaza sísmica de Ecuador. Este estudio ayudara a entender el comportamiento dinámico de estas estructuras teniendo en cuenta las amenazas del sector. Para hacer efectivo esta investigación se deberá tomar en cuenta que los estudios realizados ayuden a no causar problemas a la sociedad o al medio ambiente ante un movimiento sísmico.

Para obtener resultados en el área de la mampostería armada se ha desarrollado:

- Estudios metodológicos, a través de la elaboración y empleo de conceptos y términos universales, así como de métodos y técnicas compatibles a los procesos que mandan las normas ecuatorianas y extranjeras.
- Estudios fundamentales, teóricos y prácticos, que estén orientados a observar, describir, explicar y controlar el fenómeno de destrucción de las estructuras de albañilería armada y como contrarrestar viendo los resultados obtenidos.
- Estudios aplicados, que se orientan a identificar los problemas concretos de inseguridad que enfrenta la sociedad, debido a su exposición y vulnerabilidad a eventos sísmicos.
- Estudios a la Estructura, distribución de las parte de una edificación expuesta a varios agentes tanto físicos, químicos y de naturaleza destructiva, pero capaz de ser modificada y llegar a ser tan resistente para soportar dicha demanda.
- Diseño Sismorresistente, Elementos y características que definen la estructura antisísmica de un edificio apegadas a las normativas para su debida aceptación dentro de nuestro medio y que sea capaz de soportar las amenazas sísmicas de Ecuador.
- Estudio a los esfuerzos a los cuales se someten las estructuras como: tracción y compresión, llevando a realizar un estudio que ayude a soportar dichas exigencias.

También se pretende hacer:

- Uso de programas para la debida modelación de las edificaciones de albañilería armada entre esos programas esta como prioridad la modelación en Etabs 2016.
- Estudiar planos propuestos de viviendas unifamiliares y modelarlas según las condiciones que nos dan las ciudades escogidas.
- Toma de datos de laboratorios para obtener la resistencia de las unidades a usar dentro de dicha modelación entre esos datos se destacan el f^b que es la resistencia que tiene un bloque sometido a compresión, y el f^m que es la resistencia que tiene una pila de bloques al ser sometido a compresión.

También se debe de tomar en cuenta dentro del estudio los efectos de dichas estructuras:

- El efecto de pandeo en paredes por no dejar juntas, dentro de las distancias indicadas por la norma.
- El efecto de contracción al secado de las unidades de albañilería y que puede producir rotura en la tabiquería a temprana edad.
- El curado de la tabiquería y la interacción del acero con el mortero de relleno y así con las paredes internas del bloque.
- El posicionamiento del acero vertical de refuerzo en la cimentación y la verticalidad del mismo a la hora de colocar las unidades alveolares.
- La debida colocación de acero longitudinal y verificación de sus distancias de distribución.

2.5 Marco Legal.

La presente investigación se enmarca legalmente en los lineamientos de la Norma ecuatoriana de la construcción. Enfocada en la sección de mampostería estructural (NEC-SE-MP), Peligro Sísmico (NEC-SE-DS) y la Guía práctica de diseño de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. También se tomó como referencia para este estudio la Norma Peruana E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú y parte de otras normas internacionales, tales como: Reglamento para Construcciones (Distrito Federal-México); ASSHTO (Pruebas y Control de Materiales de Construcción-EE.UU); ACI Instituto Americano del Concreto EE.UU (ACI 530 – 13).

Peligro sísmico NEC-SE-DS.

En esta parte de la NEC – 15 se deben de cumplir cada requerimiento ya que se trata del diseño sísmico que debe de llevar la estructura de mampostería, siendo un requisito inevitable para los proyectos de edificaciones de cualquier tipo por la incidencia de eventos sísmicos que ocurren en Ecuador. En esta sección de la NEC-SE-DS se conoce los tipos de coeficientes que debemos de utilizar al momento de sacar un espectro de diseño, así también conocer sobre los materiales, diseño y tipo de ensayos que se deben de hacer a las edificaciones o a cada pieza de mampostería para que la edificación sea construida y diseñada bajo cada requerimiento sísmica de nuestro país (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

Mampostería estructural NEC–SE–MP.

En esta sección de la NEC - 15, se observa los requisitos que se deben de cumplir al construir y modelar una edificación de albañilería armada, por lo tanto toda edificación debe de conocer los requerimientos mínimos en los esfuerzos tanto por corte como por flexión, normado según lo estipula la norma ecuatoriana de la construcción en su sección (NEC–SE–MP-MAMPOSTERIA- ESTRUCTURAL).

Donde muestra cuales son los requerimientos mínimos de refuerzo para la utilización de este proceso constructivo, diseño estructural y a su vez el cumplimiento de los valores mínimos que se deben usar en los ensayos siendo estos de acero, cemento, mortero, propiedades sísmicas y cálculos para poder garantizar un sistema estructural sismorresistente que sea capaz de construirse en nuestro medio y en nuestro país (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

Norma peruana E.070.

La norma peruana también hace énfasis en las exigencias mínimas para el análisis, diseño, los controles de calidad, materiales e inspección de las edificaciones de albañilería, estructurada especialmente por muros confinados y armados. También nos ayuda a obtener factores que faciliten realizar los ensayos de laboratorios correspondientes, esto dentro de su debido lineamiento que facilita a su vez la modelación de los estructuras obteniendo valores normados. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento., 2006).

CAPITULO III.

3 MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo está enmarcado bajo la modalidad de investigación de campo y su modelo es cuali – cuantitativo. Cualitativo por la investigación teórica y científica que se ha venido realizando, y cuantitativo por la metodología numérica y modelaciones matemáticas que se hacen para poder demostrar el comportamiento dinámico de las edificaciones unifamiliares construidas con mampostería armada.

3.2 Estudio de campo sobre los tipos de bloques que existen en el medio.

Dentro del medio se han visualizado los bloques de concreto vibrado de parte de la empresa Bloqcim S.A, teniéndolos especificados como bloques pesados para mampostería armada. Entre ellos se destacan algunos modelos como se los puede visualizar en las figuras 12 y 13, obtenidas de la página de Bloqcim, los mismos que son distribuidos en los locales Disensa de todo el país.

Los bloques usados en el presente proyecto son los bloques P19-A de dimensiones 19x39x19 (Ver apéndice C), los cuales la norma (NEC–SE–MP) lo pone como ejemplo para el uso de estructuras de mampostería armada. Estos bloques serán sometidos a cargas axiales en laboratorio para obtener resultados confiables y poder trabajar con modelos matemáticos que se asemejen a la realidad y así determinar el comportamiento que tienen las estructuras construidas con este bloque especial.

Para la obtención de las unidades alveolares fue preciso ir a la planta de Bloqcim, en donde se pudo constatar la forma de fabricación y el estudio que se le aplica a cada ejemplar, observando la calidad de fabricación de estas unidades.

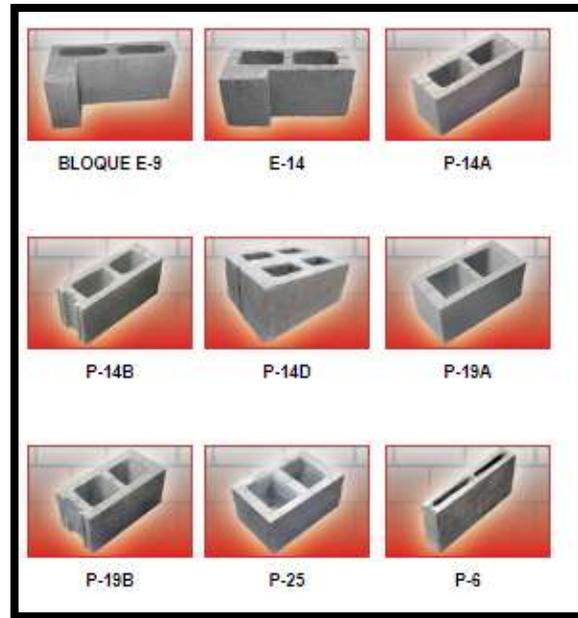


Figura 12. Tipos de bloques de la empresa Bloqcim.

Fuente: Bloqcim S.A. por Bloqcim S.A. (2014).

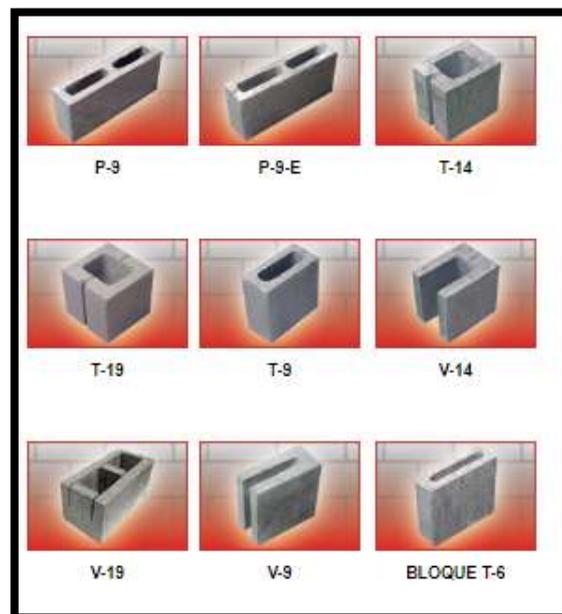


Figura 13. Tipos de bloques pesados de la empresa Bloqcim.

Fuente: Bloqcim S.A. por Bloqcim S.A. (2014).

3.3 Tipos de suelos a utilizar.

Tomando en cuenta los tipos de suelos que muestra la NEC-15 bajo estudios realizados por profesionales y que a su vez se observan en las ciudades escogidas, se toma en cuenta dos perfiles predominantes en cada ciudad, como son el tipo D y E demostrados en la tabla 1, escogidos por el tipo de estratos que se observan en el mapa geológico de Ecuador (Ver apéndice A), donde se detallan los tipos de composiciones actuantes. Dentro de este trabajo para determinar el uso de estos dos tipos de suelos se observó ensayos hechos en las ciudades estudiadas, y se tomó en cuenta los perfiles predominantes. Esto da como resultado el uso de los suelos D y E, usándolos en las tres ciudades que se toman en cuenta en el presente estudio, obteniendo así resultados muy apegados a la realidad.

Tabla 1. Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico de la Norma NEC-15.

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500\text{m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500\text{m/s} > V_s \geq 760\text{m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760\text{m/s} > V_s \geq 360\text{m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100\text{kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360\text{m/s} > V_s \geq 180\text{m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15.0$ $100\text{kPa} > S_u \geq 50\text{kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de corte, o	$V_s < 180\text{m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50\text{kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes Subclases:	
	F1.- suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2.- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H> 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas)	
	F3.- Arcillas de muy alta plasticidad (H> 7,5m con índice de plasticidad IP> 75).	
	F4.- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez media a blanda (H> 30m)	
	F5.- Suelos con contrastes de impedancia u ocurriendo dentro de los primeros 30m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte	
F6.- Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2014). Normas Ecuatorianas de la Construcción.

3.4 Descripción del sistema estructural.

Para el presente proyecto, se toma en consideración 3 edificaciones unifamiliares de 2 plantas (Ver apéndice D), su estructura está constituida por el sistema estructural de albañilería armada. Este sistema será sometido a espectros de cada ciudad especificando dos tipos de suelos como son el tipo D y E explicados anteriormente, para obtener resultados en su comportamiento dinámico y así pretender demostrar el desempeño que tendrán estas estructuras en las ciudades que se encuentran dentro de la zona de alta amenaza sísmica.

A continuación, en las figuras 14, 15 y 16 se verán los planos arquitectónicos de las edificaciones que serán analizadas por medio del programa de modelación estructural Etabs 2016.

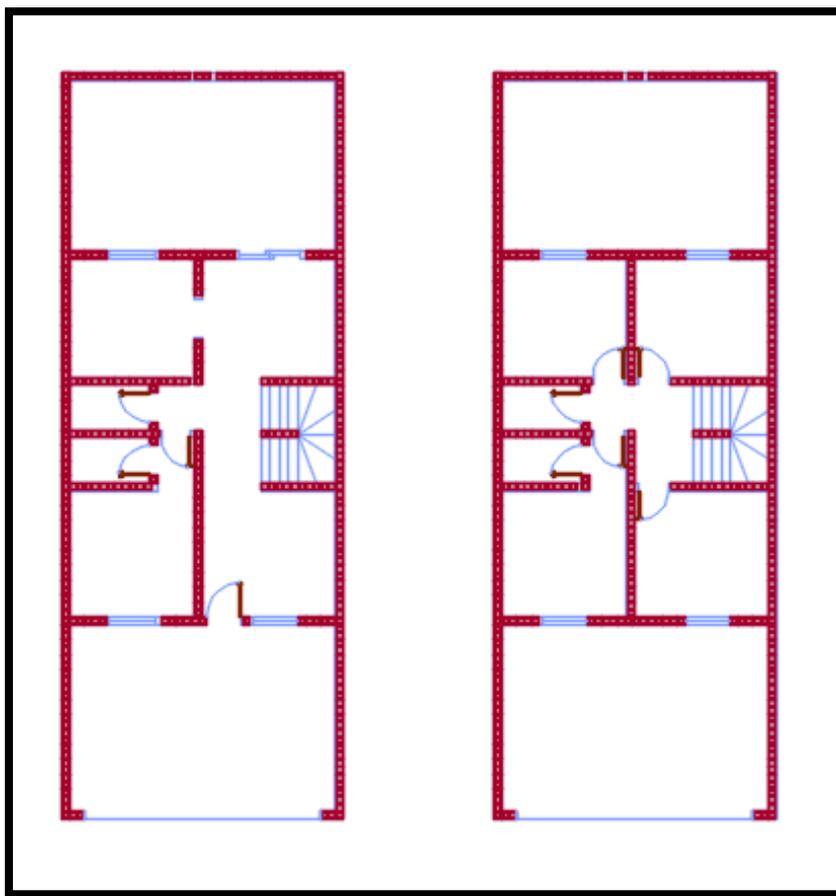


Figura 14. Plano Arquitectónico de la primera edificación de mampostería armada.

Fuente: Ing. Adalberto Vizconde.

Esta primera edificación (Figura 15), cuenta con una configuración regular que ayuda a que el comportamiento bajo eventos sísmicos sea favorable. A su vez, los cambios en los planos son limitados debido a que es una edificación existente, y por lo tanto, no se puede modificar su configuración estructural. En el caso de esta investigación, lo que se cambió fue el ancho de los muros; en el original los muros eran de 15 cm con bloques de 14 cm de ancho, y en el presente trabajo se modificó el ancho del muro a 21 cm con bloques de 19 cm de ancho.

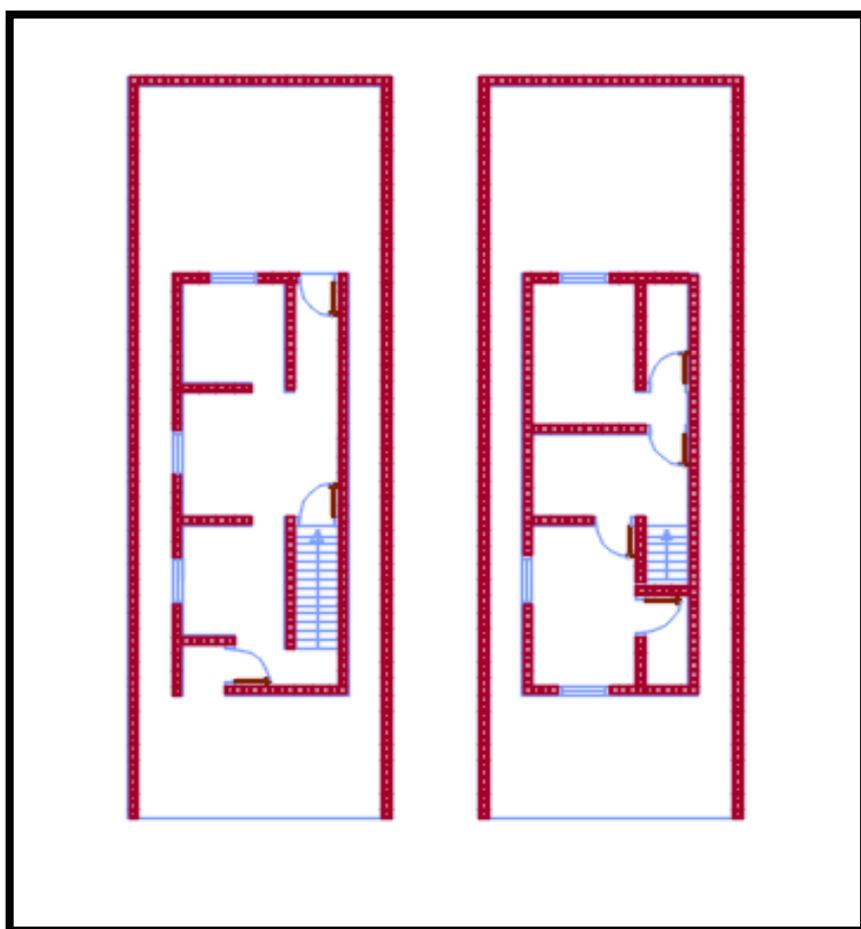


Figura 15. Plano arquitectónico de la segunda edificación de mampostería armada.

Fuente: Miduvi. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014)

En este segundo plano (Figura 16), se observa que la edificación está sometida a luces pequeñas y es aplicada a terrenos pequeños. Este tipo de construcciones son

dirigidas a personas de bajos recursos económicos, pero poseen la misma efectividad que las otras estructuras.

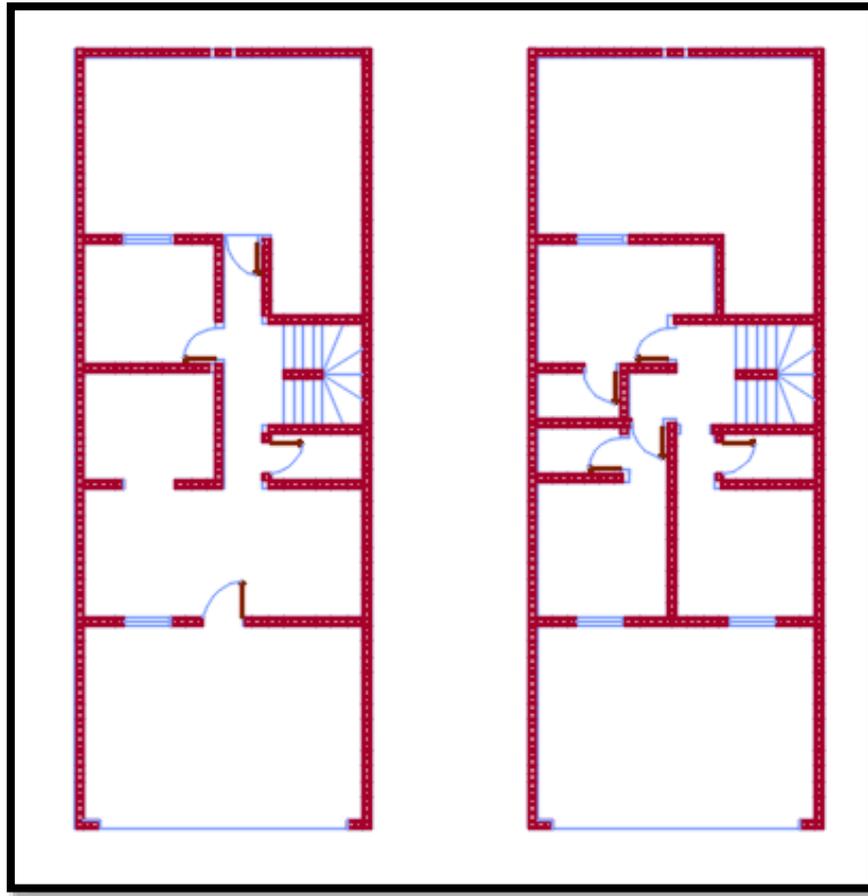


Figura 16. Plano arquitectónico de la tercera edificación de mampostería Armada.

Fuente: Ing. Adalberto Vizconde.

En este tercer modelo de edificación con mampostería armada (Figura 17), se toma en cuenta pequeñas irregularidades que se ven a menudo en nuestras construcciones, con el fin de apreciar el comportamiento de esta estructura al ser sometida a los espectros correspondientes dentro de la respectiva modelación y visualizar su eficiencia.

Los 3 tipos de edificaciones anteriormente descritos, se destacan por su componente estructural, ya que constan de un sistema de muros de albañilería armada conformados por unidades alveolares trabadas entre sí mediante un mortero de pega y con refuerzo interno con varillas de acero embebidas de concreto

fluido llamado Grout. Este refuerzo se encontrará distribuido cada 60cm a lo largo del muro y también llevará un refuerzo horizontal distribuido cada 60cm, el cual puede ser de varillas corrugadas o escalerillas electro soldadas (Ver Figura 11).

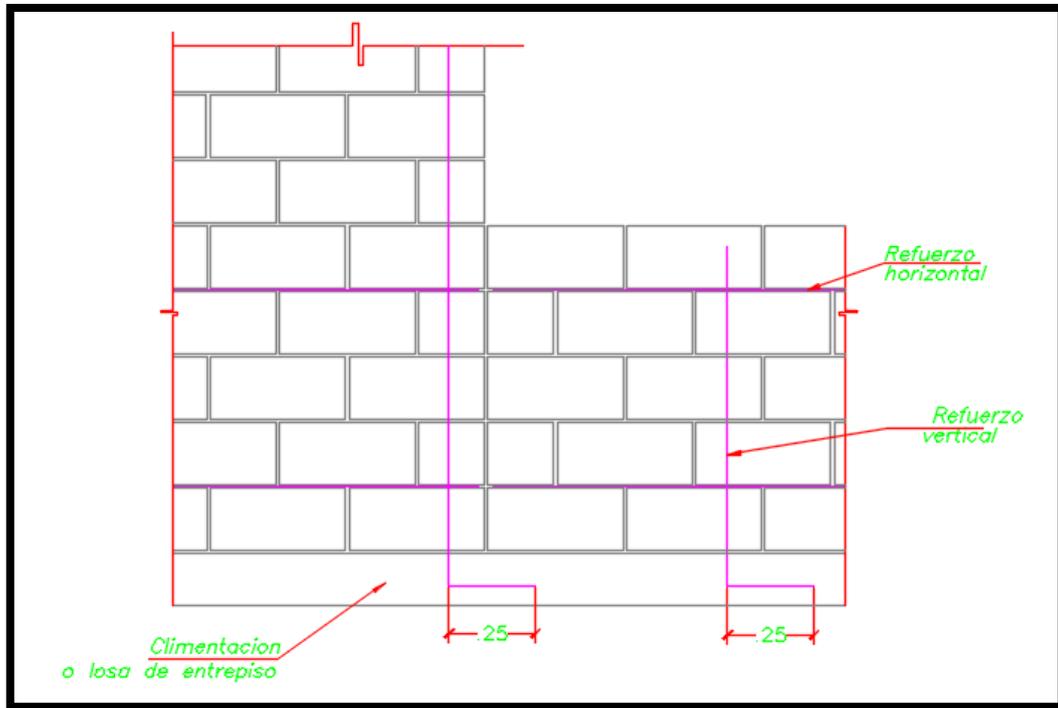


Figura 17. Detalles de muros y refuerzo vertical y horizontal.

Elaboración: Ricardo Hervas Moreno.

3.5 Ensayos de unidades de albañilería.

En la búsqueda de resultados confiables para una futura aplicación en la albañilería armada, se realizaron ensayos a prismas de bloques de 2 hiladas (Ver apéndice B) con el fin de obtener datos reales que sirvan tanto para el proyecto, como para la vida profesional y de esta manera tener mayor cercanía con la realidad. El ensayo que se aplicó está regularizado bajo su respectiva normativa (NEC-SE-MP-MAMPOSTERIA- ESTRUCTURAL) y con ayuda de normas extranjeras existentes en la actualidad (E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú). A continuación, en el siguiente apartado, se explicará con detalle el ensayo respectivo.

Ensayo de compresión en prismas de 2 unidades de bloques de albañilería armada de la compañía Bloqcim.

En este ensayo se realizaron 5 prismas de 2 unidades, limitando su esbeltez al verse afectada por la altura de la maquinaria de compresión que se utilizó. Los Prismas fueron ensayados a los 14 días y su resistencia se vio afectada por un factor de incremento de $f'm$ por edad, y por el factor de esbeltez, estos factores usados se encuentran especificados en las tablas 8 y 10 de la norma peruana E.070 (tablas 2 y 3). Los prismas que fueron definidos se sometieron a pruebas de compresión axial. Para efectuar los ensayos, se utilizó la máquina universal Soiltest Inc., del Laboratorio Ing. Arnaldo Ruffilli de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, de la Universidad de Guayaquil.

Tabla 2. Tabla de factor de incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad de la norma Peruana E.070.

TABLA 8.			
INCREMENTO DE $f'm$ y $v'm$ POR EDAD.			
EDAD		14 días	21 días
MURETES	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
PILAS	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2006).

Tabla 3. Tabla de factor de corrección de $f'm$ por esbeltez de la norma Peruana E.070.

TABLA 10						
FACTOR DE CORRECCIÓN DE $f'm$ POR ESBELTEZ.						
ESBELTEZ	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
FACTOR	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2006).

El objetivo del ensayo es obtener el esfuerzo a la compresión de los prismas de bloques de albañilería conocido como ($f'm$), el cual ayuda como dato para poder ingresarlo en las respectivas modelaciones ya que es necesario para conocer la

resistencia de los muros y actúa directamente en la capacidad que tiene la edificación para soportar eventos sísmicos.

Según San Bartolomé et. al (2011) indica que para obtener el f_m se debe de seguir el siguiente procedimiento:

- La resistencia individual a compresión axial de un prisma (f_m) se lo obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal.
- Este valor obtenido luego es corregido por el factor de esbeltez (tabla 2) y el factor de corrección por edad (tabla 3) antes demostrados.
- Luego se obtiene el promedio de los valores obtenidos de los ensayos y seguidamente se encuentra la desviación estándar de dichos resultados.
- Al finalizar, al valor promedio encontrado anteriormente se le resta la desviación estándar ($f_m = f_m - S$), obteniendo por fin el f_m de los ensayos realizados y es aquel el que se ingresa en los modelos matemáticos.

Esto quiere decir que el 84% de los prismas ensayados tendrán una resistencia mayor que el valor característico.

En la tabla 4, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos a los prismas de 2 unidades, y en las figuras 18,19 y 20 se presentan imágenes de los prismas ensayados.

Tabla 4. Tabla de resultados de ensayo realizado a los prismas de 2 bloques

RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRISMAS DE 2 BLOQUES	
Resultado de los 5 testigos, (conjunto de 2 bloques)	7,70 Mp
Valor mínimo registrado	7,30 Mp.
Valor de planta	7,00 Mp.

Autor: Ricardo Hervas Moreno.



Figura 18. Prismas de 2 unidades para ensayo a la compresión sin relleno.



Figura 19. Prismas de 2 unidades para ensayo a la compresión rellenos de grout.



Figura 20. Muestra de prismas ensayados.

3.6 Análisis sísmico, elaboración de espectros de diseño.

Para el estudio de estos modelos se sigue la metodología de diseño y cálculo que la norma NEC describe en su Guía Práctica de Diseño de Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros en conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Para esto se elaboraron 2 espectros por cada ciudad tomando en cuenta los suelos más contribuyentes en las ciudades de estudio.

Como primer paso se obtuvieron los datos que permiten acoger la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Factores para encontrar el espectro de cada ciudad estudiada.

Para el factor de zona, se escoge primero la zona en que se encuentra cada ciudad. En el caso de Esmeraldas y Bahía de Caráquez, se encuentran en la zona VI y Guayaquil en la zona V, catalogadas como zona alta y muy alta en peligro sísmico, luego se escoge el factor z , uno por cada ciudad analizada. Los factores se

detallan en la tabla 6, estos valores serán ingresados en una hoja de cálculo del programa Excel, donde se dibujará cada espectro por cada ciudad actuante.

Tabla 5. Factores de zona escogido para cada ciudad según NEC15.

FACTOR DE ZONA PARA CADA CIUDAD A ESTUDIAR.	
Esmeraldas	0,5
Bahía de Caráquez	0,5
Guayaquil	0,4

Fuente: NEC 2015.

Luego de obtener estos valores se procede a buscar los tipos de suelos de estas ciudades. Considerando los tipos de estratos predominantes en estas ciudades, se decidió utilizar suelos tipo D y E obtenidos de pruebas de laboratorios ya antes hechos.

Luego de tener las zonas y tipos de suelos se procede a buscar los factores de sitio, Fa: Coeficiente de amplificación suelo en la zona de periodo corto, Fd: Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca y Fs: Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos. Los factores obtenidos están contenidos en las tablas 3, 4 y 5 de la NEC - 15 y de las cuales se obtienen los siguientes datos (Tabla 7).

Tabla 6. Tabla de factores de sitio de cada ciudad estudiada.

Ciudades	Fa		Fd		Fs	
	Suelo D	Suelo E	Suelo D	Suelo E	Suelo D	Suelo E
Esmeraldas	1,12	0,85	1,11	1,5	1,4	2
Bahía de Caráquez	1,12	0,85	1,11	1,5	1,4	2
Guayaquil	1,2	1	1,19	1,6	1,28	1,9

Autor: Ricardo Hervás Moreno.

Luego se obtienen los valores de η (Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado) los cuales están dados de la siguiente manera:

En el presente proyecto, se utiliza para Esmeraldas $\eta = 2,48$ y para Bahía de Caráquez y Guayaquil $\eta = 1,80$.

Al conocer estos datos se obtienen los resultados de las mesetas de los espectros por medio de la siguiente fórmula $S_a = \eta z F a$, y así también se encuentran diferentes valores necesarios como son, T_c y T_o (Períodos límites de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño). Con estos datos se obtienen los espectros de cada ciudad para luego comprobarlo en los modelos realizados. Dentro del programa de análisis estructural que se utiliza, existe la opción de crear el espectro deseado e ingresar su factor de reducción pero por motivo didáctico también se realizó las gráficas en Excel para una mejor apreciación de los espectros de respuesta de cada tipo de suelo analizado.

En las figuras 21, 22 y 23 se muestran las gráficas correspondientes a los espectros de Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil.



Figura 21. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Esmeraldas.

Autor: Ricardo Hervas Moreno.



Figura 22. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Bahía de Caráquez.

Autor: Ricardo Hervas Moreno.



Figura 23. Gráficas de Espectros de los suelos D y E de la ciudad de Guayaquil.

Autor: Ricardo Hervas Moreno.

Cortante Basal de Diseño para cada modelo estudiado.

Analizando los datos obtenidos por los espectros, se obtiene el cortante Basal de cada estructura a estudiarse y a su vez por cada tipo de suelo que se ha seleccionado para este estudio. Este cortante ayudará a conocer la fuerza que actúa por cada piso y la fuerza resultante de la estructura en general. Cada modelo consta de 6 cortantes basal, 1 por cada suelo, 2 por cada ciudad, y 6 por las tres ciudades

que se han tomado en cuenta para este estudio. La fórmula para hallar el cortante Basal se muestra a continuación. En la tabla 8, se describen los datos necesarios para obtener los resultados de cada cortante.

$$V = \frac{I S a}{R \phi_e \phi_p} W$$

Fórmula para hallar cortante basal.

Tabla 7. Tabla de datos para obtener el cortante Basal de cada modelo Matemático.

DATOS PARA ENCONTRAR CORTANTE BASAL EN CADA MODELO		
I	Factor de importancia para viviendas en este caso	1
R	Coefficiente de reducción de respuesta estructural	3
Øe	Factor de configuración estructural en elevación.	1 para todos los modelos
Øp	Factor de configuración estructural en planta.	(1) para los modelos 1 y 2 y (0,9) para el modelo 3
Sa(ta)	Aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta elástico para diseño.	Este valor es mostrado por cada suelo y ciudades estudiadas
W	Carga reactiva.	Es el peso de cada estructura obtenidos de la modelación de cada edificación

Autor: Ricardo Hervas Moreno

Los pesos de cada estructura se los obtienen por medio del programa Etabs 2016 y a su vez se los detalla en la tabla 9. Estos pesos son datos necesarios para conocer la fuerza actuante en la base de la estructura y que después será distribuida a cada piso.

Tabla 8. Pesos de cada edificación estudiada.

PESO DE CADA EDIFICACION ESTUDIADA	
MODELO	PESO (tonf)
MODELO 1	199,804
MODELO 2	124,3061
MODELO 3	183,0381

Autor: Ricardo Hervas Moreno

Luego de obtener los datos necesarios para encontrar el cortante basal de cada edificación, se ingresa cada dato a la formula y se obtiene los resultados de la fuerza cortante Basal para cada edificación como se muestra en la tabla 10 de resultados, especificando ciudades y tipo de suelos.

Tabla 9. Cortante basal en cada edificación según la ciudad y tipo de suelo.

CORTANTE BASAL DE CADA EDIFICACION			
MODELO	CIUDADES	CORTANTE BASAL SUELO TIPO D (tonf)	CORTANTE BASAL SUELO TIPO E (tonf)
	ESMERALDAS	92,49593173	70,1978053
MODELO 1	BAHÍA DE CARÁQUEZ	67,134144	50,95002
	GUAYAQUIL	57,543552	47,95296
	ESMERALDAS	57,54543723	43,67287647
MODELO 2	BAHÍA DE CARÁQUEZ	41,7668496	31,6980555
	GUAYAQUIL	35,8001568	29,833464
	ESMERALDAS	94,1493753	71,4526509
MODELO 3	BAHÍA DE CARÁQUEZ	68,334224	51,860795
	GUAYAQUIL	58,572192	48,81016

Autor: Ricardo Hervas Moreno.

CAPITULO IV

4 PROPUESTA

4.1 Título

Análisis teórico y modelación matemática para obtener el comportamiento dinámico de las estructuras construidas con albañilería armada.

4.2 Justificación

La siguiente propuesta se realiza en base a los resultados obtenidos del estudio realizado concerniente al comportamiento dinámico de las edificaciones construidas con albañilería armada. De acuerdo a la revisión efectuada, en Ecuador no se encuentra mucha información concerniente a las construcciones con albañilería armada, debido a que se usan mayormente otros tipos de técnicas. El sistema aporticado es uno de los más usados en el mercado de la construcción, pero, es importante mencionar que este sistema ha tenido ciertos inconvenientes técnicos a la hora de ser sometido a cargas sísmicas. Ante esta situación, surge la propuesta de realizar un estudio a las construcciones de albañilería armada para conocer el comportamiento dinámico que tienen en la zona de alta amenaza sísmica de Ecuador, y así, tener otra alternativa en la forma de construcción.

Con el ensayo efectuado a los bloques pesados P19-A de la compañía Bloqcim, se pudo constatar que la resistencia es óptima para el uso en construcciones de albañilería armada y que son capaces de soportar grandes cargas, quedando así demostrado que existen materiales ideales para este tipo de construcciones. Estos resultados son útiles para realizar las modelaciones matemáticas correspondientes, y obtener información cercana a la realidad.

4.3 Análisis estructural previo a las modelaciones

Antes de analizar los modelos matemáticos se toma en consideración algunos cálculos previos que garanticen que la estructura sea analizada dinámicamente. Estos cálculos son de análisis de espesor efectivo, y de densidades mínimas de muros.

Según San Bartolomé, Quiun & Silva (2011), indica que para obtener el espesor efectivo de un muro se debe tener en cuenta el espesor útil del muro con fines estructurales, eso indica que no se debe tomar en cuenta el enlucido, solo en el caso que sea anclado al muro por medio de sistemas de mayas ancladas a la albañilería.

En el caso de esta investigación el espesor efectivo coincide con el espesor de los bloques ya que la norma peruana E.070, indica que para bloques de concreto vibrado rellenos el espesor efectivo "t" es el ancho de la unidad. Así mismo filtra ese espesor al analizarlo si cumple con lo requerido en la norma al ser analizados en las zonas sísmicas y de acuerdo a eso nos indica dos relaciones entre el espesor efectivo y la altura libre h del muro.

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ para la zonas sísmicas 2 y 3.}$$

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ para la zona sísmica 1.}$$

Formulas de relación de espesor mínimo según la zona sísmica analizada.

Para esta investigación se considera la relación de las zonas sísmicas más altas, en este caso entrarían las zonas sísmicas 2 y 3, y el (t) a usarse sería 0,19m y una (h) igual 3m el siguiente resultado, quedando demostrado que el espesor cumple con lo requerido esto para las tres edificaciones analizadas.

Calculo de espesor efectivo.

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ para la zonas sísmicas 2 y 3}$$

$$t \geq \frac{h}{20}$$

$$0,19m \geq \frac{3m}{20}$$

$$0,19m \geq 0,15m$$

Otro análisis que obliga tanto la norma ecuatoriana como la peruana realizar previamente, es la verificación de las densidades mínimas de muro en dos direcciones tanto en X como en Y. Estas densidades en Ecuador son analizadas por cuantías mínimas en cada dirección esta no puede ser menor al 1,5% del área total de los muros en la dirección analizada (A_w) sobre el área total de planta de la edificación (A_p).

$$d\% = \frac{A_w}{A_p} > 1.5\%$$

Fórmula de porcentaje de densidad mínima.

Para el caso de las tres edificaciones se tiene en consideración los resultados demostrados en las tablas 10 – 12, demostrando que las densidades son mayores que las estipuladas por la NEC - 15.

Cálculo de densidades según la NEC – 15.

Tabla 10. Resultado de densidades en el primer modelo.

MUROS MODELO 1		
Aw. X-X=	4,55	m2
Aw. Y-Y=	6,01	m2
Ap. TOTAL=	75	m2
d% x-x=	6,06666667	ok
d% y-y=	8,01333333	ok

Tabla 11. Resultado de densidades en el segundo modelo.

MUROS MODELO 2		
Aw. X-X=	2,02	m2
Aw. Y-Y=	5,14	m2
Ap. TOTAL=	40,8	m2
d% x-x=	4,95098039	ok
d% y-y=	12,5980392	ok

Tabla 12. Resultado de densidades en el tercer modelo.

MUROS MODELO 3		
Aw. X-X=	4,48	m2
Aw. Y-Y=	5,48	m2
Ap. TOTAL=	69,8	m2
d% x-x=	6,41833811	ok
d% y-y=	7,85100287	ok

Por otro lado la norma E.070 nos indica que para prevenir el colapso total de las estructuras se exige un mínimo de muros reforzados en ambas direcciones. Esto garantiza que en las estructuras después de un sismo severo, sus muros queden en un estado reparable. Esto se obtiene mediante la relación de área total de corte de los muros en ambas direcciones, que es la sumatoria de la longitud de cada muro por el espesor efectivo ($\sum L.t$), sobre el área total de la edificación (A_p). Demostrándose en la ecuación siguiente que se debe cumplir con:

$$\frac{\sum L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Formula de densidades mínima por la E.070.

Donde Z corresponde al factor de zona sísmica, U factor de importancia, S factor de suelo y N el número de pisos del edificio en este caso se hace una equivalencia de los tipos de suelos y zonas de Ecuador con las de Perú (Tabla 13) y los respectivos cálculos para las tres edificaciones analizadas (Tablas 14 – 16).

Tabla 13. Tabla de equivalencia de factores entre la Norma NEC - 15 y la E.030

TABLA DE EQUIVALENCIA DE FACTORES ENTRE LA NEC-15 Y LA E.030			
ZONA ECUADOR	ZONAS PERÚ	PERFIL DE SUELO ECUADOR	PERFIL DE SUELO PERÚ
Z1	Z1	A	S0
Z2	Z2	B	S1
Z3		C	
Z4	Z3	D	S2
Z5		E	S3
Z6	Z4	F	S4
FACTORES A USAR			
ZONA EQUIVALENTE	PERFIL DE SUELO EQUIVALENTE	FACTOR DE SUELO "S"	FACTOR DE ZONA SISMICA Z
Z3	S2	1,15	0,35
	S3	1,2	
Z4	S2	1,05	0,45
	S3	1,10	

Cálculo de densidades según la Norma peruana E.070.

Tabla 14. Resultado de densidades del primer modelo por medio de la norma E.070.

Densidades suelo D Esmeraldas y Bahía									
Tipo de Área	$\Sigma L.t$	Ap	$\Sigma L.t/Ap$	Z	U	S	N	Z.U.S.N/56	Atm/Ap>z.u.s.n/56
Atm X-X	3,93	75,00	0,05	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	5,20	75,00	0,07	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Densidades suelo E Esmeraldas y Bahía									
Atm X-X	3,93	75,00	0,05	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	5,20	75,00	0,07	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Densidades suelo D Guayaquil									
Atm X-X	3,93	75,00	0,05	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Atm Y-Y	5,20	75,00	0,07	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Densidades suelo E Guayaquil									
Atm X-X	3,93	75,00	0,05	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	5,20	75,00	0,07	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok

Tabla 15. Resultado de densidades del segundo modelo por medio de la norma E.070.

Densidades suelo D Esmeraldas y Bahía									
Tipo de Área	$\Sigma L.t$	Ap	$\Sigma L.t/Ap$	Z	U	S	N	Z.U.S.N/56	Atm/Ap>z.u.s.n/56
Atm X-X	1,71	40,80	0,04	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,79	40,80	0,12	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Densidades suelo E Esmeraldas y Bahía									
Atm X-X	1,71	40,80	0,04	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,79	40,80	0,12	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Densidades suelo D GUAYAQUIL									
Atm X-X	1,71	40,80	0,04	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Atm Y-Y	4,79	40,80	0,12	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Densidades suelo E GUAYAQUIL									
Atm X-X	1,71	40,80	0,04	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,79	40,80	0,12	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok

Tabla 16. Resultado de densidades del tercer modelo por medio de la norma E.070.

Densidades suelo D Esmeraldas y Bahía									
Tipo de Área	$\Sigma L.t$	Ap	$\Sigma L.t/Ap$	Z	U	S	N	Z.U.S.N/56	Atm/Ap>z.u.s.n/56
Atm X-X	3,66	69,77	0,05	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,88	69,77	0,07	0,45	1,00	1,05	2,00	0,02	ok
Densidades suelo E Esmeraldas y Bahía									
Atm X-X	3,66	69,77	0,05	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,88	69,77	0,07	0,45	1,00	1,10	2,00	0,02	ok
Densidades suelo D GUAYAQUIL									
Atm X-X	3,66	69,77	0,05	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Atm Y-Y	4,88	69,77	0,07	0,35	1,00	1,15	2,00	0,01	ok
Densidades suelo E GUAYAQUIL									
Atm X-X	3,66	69,77	0,05	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok
Atm Y-Y	4,88	69,77	0,07	0,35	1,00	1,20	2,00	0,02	ok

4.4 Elaboración de modelos matemáticos en Etabs 2016

Para la elaboración de los modelos matemáticos de este proyecto, y para la verificación de la parte dinámica se tomó en consideración el uso del programa de modelación estructural Etabs 2016. Este programa se encuentra actualizado con la norma NEC - 15 vigente en nuestro país, y a su vez es de gran utilidad para obtener resultados con un alto grado de confiabilidad.

En este programa se puede verificar todo el comportamiento dinámico que tienen las edificaciones al ser modeladas, y así verificar su periodo natural, derivas, modos de vibrar, desplazamientos y fuerzas por piso. Este programa muestra resultados certeros y apegados a la realidad, permitiendo de esta manera tener datos más precisos para que las edificaciones analizadas no colapsen dentro de las ciudades ubicadas, y así tener en cuenta la funcionalidad de estas estructuras en el país.

4.4.1 Primer Modelo de edificación Unifamiliar de 2 plantas de 70m² con muros de albañilería armada.

En este primer modelo (figura 24), se observa una estructura regular de 7m de ancho por 10m de fondo y 6m de altura (3m de altura entre pisos), compuesta de una estructura de mampostería armada con bloques P19-A de la compañía Bloqcim. La estructura se ve afectada por los espectros de cada ciudad, analizadas con dos tipos de suelos por cada una. Los tipos de suelos que se usaron en el análisis es el tipo D y E especificados anteriormente, ya que son los suelos escogidos de acuerdo a los requerimientos del presente proyecto. Con estos datos se pretende comprobar si estas estructuras cumplen con los requisitos sismorresistentes de Ecuador, bajo los lineamientos de la Norma NEC-15.

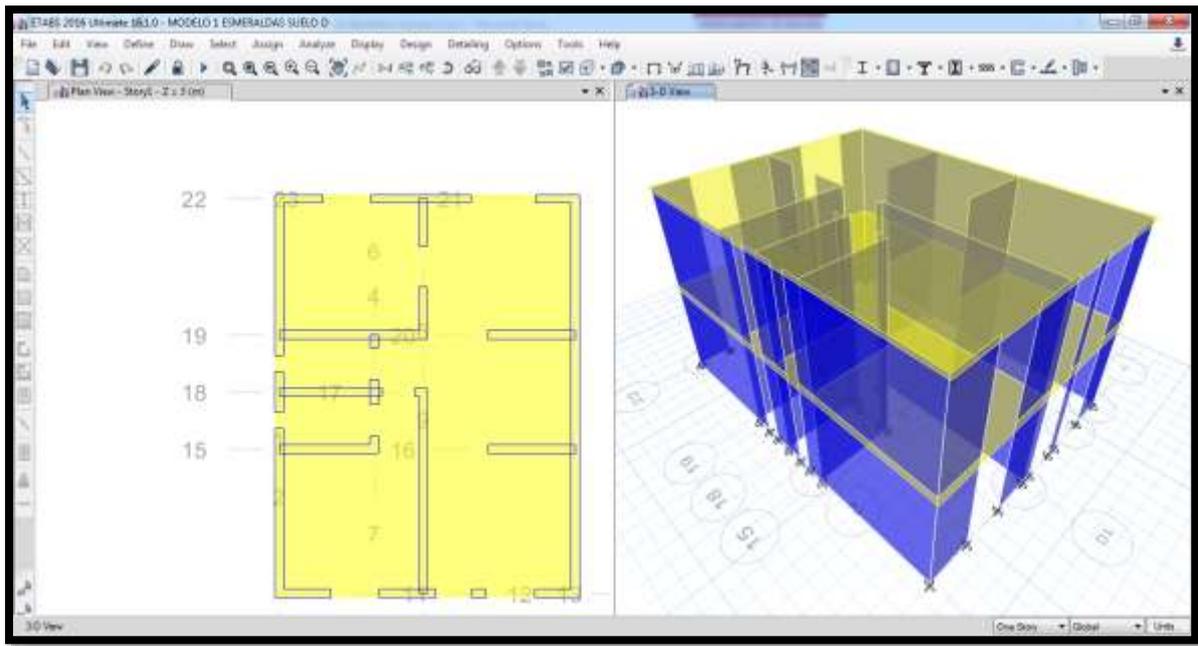


Figura 24. Primer modelo de vivienda en Etabs 2016.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de Periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en suelo tipo D.

Se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el primer modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil usando un suelo tipo D, identificando los efectos de la edificación al someterse a los tres primeros espectros obtenidos.

- **Periodo y modos de vibrar del primer modelo en suelo tipo D.**

Los modos de vibrar de la edificación van relacionados a la configuración estructural que tenga la misma, y a la rigidez lateral que ésta maneje. Para las tres ciudades los resultados son similares, estos modos muestran los periodos máximos de la edificación al ser sometidos a sus respectivas fuerzas. Para la realización del estudio, se toma en consideración tres modos por piso, y a su vez se analizan los

tres primeros modos y los más altos periodos, como se demuestra en la tabla 17, se observa que el primer modo será traslacional en sentido X, el segundo modo será rotacional, y el tercer modo será traslacional en Y (Ver figuras 25 - 27).

Tabla 17. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del primer modelo analizado con suelo tipo D.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0,087	0,8354	0,0005	0,0039
Modal	2	0,061	0,0038	0,1717	0,711
Modal	3	0,054	0,00001856	0,7292	0,1777
Modal	4	0,027	0,1528	0,0002	0,0021
Modal	5	0,023	0,0045	0,0081	0,0936
Modal	6	0,021	0,00004214	0,0875	0,0062

Fuente: Etabs 2016.

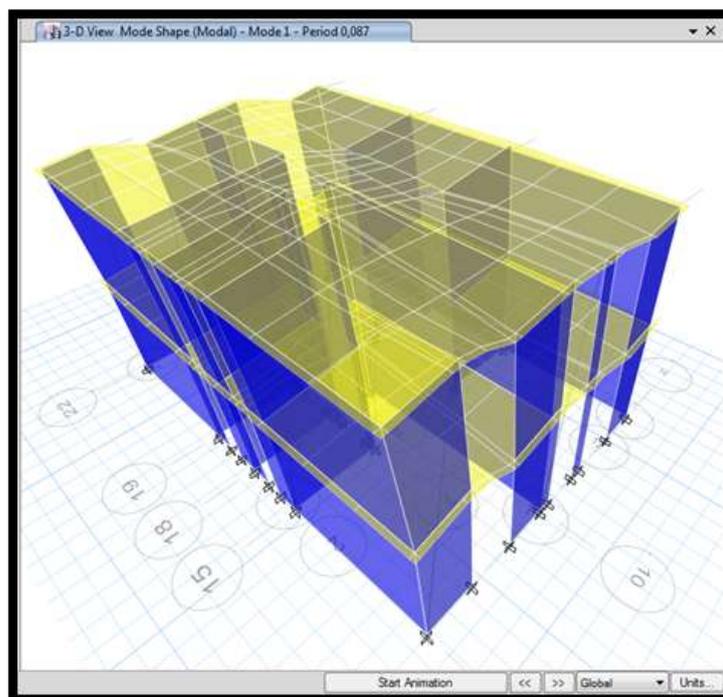


Figura 25. Primer modo de vibrar traslacional en X de la edificación montada en suelo tipo D

Fuente: Etabs 2016.

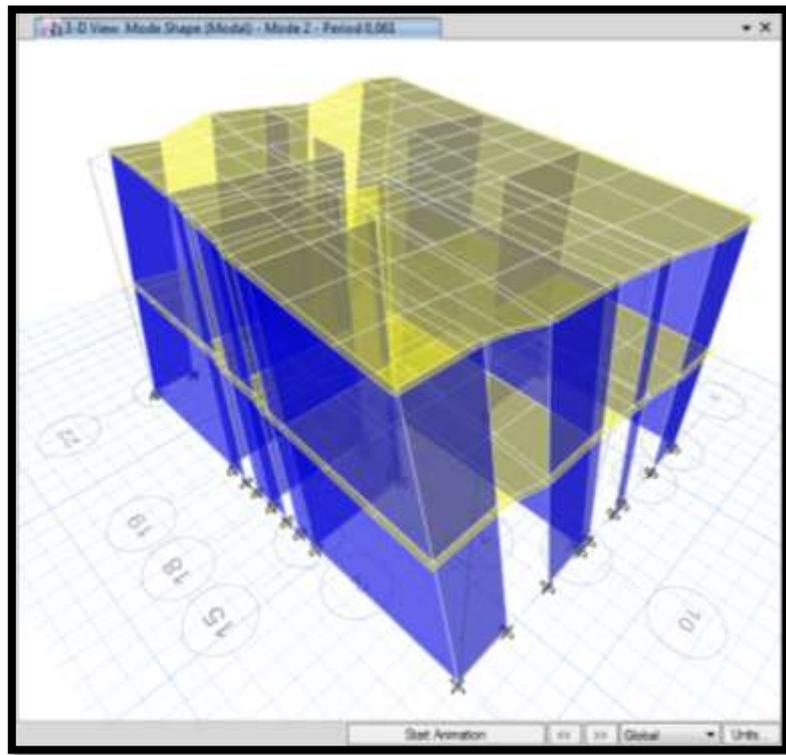


Figura 26. Segundo modo de vibrar Rotacional de la edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

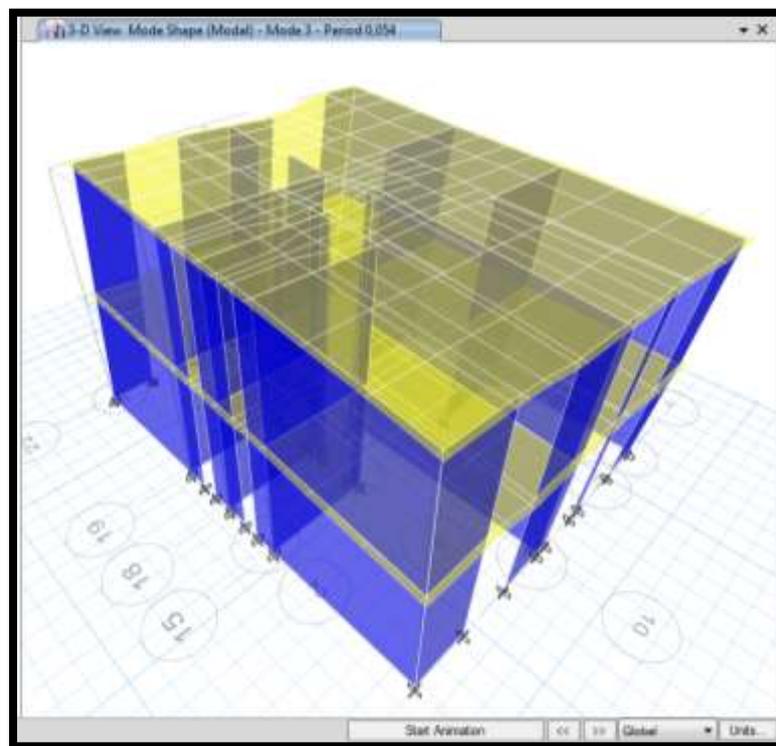


Figura 27. Tercer modo de vibrar traslacional en Y de la edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

El desplazamiento de esta estructura se la analiza bajo las fuerzas actuantes del sismo de cada ciudad hacia la estructura montada en suelo tipo D, y del cual se obtienen los desplazamientos máximos que se detallan en las Tablas 18 - 20 y Figuras 28 - 30. Según los resultados obtenidos, se observa que los desplazamientos son mínimos en ambas direcciones, lo que demuestra que la estructura tiene alta rigidez lateral.

Máximos Desplazamientos en Esmeraldas con suelo tipo D

Tabla 18. Tabla de máximo desplazamiento en la estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.

TABLE: Respuesta por piso				
Pisos	Elevación	Localización	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001345	0,000511
Story1	3	Top	0,000574	0,000274
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

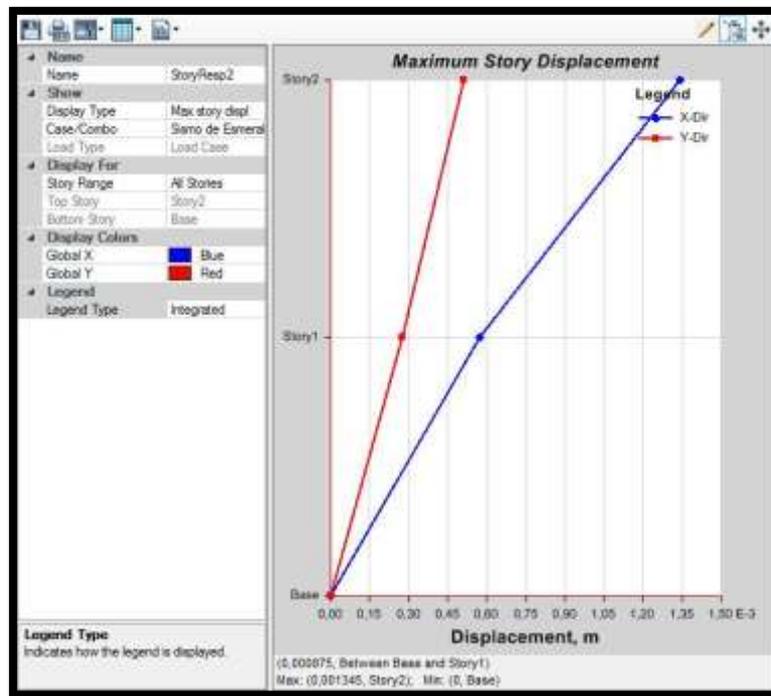


Figura 28. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

Tabla 19. Tabla de máximo desplazamiento en la estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000976	0,000371
Story1	3	Top	0,000417	0,000199
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

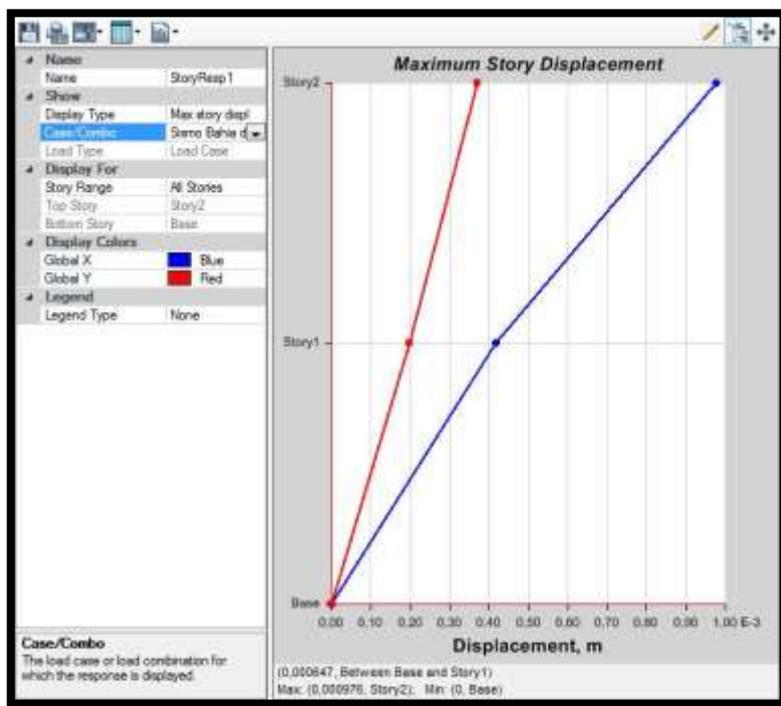


Figura 29. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en Guayaquil con suelo tipo D.

Tabla 20. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000837	0,000318
Story1	3	Top	0,000357	0,00017
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

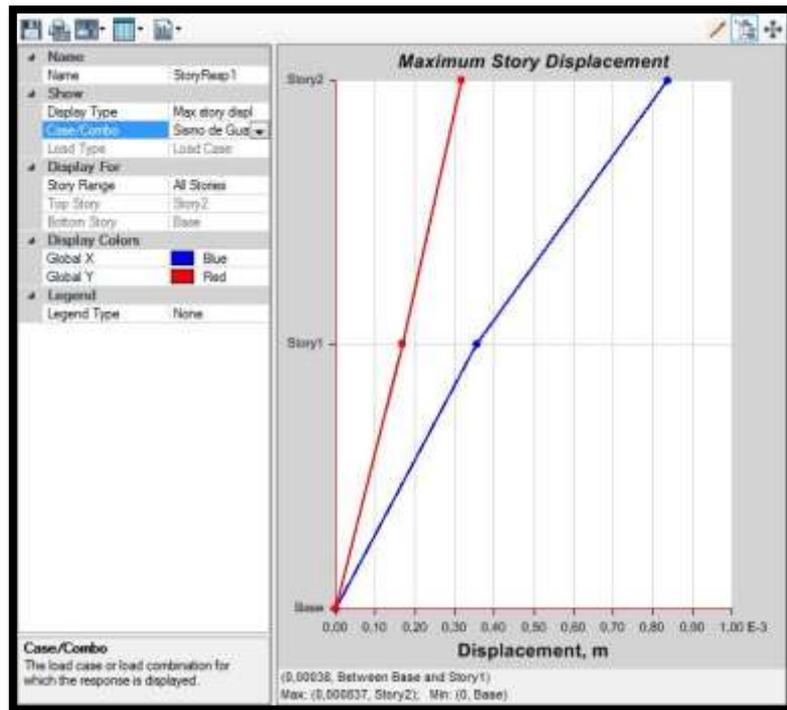


Figura 30. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

Las derivas encontradas, son el resultado de la fuerza sísmica que actúa en la estructura, y según la NEC – 15 la deriva máxima debe ser menor a 0,01, donde son usados los máximos desplazamientos obtenidos anteriormente, encontrándose las derivas en ambas direcciones tanto en X como en Y estando todos sus valores dentro del límite permitido (Ver tabla 21 y 22). De acuerdo al análisis realizado en Etabs 2016, queda demostrado que los resultados obtenidos están dentro del rango de máxima deriva viendo sus graficas en las Figuras 31 - 33.

Tabla 21. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección X con suelo tipo D.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico m	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 1 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,001345	0,00100875	0,00302625	0,00173475	0,00057825	ok
1	3	0,000574	0,0004305	0,0012915	0,0012915	0,0004305	ok
Modelo 1 Bahía suelo D							
2	3	0,000976	0,000732	0,002196	0,00125775	0,00041925	ok
1	3	0,000417	0,00031275	0,00093825	0,00093825	0,00031275	ok
Modelo 1 Guayaquil suelo D							
2	3	0,000837	0,00062775	0,00188325	0,00108	0,00036	ok
1	3	0,000357	0,00026775	0,00080325	0,00080325	0,00026775	ok

Fuente: NEC – 15

Tabla 22. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección Y con suelo tipo D.

Dirección y							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico (m)	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 1 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,000511	0,00038325	0,00114975	0,00053325	0,00017775	ok
1	3	0,000274	0,0002055	0,0006165	0,0006165	0,0002055	ok
Modelo 1 Bahía suelo D							
2	3	0,000371	0,00027825	0,00083475	0,000387	0,000129	ok
1	3	0,000199	0,00014925	0,00044775	0,00044775	0,00014925	ok
Modelo 1 Guayaquil suelo D							
2	3	0,000318	0,0002385	0,0007155	0,000333	0,000111	ok
1	3	0,00017	0,0001275	0,0003825	0,0003825	0,0001275	ok

Fuente: NEC – 15

Derivas en Esmeraldas con suelo tipo D

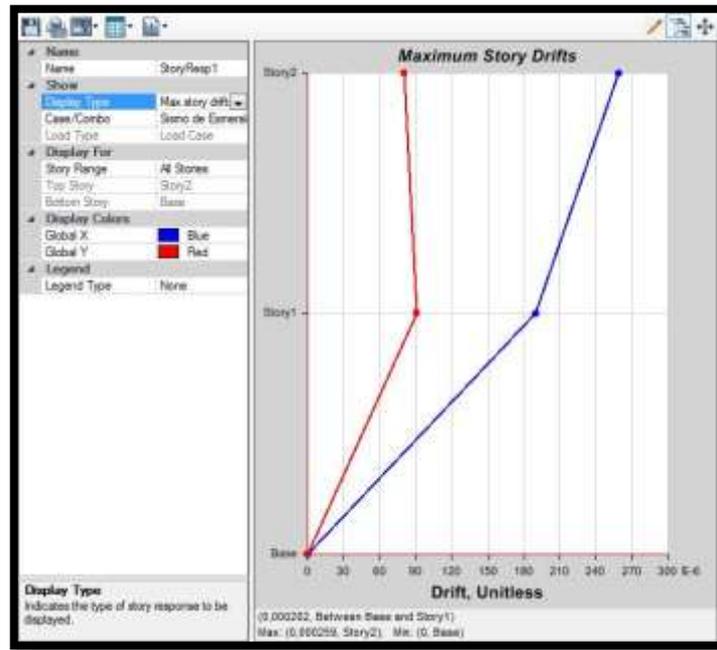


Figura 31. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016

Derivas en Bahía de Caráquez con suelo tipo D

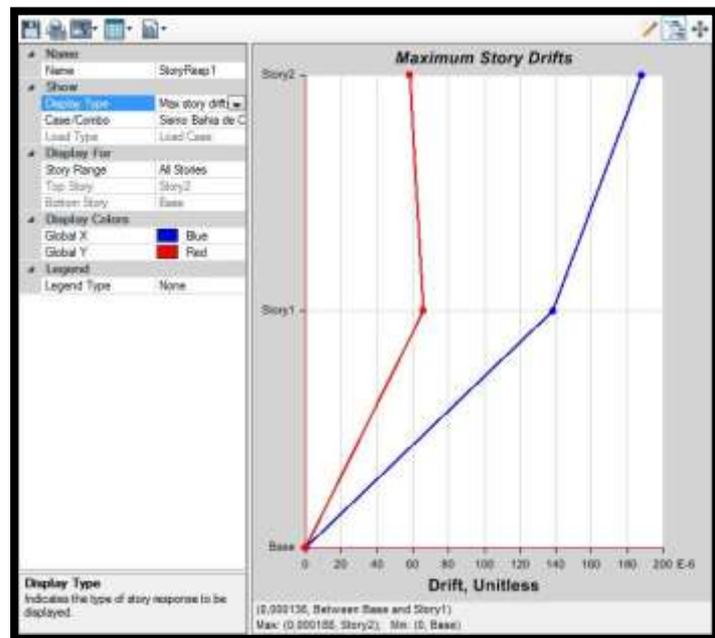


Figura 32. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Derivas en Guayaquil con suelo tipo D

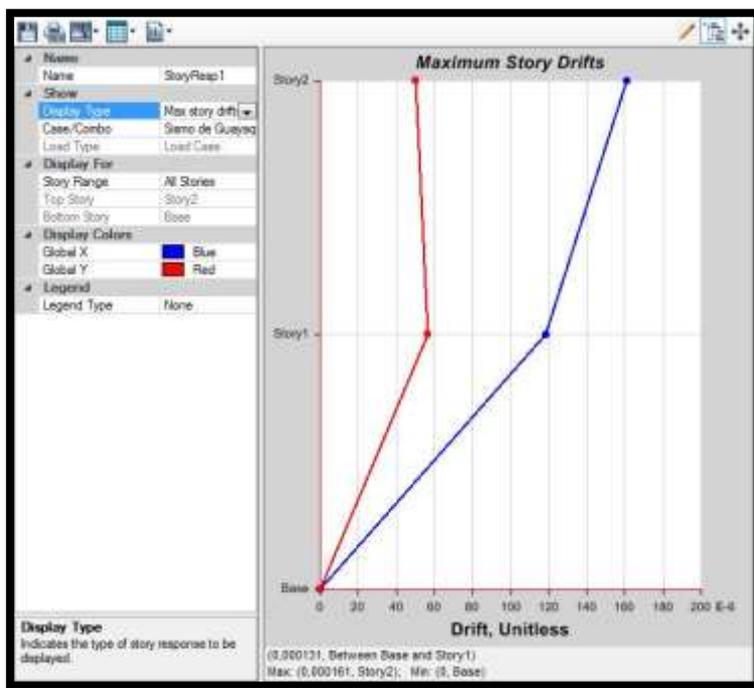


Figura 33. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de Periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en suelo tipo E.

Se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el primer modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caraquez y Guayaquil usando un suelo tipo E, identificando los efectos de la edificación al someterse a cada espectro de las ciudades estudiadas.

Análisis en la ciudad de Esmeraldas con suelo tipo E

- **Periodo y modos de vibrar del primer modelo.**

Los modos de vibrar de la edificación van relacionados a la configuración estructural que tenga la misma, y a la rigidez lateral que ésta maneje aunque se

trate de otro tipo de suelo. Para las tres ciudades los resultados son similares, donde estos modos muestran los periodos máximos de la edificación al ser sometidos a sus respectivas fuerzas. En la tabla 23, se observa los valores mayores en cada sentido y se sigue determinando que el primer modo es traslacional en sentido X, el segundo modo es rotacional, y el tercer modo es traslacional en Y. Los resultados son muestra que al ser analizada una misma estructura con la misma rigidez lateral y configuración no se afecta por el cambio de tipos de suelos.

Tabla 23. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del primer modelo analizado con suelo tipo E.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0,087	0,8354	0,0005	0,0039
Modal	2	0,061	0,0038	0,1717	0,711
Modal	3	0,054	0,00001856	0,7292	0,1777
Modal	4	0,027	0,1528	0,0002	0,0021
Modal	5	0,023	0,0045	0,0081	0,0936
Modal	6	0,021	0,00004214	0,0875	0,0062

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

Como fue aclarado con anterioridad el desplazamiento de esta estructura se la analiza bajo las fuerzas actuantes de los sismos estudiados que actúan directamente en la estructura, ahora montada en suelo tipo E, y del cual se obtienen los desplazamientos máximos que se detallan en las Tablas 24 - 26 y Figuras 34 - 36. Según los resultados obtenidos, se observa que los desplazamientos son mínimos en ambas direcciones, lo que demuestra que la estructura tiene alta rigidez lateral y no es mayormente afectada por el tipo de suelo aplicado.

Máximos desplazamientos en Esmeraldas con suelo tipo E.

Tabla 24. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,00102	0,000388
Story1	3	Top	0,000436	0,000208
Base	0	Top	0	0

Fuete: Etabs 2016

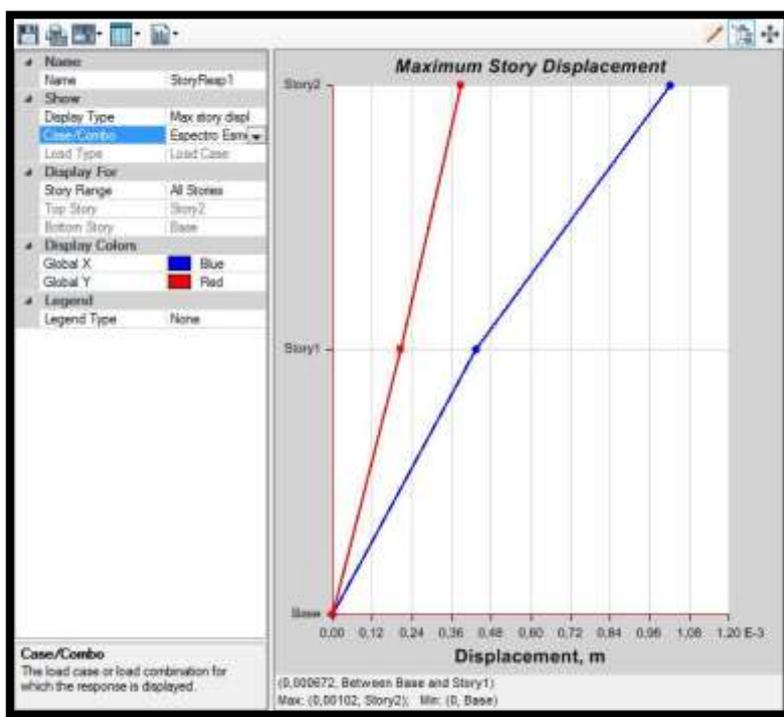


Figura 34. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos desplazamientos en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

Tabla 25. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000741	0,000281
Story1	3	Top	0,000316	0,000151
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

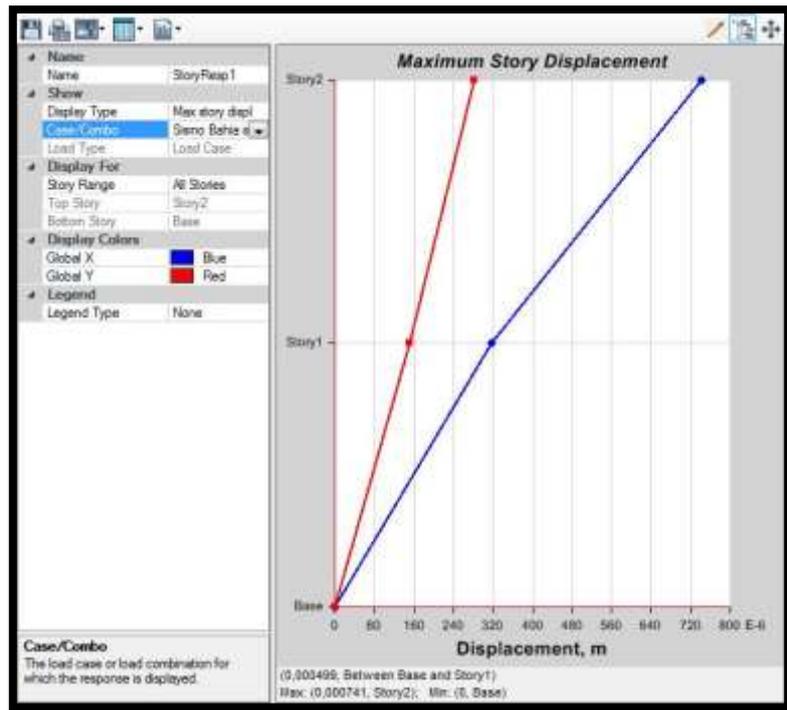


Figura 35. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Máximos desplazamientos en Guayaquil con suelo tipo E.

Tabla 26. Tabla de máximos desplazamientos en la estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000961	0,000365
Story1	3	Top	0,00041	0,000196
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

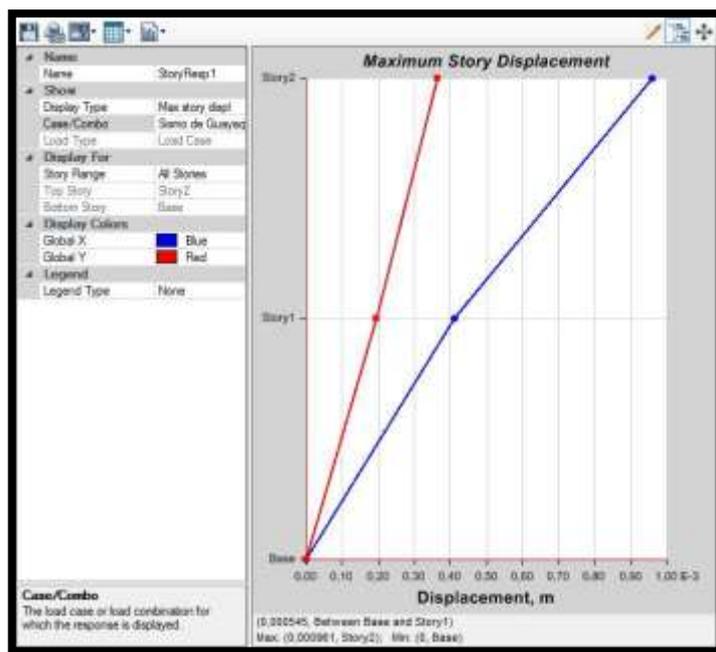


Figura 36. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

Las derivas encontradas demostradas en las Tablas 27 y 28, son el resultado de la fuerza sísmica que actúa en la estructura, y según la NEC – 15 la deriva máxima debe ser menor a 0,01. De acuerdo al análisis realizado, queda demostrado que los resultados obtenidos en la dirección X como en la dirección Y están dentro del rango de máxima deriva (Figura 37 - 39).

Tabla 27. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección X con suelo tipo E.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Modelo 1 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,00102	0,000765	0,002295	0,001314	0,000438	ok
1	3	0,000436	0,000327	0,000981	0,000981	0,000327	ok
Modelo 1 Bahía suelo E							
2	3	0,000741	0,00055575	0,00166725	0,00095625	0,00031875	ok
1	3	0,000316	0,000237	0,000711	0,000711	0,000237	ok
Modelo 1 Guayaquil suelo E							
2	3	0,000961	0,00072075	0,00216225	0,00123975	0,00041325	ok
1	3	0,00041	0,0003075	0,0009225	0,0009225	0,0003075	ok

Fuente: Etabs 2016

Tabla 28. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el primer modelo en dirección Y con suelo tipo E.

Dirección y							
Modelo 1 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,000388	0,000291	0,000873	0,000405	0,000135	ok
1	3	0,000208	0,000156	0,000468	0,000468	0,000156	ok
Modelo 1 Bahía suelo E							
2	3	0,000281	0,00021075	0,00063225	0,0002925	0,0000975	ok
1	3	0,000151	0,00011325	0,00033975	0,00033975	0,00011325	ok
Modelo 1 Guayaquil suelo E							
2	3	0,000365	0,00027375	0,00082125	0,00038025	0,00012675	ok
1	3	0,000196	0,000147	0,000441	0,000441	0,000147	ok

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en Esmeraldas con suelo tipo E

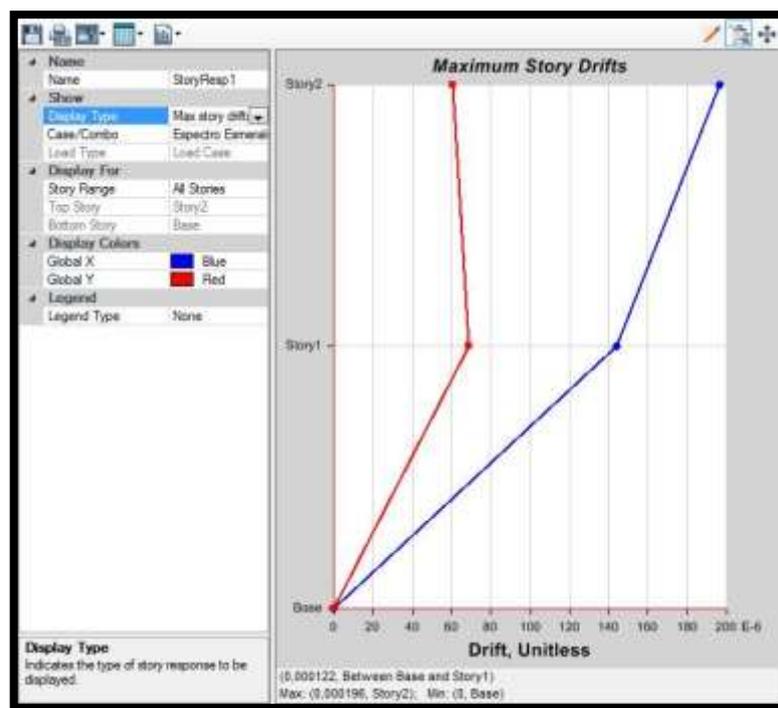


Figura 37. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en Bahía de Caráquez con suelo tipo E

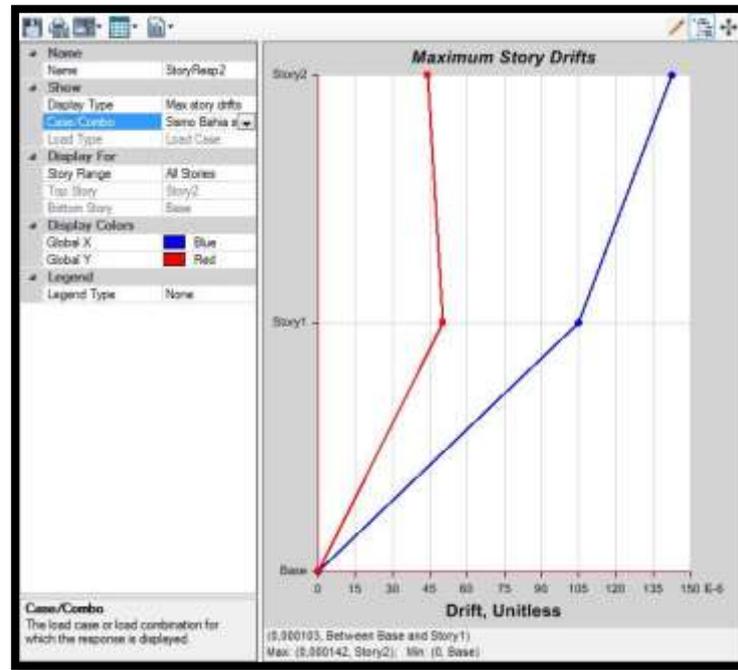


Figura 38. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en Guayaquil con suelo tipo E

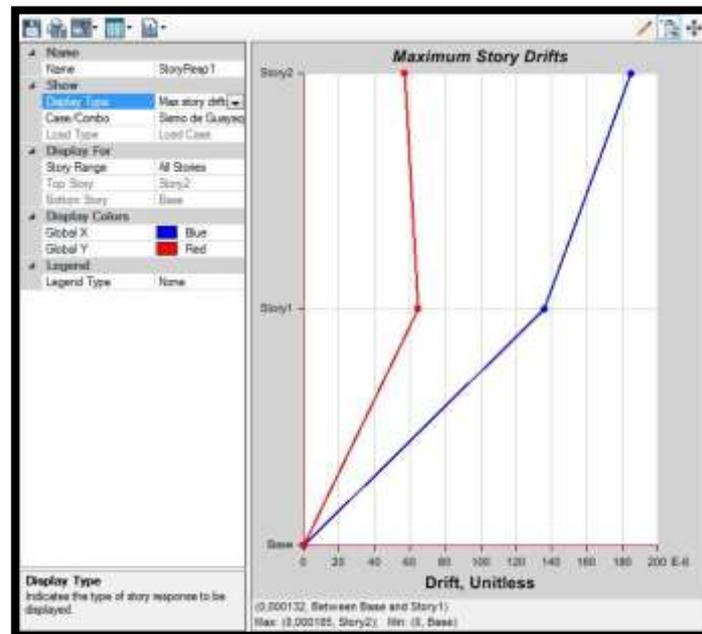


Figura 39. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016

4.4.2 Segundo modelo de edificación unifamiliar de 2 plantas de 40m² con muros de albañilería armada.

En este segundo modelo (Figura 40) se observa una estructura regular de 4m de Ancho por 10 m de fondo y 6 m de altura (3 m de altura entre pisos), constituida de una estructura de albañilería armada con bloques P19-A de la compañía Bloqcim. Esta estructura es montada en las tres ciudades antes mencionadas y sobre los tipos de suelo D y E estudiados, todo esto bajo los lineamientos de la NEC – 15.

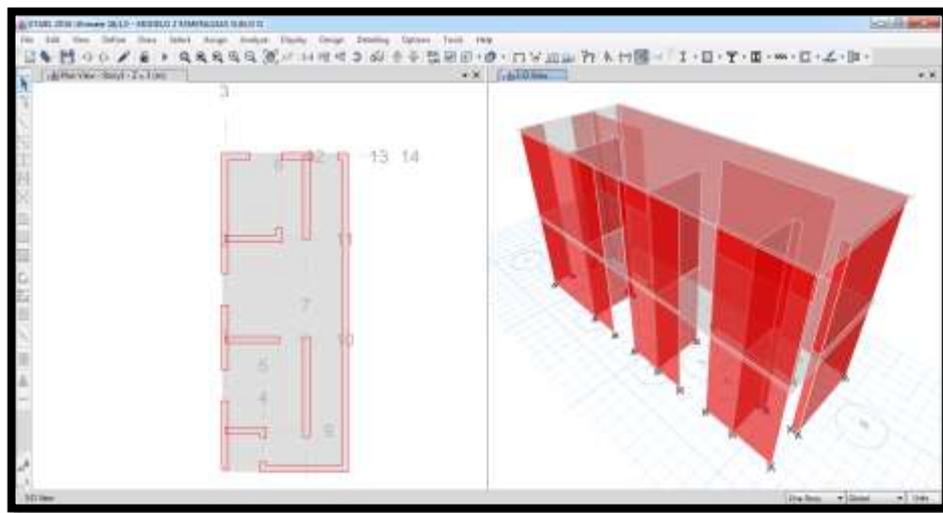


Figura 40. Segundo modelo de vivienda en Etabs 2016.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en el segundo modelo de estructura con suelo tipo D.

Se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el segundo modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil usando un suelo tipo D, identificando los efectos de la edificación al someterse a los tres espectros de cada ciudad analizada.

- **Periodo y modos de vibrar del segundo modelo estructural en suelo tipo D.**

La nueva configuración del segundo modelo estructural, consta también con muros con alta rigidez lateral y que a su vez desempeña un buen papel ya que es una estructura pequeña y consta de ambientes que en su totalidad son modulares que ayudan a que los muros trabajen como es debido. Los modos de vibrar de la edificación van relacionados a la configuración estructural que tenga la misma, y a la rigidez lateral que ésta maneje. Al igual que el modelo anterior, en las tres ciudades los modos de vibrar son los mismos y su periodo también. Para la realización del estudio, se analizan los tres primeros modos y los más altos periodos, como se demuestra en la tabla 29, se observa que el primer modo será traslacional en sentido X, el segundo modo será rotacional, y el tercer modo será traslacional en Y (Ver figuras 41 - 43).

Tabla 29. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del segundo modelo con suelo tipo D.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Caso	Modo	Periodo	UX	UY	RZ
		Seg.			
Modal	1	0,11	0,7234	0,0071	0,1123
Modal	2	0,074	0,1158	0,1349	0,6113
Modal	3	0,049	0,003	0,7246	0,1636
Modal	4	0,033	0,1393	0,0032	0,0149
Modal	5	0,026	0,0175	0,0133	0,092
Modal	6	0,022	0,00002987	0,0001	0,0013

Fuente: Etabs 2016.

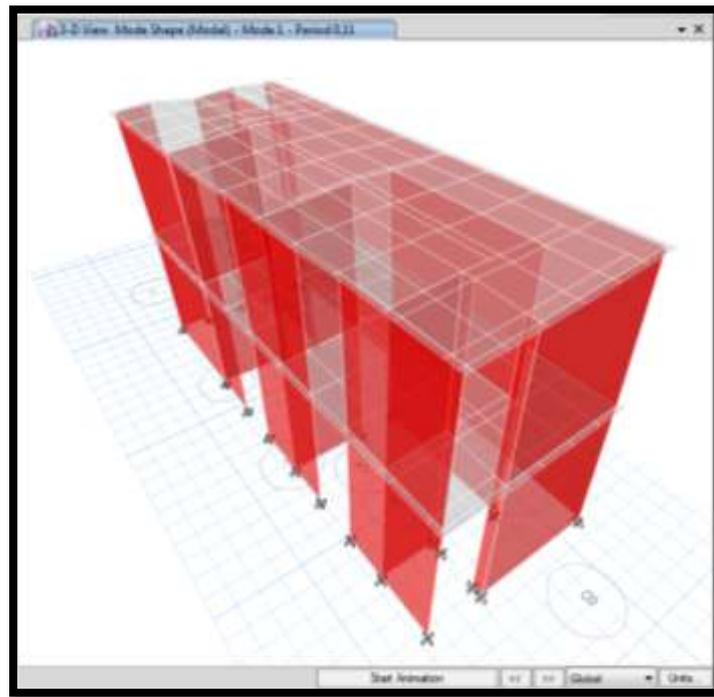


Figura 41. Primer modo de vibrar traslacional en X de la segunda edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

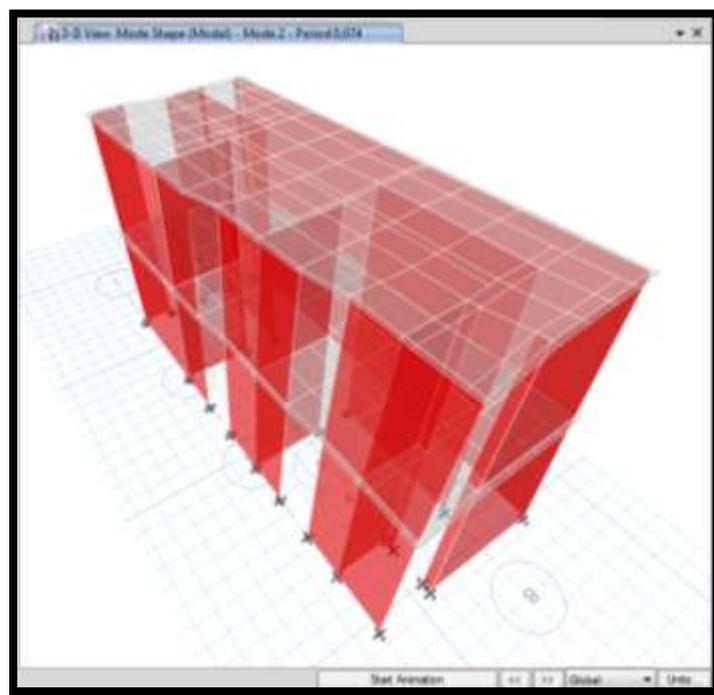


Figura 42. Segundo modo de vibrar Rotacional de la segunda edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

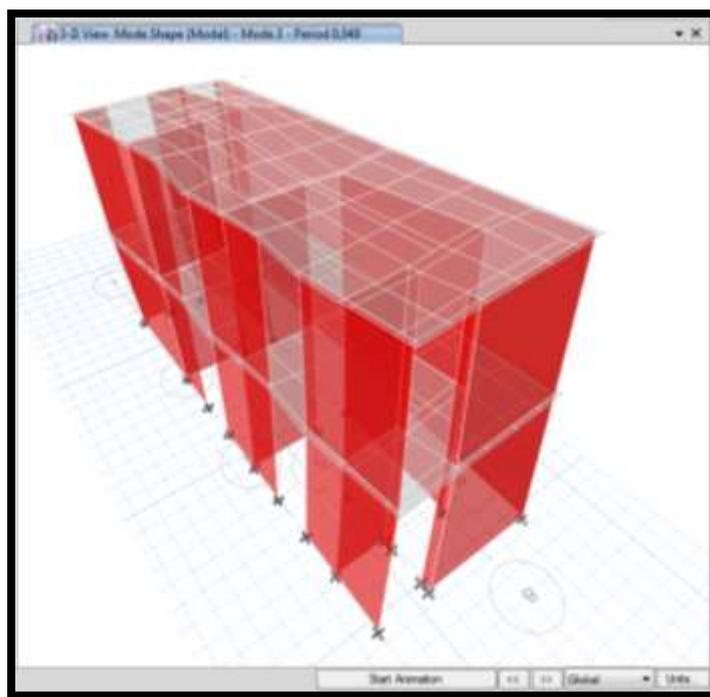


Figura 43. Tercer modo de vibrar traslacional en Y de la segunda edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

Las fuerzas que actúan por cada sismo de cada ciudad hace que la estructura montada en suelo tipo D tenga desplazamientos en cada piso, y de los cuales se dan a conocer en las tablas 30 - 32 los desplazamientos máximos con sus respectivas graficas (Figuras 44 – 46). Los resultados obtenidos, demuestran que los desplazamientos son mínimos en ambas direcciones, teniendo la estructura alta rigidez lateral.

Máximos Desplazamientos en el segundo modelo en Esmeraldas con suelo tipo D

Tabla 30. Tabla de máximo desplazamiento en la segunda estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	M
Story2	6	Top	0,002531	0,000746
Story1	3	Top	0,001111	0,000312
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

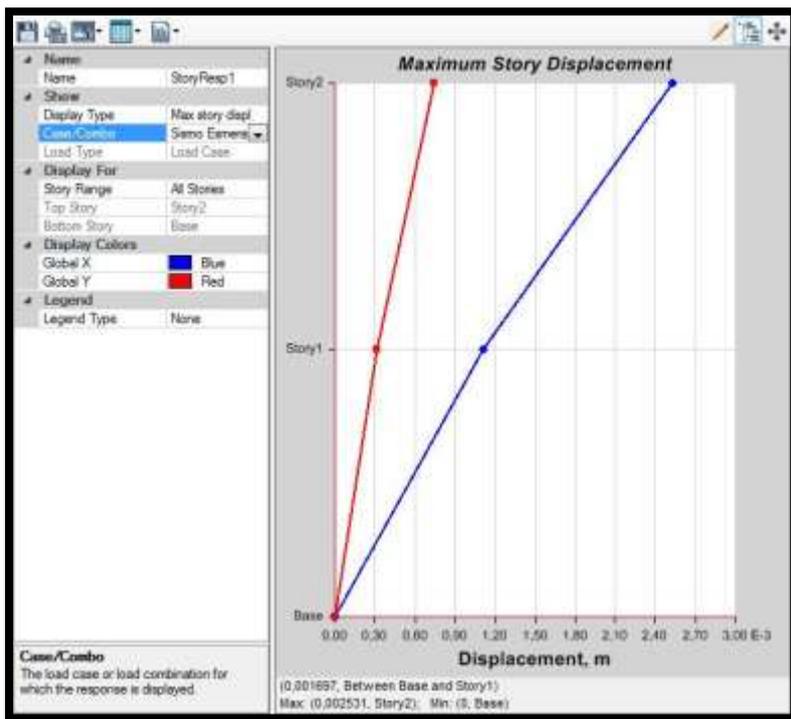


Figura 44. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en el segundo Modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

Tabla 31. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	M
Story2	6	Top	0,001837	0,000541
Story1	3	Top	0,000807	0,000226
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

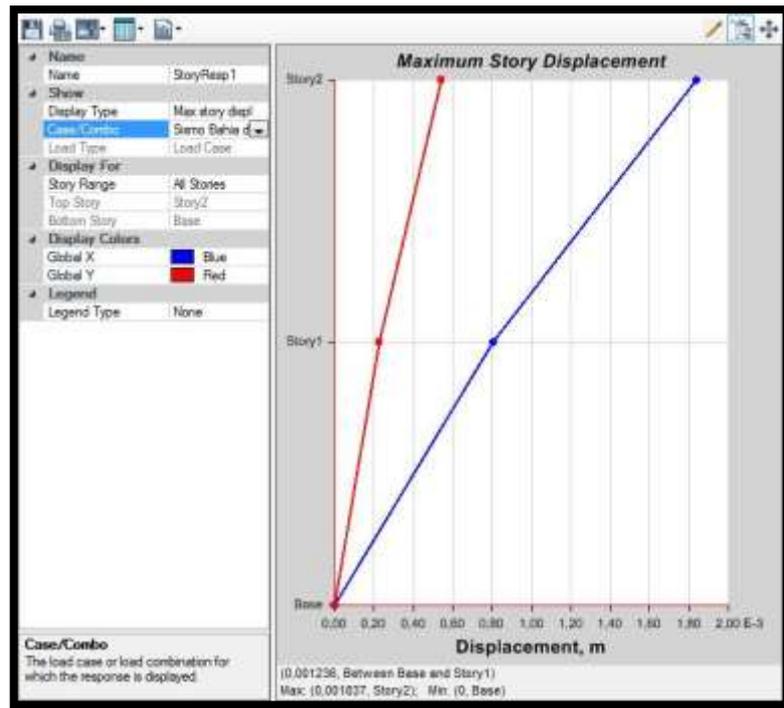


Figura 45. Gráfica de máximos desplazamientos en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en el segundo modelo en Guayaquil con suelo tipo D.

Tabla 32. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	M
Story2	6	Top	0,001575	0,000464
Story1	3	Top	0,000691	0,000194
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

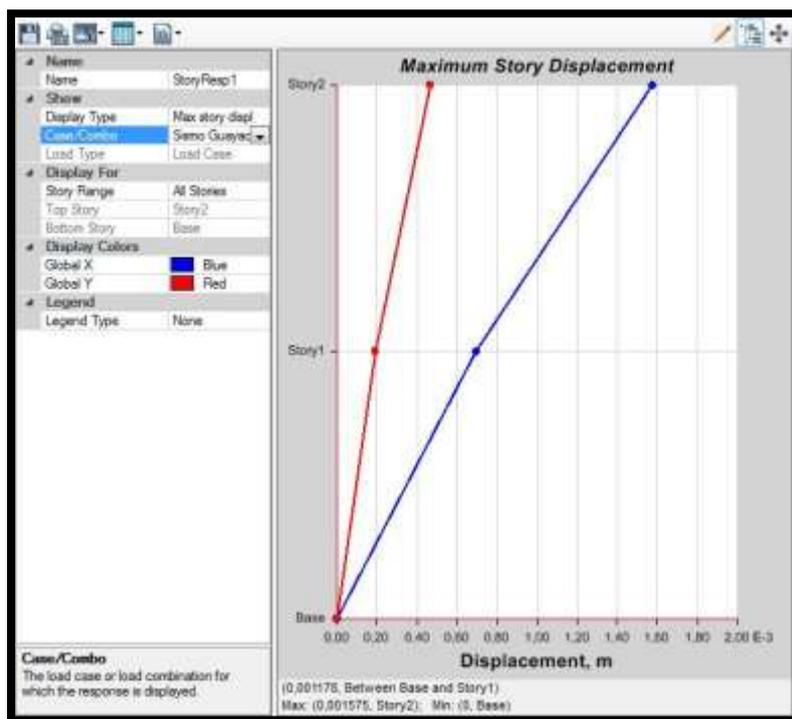


Figura 46. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

La NEC – 15 nos indica que la deriva máxima debe ser menor a 0,01 teniendo así control en cada una de las derivas encontradas. Para hallar los valores de derivas en dirección X y Y son usados los máximos desplazamientos obtenidos anteriormente, estando todos sus valores dentro del límite permitido (Ver tabla 33 y 34). De acuerdo al análisis realizado en Etabs 2016, queda demostrado que los resultados obtenidos están dentro del rango de máxima deriva viendo sus graficas en las Figuras 47 - 49.

Tabla 33. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección X con suelo tipo D.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico m	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 2 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,002531	0,00189825	0,00569475	0,003195	0,001065	ok
1	3	0,001111	0,00083325	0,00249975	0,00249975	0,00083325	ok
Modelo 2 Bahía suelo D							
2	3	0,001837	0,00137775	0,00413325	0,0023175	0,0007725	ok
1	3	0,000807	0,00060525	0,00181575	0,00181575	0,00060525	ok
Modelo 2 Guayaquil suelo D							
2	3	0,001575	0,00118125	0,00354375	0,001989	0,000663	ok
1	3	0,000691	0,00051825	0,00155475	0,00155475	0,00051825	ok

Fuente: NEC – 15

Tabla 34. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección Y con suelo tipo D.

Dirección y							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico (m)	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 2 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,000746	0,0005595	0,0016785	0,0009765	0,0003255	ok
1	3	0,000312	0,000234	0,000702	0,000702	0,000234	ok
Modelo 2 Bahía suelo D							
2	3	0,000541	0,00040575	0,00121725	0,00070875	0,00023625	ok
1	3	0,000226	0,0001695	0,0005085	0,0005085	0,0001695	ok
Modelo 2 Guayaquil suelo D							
2	3	0,000464	0,000348	0,001044	0,0006075	0,0002025	ok
1	3	0,000194	0,0001455	0,0004365	0,0004365	0,0001455	ok

Fuente: NEC – 15

Derivas en la segunda estructura en Esmeraldas con suelo tipo D

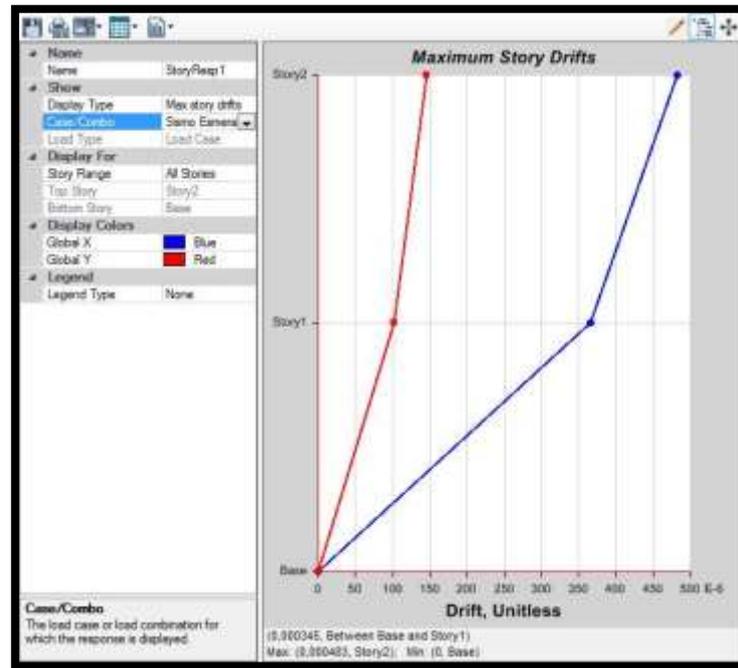


Figura 47. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016

Derivas en la segunda estructura en Bahía de Caráquez con suelo tipo D

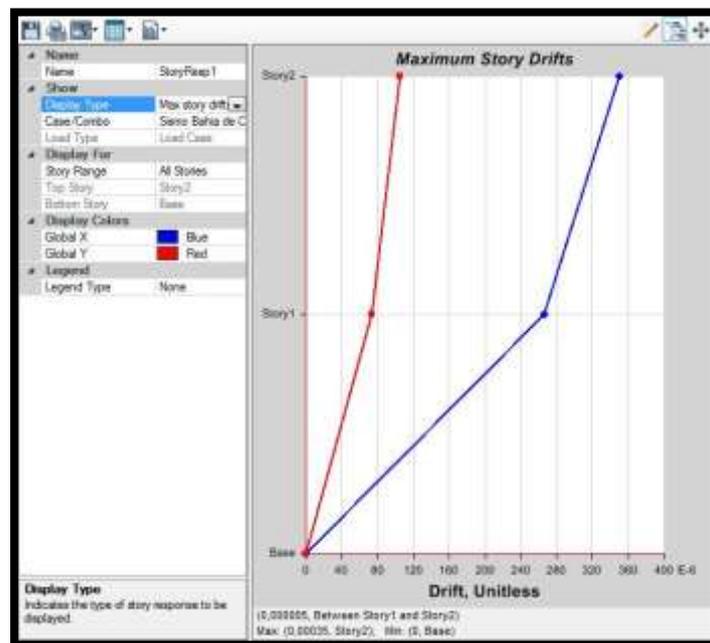


Figura 48. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Derivas en la segunda estructura en Guayaquil con suelo tipo D

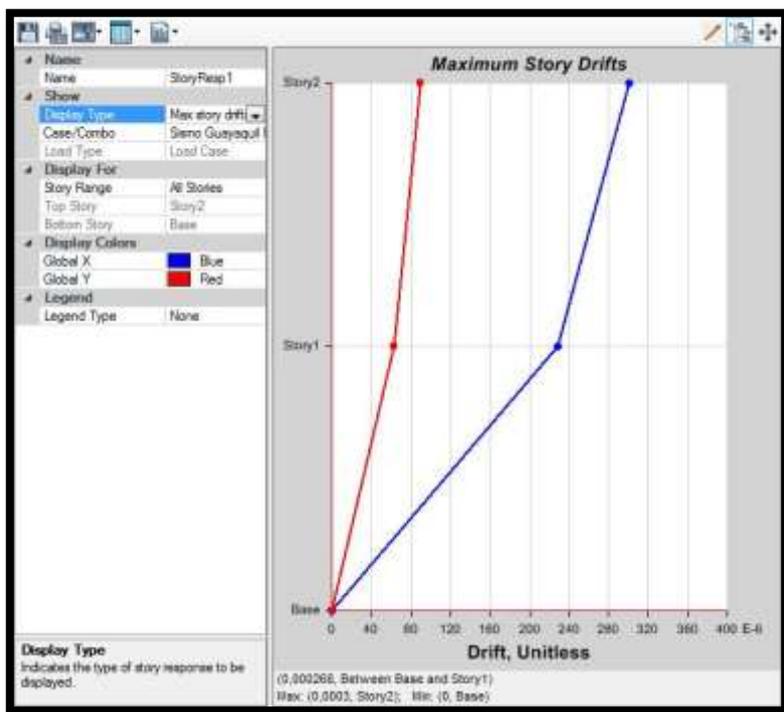


Figura 49. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en el segundo modelo de estructura en suelo tipo E.

Se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el segundo modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil usando un suelo tipo E, identificando los efectos de la edificación al someterse a cada espectro de las ciudades estudiadas.

- **Periodo y modos de vibrar del segundo modelo estructural en suelo tipo E.**

Sin importar en qué tipo de suelo está montada la estructura a analizar, los modos de vibrar son los mismos por ese motivo en la tabla 35 se muestra la

repetición de los valores de los modos de vibrar en suelo tipo E, ya que son idénticos a los estudiados con anterioridad en este segundo modelo y muestra el mismo comportamiento anterior de las estructuras.

Tabla 35. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del segundo modelo analizado con suelo tipo E.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Caso	Modo	Periodo	UX	UY	RZ
		Seg.			
Modal	1	0,11	0,7234	0,0071	0,1123
Modal	2	0,074	0,1158	0,1349	0,6113
Modal	3	0,049	0,003	0,7246	0,1636
Modal	4	0,033	0,1393	0,0032	0,0149
Modal	5	0,026	0,0175	0,0133	0,092
Modal	6	0,022	0,00002987	0,0001	0,0013

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

Los desplazamientos al contrario de los modos de vibrar, si cambian según el suelo actuante y se obtienen los desplazamientos máximos que se detallan en las Tablas 36 - 38 y Figuras 51 - 53 obtenidos de la estructura montada en un suelo tipo E. Según los resultados obtenidos, se observa que los desplazamientos son mínimos en ambas direcciones, lo que demuestra que la estructura sigue teniendo alta rigidez lateral y no es mayormente afectada por el sismo actuante.

Máximos desplazamientos en el segundo modelo en Esmeraldas con suelo tipo E.

Tabla 36. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001921	0,000566
Story1	3	Top	0,000843	0,000236
Base	0	Top	0	0

Fuete: Etabs 2016

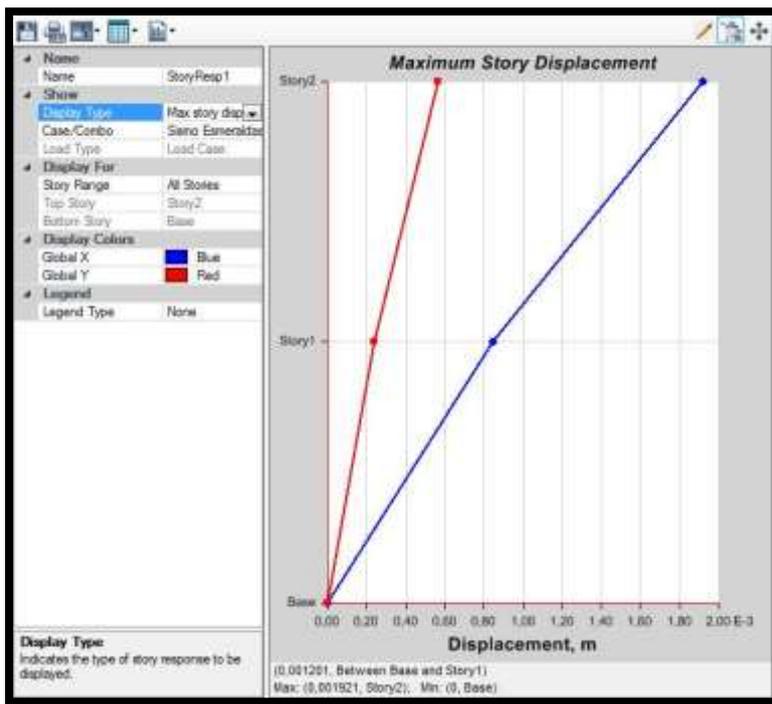


Figura 50. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos desplazamientos en el segundo modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

Tabla 37. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001394	0,000411
Story1	3	Top	0,000612	0,000172
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

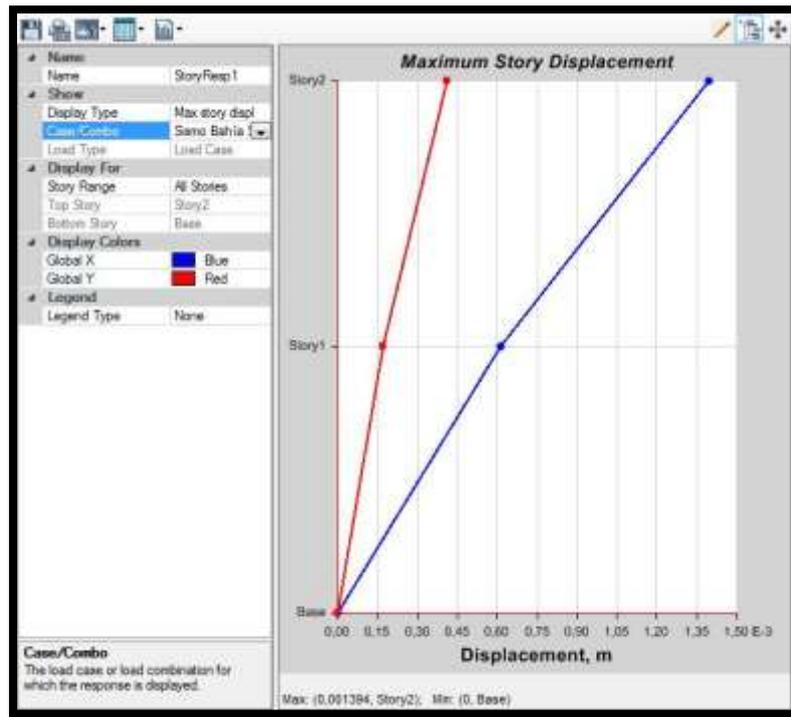


Figura 51. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Máximos desplazamientos en el segundo modelo en Guayaquil con suelo tipo E.

Tabla 38. Tabla de máximos desplazamientos en la segunda estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001312	0,000387
Story1	3	Top	0,000576	0,000162
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

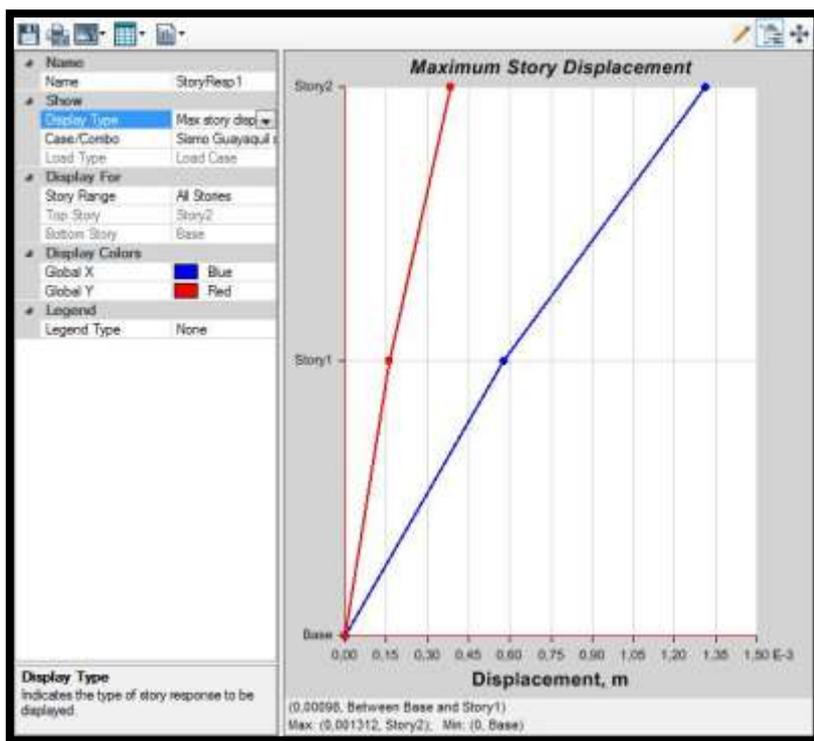


Figura 52. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

Las derivas encontradas demostradas en las Tablas 39 y 40, son el resultado de la fuerza actuantes del sismo que se aplica, y según la NEC – 15 la deriva máxima debe ser menor a 0,01. De acuerdo al análisis realizado en este segundo modelo en suelo tipo E, queda demostrado que los resultados obtenidos en la dirección X como en la dirección Y están dentro del rango de máxima deriva (Figura 53 - 55).

Tabla 39. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección X con suelo tipo E.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico m	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 2 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,001921	0,00144075	0,00432225	0,0024255	0,0008085	ok
1	3	0,000843	0,00063225	0,00189675	0,00189675	0,00063225	ok
Modelo 2 Bahía suelo E							
2	3	0,001394	0,0010455	0,0031365	0,0017595	0,0005865	ok
1	3	0,000612	0,000459	0,001377	0,001377	0,000459	ok
Modelo 2 Guayaquil suelo E							
2	3	0,001312	0,000984	0,002952	0,001656	0,000552	ok
1	3	0,000576	0,000432	0,001296	0,001296	0,000432	ok

Fuente: Etabs 2016

Tabla 40. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el segundo modelo en dirección Y con suelo tipo E.

Dirección y							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico (m)	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 2 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,000566	0,0004245	0,0012735	0,0007425	0,0002475	ok
1	3	0,000236	0,000177	0,000531	0,000531	0,000177	ok
Modelo 2 Bahía suelo E							
2	3	0,000411	0,00030825	0,00092475	0,00053775	0,00017925	ok
1	3	0,000172	0,000129	0,000387	0,000387	0,000129	ok
Modelo 2 Guayaquil suelo E							
2	3	0,000387	0,00029025	0,00087075	0,00050625	0,00016875	ok
1	3	0,000162	0,0001215	0,0003645	0,0003645	0,0001215	ok

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el segundo modelo en Esmeraldas con suelo tipo E

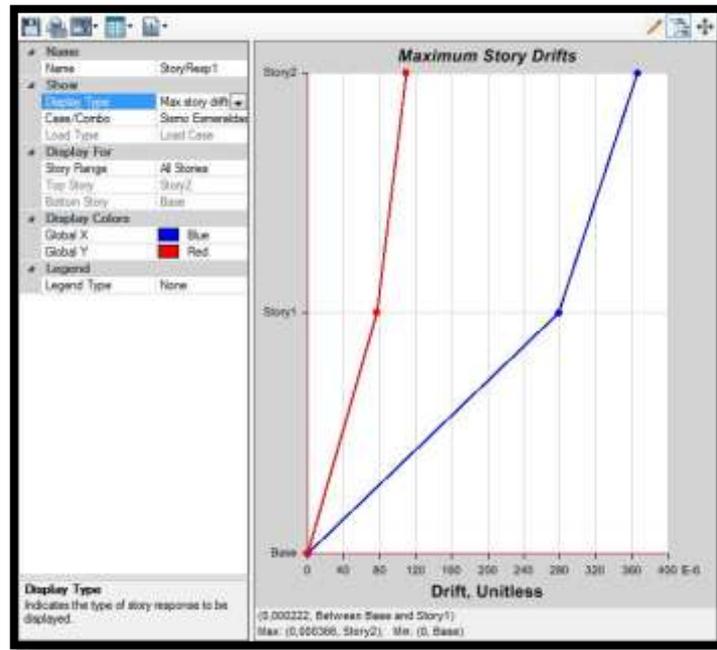


Figura 53. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el segundo modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo E

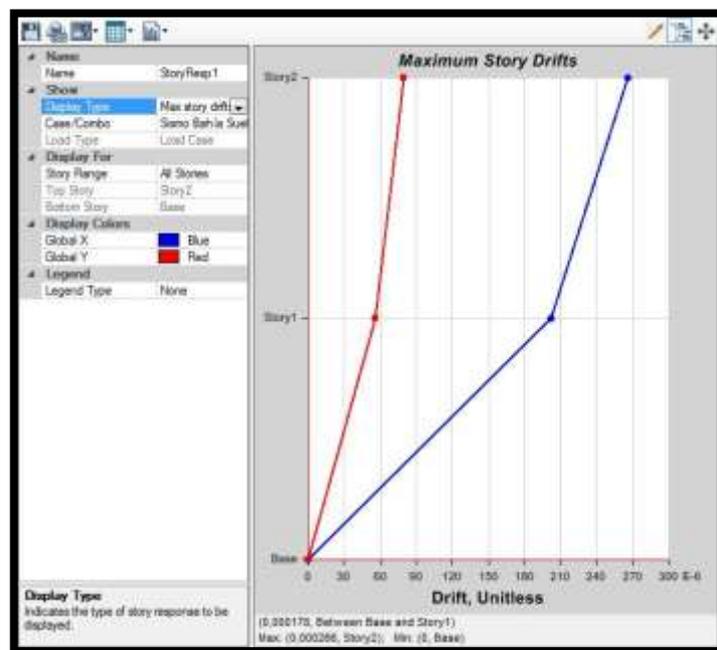


Figura 54. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el segundo modelo en Guayaquil con suelo tipo E

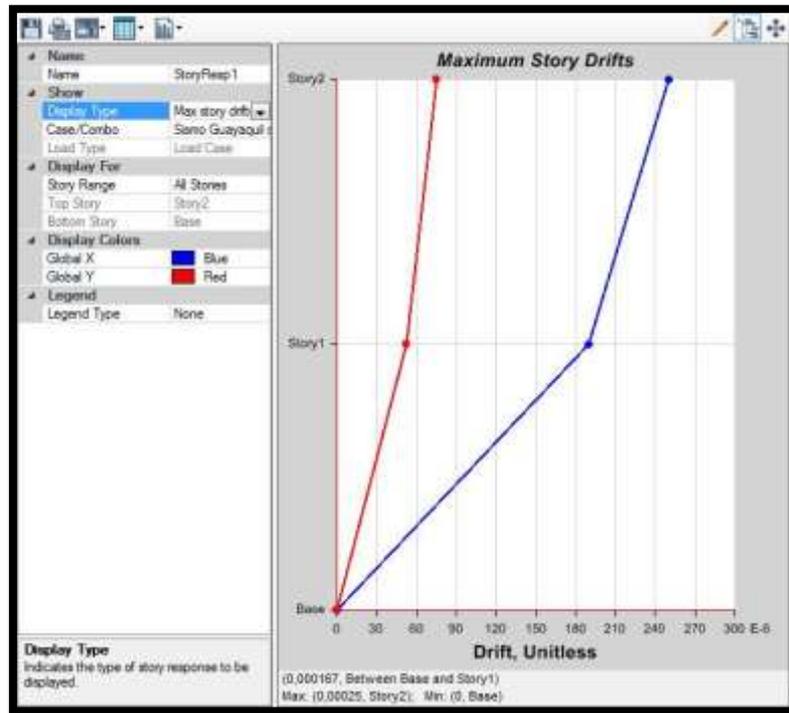


Figura 55. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la segunda estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016

4.4.3 Tercer modelo de edificación Unifamiliar de 2 plantas de 75m² con muros de albañilería armada.

En el tercer modelo estructural (Figura 56), se observa una estructura irregular de 7,50m de ancho por 10 m de fondo y 6 m de altura (3 m de altura entre pisos), constituida de una estructura de albañilería armada con bloques P19-A de la compañía bloqim. Esta estructura es afectada por los espectros de las ciudades analizadas y se toma en consideración los tipos de suelo tipo D y E.

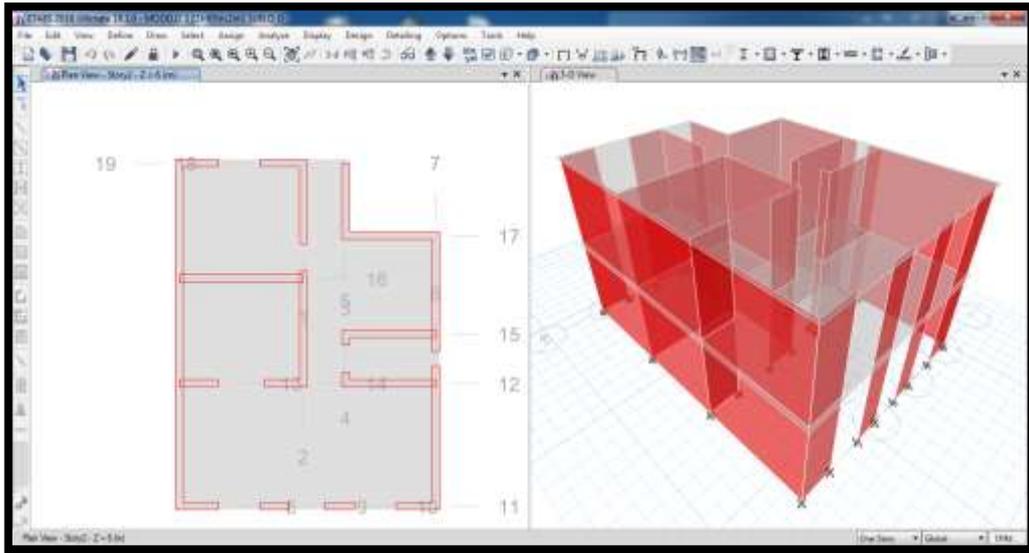


Figura 56. Tercer modelo de vivienda en Etabs 2016.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de Periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en tercer modelo estructural en suelo tipo D.

Se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el tercer modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil usando un suelo tipo D, identificando los efectos de la edificación al someterse a los espectros obtenidos.

- **Periodo y modos de vibrar del tercer modelo en suelo tipo D.**

Como se viene viendo en los modelos anteriores los modos de vibrar de la edificación van relacionados a la configuración estructural que tenga y la rigidez lateral que maneje. Para las tres ciudades analizadas en suelo tipo D y E los resultados son similares, y muestran los periodos máximos de la edificación al ser sometidos a sus respectivos sismos. Para realizar el estudio, se requiere tener tres modos por piso, y a su vez se analizan los tres primeros modos y los más altos

periodos, como se demuestra en la tabla 41, se observa un comportamiento similar a las otras estructuras siendo el primer modo traslacional en sentido X, el segundo modo rotacional, y el tercer modo trasnacional en Y, demostrados en las figuras 57 - 59.

Tabla 41. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del tercer modelo analizado con suelo tipo D.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0,084	0,8021	0,0147	0,0335
Modal	2	0,057	0,049	0,2145	0,6378
Modal	3	0,055	0,0004	0,67	0,2354
Modal	4	0,027	0,1434	0,0018	0,0035
Modal	5	0,023	0,0013	0,0056	0,0781
Modal	6	0,022	0,0001	0,0905	0,0052

Fuente: Etabs 2016.

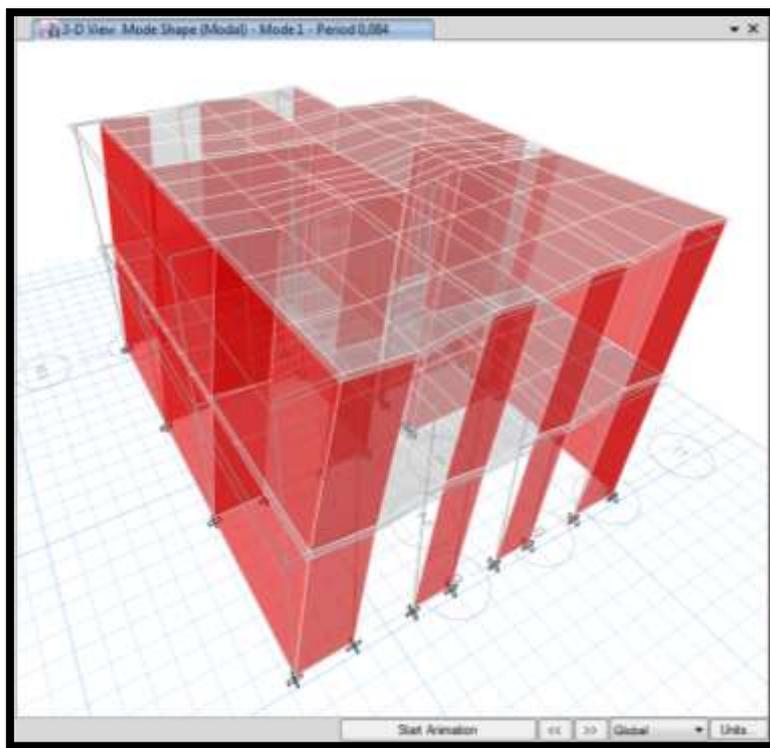


Figura 57. Primer modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

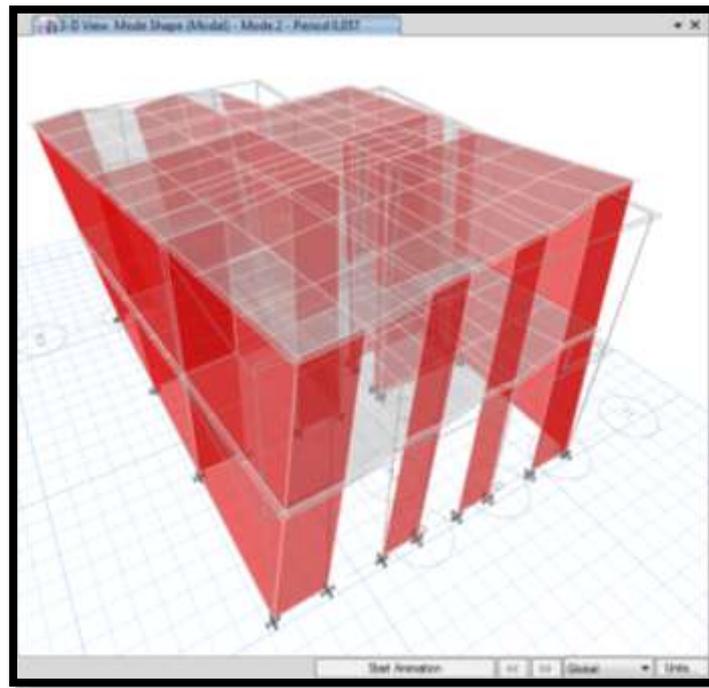


Figura 58. Segundo modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

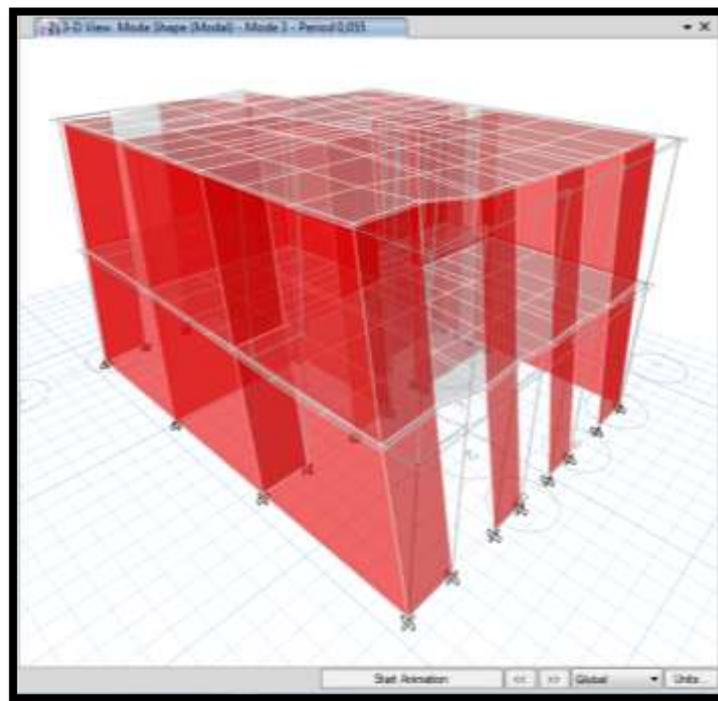


Figura 59. Tercer modo de vibrar de la tercera edificación montada en suelo tipo D.

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

El desplazamiento de esta tercera estructura analiza bajo las acciones de los sismos de las tres ciudades actuantes en suelo tipo D, detallados en las Tablas 42 - 44 y Figuras 60 - 62, indica que la edificación tiene un desplazamiento mínimo por piso en ambas direcciones, demostrando que la estructura consta de alta rigidez lateral al igual que las estructuras anteriores.

Máximos Desplazamientos en el tercer modelo en Esmeraldas con suelo tipo D

Tabla 42. Tabla de máximo desplazamiento en la tercera estructura analizada en Esmeralda con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001368	0,000594
Story1	3	Top	0,000586	0,000308
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

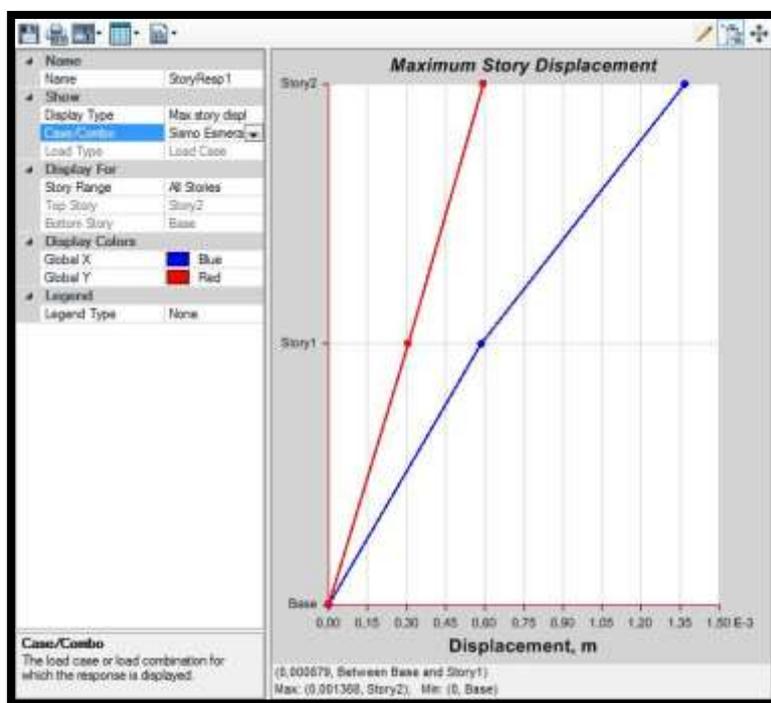


Figura 60. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en el tercer modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

Tabla 43. Tabla de máximo desplazamiento en la tercera estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000993	0,000431
Story1	3	Top	0,000426	0,000223
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

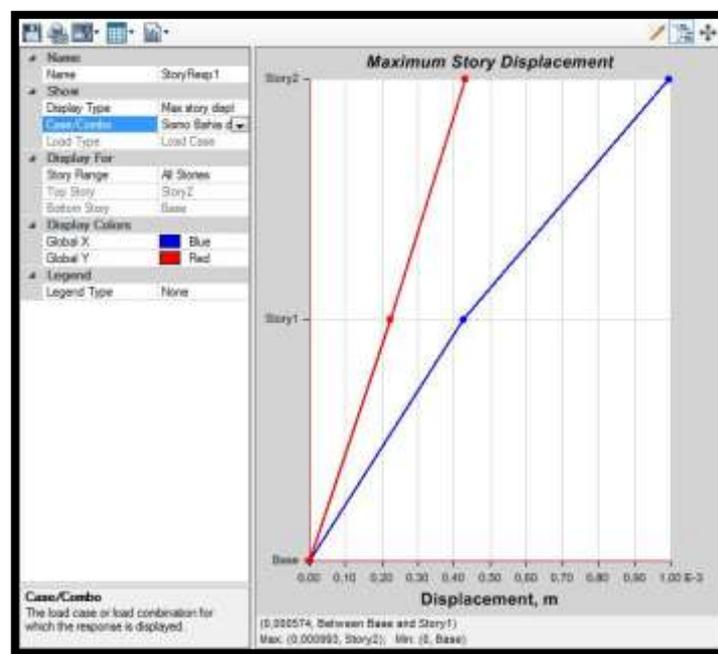


Figura 61. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos Desplazamientos en el tercer modelo en Guayaquil con suelo tipo D.

Tabla 44. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo D.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000851	0,00037
Story1	3	Top	0,000365	0,000191
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

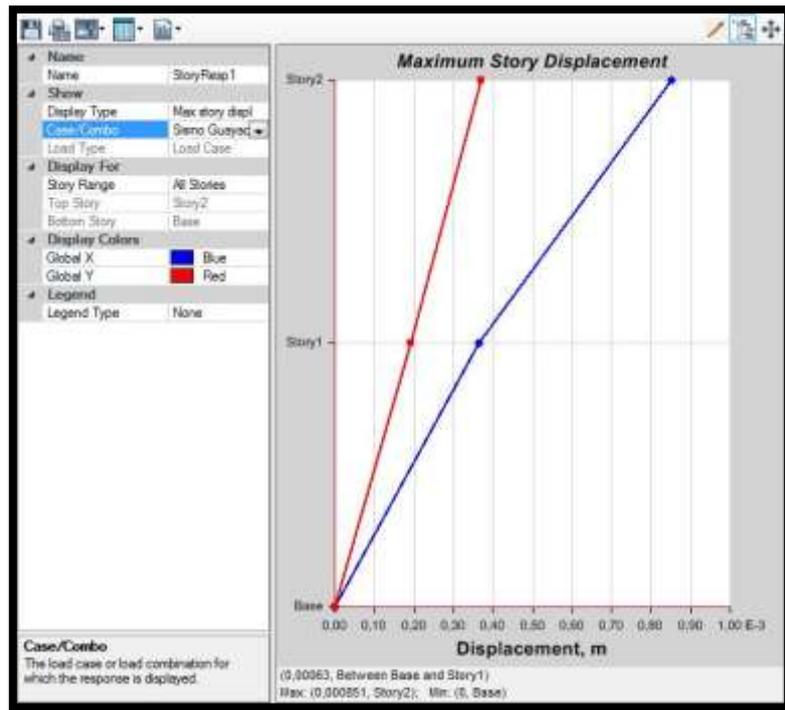


Figura 62. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

Las derivas encontradas en ambas direcciones tanto en X y en Y, son el resultado de la acción sísmica actuante en la estructura, y según la NEC – 15 la deriva máxima debe ser menor a 0,01, donde son usados los máximos desplazamientos obtenidos anteriormente como datos necesarios, demostrándose así que todos los resultados obtenidos se encuentran dentro del límite permitido (Ver tabla 45 y 46). De acuerdo al análisis realizado en Etabs 2016, queda demostrado que los resultados obtenidos están dentro del rango de máxima deriva viendo sus graficas en las Figuras 63 - 65.

Tabla 45. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección X con suelo tipo D.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico m	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 3 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,001368	0,001026	0,003078	0,0017595	0,0005865	ok
1	3	0,000586	0,0004395	0,0013185	0,0013185	0,0004395	ok
Modelo 3 Bahía suelo D							
2	3	0,000993	0,00074475	0,00223425	0,00127575	0,00042525	ok
1	3	0,000426	0,0003195	0,0009585	0,0009585	0,0003195	ok
Modelo 3 Guayaquil suelo D							
2	3	0,000851	0,00063825	0,00191475	0,0010935	0,0003645	ok
1	3	0,000365	0,00027375	0,00082125	0,00082125	0,00027375	ok

Fuente: NEC – 15

Tabla 46. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección Y con suelo tipo D.

Dirección y							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico (m)	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 3 Esmeraldas suelo D							
2	3	0,000594	0,0004455	0,0013365	0,0006435	0,0002145	ok
1	3	0,000308	0,000231	0,000693	0,000693	0,000231	ok
Modelo 3 Bahía suelo D							
2	3	0,000431	0,00032325	0,00096975	0,000468	0,000156	ok
1	3	0,000223	0,00016725	0,00050175	0,00050175	0,00016725	ok
Modelo 3 Guayaquil suelo D							
2	3	0,00037	0,0002775	0,0008325	0,00040275	0,00013425	ok
1	3	0,000191	0,00014325	0,00042975	0,00042975	0,00014325	ok

Fuente: NEC – 15

Derivas en el tercer modelo en Esmeraldas con suelo tipo D

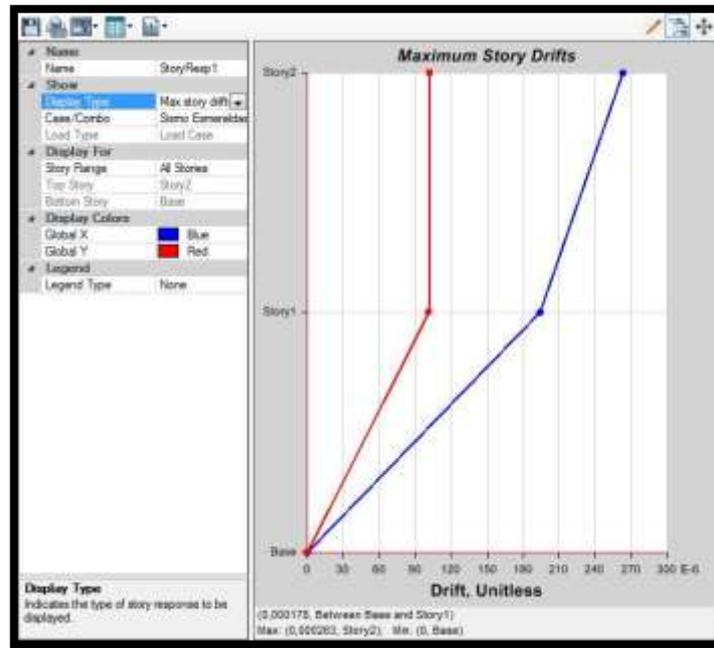


Figura 63. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el tercer modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo D



Figura 64. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Derivas en el tercer modelo en Guayaquil con suelo tipo D

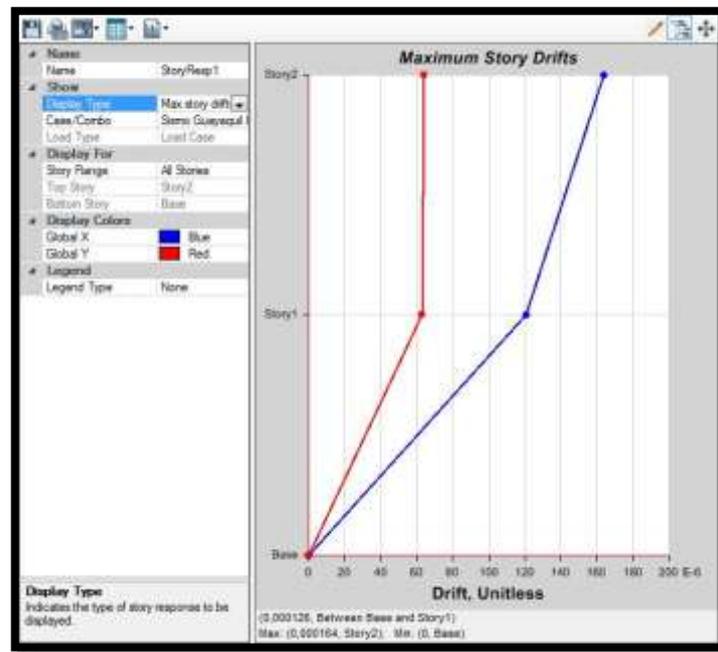


Figura 65. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo D en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

Análisis de Periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas, por sismos en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil en la tercera estructura en suelo tipo E.

Al igual que los dos modelos anteriores se determinan los periodos, modos de vibrar, desplazamientos y derivas obtenidos en el tercer modelo de edificación montado en Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil usando ahora un suelo tipo E, identificando los efectos de la edificación al someterse a cada espectro de las ciudades estudiadas.

- **Periodo y modos de vibrar del tercer modelo.**

Aunque se trate de otro tipo de suelo, los modos de vibrar de la edificación son similares ya que como está demostrado, estos van relacionados a la configuración

estructural y a la rigidez lateral que tenga la estructura. Estos modos, muestran los periodos máximos de la edificación al ser sometidos a los respectivos sismos. En la tabla 47, se muestran los valores mayores en cada sentido y se determina que el primer modo es traslacional en sentido X, el segundo modo es rotacional, y el tercer modo es traslacional en Y. Los resultados son muestra que al ser analizada una misma estructura con la misma rigidez lateral y configuración no se afecta por el cambio de tipos de suelos.

Tabla 47. Tabla demostrativa de los modos de vibrar y periodos del tercer modelo analizado con suelo tipo E.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0,084	0,8021	0,0147	0,0335
Modal	2	0,057	0,049	0,2145	0,6378
Modal	3	0,055	0,0004	0,67	0,2354
Modal	4	0,027	0,1434	0,0018	0,0035
Modal	5	0,023	0,0013	0,0056	0,0781
Modal	6	0,022	0,0001	0,0905	0,0052

Fuente: Etabs 2016.

- **Máximos desplazamientos.**

Como fue aclarado con anterioridad, el desplazamiento de esta estructura se maneja igual que los otros modelos analizados y al ser montada en suelo tipo E, se obtienen los desplazamientos máximos que se detallan en las Tablas 48- 50 y Figuras 66 - 68. Los resultados obtenidos, demuestran que los desplazamientos en ambas direcciones son mínimos, lo que demuestra que la estructura sigue teniendo alta rigidez lateral y no es mayormente afectada por el tipo de suelo aplicado.

Máximos desplazamientos en el tercer modelo en Esmeraldas con suelo tipo E.

Tabla 48. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Esmeraldas con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,001038	0,000451
Story1	3	Top	0,000445	0,000234
Base	0	Top	0	0

Fuete: Etabs 2016

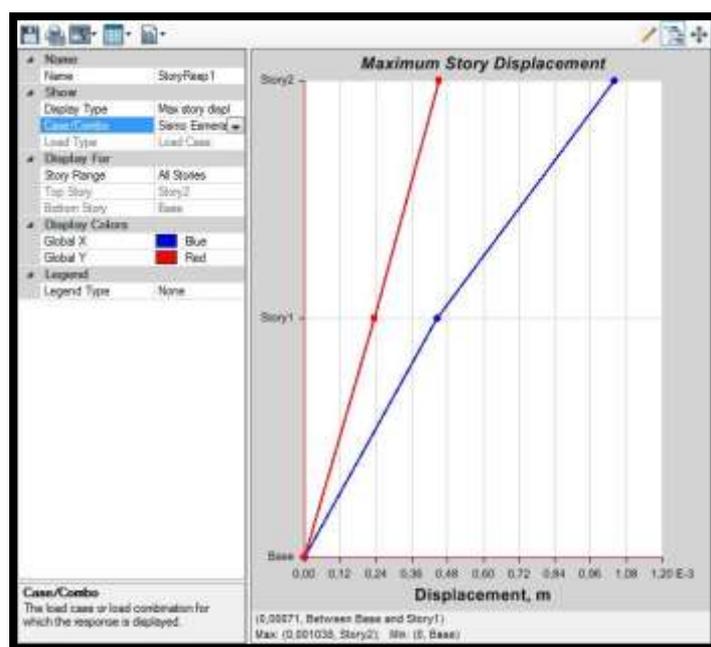


Figura 66. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Máximos desplazamientos en el tercer modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

Tabla 49. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Bahía de Caráquez con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000754	0,000327
Story1	3	Top	0,000323	0,00017
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

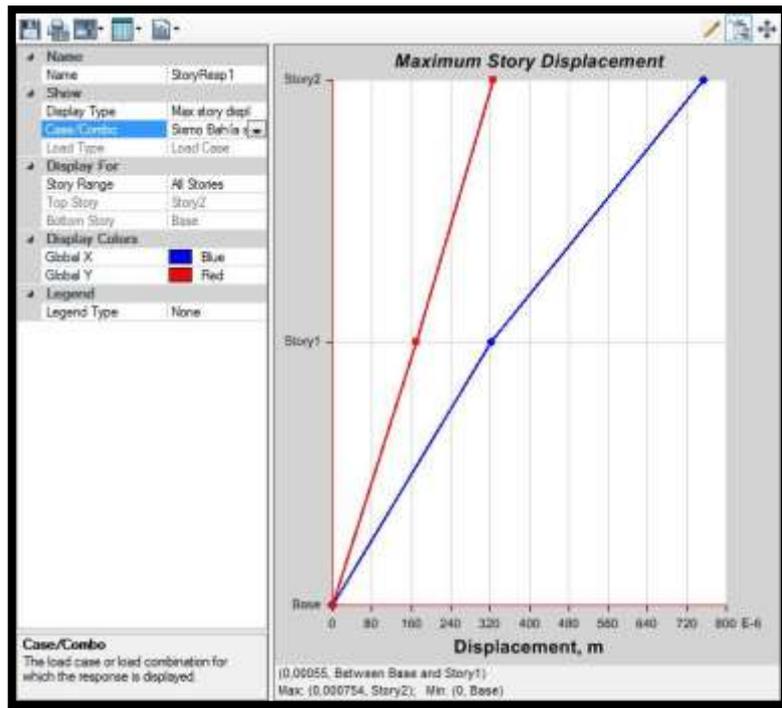


Figura 67. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016

Máximos desplazamientos en el tercer modelo en Guayaquil con suelo tipo

E.

Tabla 50. Tabla de máximos desplazamientos en la tercera estructura analizada en Guayaquil con suelo tipo E.

TABLE: Story Response				
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	m		m	m
Story2	6	Top	0,000709	0,000308
Story1	3	Top	0,000304	0,00016
Base	0	Top	0	0

Fuente: Etabs 2016.

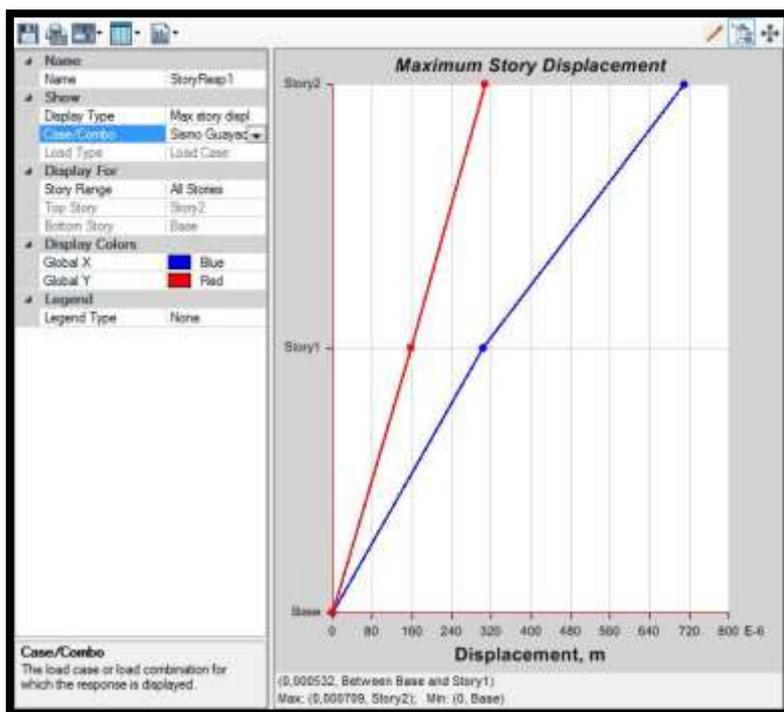


Figura 68. Gráfica de máximo desplazamiento en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016.

- **Chequeo de derivas**

Las derivas encontradas demostradas en las Tablas 51 y 52, son analizadas bajo lo indicado por la NEC – 15, indicando que la deriva máxima debe ser menor a 0,01. De acuerdo al análisis realizado, queda demostrado que los resultados obtenidos en la dirección X como en la dirección Y cumplen con el rango de máxima deriva (Figura 69 - 71).

Tabla 51. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección X con suelo tipo E.

CONTROL DE DERIVA DE PISO							
NORMA ECUATORIANA							
Desplazamiento							
Sismo	XX	YY	0,75	75%D	Para mampostería armada <0,01		
R=	3	3	0,75	75%D			
Dirección x							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico m	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 3 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,001038	0,0007785	0,0023355	0,00133425	0,00044475	ok
1	3	0,000445	0,00033375	0,00100125	0,00100125	0,00033375	ok
Modelo 3 Bahía suelo E							
2	3	0,000754	0,0005655	0,0016965	0,00096975	0,00032325	ok
1	3	0,000323	0,00024225	0,00072675	0,00072675	0,00024225	ok
Modelo 3 Guayaquil suelo E							
2	3	0,000709	0,00053175	0,00159525	0,00091125	0,00030375	ok
1	3	0,000304	0,000228	0,000684	0,000684	0,000228	ok

Fuente: Etabs 2016

Tabla 52. Chequeo de derivas según NEC – 15 en el tercer modelo en dirección Y con suelo tipo E.

Dirección y							
Número de piso	Altura (m)	D elástico (m)	0.75 D elástico (m)	D real = 75 RD elástico (m)	d entre p (m)	Di/hei	<0,01
Modelo 3 Esmeraldas suelo E							
2	3	0,000451	0,00033825	0,00101475	0,00048825	0,00016275	ok
1	3	0,000234	0,0001755	0,0005265	0,0005265	0,0001755	ok
Modelo 3 Bahía suelo E							
2	3	0,000327	0,00024525	0,00073575	0,00035325	0,00011775	ok
1	3	0,00017	0,0001275	0,0003825	0,0003825	0,0001275	ok
Modelo 3 Guayaquil suelo E							
2	3	0,000308	0,000231	0,000693	0,000333	0,000111	ok
1	3	0,00016	0,00012	0,00036	0,00036	0,00012	ok

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el tercer modelo en Esmeraldas con suelo tipo E

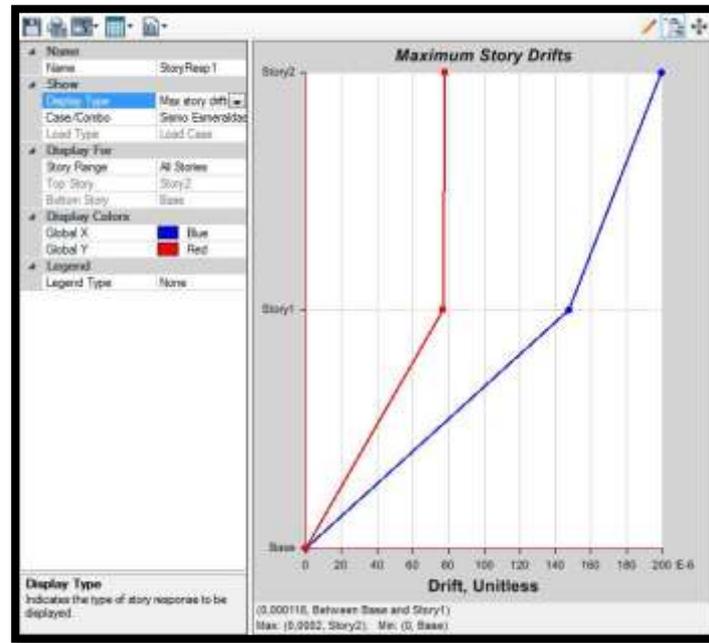


Figura 69. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Esmeraldas.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el tercer modelo en Bahía de Caráquez con suelo tipo E

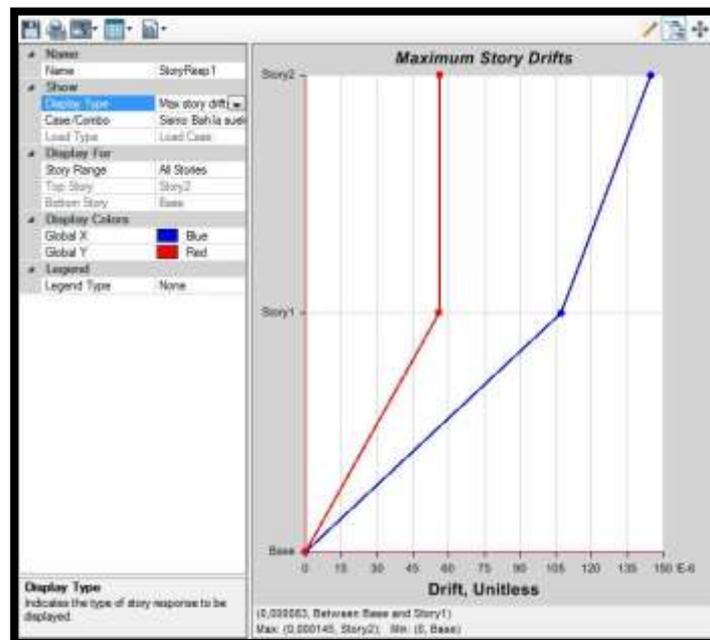


Figura 70. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Bahía de Caráquez.

Fuente: Etabs 2016.

Derivas en el tercer modelo en Guayaquil con suelo tipo E

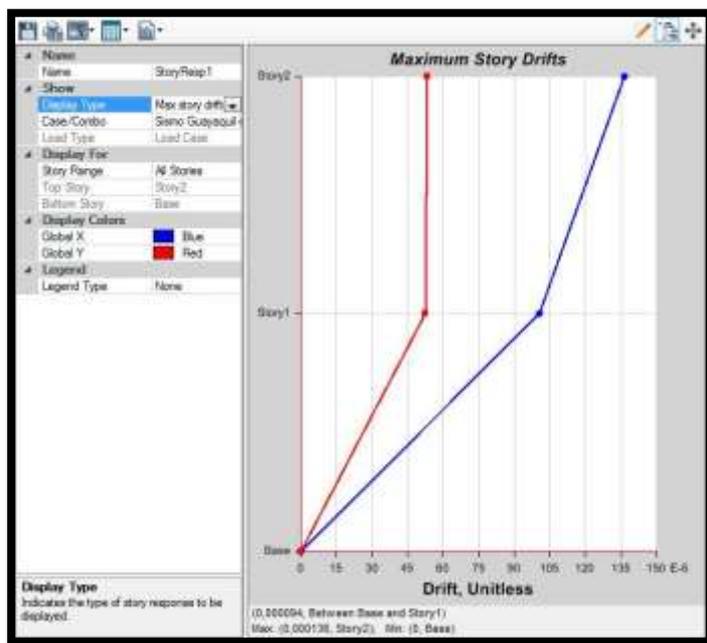


Figura 71. Gráfica de máximas derivas en ambas direcciones de la tercera estructura montada en suelo tipo E en Guayaquil.

Fuente: Etabs 2016

4.5 Comprobaciones de esfuerzos axiales máximos

Según San Bartolomé, Quiun & Silva (2011), se hace la comprobación del esfuerzo axial de los muros esbeltos para evitar el pandeo debido a cargas verticales excesivas, ya que el esfuerzo de rotura en las pilas ($f'm$) se va reduciendo conforme aumenta la esbeltez del muro. Para esto se toma en cuenta la carga muerta y el 100% de la carga viva y se analiza la carga (P_m), esto dividido para el área rectangular del muro ($L \cdot t$). Por otro lado el valor máximo del esfuerzo axial (σ_m), se limita a $0,15f'm$ para evitar la reducción de la ductilidad de los muros ante las sollicitaciones sísmicas existentes.

En este caso se analiza el esfuerzo axial máximo de cada muro (Ver tablas 53 - 55), según lo que muestra la fórmula de la Norma peruana E.070.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2f'm \left(1 - \left(\frac{H}{35t} \right)^2 \right) \leq 0,15f'm.$$

Comprobación de σ_m .

Tabla 53. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el primer modelo.

TABLA DE ANÁLISIS DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO EN EL PRIMER MODELO.											
NOMBRE DE MUROS	h (m)	L (m)	t (m)	h/20	A muros	A sumadas	Carga Pm 1er modelo	H total	σ_m	Revisión de fórmula 19.1b	$\leq 0,15f'm$
MUROS X-X						x-x					
P1	3	1,07	0,19	0,15	0,20	3,93	4479,06	6	22031,78	ok	ok
P2	3	2,25	0,19	0,15	0,43		12335,16	6	28854,18	>R1	ok
P3	3	0,97	0,19	0,15	0,18		3875,30	6	21027,13	ok	ok
P4	3	3,54	0,19	0,15	0,67		16769,01	6	24931,62	ok	ok
P5	3	2	0,19	0,15	0,38		13730,57	6	36133,08	>R1	ok
P6	3	2,43	0,19	0,15	0,46		10758,25	6	23301,39	ok	ok
P7	3	0,31	0,19	0,15	0,06		1107,41	6	18801,53	ok	ok
P8	3	2,33	0,19	0,15	0,44		10988,06	6	24820,56	ok	ok
P9	3	2	0,19	0,15	0,38		13953,71	6	36720,29	>R1	ok
P10	3	1,07	0,19	0,15	0,20		5490,28	6	27005,80	ok	ok
P11	3	1,38	0,19	0,15	0,26		6812,36	6	25981,54	ok	ok
P12	3	0,34	0,19	0,15	0,06		2229,39	6	34510,68	>R1	ok
P13	3	1	0,19	0,15	0,19		4077,87	6	21462,47	ok	ok
MUROS Y-Y						y-y					
P14	3	10	0,19	0,15	1,9	5,20	38709,02	6	20373,17	ok	ok
P15	3	5	0,19	0,15	0,95		26065,44	6	27437,31	ok	ok
P16	3	1,09	0,19	0,15	0,2071		6490,65	6	31340,66	>R1	ok
P17	3	1,09	0,19	0,15	0,2071		6306,03	6	30449,20	>R1	ok
P18	3	4,2	0,19	0,15	0,798		16870,73	6	21141,27	ok	ok
P19	3	1,01	0,19	0,15	0,1919		4019,55	6	20946,07	ok	ok
P20	3	3,99	0,19	0,15	0,7581		15736,59	6	20757,93	ok	ok
P21	3	0,2	0,19	0,15	0,038		1590,91	6	41866,05	>R1	ok
P22	3	0,61	0,19	0,15	0,1159		2706,06	6	23348,23	ok	ok
P23	3	0,2	0,19	0,15	0,038		1571,48	6	41354,74	>R1	ok

Tabla 54. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el segundo modelo.

TABLA DE ANÁLISIS DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO EN EL SEGUNDO MODELO.											
NOMBRE DE MUROS	h (m)	L (m)	t (m)	h/20	A muros	A sumadas	Carga Pm 2do modelo	H total	σ_m	Revisión de fórmula 19.1b	$\leq 0,15f'm$
MUROS X-X						x-x					
P1	3	0,67	0,19	0,15	0,13	1,7062	3164,36	6	24857,50	Ok	ok
P2	3	1,01	0,19	0,15	0,19		4323,41	6	22529,49	Ok	ok
P3	3	0,31	0,19	0,15	0,06		742,57	6	12607,30	Ok	ok
P4	3	1,6	0,19	0,15	0,30		8295,21	6	27286,88	Ok	ok
P5	3	1,6	0,19	0,15	0,30		8747,67	6	28775,23	>R1	ok
P6	3	1,21	0,19	0,15	0,23		5211,86	6	22670,12	Ok	ok
P7	3	2,58	0,19	0,15	0,49		9400,45	6	19176,76	Ok	ok
MUROS Y-Y						y-y					
P8	3	10,19	0,19	0,15	1,94	4,7861	37684,34	6	19464,05	Ok	ok
P9	3	2,27	0,19	0,15	0,43		8479,67	6	19660,72	Ok	ok
P10	3	2,06	0,19	0,15	0,39		9108,33	6	23271,15	Ok	ok
P11	3	3,87	0,19	0,15	0,74		14738,95	6	20044,81	Ok	ok
P12	3	2,66	0,19	0,15	0,51		12748,96	6	25225,48	Ok	ok
P13	3	3,21	0,19	0,15	0,61		17038,07	6	27935,84	>R1	ok
P14	3	0,31	0,19	0,15	0,06		1838,08	6	31206,79	>R1	ok
P15	3	0,31	0,19	0,15	0,06		972,57	6	16512,22	Ok	ok
P16	3	0,31	0,19	0,15	0,06		719,18	6	12210,19	Ok	ok

Tabla 55. Tabla de análisis por esfuerzo axial máximo en el tercer modelo.

TABLA DE ANÁLISIS DE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO EN EL TERCER MODELO.											
NOMBRE DE MUROS	h (m)	L (m)	t (m)	h/20	A muros	A sumadas	Carga Pm 3er modelo	H total	σm	Revisión de fórmula 19.1b	$\leq 0,15f' m$
MUROS X-X						x-x					
P1	3	1	0,19	0,15	0,19	3,6632	4087,07	6	21510,89	Ok	ok
P2	3	1,44	0,19	0,15	0,27		5646,02	6	20636,04	Ok	ok
P3	3	2,54	0,19	0,15	0,48		9928,11	6	20572,13	Ok	ok
P4	3	3,33	0,19	0,15	0,63		19547,31	6	30895,07	>R1	ok
P5	3	2,54	0,19	0,15	0,48		11988,52	6	24841,53	Ok	ok
P6	3	1	0,19	0,15	0,19		7026,02	6	36979,05	>R1	ok
P7	3	1,21	0,19	0,15	0,23		7475,5	6	32516,31	>R1	ok
P8	3	2,54	0,19	0,15	0,48		13047,48	6	27035,81	Ok	ok
P9	3	1	0,19	0,15	0,19		4575,09	6	24079,42	Ok	ok
P10	3	0,84	0,19	0,15	0,16		5914,88	6	37060,65	>R1	ok
P11	3	0,92	0,19	0,15	0,17		5891,63	6	33704,98	>R1	ok
P12	3	0,92	0,19	0,15	0,17		5262,22	6	30104,23	>R1	ok
MUROS Y-Y						y-y					
P13	3	4,11	0,19	0,15	0,78	4,883	16727,7	6	21421,05	Ok	ok
P14	3	3,43	0,19	0,15	0,65		12372,2	6	18984,50	Ok	ok
P15	3	2,06	0,19	0,15	0,39		8330,35	6	21283,47	Ok	ok
P16	3	0,41	0,19	0,15	0,08		1660,46	6	21315,28	Ok	ok
P17	3	0,41	0,19	0,15	0,08		1818,99	6	23350,32	Ok	ok
P18	3	3,1	0,19	0,15	0,59		18117,07	6	30759,03	>R1	ok
P19	3	2,18	0,19	0,15	0,41		10907,21	6	26333,20	Ok	ok
P20	3	10	0,19	0,15	1,90		39131,58	6	20595,57	Ok	ok

Conclusiones

Con los resultados obtenidos del estudio, puede concluirse lo siguiente:

- La albañilería armada puede ser usada como una alternativa constructiva confiable; siendo una técnica que demuestra un comportamiento sísmico excelente teniendo en cuenta todos los reglamentos y procesos técnicos al momento de practicarla y analizarla. En Ecuador si existen las unidades de albañilería para aplicarlas en este proceso constructivo, a pesar de que presentan problemas geométricos que no dejan que los alveolos mantengan verticalidad en su aplicación, pero de igual manera se consta con la infraestructura para realizar mejoras.
- La albañilería armada tiene una alta capacidad para soportar eventos sísmicos, siempre y cuando se tenga en cuenta una mano de obra responsable y capacitada para trabajar junto a los reglamentos y recomendaciones técnicas, y a su vez el tiempo de ejecución del sistema constructivo de la albañilería armada es reducido.
- Es necesario que en los proyectos arquitectónicos donde se aplique la albañilería armada se consideren las luces, y ambientes modulares para que haya una buena distribución de esfuerzos en los muros portantes, también se deberá seleccionar el tipo de cimentación que corresponda al tipo de sistema constructivo usado.
- Los alveolos que no sean rellenos se los puede usar para alojar instalaciones eléctricas, sanitarias entre otras, sin necesidad de picar o hacer cortes en toda la longitud y altura de los muros.
- Al analizar los periodos, desplazamientos y derivas por pisos de la albañilería en las zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador se

demuestra que los resultados son mínimos y que consta de una alta rigidez lateral, que hace que lo demostrado se mantenga bajo los requerimientos elásticos, eso quiere decir dentro de la Ley de Hooke.

- Cuando se analizó las densidades de los muros y la capacidad portante se obtiene muros que luego de ser azotados por agentes sísmicos pueden ser económicamente reparables y capaces de evitar colapsos totales de los mismos.
- Para concluir se tiene un sistema que reparte muy bien sus esfuerzos y cargas en los dos sentidos a los cimientos evitando cargas concentradas, por tanto es una estructura redundante la misma que es deseable en toda edificación. También se deberá tomar en cuenta la arquitectura y juntas sísmicas en los muros de luces mayores de 8m, para que al analizar los modos de vibrar de las estructuras sean los deseables por los calculistas.

Recomendaciones

En base a la investigación realizada, se recomienda que al analizar por medio de modelos matemáticos una edificación de albañilería armada se tenga presente la arquitectura y configuración estructural, ya que son indispensables para obtener excelentes resultados en sus modos de vibrar y en la distribución de esfuerzos.

Se debe investigar más a fondo el análisis y diseño de las estructuras de albañilería armada, pues de acuerdo a la investigación bibliográfica efectuada no se consta con suficiente información dentro del país, por lo cual se debe recurrir a información extranjera y hacer equivalencias de factores para determinar resultados 100% confiables.

Se debe de tomar en cuenta que a la hora de realizar los ensayos, los equipos a usarse permitan realizar muestras más esbeltas y consten con los accesorios para la ruptura de unidades, pilas y muretes de mayor dimensión, necesarios para realizar un análisis más completo.

Se recomienda que la mano de obra a usarse en este proceso sea especializada o por lo menos sean capacitadas por un técnico o ingeniero experto en albañilería armada, para evitar que las estructuras fallen por problemas técnicos a la hora de levantar los muros que la conforman.

Se recomienda a las empresas dedicadas a la fabricación de unidades alveolares trabajar en la mejora de la geometría de los bloques de concreto vibrado para que sus alveolos puedan garantizar la verticalidad del refuerzo embebido en mortero o grout.

Se debe tomar en cuenta que para obtener una buena resistencia y una buena distribución de esfuerzos y cargas los ambientes de la edificación sean modulares y cumplan con las luces indicadas por la normativa que aplique al lugar de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfadomus S.A. (2015). *Alfadomus S.A.* Recuperado el 1 de Agosto de 2017, de Alfadomus S.A.: <https://www.alfadomus.com/productos/bloque-3-huecos-9-x-9-x-21.html>
- Bloqcim S.A. (1 de Enero de 2014). *Bloqcim S.A.* Recuperado el 1 de Agosto de 2017, de Bloqcim S.A.: <http://www.bloqcim.com/images/catalogo/CAT-350x350-ZOOM/P-19B.jpg>
- Félix, N., & Flores, F. (2006). *Análisis y estudio de la mampostería armada de ladrillo estructural.* (Tesis de Pregrado), Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2089>
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural* (Tercera ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 1 de Agosto de 2017
- Geológico, E. (8 de junio de 2012). *Ecuador Geológico.* Recuperado el 20 de octubre de 2017, de Ecuador Geológico: http://library.wur.nl/isric/kaart/origineel/EC12005_GE.jpg
- Herrera, J. (4 de Septiembre de 2015). *Estudio de las patologías en elementos constructivos de albañilería estructural, aplicado en un proyecto específico y recomendaciones para controlar, regular y evitar los procesos físicos en las edificaciones que se desarrollan en la ciudad de Guayaquil.* (Tesis de Maestría), Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado el 20 de julio de 2017, de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12001/1/Arq.%20Julieta%20Herrera.pdf>

Manzano, J. (enero de 2016). *Elaboración de una guía técnica de diseño para la aplicación práctica de la albañilería armada en Guayaquil y su zona de influencia*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado el 20 de julio de 2017, de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12012/1/TESIS%20SISTEMA%20CONSTRUCTIVO.pdf>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (Diciembre de 2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Recuperado el 30 de Junio de 2017, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

Ministerio de Desarrollo Urbano y vivienda; Secretaria de Gestion de riesgo. (2016). *Guía práctica de diseño de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Recuperado el 19 de julio de 2017, de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-1-VIVIENDAS-DE-HASTA-2-PISOS.pdf>

Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (junio de 2006). *Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción*. Recuperado el 20 de julio de 2017, de Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

Monzón, H. (31 de Marzo de 2014). *MANUAL DE DISEÑO SISMO-RESISTENTE SIMPLIFICADO MAMPOSTERÍA DE BLOCK DE CONCRETO PARA GUATEMALA*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica: file:///C:/Users/Hp/Downloads/agies%20-%20manual%20mampo%20confinada%20edicion%201%20vers%202.0%20-%20para%20comentario%20pblico%2030-05-14%20(2).pdf

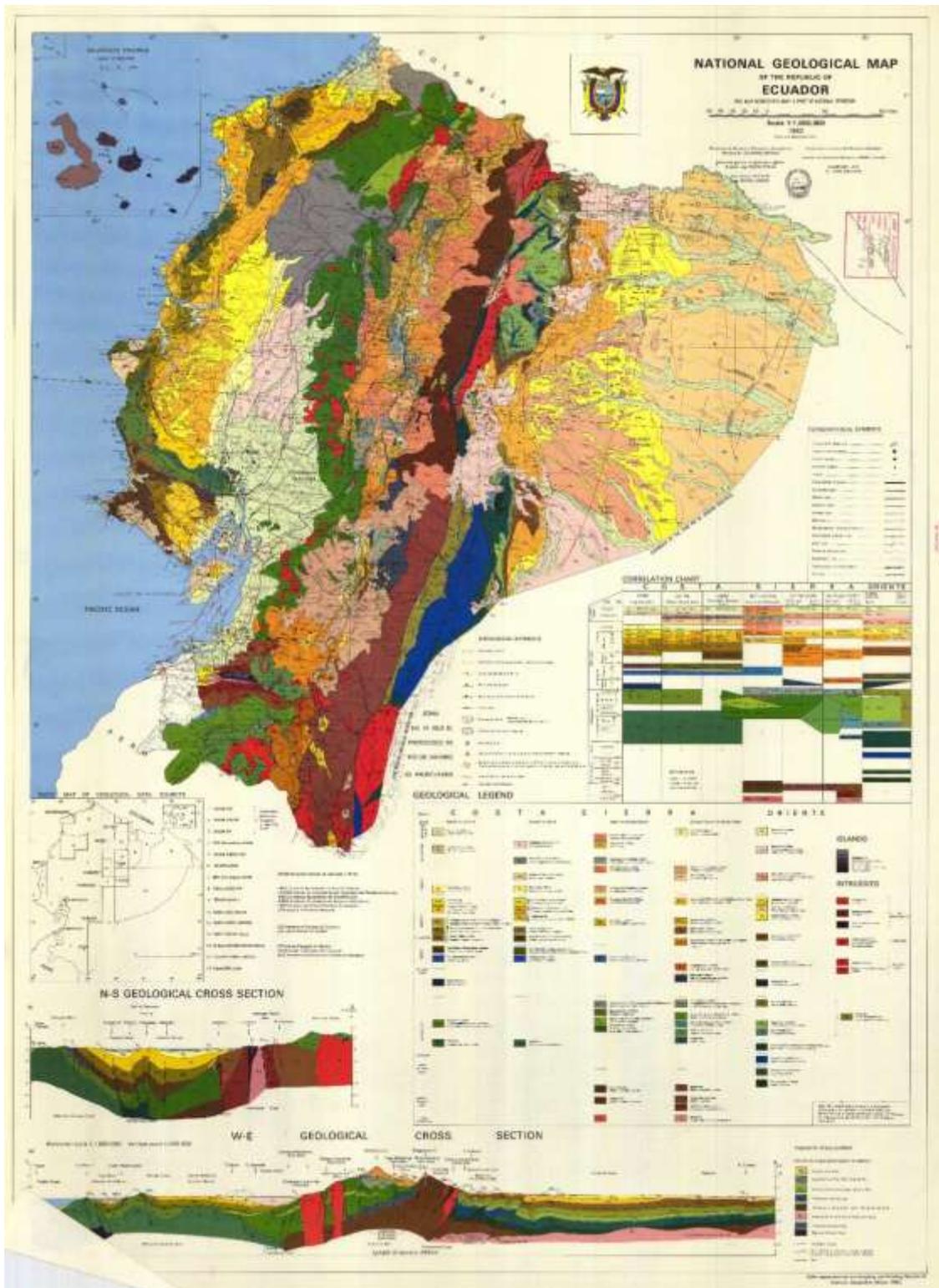
San Bartolomé, A. (1994). *Construcción de Albañilería - Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima, Perú: Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 9 de Julio de 2017

San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2011). *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería*. (Primera ed.). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 29 de Junio de 2017

APÉNDICES

APÉNDICE A

MAPA GEOLOGICO DE ECUADOR



Mapa geológico de Ecuador (Geológico, 2012)

APÉNDICE B
ENSAYOS DE LABORATORIOS



Muestras de pilas de 2 bloques rellenas con mortero



Intentos de ensayos con la supervisión de mi tutor Ing. Adalberto Vizconde.



Muestra de prisma de 2 unidades ensayadas

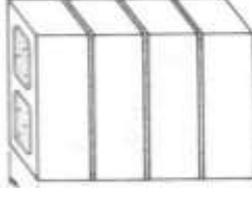


UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO " ING.DR.ARNALDO RUFFILLI"

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA

PROYECTO: Titulación
EDAD DE ENSAYO: 14 días
FECHA: 6 de octubre del 2017
DOSIFICACION DE MORTERO DE RELLENO: 1:4
DOSIFICACION DE MORTERO DE PEGA: 1:3
PRISMA > ANCHO : 19 cm
ALATURA: 39 cm
LARGO 39 cm

PRISMA N°	FECHA DE ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA MÁXIMA	AREA DE BRUTA	RESISTENCIA (Kg/cm2)
1	6 de octubre del 2017	14	77000	741	103,9136302
2	6 de octubre del 2017	14	75600	741	102,0242915
3	6 de octubre del 2017	14	78000	746,81	104,4442362
4	6 de octubre del 2017	14	72000	748,8	96,15384615
5	6 de octubre del 2017	14	75000	750,72	99,90409207



OBSERVACIONES:

La resistencia ultima aun no se encuentra afectada por los factores de correccion por esbeltez y de crecimiento por edad para f'm.

..... OPERADOR CALCULADO POR: VERIFICADO POR:

APÉNDICE C

TIPOS DE BLOQUES USADOS



Bloques Pesados



Características MODELO P-19A

Largo:	39 cms.
Altura:	19 cms.
Espesor:	19 cms.
Peso seco aproximado:	17.0 kg.
Resistencia promedio:	7 Mpa.
Requerimiento aproximado:	12.5 u/m ² .
Descripción:	Bloque de hormigón pesado.
Utilización sugerida:	Paredes de alta resistencia, usos estructurales, galpones y muros, sistema de mampostería armada.

Unidades por paletas de 1.23 x 1.23:

90 u.



Características MODELO P-19B

Largo:	39 cms.
Altura:	19 cms.
Espesor:	19 cms.
Peso seco aproximado:	17 Kg.
Resistencia promedio:	7 Mpa.
Requerimiento aproximado:	12.5 u/m ² .
Descripción:	Bloque de hormigón pesado.
Utilización sugerida:	Paredes de usos estructurales, galpones y muros. Sistema de mampostería armada.

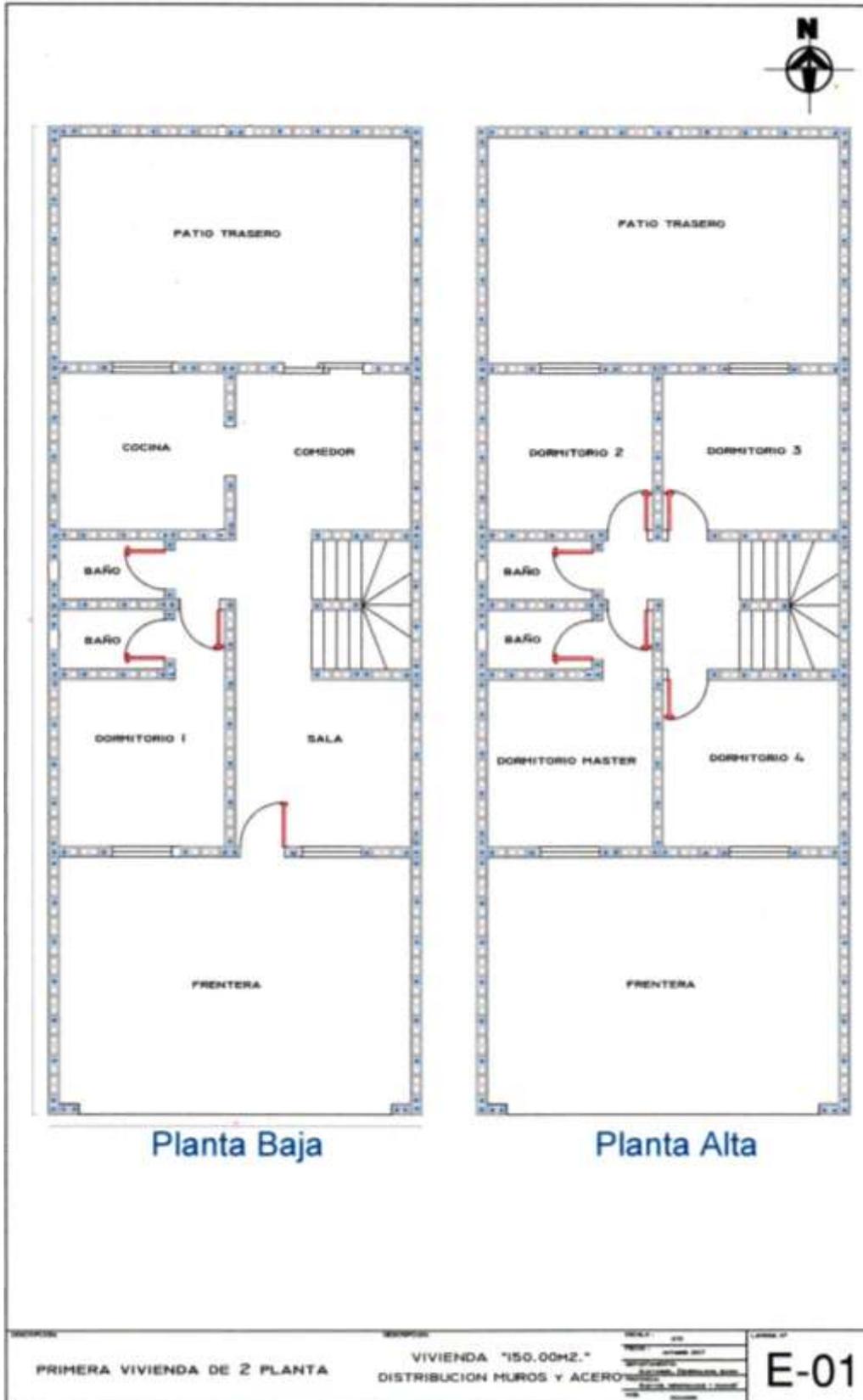
Unidades por paletas de 1.23 x 1.23:

90 u.

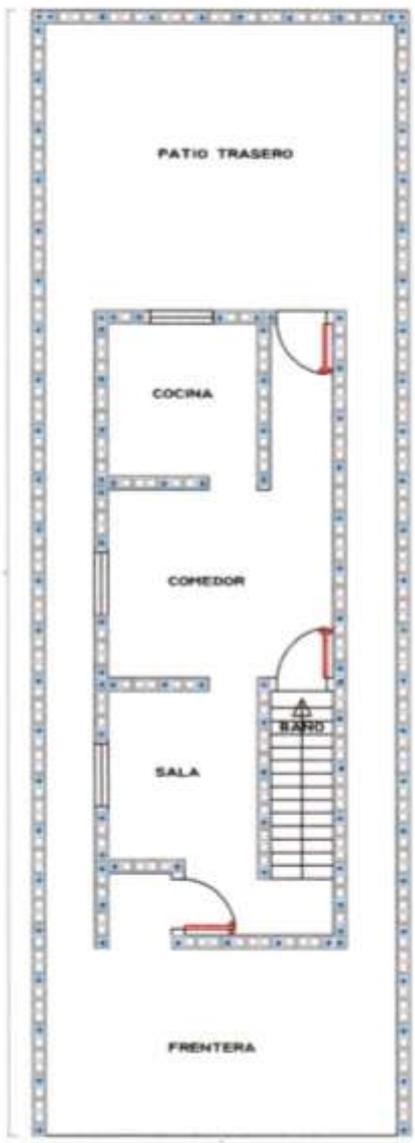


APÉNDICE D

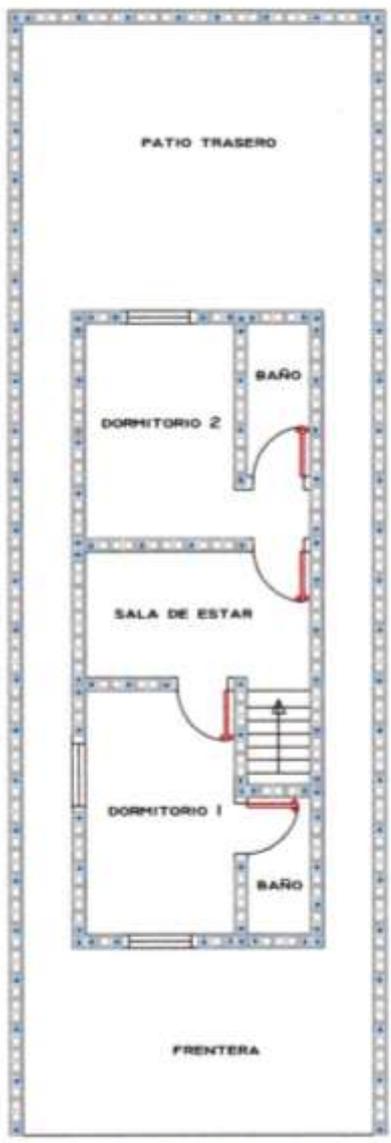
Configuración de muros en planta de las edificaciones planos Arquitectónico.



Configuración del primer modelo



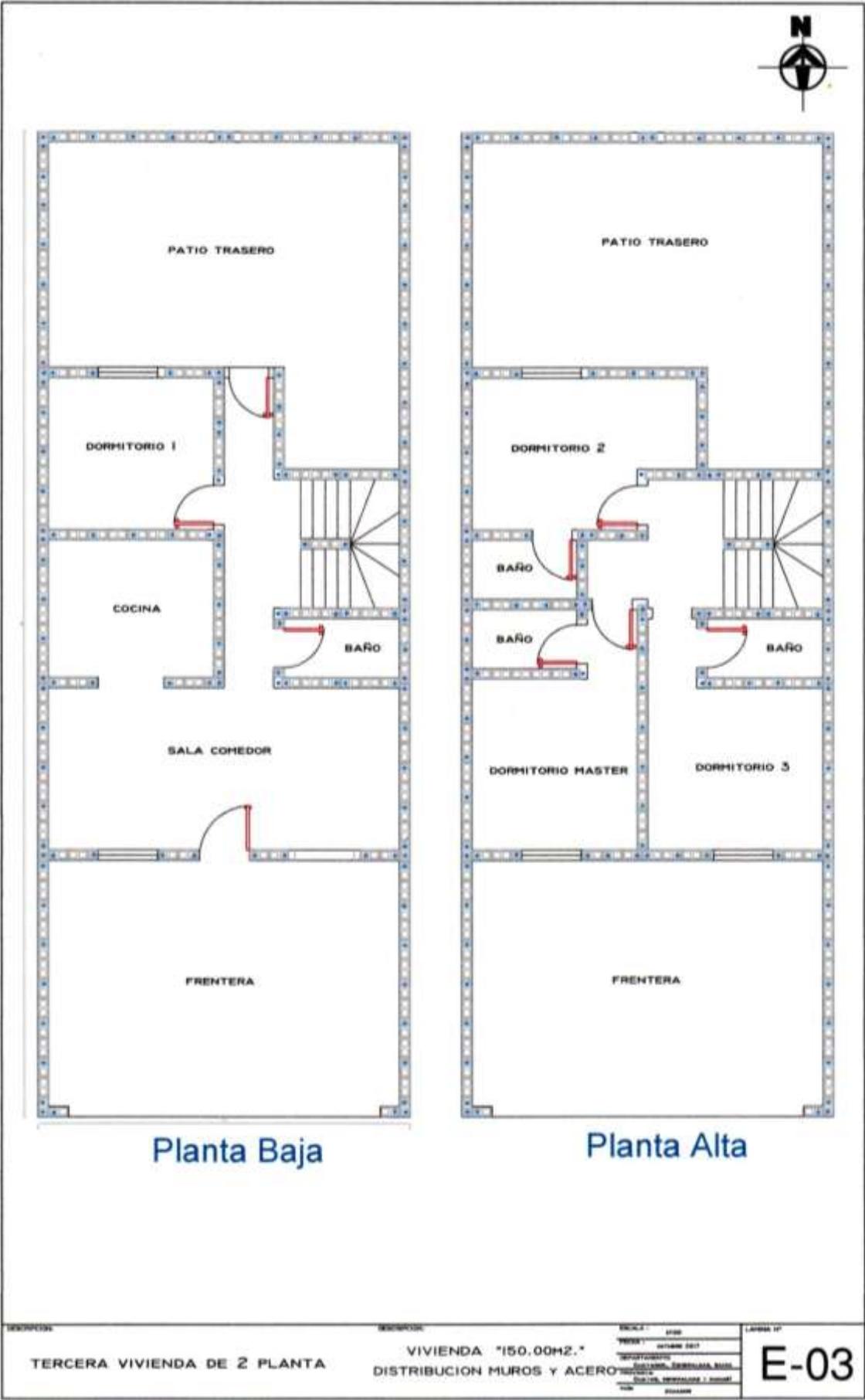
Planta Baja



Planta Alta

PROYECTO:	SEGUNDA VIVIENDA DE 2 PLANTA	DESCRIPCION:	VIVIENDA "108.00H2." DISTRIBUCION MUROS Y ACERO	ESCALA:	1:500	LINDERO N°:	E-02
PROYECTANTE:		FECHA:		PROYECTANTE:			
PROYECTANTE:		PROYECTANTE:		PROYECTANTE:			
PROYECTANTE:		PROYECTANTE:		PROYECTANTE:			

Configuración del segundo modelo



DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	LÁMINA 17
TERCERA VIVIENDA DE 2 PLANTA	VIVIENDA "150,00M2." DISTRIBUCIÓN MUROS Y ACERO	E-03

Configuración del tercer modelo



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 ESTRUCTURAS

ANEXO 10



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Sistema Nacional de Educación Superior, Ciencia,
Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS / TRABAJO DE GRADUACIÓN

TITULO Y SUBTITULO :	. Estudio del comportamiento dinámico de edificaciones unifamiliares construidas con albañilería armada para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador		
AUTOR(ES):	Hervas Moreno Ricardo Marcelo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	Ing. Christian Almendáriz R, MSc. Ing. Adalberto Vizconde Campos, MSc		
INSTITUCION :	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD :	Facultad De Ciencias Matemáticas y físicas		
MAESTRIA/ESPECIALIDAD :			
GRADO OBTENIDO :			
FECHA DE PUBLICACION :	2018	NUMERO DE PAGINAS	106
ÀREAS TEMÀTICAS :	Estructuras		
PALABRAS CLAVES /KEYWORKDS:	albañilería armada, comportamiento dinámico, sismorresistente, modelación matemática, zonas sísmicas.		
RESUMEN /ABSTRACT (150-250) PALABRAS :			
<p>El presente trabajo de titulación estuvo enfocado en el estudio del comportamiento dinámico de edificaciones construidas con albañilería armada para evitar colapsos en zonas de alta amenaza sísmica de Ecuador. Se efectuó un ensayo en el cual se analizó el esfuerzo a la compresión de prismas (f'm), siendo su resultado un dato necesario para modelar las edificaciones propuestas. La metodología de investigación empleada fue cuali – cuantitativa. Cualitativa por la investigación teórica y científica que se realizó para conocer más sobre el proceso y técnicas del sistema constructivo estudiado, y cuantitativa por la metodología numérica y modelación matemática empleada para el análisis estructural. Para la realización del estudio, se analizaron tres edificaciones en las ciudades de Esmeraldas, Bahía de Caráquez y Guayaquil con dos tipos de suelos (tipo D y E).</p>			
ADJUNTO PDF :	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Telefono :0980590837	Email:	gricardo1692@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN :	Nombre:	FACULTAD DE CIENCIA MATEMATICAS Y FISICAS	
	Telefono:	2-283348	
	Email :		