



**CALCULO DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO CON
SISTEMA DE MUROS UN CASO PARTICULAR DE 10 PISOS**

DAVID MAURICIO LAGUADO HERRERA

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

DEAN ANDERSSON MONTAÑEZ TORRES

Ms.C en Estructuras

INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Diciembre 2 de 2020



Agradecimientos

Este trabajo es el resultado del gusto por la Ingeniería Civil que durante varios años con mucho esfuerzo y dedicación pude llegar a este punto.

Quiero agradecer primeramente a Dios quien puso todo en mi camino para comenzar, continuar y concluir esta etapa. A mi familia que con su apoyo me han motivado a seguir adelante aun cuando el camino se ponga duro. A mi Tía Helida Herrera quien con sus oraciones sostuvieron mi fe y me animaron a continuar. Agradezco a mis compañeros de clase y a quienes más tarde se convirtieron en buenos amigos y de quienes aprendí.

Agradezco al Ing MsC. Dean Montañez por sus clases magistrales que siempre me motivaron a estudiar y aprender, y quien es el tutor de este proyecto; en general a cada uno de los docentes y algunos que no solo contribuyeron en mi academia sino también en el crecimiento personal.



Contenido

Agradecimientos	2
Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
1. Objetivos.....	15
1.1. Objetivo general	15
1.2. Objetivos específicos.....	15
2. Etapa 1: Análisis y diseño lineal.....	16
2.1. Análisis y Diseño Elástico Lineal.....	16
2.1.1. Aspectos e información de la estructura	16
2.1.2. Descripción general de la edificación	16
2.2. Descripción del material.....	16
2.2.1. Concreto no confinado.....	17
2.2.2. Acero de refuerzo.....	17
2.3. Descripción del sistema estructural	17
2.3.1. Predimensionamiento de los elementos estructurales	17
2.3.2. Losa de entrepiso y cubierta	18
2.3.3. Muros del sistema estructural	19
2.3.4. Localización de la edificación	20
2.3.5. Capacidad de disipación de energía.....	20
2.3.6. Consideraciones de resistencia contra el fuego	21
2.3.7. Datos del estudio geotécnico	21
2.4. Análisis de irregularidades	22
2.4.1. Irregularidades en planta.....	23
2.4.2. Irregularidades en altura	26
2.5. Evaluación de cargas	28
2.5.1. Carga muerta: Peso propio.....	28
2.5.2. Carga viva	28
2.5.3. Carga muerta y carga viva sobrepuesta en losa.....	28
2.6. Fuerzas sísmicas de diseño	30
2.6.1. Espectro elástico de aceleración	30
2.6.2. Cálculo de la masa	31
2.6.3. Cálculo de la fuerza horizontal equivalente.....	32
2.7. Análisis	32
2.7.1. Descripción del modelo	32
2.7.2. Fuerzas sísmicas: Análisis dinámico elástico espectral	34



2.8.	Resultados del Análisis.....	35
2.8.1.	Análisis Modal Espectral	35
2.9.	Diseño.....	37
2.9.1.	Combinaciones de diseño	37
2.9.2.	Diseño de losa de entrepiso.....	40
2.9.3.	Diseño de muros estructurales	46
2.9.4.	Diseño de la cimentación	60
3.	Etapa 2: Análisis Estático No Lineal	72
3.1.	Generalidades según el ASCE/SEI 41-17	72
3.1.1.	Tipología del edificio.....	72
3.1.2.	Objetivo de nivel de desempeño	73
3.1.3.	Categoría del riesgo	73
3.1.4.	Nivel de sismicidad.....	74
3.1.5.	Nivel de desempeño objetivo del edificio.....	75
3.1.6.	Modelo de análisis	76
3.2.	Requisitos para el modelo de análisis por ASCE/SEI 41-17.....	76
3.2.1.	Generalidades.....	76
3.2.2.	Elemento primario y secundario	77
3.2.3.	Amortiguamiento	78
3.2.4.	Efectos sísmicos en múltiples direcciones.....	79
3.2.5.	Efectos P- Δ en modelo de análisis	80
3.2.6.	Interacción suelo – estructura	81
3.2.7.	Clasificación del diafragma	81
3.3.	No linealidad de los materiales.....	84
3.3.1.	Concreto no confinado.....	85
3.3.2.	Concreto confinado.....	85
3.3.3.	Acero de refuerzo.....	86
3.3.4.	Modelo de rotula plástica en muros	87
3.3.5.	Longitud de rotulas plásticas en muros.....	88
3.4.	Descripción de modelos de análisis.....	89
3.4.1.	Modelo 4	89
3.4.2.	Selección del procedimiento de análisis	90
3.4.3.	Relación de resistencia.....	90
3.4.4.	Influencia de los modos superiores.....	90
4.	ANALISIS DE RESULTADOS	91
4.1.	Resultados análisis No Lineal.....	91



4.1.1. Graficas de respuesta del procedimiento estático No Lineal	91
4.1.2. Desplazamiento objetivo de la edificaciones y punto de desempeño ...	93
4.1.3. Evaluación del desempeño de la estructura y revisión de rotulas plásticas	95
4.1.4. Evaluación de esfuerzos y deformación en fibras de Muros.	98
4.1.5. Curva de Capacidad – Método Simplificado	105
5. CONCLUSIONES	115
BIBLIOGRAFIA	117
ANEXOS	119

Lista de Tablas

Tabla 1. Parámetros geotécnicos	22
Tabla 2. Irregularidad torsional: Fuerza sísmica en X.....	24
Tabla 3. Irregularidad ad torsional: Fuerza sísmica en Y	24
Tabla 4. Relación de deriva vs deriva del piso siguiente.....	27
Tabla 5. Detallado de cargas muertas	29
Tabla 6. Cargas uniformes sobre las losas de entepiso	29
Tabla 7. Masa de la edificación	31
Tabla 8. Datos cálculo de la Fuerza Horizontal Equivalente.....	32
Tabla 9. Calculo Fuerza Horizontal Equivalente	32
Tabla 10. Fuerzas sísmicas por el método de combinación modal espectral	35
Tabla 11. Resultados Análisis modal – Modo de vibración	36
Tabla 12. Desplazamiento máximo de piso: Fuerzas sísmicas en cada dirección	36
Tabla 13. Análisis de deriva. Fuerzas sísmicas por combinación modal espectral ...	37
Tabla 14. Combinaciones de carga mayoradas: Método de la resistencia.....	38
Tabla 15. Reacciones en la base para combinaciones de carga mayoradas.....	39
Tabla 16. Revisión de deflexiones en losa de entepiso	41
Tabla 17. Parámetros de diseño de la losa de entepiso.....	42



Tabla 18. Dimensiones de muros del sistema estructural.....	47
Tabla 19. Fuerza cortante en el plano del muro (valores máximos).....	48
Tabla 20. Fuerza cortante en el plano muro (valores mínimos)	49
Tabla 21. Carga axial en el muro (valores máximos)	50
Tabla 22. Carga axial en el muro (valores mínimos).....	51
Tabla 23. Flexión en el plano del muro (valores máximos)	52
Tabla 24. Flexión en el plano del muro (valores mínimos)	53
Tabla 25. Máxima resistencia nominal a cortante en el plano del muro	55
Tabla 26. Resistencia nominal a cortante aportada por el concreto.....	55
Tabla 27. Cuantía de refuerzo suministrado	57
Tabla 28. Refuerzo transversal del elemento especial de borde	60
Tabla 29. Combinaciones de carga mayoradas para cimentación	62
Tabla 30. Parámetros y resistencia nominal a flexión y cortante	66
Tabla 31. Parámetros y resistencia nominal a flexión y cortante vigas cimentación	69
Tabla 32. Clasificación del riesgo para edificios y otras estructuras según ASCE/SEI 7-16.....	74
Tabla 33. Nivel de sismicidad según ASCE/SEI 41-17.....	75
Tabla 34. Objetivo de desempeño básico equivalente a los nuevos estándares de construcción (BPON). Tabla 2-3 del ASCE/SEI 41-17	75
Tabla 35. Consideración de efectos torsionales.....	77
Tabla 36 . Analisis de efectos P- Δ para la direccion X.....	80
Tabla 37. Análisis de efectos P- Δ para la dirección Y.....	81
Tabla 38. Fuerza pseudo-estaticas	82
Tabla 39. Distribución en altura de la pseudo-fuerza lateral en dirección X.....	83
Tabla 40. Distribución en altura de la pseudo-fuerza lateral en dirección Y.....	83



Tabla 41. Clasificación del diafragma dirección X	84
Tabla 42. Clasificación del diafragma dirección Y	84
Tabla 43. Tipos de análisis estático No Lineal en el modelo 4	89
Tabla 44. Influencia de los modos superiores en la respuesta	91
Tabla 45 . Parametros de analisis estatico No Lineal	94
Tabla 46. Rotaciones plasticas maximas en la direccion X.....	96
Tabla 47. Rotaciones plásticas máximas en la dirección Y	96
Tabla 48. Deformacion de fibras para muro C1 A8-7 en X.....	99
Tabla 49. Deformación de fibras para muro C1 8A-B en X.....	100
Tabla 50. Deformación de fibras para muro C1 B8-7 en X.....	100
Tabla 51. Deformación de fibras para muro C2 C9-7 en X.....	101
Tabla 52. Deformación de fibras para muro C2 7B-C en X.....	101
Tabla 53. Deformación de fibras para muro C2 9B-C en X.....	102
Tabla 54. Deformación de fibras para muro A7-6 en X	102
Tabla 55. Deformación de fibras para muro C1 A8-7 en Y.....	103
Tabla 56. Deformación de fibras para muro C1 8A-B en Y.....	103
Tabla 57. Deformación de fibras para muro C1 B8-7 en Y.....	104
Tabla 58. Deformación de fibras para muro A7-6 en Y	104

Lista de Figuras

Figura 1. Distribución de muros en planta tipo.....	18
Figura 2. Corte transversal de la edificación	19
Figura 3. Ubicaciones de muros a cortante.....	20
Figura 4. Vista en 3D del proyecto	23
Figura 5. Irregularidad por retrocesos en las esquinas.....	25



Figura 6. Irregularidad del diafragma	25
Figura 7. Carga viva sobre la losa de entrepiso	30
Figura 8. Espectro elástico de aceleración en función del periodo T estimado de los estudios geotécnicos	31
Figura 9. Modelo 1 Tridimensional	33
Figura 10. Diagrama de fuerza cortante (V13). Rango (-40,50) kN/m.....	42
Figura 11. Diagrama de fuerza cortante (V23). Rango (-40,50) kN/m.....	43
Figura 12. Diagrama de momentos en el eje X (M11). Rango (-40,0,10) kN-m/m ..	44
Figura 13. Diagrama de momentos en el eje Y (M22). Rango (-40, 10) kN-m/m	45
Figura 14. Diagrama de interacción entre carga axial y momento en el plano, Muro A7-6.....	58
Figura 15. Distribución e de esfuerzo sobre la cimentación (Carga de Servicio).....	63
Figura 16. Esfuerzo sobre la cimentación combinaciones con Sismo	63
Figura 17. Deformación vertical en la losa de Cimentación para combinación de servicio.....	64
Figura 18. Diagrama de momento M11. Valores en kN-m/m	65
Figura 19. Diagrama de momento M22. Valores en kN-m/m	65
Figura 20. Diagrama de fuerza cortante. Rango (0, 195) kN/m	66
Figura 21. Diagrama de momentos sobre vigas de cimentación. kN-m.....	68
Figura 22. Diagrama de fuerza cortante para vigas de cimentación.....	71
Figura 23. Clasificaciones de estructuras por tipología según ASCE/SEI 41-17.....	72
Figura 24. Esfuerzo - Deformación para concreto no confinado.....	85
Figura 25. Curva esfuerzo -deformación para el concreto confinado.....	86
Figura 26. Relación esfuerzo-deformación para acero de refuerzo	86
Figura 27. Asignación de rotula muro A7-6.....	87



Figura 28. Longitud de rotula plástica de muro. Tomado de ASCE/SEI 41-17	88
Figura 29. Respuesta No Lineal sin incluir efectos $P-\Delta$, cimentación rígida	92
Figura 30. Respuesta no lineal incluyendo efectos $P-\Delta$, cimentación rígida.....	92
Figura 31. Comparación efectos $P-\Delta$	93
Figura 32 . Curva bilineal idealizada en las direccion X	94
Figura 33. Curva bilineal idealizada en la dirección Y.....	95
Figura 34 . Niveles de desempeño (Soto Barraza & Alcocer, 2008).....	97
Figura 35. Límites de desempeño de la estructura en X y Y	98
Figura 36. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 A8-7 en X	99
Figura 37. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 8A-B en X.....	100
Figura 38. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 B8-7 en X	100
Figura 39. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 C9-7 en X	101
Figura 40. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 7B-C en X.....	101
Figura 41. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 9B-C en X.....	102
Figura 42. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en X.....	102
Figura 43. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en Y	103
Figura 44. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 8A-B en Y.....	103
Figura 45. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 B8-7 en Y	104
Figura 46. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en Y.....	104
Figura 47. Capacidad de los muros estructurales (Cortante - Desplazamiento).....	106
Figura 48. Curva Capacidad - Sentido X.....	107
Figura 49. Curva Capacidad - Sentido Y	107
Figura 50. Curva de Capacidad de la estructura - Sentido X.....	108
Figura 51. Curva de Capacidad de la estructura - Sentido Y.....	108
Figura 52. Secuencia de fluencia y falla de muros - Sentido X.....	109



Figura 53. Secuencia fluencia y falla de muros - Sentido Y.....	110
Figura 54. Curva de capacidad de muros – Sentido X.....	111
Figura 55. Curva de capacidad de muros - Sentido Y	111
Figura 56. Curva de Capacidad de la Estructura (muros unidireccionales) - Sentido X	112
Figura 57. Curva de Capacidad de la Estructura (muros unidireccionales) - Sentido Y	112
Figura 58. Secuencia fluencia y falla de muros (muros unidireccionales) – Sentido Y	113
Figura 59. Secuencia fluencia y falla de muros (muros unidireccionales) – Sentido	113
Figura 60. Curva de Capacidad considerando muros compuestos y unidireccionales – Sentido X.....	114
Figura 61. Curva de Capacidad considerando muros compuestos y unidireccionales – Sentido Y	114

Lista de Ecuaciones

EC. 1. Altura efectiva	105
EC. 2. Cortante de fluencia.....	105
EC. 3. Cortante ultimo	105
EC. 4. Desplazamiento de fluencia.....	106
EC. 5. Desplazamiento ultimo	106
EC. 6. Rotación plástica.....	106



Resumen

Título: DISEÑO ELASTICO DE UNA EDIFICACION CON SISTEMA DE MUROS DE CONCRETO REFORZADO: CASO PARTICULAR DE 10 PISOS

Autor: DAVID MAURICIO LAGUADO HERRERA

Palabras Claves: Muros de concreto reforzado, Análisis Dinámico Modal Espectral, Fuerza Horizontal Equivalente, Diseño Sismo Resistente, Rango Elástico.

Descripción: Se realizó el diseño estructural de un edificio cuyo sistema de resistencia sísmica es mediante muros de concreto reforzado y losas macizas siguiendo los lineamientos y recomendaciones establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente del 2010 (NSR-10). Las solicitaciones sísmicas se obtuvieron mediante un Análisis Dinámico Modal Espectral según la ubicación de la edificación y las características y perfil del suelo. Se desarrollaron 21 combinaciones de carga basadas en el método de resistencia teniendo en cuenta sentido y porcentaje de aplicación del sismo de diseño. Para el diseño de la losa se verificó que no superara la deflexión máxima permitida. El diseño de los muros se realizó teniendo en cuenta las cuantías mínimas a cortante y de acuerdo a las solicitaciones presentadas para cada uno se comprobó la necesidad o no de elementos de borde y, se realizó el diseño de los mismos.



Abstract

Title: ELASTIC DESIGN OF A BUILDING WITH A SYSTEM OF REINFORCED CONCRETE WALLS: PARTICULAR CASE OF 10 FLOORS

Author: DAVID MAURICIO LAGUADO HERRERA

Keywords: Reinforced concrete walls, Spectral Modal Dynamic Analysis, Equivalent Horizontal Force, Earthquake Resistant Design, Elastic Range.

Description: The structural design of a building whose seismic resistance system is concrete walls reinforced by solid slabs was carried out following the guidelines and recommendations established in the Colombian Construction Regulations for Earthquake Resistant 2010 (NSR-10). The seismic requests were obtained through a Dynamic Modal Spectral Analysis according to the location of the building and the characteristics and profile of the soil. 21 load combinations were developed based on the resistance method, taking into account the direction and percentage of application of the design earthquake. For the design of the slab, it was verified that it did not exceed the maximum allowed deflection. The design of the walls was carried out taking into account the minimum shear amounts and according to the requests presented for each one, the need or not of edge elements was verified and the design of the same was carried out.



Introducción

Actualmente en Colombia la gran mayoría de construcción vertical se desarrolla mediante muros carga o muros de cortante, ya sea para construcción con capital privado, público o mixto. Un caso de gran importancia son las Viviendas de Interés Social (VIS) y Viviendas de Interés Prioritario (VIPA) impulsadas por el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial que especifica el sistema estructural de resistencia sísmica de muros de carga o de rigidez para dichas construcciones. Este desarrollo ha sido posible en virtud a la mayor productividad, industrialización de procesos y al alto desempeño en altura, permitiendo la optimización del predio y del tiempo de ejecución del proyecto (Legis SA, 2014) teniendo en cuenta el vaciado monolítico de muros y losa, entre otros factores. Así mismo los muros de concreto brindan mayor rigidez a la estructura, evidencian un comportamiento adecuado ante sismos y poseen buena capacidad de deformación.

De acuerdo al Censo de Edificaciones (CEED) realizado por el DANE para el primer trimestre de 2020 el 31% de las edificaciones nuevas se realizan mediante sistema constructivo prefabricado industrializado (DANE, 2020), la mayor parte de este sistema industrializado se desarrolla para apartamentos y para edificaciones dedicadas al comercio.

La ciudad de San José de Cúcuta conforme lo identifica la NSR-10 en el Título A, Capítulo A.2, Artículo A.2.3.3 se encuentra dentro de una zona dentro de amenaza sísmica alta, por tal razón el sistema de resistencia sísmica de las estructuras ubicadas en estas zonas debe cumplir con los requisitos de Capacidad Especial de Disipación de energía (DES).



En el sismo de Chile en el 2010 (Mw. 8.8) algunos edificios en los muros de concreto reforzado sufrieron daños frágiles concentrados principalmente en los primeros pisos y más importante cerca de las irregularidades verticales presentes en los planos resistentes. (Jünemann, de la Llera, Hube , Cifuentes, & Kausel , 2015). En la actualidad son uno de los sistemas de resistencia sísmica más usados en Latinoamérica y su estudio para comprender su comportamiento ha aumentado progresivamente con el tiempo con el fin de evitar fallas por flexo-compresión e inestabilidad fuera del plano, daños observados en las edificaciones afectadas por el terremoto de Chile (2010).



1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Evaluar del desempeño estructural de un sistema de muros en concreto reforzado de 10 pisos

1.2. Objetivos específicos

Hacer un análisis y diseño elástico basado en los requerimientos de la NSR-10.

Realizar un análisis y diseño elástico fundamentado en los requisitos del American Concrete Institute (ACI) 318-19.

Realizar un Análisis Estático no lineal de acuerdo a los parámetros descritos en el American Society of Civil Engineers (ASCE) 41-17.

Evaluar el desempeño estructural de una edificación según los criterios de aceptación del ASCE 41-17.



2. Etapa 1: Análisis y diseño lineal

2.1. Análisis y Diseño Elástico Lineal

En esta etapa se determina las características de los materiales que componen la edificación, los tipos de cargas y el modelo matemático mediante un software de análisis estructural. Se verifican los requerimientos mencionados en la NSR-10, así mismo los desplazamientos y fuerzas internas para cada elemento del sistema de resistencia sísmica. Finalmente, se realiza el diseño de cada miembro del edificio en estudio.

2.1.1. Aspectos e información de la estructura

A continuación, se especifican la información respecto a la edificación con el fin de establecer el proceso de diseño; además de sus características principales.

2.1.2. Descripción general de la edificación

El proyecto consta de un complejo residencial en el que el residente cuente con todos los servicios a una distancia no superior a 1 km (restaurantes, gimnasios, centros de comercio, universidad y hospitales). El número de niveles es 10. El área total en planta por nivel es de 382.10 m² con la terraza de igual área, el total de área construida para la edificación es de 3821 m². La altura de los pisos entre eje de losa es de 2.55 m, la altura total de la edificación es de 25.50 m y, la altura libre del entrepiso es de 2.40 m.

2.2. Descripción del material

Todos los elementos estructurales son en concreto reforzado vaciado in situ. A continuación, se presentan las características mecánicas tenidas en cuenta para los materiales empleados.



2.2.1. Concreto no confinado

La resistencia a la compresión del concreto es de 35 MPa para los niveles 1-4 y de 28 MPa para los niveles 5-10. De acuerdo a la NSR-10 Título C, Artículo C.8.5.1 se especifica la ecuación $3900\sqrt{f'_c}$ MPa para determinar el módulo de elasticidad del concreto. La deformación máxima en compresión del concreto según la NSR-10 en el Capítulo C.10, Artículo C.10.2.3 es de $\epsilon_u = 0.003$.

2.2.2. Acero de refuerzo

Basado en la NSR-10 Título C, Capítulo C.3, Artículo C.3.5.1 el refuerzo debe ser corrugado; así mismo en el Artículo C.3.5.3.2 de la misma Norma se infiere que debe tomarse la resistencia a la fluencia del acero en 420 MPa. El módulo de elasticidad según la NSR-10 Título C, Artículo C.8.5.2 para el acero estructural es $E_s = 200\,000$ MPa.

2.3. Descripción del sistema estructural

Las principales características del sistema estructural de la edificación en estudio y los elementos que lo componen se describen a continuación:

Sistema de resistencia sísmica: Muros de carga de concreto reforzado

Sistema de resistencia para cargas verticales: Muros de carga de concreto reforzado

Tipo de losa de entrepiso: Maciza armada en dos direcciones.

Tipo de losa de cubierta: Maciza armada en dos direcciones

2.3.1. Predimensionamiento de los elementos estructurales

En la Figura 1 se muestran la distribución de los muros que hacen parte del sistema estructural, así mismo se identifican los límites de la losa.

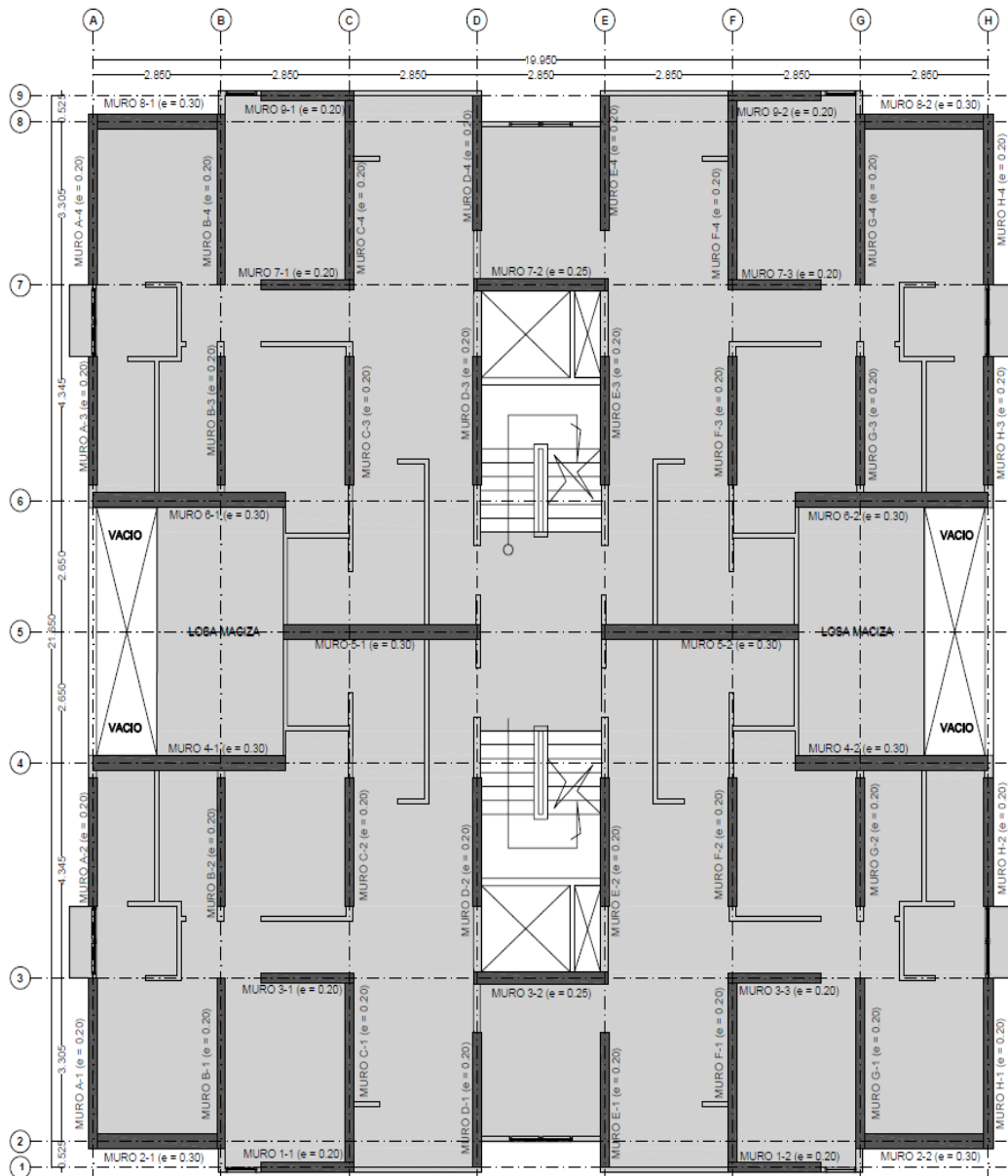


Figura 1. Distribución de muros en planta tipo

2.3.2. Losa de entrespiso y cubierta

En la Figura 2 se muestra la los límites para cada losa de entrespiso. La losa de entrespiso y de cubierta consta de losa maciza de 15 cm de espesor.

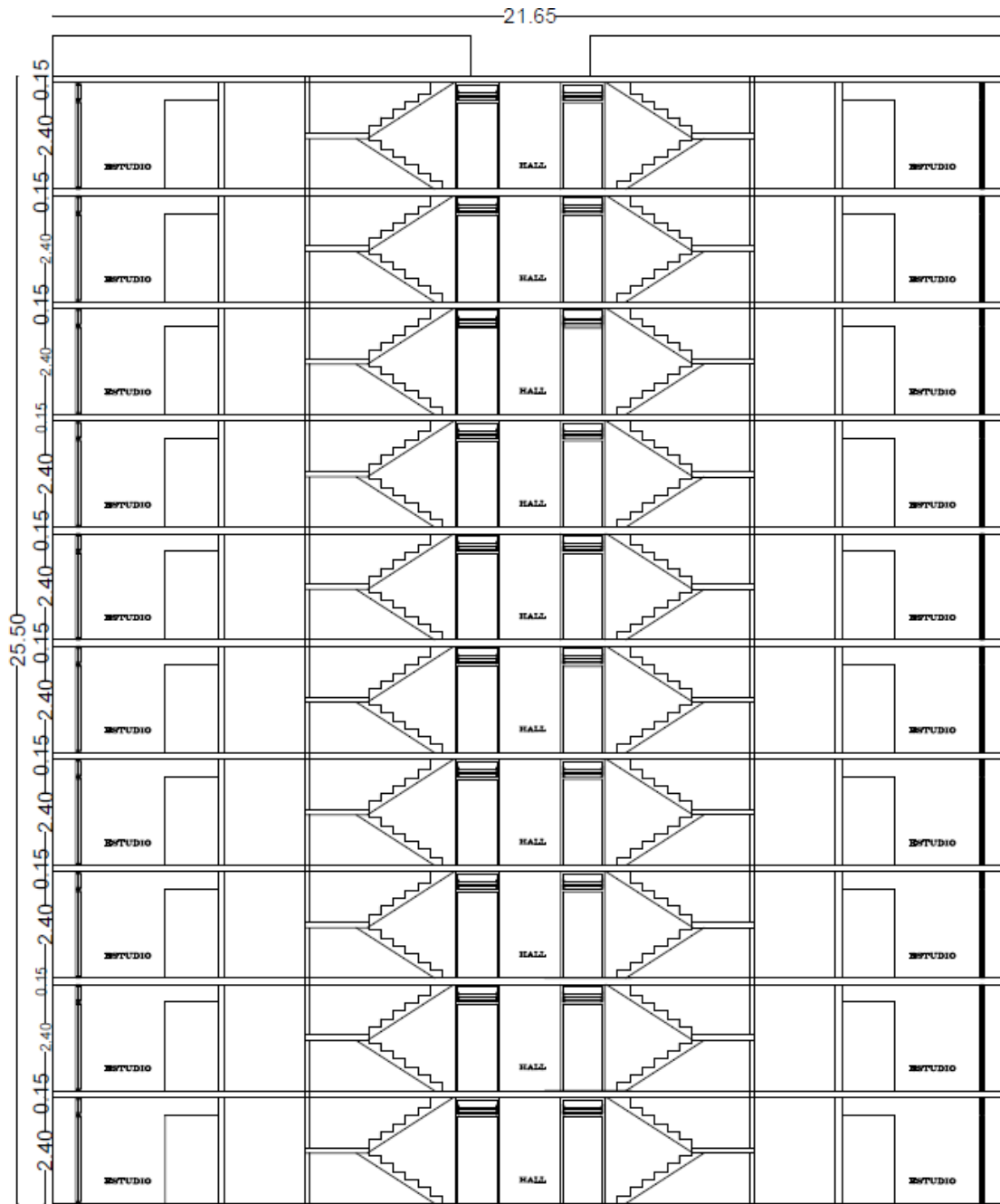


Figura 2. Corte transversal de la edificación

2.3.3. Muros del sistema estructural

Los muros se encuentran paralelos a uno de los ejes de coordenadas principales del sistema estructural; los muros que converjan en un punto serán relacionados como muros con geometría compuesta, esto es en L, C o H.

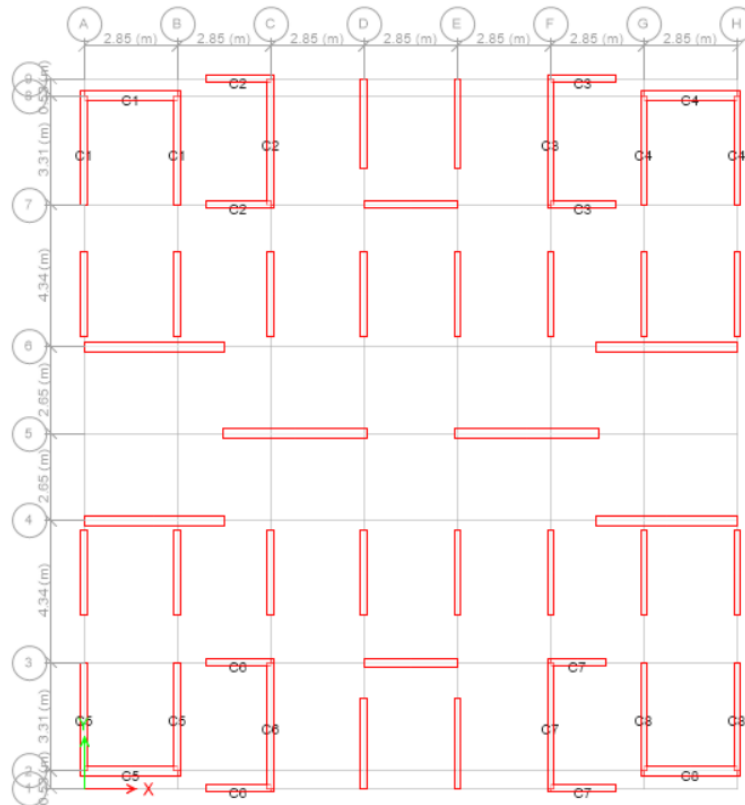


Figura 3. Ubicaciones de muros a cortante

2.3.4. Localización de la edificación

El edificio en estudio está ubicado en el área metropolitana de San José de Cúcuta. De acuerdo a la NSR-10 Título A, Capítulo A.2, Tabla A.2.3-2, situado en una zona de amenaza sísmica alta con valores de Aceleración horizontal pico efectiva $A_a = 0.35$ y de Velocidad horizontal pico efectiva $A_v = 0.30$.

2.3.5. Capacidad de disipación de energía

Según el Título A de la NSR-10 Capítulo A.3, Tabla A.3-1 refiere que el sistema de muros de carga de concreto reforzado es permitido para zonas de amenaza sísmica alta, pero con límite de altura de 50 m; este proyecto cumple con dicha especificación en altura.



2.3.6. Consideraciones de resistencia contra el fuego

Teniendo en cuenta la NSR-10 Título J, Capítulo J-1, Artículo J.1.1.1 las edificaciones deben cumplir con los requisitos mínimos de protección contra incendios correspondientes a su uso y grupo de ocupación. En la NSR-10 Título J Capítulo J-1 Tabla J.1.1-1 clasifica como subgrupo tipo R-2 a los edificios multifamiliares. Según la NSR-10 Título J, Capítulo J-3, Artículo J.3.3 la edificación pertenece a la categoría 1 es decir, a inmuebles con mayores riesgos de pérdidas de vida humanas. Teniendo lo anterior en cuenta y siguiendo los requerimientos de la NSR-10 Título J, Capítulo J-3, Tabla J.3.4-3 se requiere que losas y muros de la edificación tengan una resistencia al fuego de 2 horas. Según las limitaciones del recubrimiento para protección contra el fuego de losas de concreto reforzado establecidas en la NSR-10 Título J, Capítulo J-3, Tabla J.3.5-3 es mínimo de 20 mm, pero el agregado debe ser carbonatado, liviano o silíceo; se considera la condición de expansión no restringida del fuego. Para los muros el espesor mínimo debe ser de 120 mm correspondiente a la NSR-10, Capítulo J-3, Tabla J.3.5-2.

2.3.7. Datos del estudio geotécnico

Los datos relacionados al suelo de emplazamiento de la edificación utilizados para realizar el modelo matemático de la misma se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros geotécnicos

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
Clasificación	[-]	D	Tipo de suelo
Aa	[-]	0.35	Aceleración pico efectiva, Tabla A.2.3-2 de la NSR-10
Av	[-]	0.30	Velocidad pico efectiva, Tabla A.2.3-2 de la NSR-10
Fa	[-]	1.15	Coficiente de amplificación para la zona de periodos cortos, Tabla A.2.4-3 de la NSR-10
Fv	[-]	1.80	Coficiente de amplificación para la zona de periodos intermedios, Tabla A.2.4-4 de la NSR-10
I	[-]	1.0	Coficiente de importancia, Artículo A.2.5.1 de la NSR-10
γ	Kg/cm ³	2.70	Densidad del suelo
Ks	Kg/cm ³	0.70	Módulo de reacción del suelo
Δ	mm	32	Asentamiento elástico máximo
qa	kN/m ²	90	Capacidad portante admisible, se recomienda utilizar una losa de cimentación y cimentar a una profundidad de 1.5 m removiendo toda la capa vegetal

2.4. Análisis de irregularidades

Se verifica la existencia de irregularidades en el edificio según los criterios de la NSR-10 Título A, Capítulo A.3, Artículo A.3.3 de la NSR-10; se concluye que la edificación no presenta irregularidades en altura, en planta o por ausencia de redundancia, por lo tanto, $\phi_a=1$, $\phi_p=1$ y $\phi_r=1$.

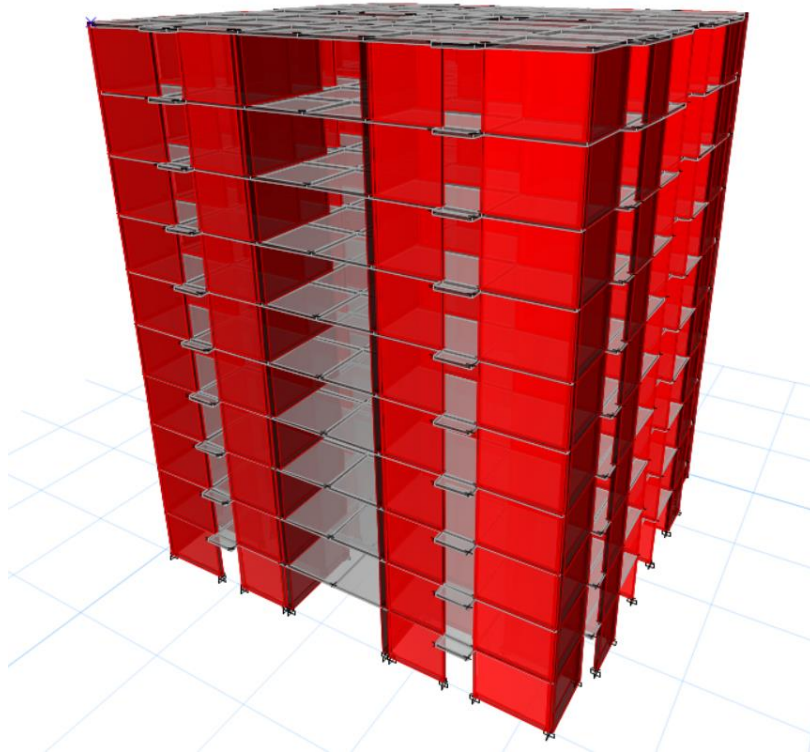


Figura 4. Vista en 3D del proyecto

2.4.1. Irregularidades en planta

Las irregularidades horizontales se definen como irregularidades en planta ($\emptyset p$). En el Anexo 1 se muestran detalladamente los cálculos para dichas irregularidades. De acuerdo al proyecto y según la geometría de los muros de resistencia sísmica se revisan las siguientes irregularidades.

2.4.1.1. Irregularidad torsional, Tipo 1aP

Para el presente caso de estudio no existe irregularidad torsional en ninguna de las direcciones principales, debido a que la máxima deriva de piso no es mayor que 1.2 veces la deriva de piso promedio en los extremos de piso de la estructura. En la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran los resultados respecto a este análisis.

Tabla 2. Irregularidad torsional: Fuerza sísmica en X

X Piso	Maximo		Promedio	Relacion
	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$(\Delta 1 + \Delta 2) / 2$	$\Delta 1 / \text{Prom}$
Piso10	16.51	16.48	16.50	<1.2; $\phi_p=1$
Piso9	16.79	16.77	16.78	<1.2; $\phi_p=1$
Piso8	17.14	17.14	17.14	<1.2; $\phi_p=1$
Piso7	17.06	17.06	17.06	<1.2; $\phi_p=1$
Piso6	16.62	16.60	16.61	<1.2; $\phi_p=1$
Piso5	15.48	15.47	15.48	<1.2; $\phi_p=1$
Piso4	13.72	13.71	13.71	<1.2; $\phi_p=1$
Piso3	11.21	11.21	11.21	<1.2; $\phi_p=1$
Piso2	7.86	7.86	7.86	<1.2; $\phi_p=1$
Piso1	3.65	3.66	3.65	<1.2; $\phi_p=1$

Tabla 3. Irregularidad ad torsional: Fuerza sísmica en Y

Y Piso	Maximo		Promedio	Relacion
	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$(\Delta 1 + \Delta 2) / 2$	$\Delta 1 / \text{Prom}$
Piso10	15.80	15.50	15.65	<1.2; $\phi_p=1$
Piso9	16.03	15.73	15.88	<1.2; $\phi_p=1$
Piso8	16.23	15.93	16.08	<1.2; $\phi_p=1$
Piso7	16.10	15.80	15.95	<1.2; $\phi_p=1$
Piso6	15.61	15.31	15.46	<1.2; $\phi_p=1$
Piso5	15.48	15.47	15.48	<1.2; $\phi_p=1$
Piso4	12.86	12.62	12.74	<1.2; $\phi_p=1$
Piso3	10.48	10.28	10.38	<1.2; $\phi_p=1$
Piso2	7.26	7.13	7.20	<1.2; $\phi_p=1$
Piso1	3.09	3.04	3.07	<1.2; $\phi_p=1$

2.4.1.2. Irregularidad torsional extrema, Tipo 1bP

Como se puede verificar en la Tabla 2 y la Tabla 3 el promedio de las derivas de los extremos por piso no excede 1.2 veces el promedio de la deriva de piso y por lo tanto no existe irregularidad torsional extrema.

2.4.1.3. Retrocesos en las esquinas, Tipo 2P

En la Figura 5 se muestran las dimensiones de la losa tipo; se evidencia la inexistencia simultanea de $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$, por lo tanto, no existe este tipo de irregularidad.

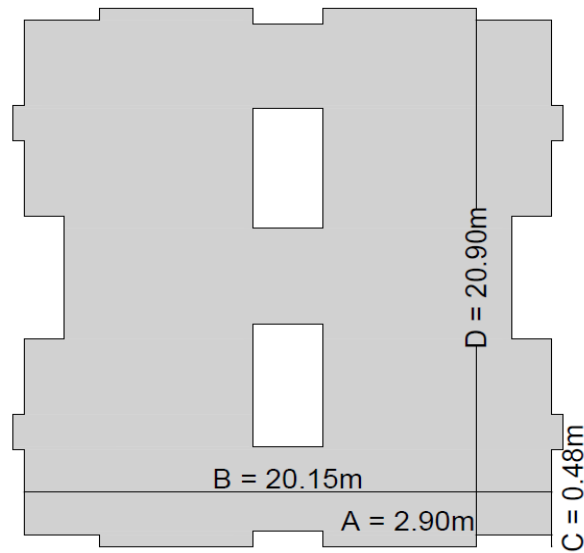


Figura 5. Irregularidad por retrocesos en las esquinas

2.4.1.4. Irregularidad del diafragma, Tipo 3P

El vacío dentro de la losa debe ser al menos del 50% para que exista dicha discontinuidad. Para el presente caso no supera esta condición, en la Figura 6 se presentan las dimensiones de la losa.

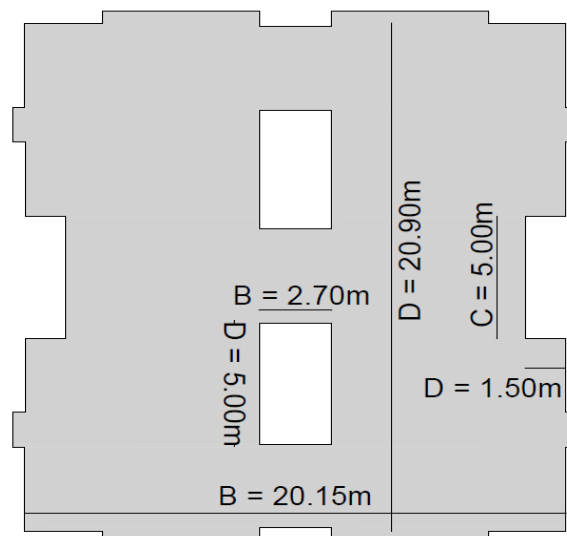


Figura 6. Irregularidad del diafragma



2.4.1.5. Desplazamientos de los planos de acción, Tipo 4P

Esta irregularidad verifica la continuidad del sistema de resistencia sísmica en la altura de la edificación, para el presente caso no presenta discontinuidad, por lo tanto, no existe esta irregularidad.

2.4.1.6. Sistemas no paralelos, Tipo 5P

La dirección de los muros de carga (sistema de resistencia sísmica) son siempre paralelos u ortogonales entre sí. No existe irregularidad por sistemas no paralelos.

2.4.2. Irregularidades en altura

Las irregularidades que presente la edificación de tipo vertical son denominadas irregularidades en altura (Øa). De acuerdo a la NSR-10, Título A, Capítulo A.3, Artículo A.3.3.5.1 si la deriva del piso es menor a 1.3 veces la deriva del piso siguiente puede considerarse que no existen irregularidades en altura de los tipos:

Piso flexible (irregularidad en rigidez), Tipo 1aA

Piso flexible (Irregularidad extrema de rigidez), Tipo 1bA

Irregularidad en la distribución de las masas, Tipo 2A

Irregularidad geométrica, Tipo 3A

Tabla 4. Relación de deriva vs deriva del piso siguiente

Piso	$\Delta i/\Delta i+1$	
	$\Delta(\text{Fza sismica en X})$	$\Delta(\text{Fza sismica en Y})$
10	N/A	N/ A
9	1.035	1.020
8	1.005	1.008
7	0.995	0.992
6	0.972	0.969
5	0.933	0.930
4	0.890	0.885
3	0.821	0.814
2	0.705	0.700
1	0.457	0.454

2.4.2.1. Desplazamiento dentro del plano de acción, Tipo 4A

Verifica la continuidad en altura del sistema de resistencia sísmica, para el presente caso no existe irregularidad por desplazamiento dentro del plano de acción.

2.4.2.2. Piso débil discontinuidad en la resistencia, Tipo 5aA y 5bA

En los pisos de la edificación no se presenta un patrón que genere menor resistencia que el piso anterior, debido a que la configuración del sistema de resistencia sísmica no tiene alteraciones en toda la altura del edificio.

2.4.2.3. Irregularidad por ausencia de redundancia

Es necesario asignar un factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia (\emptyset_r) en el sistema estructural en las dos direcciones principales. De acuerdo a la NSR-10 Título A, Capítulo A.3, Artículo A.3.3.8.2 se menciona que un sistema estructural con capacidad especial de disipación de energía (DES) se puede asignar un valor del coeficiente igual a 1, siempre que su configuración en planta sea regular.



2.4.2.4. Coeficiente de capacidad de disipación de energía

Según la NSR-10 Título A, Capítulo A.3, Tabla A.3.1, para el sistema estructural de muros de carga con capacidad especial de disipación de energía el coeficiente de capacidad de disipación de energía básico R_0 tiene un valor de 5.0 y el coeficiente de sobre resistencia Ω_0 tiene un valor de 2.5. Con los resultados del análisis de irregularidades se determina el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía $R = \phi_a * \phi_p * \phi_r * R_0 = 5.0$

2.5. Evaluación de cargas

Se describen los tipos de carga utilizados en la modelación elástica de la edificación, además se mencionan las características del tipo de combinación modal espectral usada para simular la demanda sísmica.

2.5.1. Carga muerta: Peso propio

El peso propio se refiere a las cargas muertas y se define por el peso de todos los elementos del sistema estructural. Este cálculo tiene en cuenta la geometría de cada uno de los elementos y la densidad del concreto mencionada en la NSR-10, Título B, Capítulo B.3. tabla B.3.2-1.

2.5.2. Carga viva

Esta carga se refiere a las generadas en el tipo de uso de la edificación, se utilizan las mencionadas en la NSR-10 Título B, Tabla B.4.2.1-1.

2.5.3. Carga muerta y carga viva sobrepuesta en losa

La carga muerta sobrepuesta se denominó como Dead_AD para el modelo matemático y contiene todo el peso muerto adicional para la losa, en la Tabla 5 se detallan dichas cargas. En la Tabla 6 se mencionan las cargas utilizadas para el diseño



elástico de la edificación; estas cargas se colocan uniformemente distribuidas en toda el área de la losa de entrepiso. En el caso de la carga viva se establecen los valores de acuerdo a la NSR-10 Capítulo B.4 Tabla B.2.4.1-1 para los cuartos privados y balcones diferente para los balcones.

Tabla 5. Detallado de cargas muertas

Descripción	Unid	Cant	Evaluación de cargas
Losa maciza	kN/m ²	3.60	$h_{losa} * g_{concreto}$
Piso acabado en cerámica	kN/m ²	0.22	$0.009 * g_{ceramica}$
Mortero de pega	kN/m ²	0.11	$0.005 * g_{mortero}$
Mortero de nivelación	kN/m ²	1.05	$0.05 * g_{mortero}$
Acabado inferior	kN/m ²	0.25	Tabla B.3.4.1-1 “Pañete en yeso o concreto”
Particiones	kN/m ²	3.00	Tabla B.3.4.3-1 “Fachada y particiones”
Carga muerta total	kN/m ²	8.23	Carga muerta sobre impuesta = 4.60

Tabla 6. Cargas uniformes sobre las losas de entrepiso

Descripción	Apartamentos	Balcones	Escaleras
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Dead_AD	4.60	4.60	4.60
Live	1.80	5.00	3.00

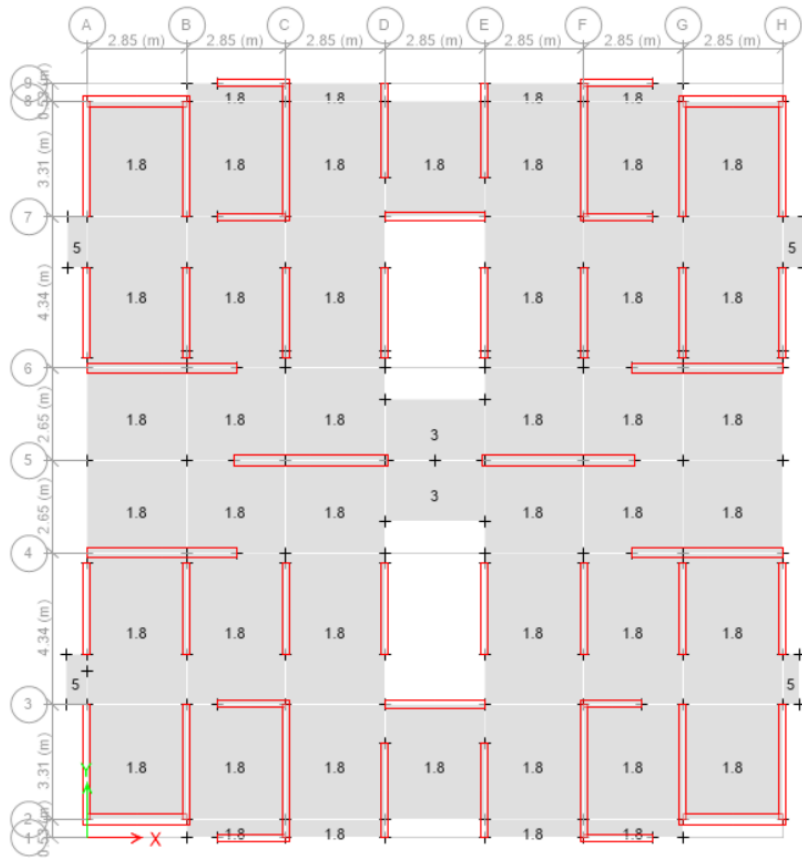


Figura 7. Carga viva sobre la losa de entrepiso

2.6. Fuerzas sísmicas de diseño

2.6.1. Espectro elástico de aceleración

En la Figura 8 se muestra el espectro elástico de aceleración calculado de acuerdo a las características del estudio geotécnico descrito en la sección 2.3.7 del presente documento. El desarrollo de este se hizo siguiendo la metodología expuesta en el Título A, Capítulo A.2, Artículo A.2.6 de la NSR-10.

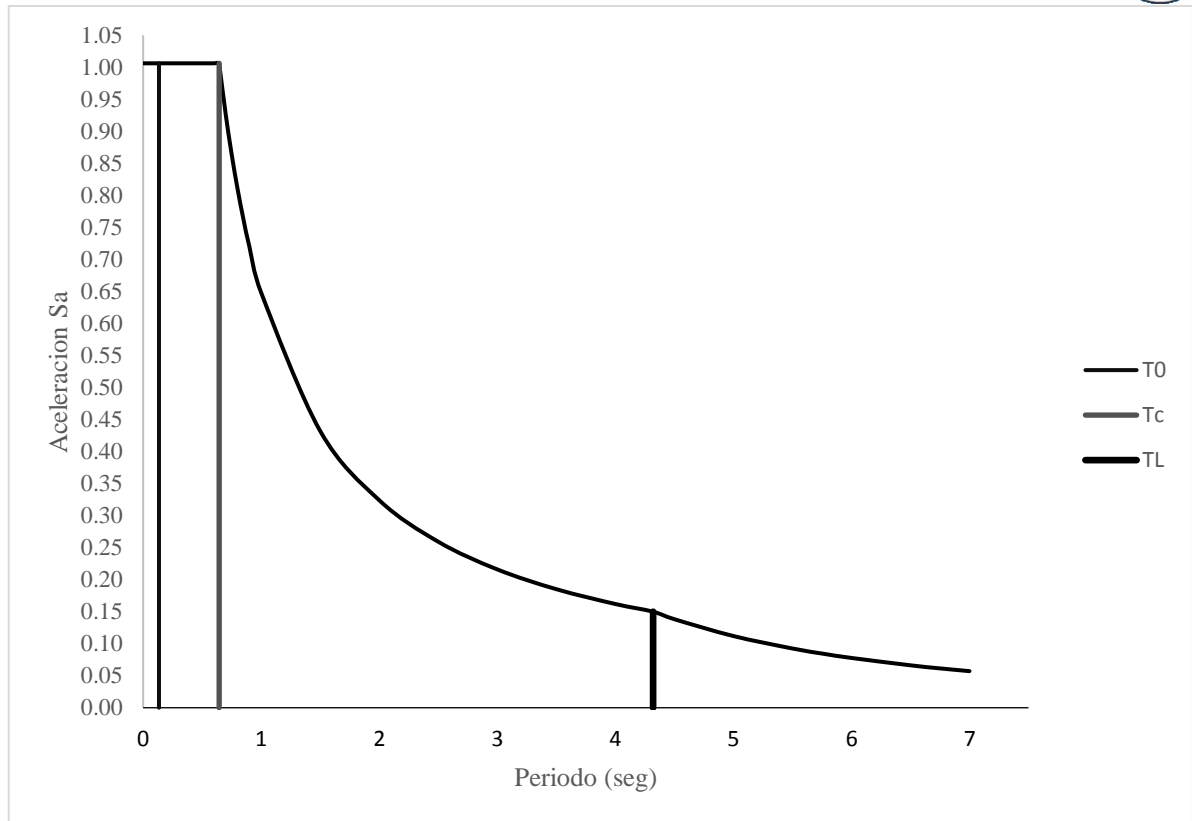


Figura 8. Espectro elástico de aceleración en función del periodo T estimado de los estudios geotécnicos

2.6.2. Cálculo de la masa

La masa de cada piso se calculó conforme a la definición del Capítulo A.3 de la NSR-10, teniendo en cuenta que toda la carga muerta adicional al peso propio se considera una fuente de masa. En la Tabla 7 se describe el peso aproximado de la estructura teniendo en cuenta el peso propio y carga sobre impuesta.

Tabla 7. Masa de la edificación

Elemento	Peso
Unid	kN
Estructura	53693.04

2.6.3. Cálculo de la fuerza horizontal equivalente

En la Tabla 8 se presentan los datos empleados para el cálculo de la fuerza horizontal equivalente, considerando los requisitos mencionados en los Capítulos A.2 y A.4 de la NSR-10.

Tabla 8. Datos cálculo de la Fuerza Horizontal Equivalente

Zona de amenaza sísmica	Alta
Aa (NSR-10 Tabla A.2.3-2)	0.35
Av (NSR-10 Tabla A.2.3-2)	0.30
Fa (NSR-10 Tabla A.2.4-3)	1.15
Fv (NSR-10 Tabla A.2.4-4)	1.80
I (NSR-10 A.2.5)	1
Ct (NSR-10 Tabla A.4.2-1)	0.049
α (NSR-10 Tabla A.4.2-1)	0.75
h (m)	25.50
Masa (kN)	53693.04
Cu (NSR-10 Tabla A.4.2.1)	1.2

Tabla 9. Calculo Fuerza Horizontal Equivalente

Análisis	Unid	X	Y
		Dirección	
Tmodal	Seg	0.56	0.543
Cu*Ta (NSR-10 A.4.2.2)	Seg	0.667	0.667
K (NSR-10 A.4.3.2)	[-]	1.08	1.08
Min (Cu*Ta, Tmodal) (NSR-10 A.4.2.1)	Seg	0.56	0.543
Sa (NSR-10 Tabla A.2.6)	[-]	1.01	1.01
Vs FHE (NSR-10 A.4.3.2)	kN	53962.53	53962.53

2.7. Análisis

2.7.1. Descripción del modelo

A continuación, se definen los modelos matemáticos utilizados en la etapa de análisis.

2.7.1.1. Modelo 1

Este modelo se realizó para análisis modal, análisis de desplazamientos y cálculo de fuerzas de diseño para muros estructurales tridimensionales. La geometría del modelo se definió a partir de los planos estructurales y los límites de la losa de entrepiso mostrados en la sección 2.1.2.

En la modelación los muros estructurales con intersecciones se dibujaron con formas rectangulares independientes, además se asignó un Pier para muro teniendo en cuenta su ubicación. Los muros estructurales se simularon como elementos tipo Shell teniendo en cuenta la sección bruta no fisurada para los muros en el plano, y para muros fuera del plano la sección se fisuro al $0.70I_g$ como recomendación presentada por (Mohele, 2015). La losa de entrepiso se modelo con elementos tipo Shell, considerando diafragma rígido en cada nivel asignando estas propiedades a los elementos que simulan la losa. Por último, se consideraron los apoyos en la base como rígidos.

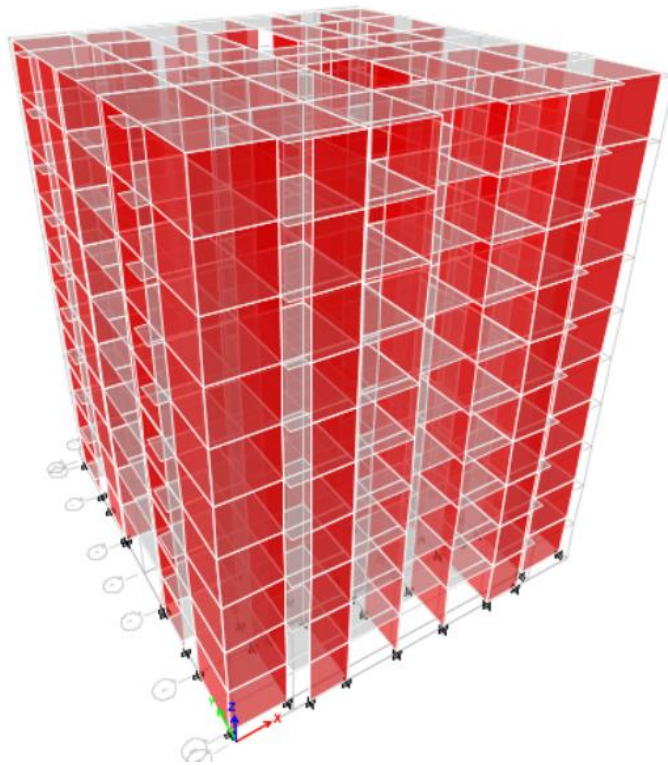


Figura 9. Modelo 1 Tridimensional



2.7.1.2. Modelo 2

Este modelo se utilizó para determinar las fuerzas de diseño de las losas de entrepiso. Las propiedades geométricas y de los apoyos son similares a las del modelo 1; solo que corresponde a un solo nivel enfocándose principalmente en los esfuerzos debido a las cargas verticales actuantes sobre ella. El diseño de la losa se realizó por el método de la resistencia última y según los resultados obtenidos de los modelos realizados con el software ETABS® 2015 que permite una aproximación más cercana a la realidad mediante un análisis por elementos finitos. El tamaño del enmallado se establece de 0.25X0.25 mt.

2.7.1.3. Modelo 3

Este modelo se desarrolló para el diseño de la cimentación. La geometría y las propiedades del modelo 3 son semejantes a las del modelo 1. El modelamiento y diseño se realizó mediante el uso del software SAFE® con datos tomados del programa ETABS® obteniendo los diagramas que se presentan en la Figura 13 a la Figura 20.

2.7.2. Fuerzas sísmicas: Análisis dinámico elástico espectral

Las fuerzas sísmicas se calcularon según el Título A, Capítulo A.5 de la NSR-10 usando el método de Combinación Modal Espectral, tomando para cada modo de vibración los valores de las variables de análisis, y se combinaron usando CQC (Complete Quadratic Combination).

Se define un caso de carga para cada dirección del sistema de resistencia sísmica; Deriva X y Deriva Y, cada una representa el efecto de la fuerza sísmica aplicada en cada dirección respectivamente. Se emplea el espectro elástico definido en la Figura 8. En la NSR-10 Capítulo A.5, Artículo A.5.4.5 menciona que para estructuras regulares



debe hacer un ajuste del corte en la base si no es igual al 90% en comparación con el resultado obtenido por FHE.

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos del cortante basal en cada nivel y el factor de ajuste utilizado para alcanzar el 90% del cortante sísmico en la base por FHE.

Tabla 10. Fuerzas sísmicas por el método de combinación modal espectral

Direccion	X	Y
Unid	[-]	[-]
Vs Dinamico	37474.92	37317.27
Tipo de estructura	Regular	Regular
Ajuste Vs (min 90%)	1.296	1.301
Cortante de piso		
Piso	Direccion X	Direccion Y
Unid	kN	kN
10	7745.48	7728.36
9	17368.49	17433.79
8	24987.00	25081.40
7	31209.05	31264.26
6	36303.43	36361.32
5	40440.93	40499.13
4	43728.61	43749.25
3	46157.06	46191.18
2	47752.32	47791.48
1	48496.98	48487.11

2.8. Resultados del Análisis

2.8.1. Análisis Modal Espectral

Conforme el Título A, Artículo A.5.4.2 de la NSR-10 se deben incluir en el análisis todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta dinámica de la estructura, teniendo en cuenta que cumplan con el 90% de la masa participante de la estructura. Para el presente caso se incluyen 12 modos de vibración, aunque en los primero 7 se obtiene una participación del 92% de la masa.

Tabla 11. Resultados Análisis modal – Modo de vibración

Modo	Periodo	X	Y	Rot Z
Unid	Seg	%	%	%
1	0.56	66.55%	0.06%	0.02%
2	0.543	66.61%	66.32%	0.04%
3	0.495	66.63%	66.34%	66.54%
4	0.122	85.52%	66.35%	66.55%
5	0.115	85.53%	85.51%	66.55%
6	0.109	85.54%	85.52%	85.66%
7	0.054	91.98%	85.52%	85.67%
8	0.05	91.99%	91.95%	85.69%
9	0.049	91.99%	91.97%	91.87%
10	0.039	91.99%	91.97%	91.89%
11	0.037	91.99%	91.97%	91.90%
12	0.034	95.14%	91.97%	91.91%

2.8.1.1. Desplazamiento máximo de piso

Los desplazamientos máximos por piso se presentan en la Tabla 12 para los casos de combinación modal espectral incluyendo las coordenadas en planta del nodo en que se midió el desplazamiento máximo así mismo, el desplazamiento ortogonal correspondiente. La combinación para los modos de vibración utilizada fue CQC (Complete Quadratic Combination).

Tabla 12. Desplazamiento máximo de piso: Fuerzas sísmicas en cada dirección

Piso	Ubicacion nodo		Deriva X		Deriva Y	
Unid	X	Y	Dx1	Dy1	Dx2	Dy2
10	10.00	10.83	150.38	2.01	1.93	141.99
9	9.99	10.83	132.04	1.75	1.70	124.52
8	9.99	10.83	113.36	1.45	1.46	106.53
7	9.99	10.83	94.45	1.21	1.21	88.55
6	9.99	10.83	75.63	0.97	0.97	70.71
5	9.99	10.83	57.39	0.76	0.74	53.56
4	9.99	10.83	40.30	0.53	0.52	37.49
3	9.99	10.83	25.08	0.33	0.32	23.24
2	9.99	10.83	12.61	0.17	0.16	11.59
1	9.93	10.80	3.92	0.05	0.05	3.43

2.8.1.2. Análisis de la deriva

Se verifico que el modelo realizado cumpliera con los límites de la deriva establecido en la NSR-10 Capitulo A.6, Artículo A.6.4. Se evidencia que la dirección en Y es más rígida que la dirección en X, esto debido a la densidad de muros en dicha dirección.

En la Tabla 13 se indican los resultados máximos de la deriva, con lo que se verifica que en ningún caso esta supera al 1% de la altura total de piso.

Tabla 13. Análisis de deriva. Fuerzas sísmicas por combinación modal espectral

Deriva total maxima de piso		
Piso	Δx	Δy
Unid	%	%
10	0.72%	0.68%
9	0.73%	0.71%
8	0.74%	0.71%
7	0.74%	0.70%
6	0.72%	0.67%
5	0.67%	0.63%
4	0.60%	0.56%
3	0.49%	0.46%
2	0.34%	0.32%
1	0.15%	0.13%

2.9. Diseño

2.9.1. Combinaciones de diseño

Conforme el Capitulo A.3, Tabla A.3-1 de la NSR-10, para un sistema estructural de muros de carga con capacidad especial de disipación de energía (DES) se especifican los siguientes valores: $R_0 = 5$ y $\Omega = 2.5$. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el análisis de irregularidades se define el coeficiente de capacidad de disipación de energía a usar en el diseño $R = 5.0$.

En el diseño de los elementos estructurales se usaron fuerzas obtenidas de las combinaciones de carga en la NSR-10 Titulo B, Capitulo B.2 para el método de



resistencia; se incluyen los casos de carga de sismo afectado por el factor R

(capacidad de disipación de energía) para cada dirección principal (Ex y Ey). En la

Tabla 14 se presentan las combinaciones utilizadas.

Tabla 14. Combinaciones de carga mayoradas: Método de la resistencia

COMBOS	Dead	Dead_Ad	Live	Ex	Ey
Comb1=0.9D	0.9	0.9	0	0	0
Comb2= 1.0D + 1.0L	1	1	1	0	0
Comb3= 1.2D + 1.0L	1.2	1.2	1	0	0
Comb4= 1.4D	1.4	1.4	0	0	0
Comb5= 1.2D + 1.6L	1.2	1.2	1.6		
Comb6= 1.2D + 1.0L + 1.0Ex + 0.3 Ey	1.2	1.2	1	1	0.3
Comb7= 1.2D + 1.0L + 1.0Ex - 0.3 Ey	1.2	1.2	1	1	-0.3
Comb8= 1.2D + 1.0L - 1.0Ex + 0.3Ey	1.2	1.2	1	-1	0.3
Comb9= 1.2D + 1.0L -1.0Ex - 0.3Ey	1.2	1.2	1	-1	-0.3
Comb10= 1.2D + 1.0L + 0.3Ex + 1.0Ey	1.2	1.2	1	0.3	1
Comb11= 1.2D + 1.0L + 0.3Ex - 1.0Ey	1.2	1.2	1	0.3	-1
Comb12= 1.2D + 1.0L - 0.3Ex + 1.0Ey	1.2	1.2	1	-0.3	1
Comb13= 1.2D + 1.0L - 0.3Ex - 1.0Ey	1.2	1.2	1	-0.3	-1
Comb14= 0.9D + 1.0L + 1.0Ex + 0.3 Ey	0.9	0.9	1	1	0.3
Comb15= 0.9D + 1.0L + 1.0Ex - 0.3 Ey	0.9	0.9	1	1	-0.3
Comb16= 0.9D + 1.0L - 1.0Ex + 0.3 Ey	0.9	0.9	1	-1	-0.3
Comb17= 0.9D + 1.0L - 1.0Ex - 0.3Ey	0.9	0.9	1	-1	-0.3
Comb18= 0.9D + 1.0L + 0.3Ex + 1.0Ey	0.9	0.9	1	0.3	1
Comb19= 0.9D + 1.0L + 0.3Ex - 1.0Ey	0.9	0.9	1	0.3	-1
Comb20= 0.9D + 1.0L - 0.3Ex + 1.0Ey	0.9	0.9	1	-0.3	1
Comb21= 0.9D + 1.0L - 0.3Ex - 1.0Ey	0.9	0.9	1	-0.3	-1

2.9.1.1. Reacciones en la base

En la Tabla 15 se evidencian los resultados obtenidos de cargas que la estructura transmitirá al suelo para cada una de las combinaciones de diseño.



Tabla 15. Reacciones en la base para combinaciones de carga mayoradas

COMBOS	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Unid	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Dead	0	0	35456	384267	-353434	0
Live	0	0	7361	79752	-73406	0
Dead_AD	0	0	18237	197541	-181899	0
FHE_X	-53963	0	0	0	-950986	584725
FHE_Y	0	-53963	0	950986	0	-538023
ADME_X Max	48568	644	0	11390	872142	522659
ADME_Y Max	646	48550	0	873331	11426	491209
Ex Max	9714	129	0	2278	174428	104532
Ey Max	129	9710	0	174666	2285	98242
Comb1=0.9D+0.9Da	0	0	48324	523627	-481800	0
Comb2=D+Da+L	0	0	61054	661560	-608739	0
Comb3=1.2D+1.2Da+L	0	0	71792	777921	-715806	0
Comb4=1.4D+1.4Da	0	0	75170	814531	-749467	0
Comb5=1.2D+1.2Da+1.6L	0	0	76209	825772	-759849	0
Comb6=1.2D+1.2Da+L+Ex+0.3Ey Max	9752	3042	71792	832599	-540692	134004
Comb6=1.2D+1.2Da+L+Ex+0.3Ey Min	-9752	-3042	71792	723243	-890920	-134004
Comb7=1.2D+1.2Da+L+Ex-0.3Ey Max	9752	3042	71792	832599	-540692	134004
Comb7=1.2D+1.2Da+L+Ex-0.3Ey Min	-9752	-3042	71792	723243	-890920	-134004
Comb8=1.2D+1.2Da+L-Ex+0.3Ey Max	9752	3042	71792	832599	-540692	134004
Comb8=1.2D+1.2Da+L-Ex+0.3Ey Min	-9752	-3042	71792	723243	-890920	-134004
Comb9=1.2D+1.2Da+L-Ex-0.3Ey Max	9752	3042	71792	832599	-540692	134004
Comb9=1.2D+1.2Da+L-Ex-0.3Ey Min	-9752	-3042	71792	723243	-890920	-134004
Comb10=1.2D+1.2Da+L+0.3Ex+Ey Max	3043	9749	71792	953271	-661192	129601
Comb10=1.2D+1.2Da+L+0.3Ex+Ey Min	-3043	-9749	71792	602572	-770419	-129601
Comb11=1.2D+1.2Da+L+0.3Ex-Ey Max	3043	9749	71792	953271	-661192	129601
Comb11=1.2D+1.2Da+L+0.3Ex-Ey Min	-3043	-9749	71792	602572	-770419	-129601
Comb12=1.2D+1.2Da+L-0.3Ex+Ey Max	3043	9749	71792	953271	-661192	129601
Comb12=1.2D+1.2Da+L-0.3Ex+Ey Min	-3043	-9749	71792	602572	-770419	-129601
Comb13=1.2D+1.2Da+L-0.3Ex-Ey Max	3043	9749	71792	953271	-661192	129601
Comb13=1.2D+1.2Da+L-0.3Ex-Ey Min	-3043	-9749	71792	602572	-770419	-129601
Comb14=0.9D+0.9Da+Ex+0.3Ey Max	9752	3042	48324	578305	-306686	134004
Comb14=0.9D+0.9Da+Ex+0.3Ey Min	-9752	-3042	48324	468949	-656914	-134004
Comb15=0.9D+0.9Da+Ex-0.3Ey Max	9752	3042	48324	578305	-306686	134004
Comb15=0.9D+0.9Da+Ex-0.3Ey Min	-9752	-3042	48324	468949	-656914	-134004
Comb16=0.9D+0.9Da-Ex+0.3Ey Max	9752	3042	48324	578305	-306686	134004
Comb16=0.9D+0.9Da-Ex+0.3Ey Min	-9752	-3042	48324	468949	-656914	-134004
Comb17=0.9D+0.9Da-Ex-0.3Ey Max	9752	3042	48324	578305	-306686	134004
Comb17=0.9D+0.9Da-Ex-0.3Ey Min	-9752	-3042	48324	468949	-656914	-134004
Comb18=0.9D+0.9Da+0.3Ex+Ey Max	3043	9749	48324	698977	-427186	129601
Comb18=0.9D+0.9Da+0.3Ex+Ey Min	-3043	-9749	48324	348277	-536414	-129601
Comb19=0.9D+0.9Da+0.3Ex-Ey Max	3043	9749	48324	698977	-427186	129601
Comb19=0.9D+0.9Da+0.3Ex-Ey Min	-3043	-9749	48324	348277	-536414	-129601
Comb20=0.9D+0.9Da-0.3Ex+Ey Max	3043	9749	48324	698977	-427186	129601
Comb20=0.9D+0.9Da-0.3Ex+Ey Min	-3043	-9749	48324	348277	-536414	-129601
Comb21=0.9D+0.9Da-0.3Ex-Ey Max	3043	9749	48324	698977	-427186	129601
Comb21=0.9D+0.9Da-0.3Ex-Ey Min	-3043	-9749	48324	348277	-536414	-129601



2.9.2. Diseño de losa de entrecimpo

Se definen las características y procedimientos realizados para el diseño de la losa de entrecimpo.

2.9.2.1. Generalidades

El concreto para la losa será tendrá una resistencia de 28 MPa como mínimo. Se considera acero de refuerzo corrugado con resistencia a la fluencia de $F_y = 420$ MPa. La losa se diseñará utilizando el método de la resistencia y de acuerdo a los resultados obtenidos del modelo realizado en el software Etabs[®], puesto que permite una mejor aproximación a las cargas en los elementos tanto estructurales como no. El comportamiento se revisa basado en los resultados del análisis del modelo 2.

2.9.2.2. Recubrimiento del refuerzo

Teniendo en cuenta los requisitos mencionados en el Título C, Capítulo C.7 de la NSR-10. La losa de entrecimpo no estará expuesta a la intemperie, por lo tanto, el recubrimiento será de mínimo 20 mm.

2.9.2.3. Espesor de losa: Cálculo de deflexiones

Para el cálculo del espesor mínimo de la losa se utiliza la deflexión inmediata causadas por las cargas vivas y las cargas permanentes sobre la losa. En la Tabla 16 se presentan los datos utilizados. Los cálculos se realizan por metro lineal de losa teniendo en cuenta que en la NSR-10, Título C, Artículo C.7.12.2.1 menciona que la cuantía mínima para losa es de $\rho = 0.0018$; el ancho de $b = 1000$ mm, $d = 130$ mm, $A_s = 234$ mm². Teniendo en cuenta barras #3 con área de 71 mm², se utilizarán 1 barra separadas cada 0.25 mt.

Tabla 16. Revisión de deflexiones en losa de entrepiso

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
E	m	0.15	Espesor losa
L	m	5.30	Luz
r'	mm	20	Recubrimiento
As+	[-]	4 φ #3 c/0.25m	Refuerzo superior en losa
Δ inmediata*	mm	2.37	Deflexión carga viva
Δ inmediata**	mm	4.73	Deflexión carga muerta
ξ	[-]	2.0	Artículo C.9.5.2.5, NSR-10
ρ'	[-]	0.0018	Artículo C.7.12.2, NSR-10
λ _Δ	[-]	1.83	Artículo C.9.5.2.5, NSR-10
Δ Total***	mm	11.02	Deflexión calculada
Δ Limite	mm	L/480=11.04	NSR-10, Tabla C.9.5(b)

*Deflexión inmediata debida a cargas vivas

**Deflexión inmediata causada por la carga permanente

***Deflexión total, 5 años o más para cargas sostenidas

2.9.2.4. Diseño de losa por cargas gravitacionales

Su diseño se basa en los datos obtenidos a través del modelo 2 correspondientes al cortante y flexión siguiendo lo mencionado en la NSR-10, Capítulo C.11.

2.9.2.5. Diseño de losa de entrepiso para fuerzas cortantes

Para el diseño se revisa que el cortante en la losa para las combinaciones de cargas no supere $V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$ de acuerdo a la NSR-10, Título C, Capítulo C.11, Artículo C.11.2.1.1 para cada parte de la losa, esto es porque el análisis se realizó por metro de ancho de losa. La combinación de carga que generó mayores solicitaciones gravitacionales es el Combo5=1.2D+1.2Da+1.6L. En la Tabla 17 se muestran los valores de resistencia reducida a cortante y flexión. En la Figura 10 y Figura 11 se muestran los resultados de cortante V13 y V23 mostrado en la Tabla 17.

Tabla 17. Parámetros de diseño de la losa de entrespiso

Parametros	Unidades	Valores	Descripcion
E	m	0.15	Espesor de losa
f'c	Mpa	28	Resistencia del concreto
fy	MPa	420	Fluencia del acero
Recubrimiento	mm	20	Recubrimiento de la losa
ρ^+	[-]	0.002185	Cuantia superior
As-	mm ²	284.1	Area de acero inferior
ϕM_n^+	kN-m/m	15.21	Momento resistente inferior
Refuerzo superior	[-]	1 ϕ #3 c/0.25m	Refuerzo superior en losa
Refuerzo inferior	[-]	1 ϕ #3 c/0.25m	Refuerzo inferior en losa
ϕV_c	kN/m	116.94	Resistencia a cortante de la seccion

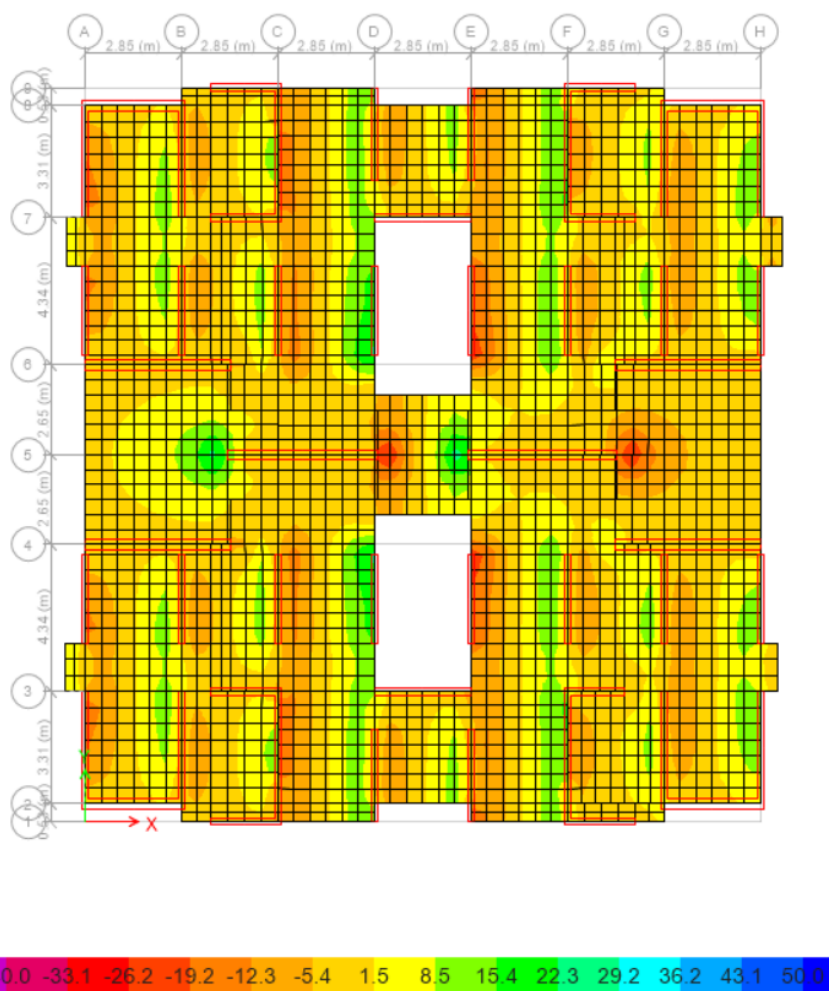


Figura 10. Diagrama de fuerza cortante (V13). Rango (-40,50) kN/m

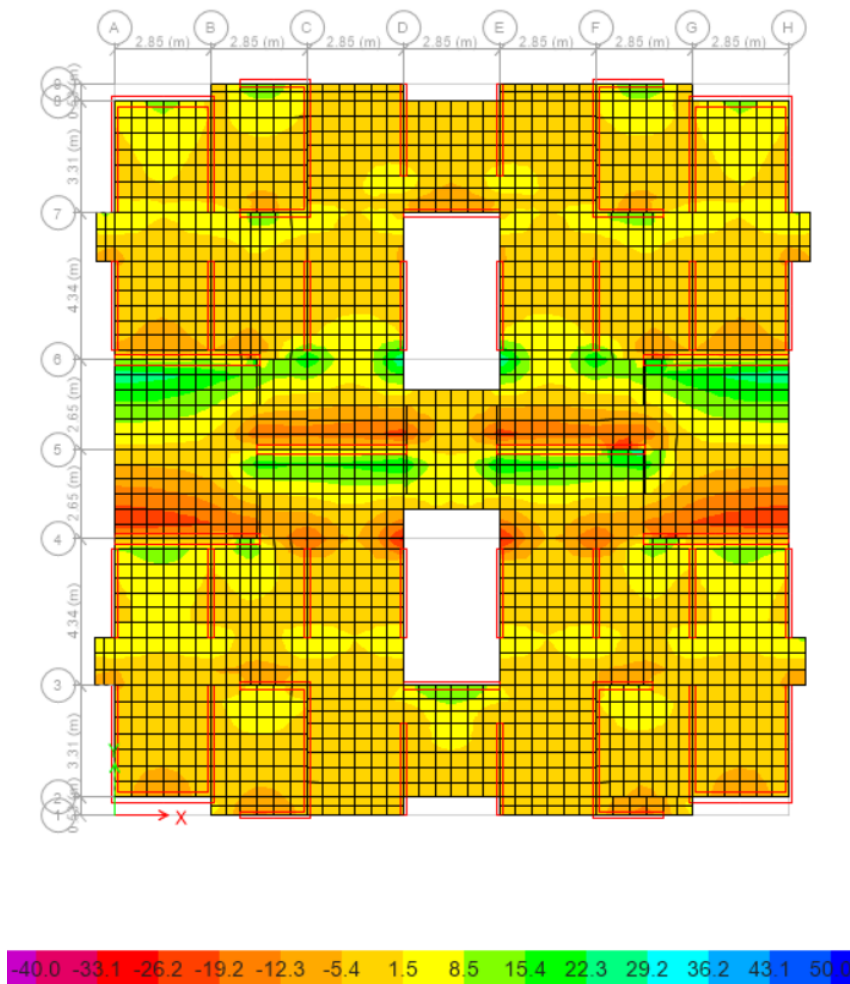


Figura 11. Diagrama de fuerza cortante (V23). Rango (-40,50) kN/m

2.9.2.6. Diseño de losa a flexión

En la Tabla 17 se muestran las cantidades de refuerzo para la losa de entrepiso siendo superior a la cuantía mínima mencionada en la NSR-10 C.7.12.2.1. En este cálculo se tiene en cuenta la cantidad de acero necesaria arrojada por el software Etabs mediante la creación de Strips a lo largo de los ejes principales, estos elementos toman áreas equivalentes para la losa obteniendo los siguientes resultados: $\rho=0.002304$, $A_s=299.57$ mm², utilizando barras #3 se necesitarán separadas $c/0.20$ mts. El refuerzo calculado se ubicará a lo largo de la losa de entrepiso en la capa superior e inferior, en algunos lugares se usarán barras adicionales para suplir la capacidad a momento.

En los diagramas de momento Figura 12 y Figura 13 se muestran que en solo algunos lugares es necesario variar la separación del refuerzo por flexión. En los diagramas se evidencia momentos del orden de los 35 kN-m/m, principalmente en los ejes 4 y 6 intersecados con los ejes A y H siendo necesario adicionar refuerzo en la dirección X, este tipo de refuerzo se hará en la parte superior de la losa.

En el diseño de la losa de entepiso se evidencia

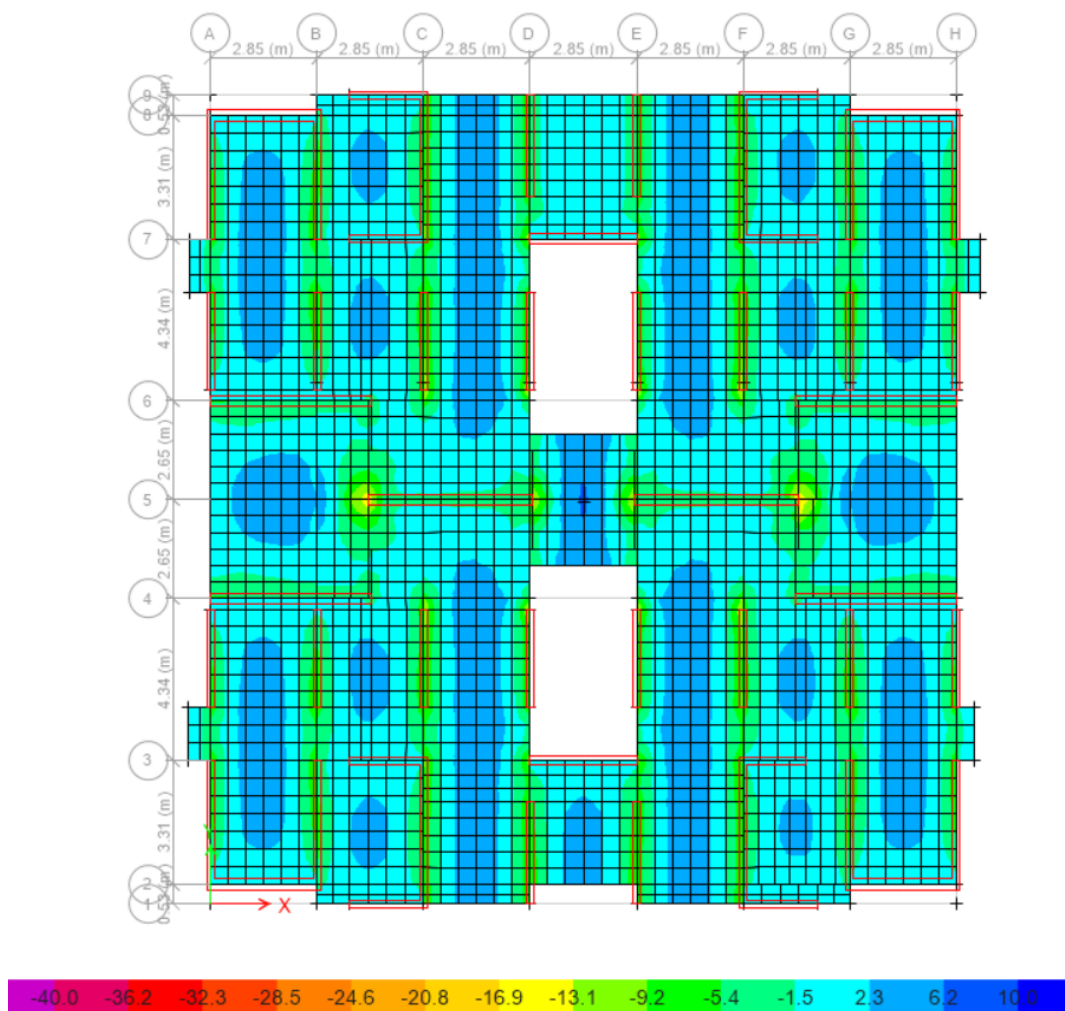


Figura 12. Diagrama de momentos en el eje X (M_{11}). Rango (-40,0,10) kN-m/m

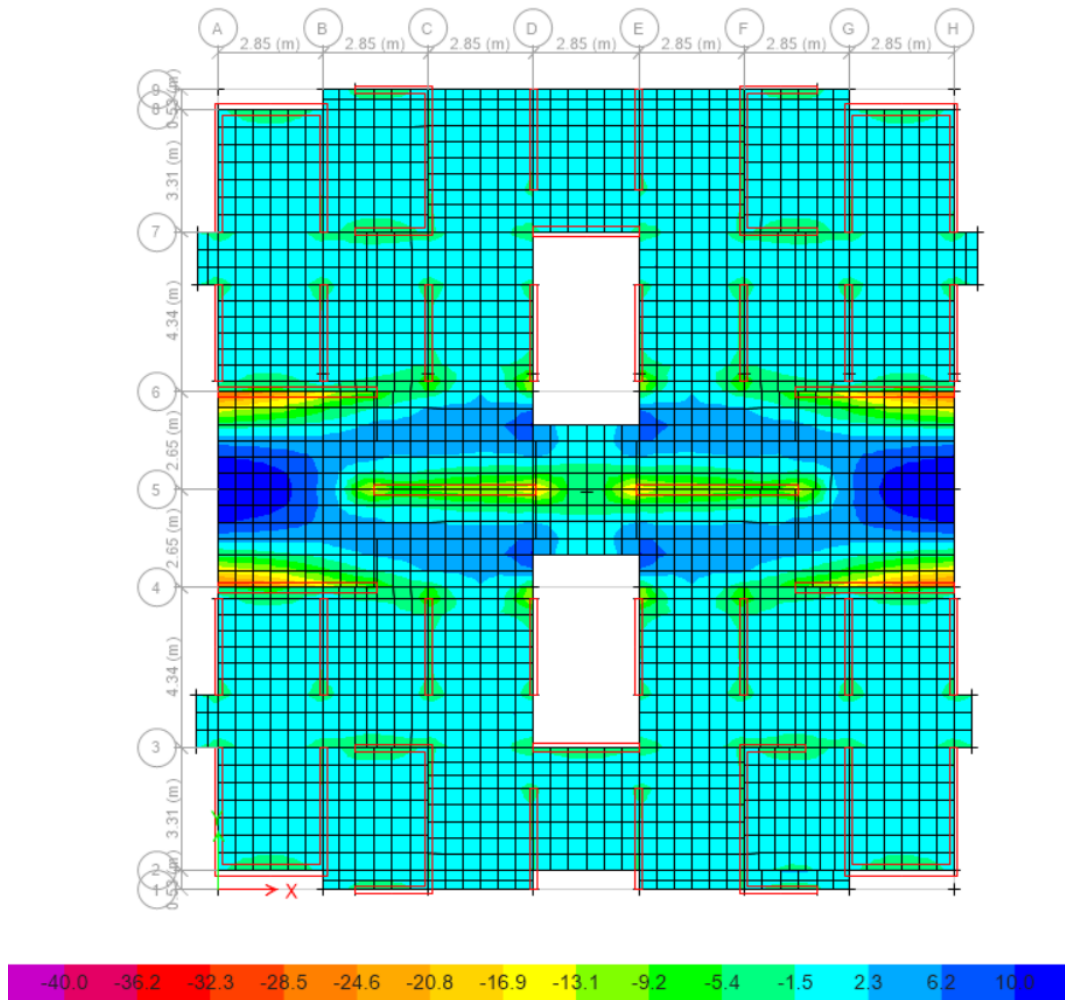


Figura 13. Diagrama de momentos en el eje Y (M_{22}). Rango (-40, 10) kN-m/m

Por lo tanto, el refuerzo de la losa de entrepiso quedara distribuido de la siguiente manera: Varillas #4 separadas cada 0.25 mts arriba y abajo para toda la losa, en los ejes A y H intersecado con los ejes 4 y 6 y en dirección Y se reforzaran con 2 varillas #4 arriba adicionales a las antes propuestas.

Se verifico de acuerdo a la NSR-10, Titulo C, Artículo C.10.5.1 que la cantidad de acero solicitado en el diseño a flexión de la losa sea $A_s, min = \frac{0.25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} b_w d$ pero no menor que $\frac{1.4 b_w d}{f_y}$.



2.9.3. Diseño de muros estructurales

Los muros estructurales son los principales elementos de resistencia sísmica para el proyecto. A continuación, se resume el método usado para el diseño y se muestra un ejemplo de diseño para un muro unidireccional y otro con sección compuesta parte de la edificación. Como se indica en la descripción del modelo 1 se diseñarán algunos muros en el plano y fuera del mismo, esto conforme a la sección compuesta del mismo.

2.9.3.1. Generalidades

A continuación, se presenta el diseño del muro D9-7, con todos los requisitos normativos establecidos en la NSR-10 con geometría: longitud (l_w) de 2.55 mts, espesor (h) de 0.20 mts, altura del muro (h_w) de 25.5 mts. Las dimensiones de los muros del sistema estructural se describen en la Tabla XX. Para los niveles del 1 al 4 se utiliza concreto con resistencia a la compresión de $f'_c=35$ MPa y de $f'_c=28$ MPa para los niveles del 5 al 10. El acero de refuerzo es corrugado cumpliendo con la NSR-10, Capítulo C.3, Artículo C.3.5.1 con fluencia (f_y) de 420 MPa. El recubrimiento mínimo para el refuerzo se establece de 0.03 mts.

Tabla 18. Dimensiones de muros del sistema estructural

MUROS DIRECCION - Y				MUROS DIRECCION - X			
[-]	lw*	bw**	Area	[-]	lw*	bw**	Area
A7-6	2.6	0.2	0.52	3D-E	2.85	0.25	0.71
A4-3	2.6	0.2	0.52	4A-C	4.3	0.3	1.29
B7-6	2.6	0.2	0.52	4F-H	4.3	0.3	1.29
B4-3	2.6	0.2	0.52	5B-D	4.4	0.3	1.32
C7-6	2.6	0.2	0.52	5E-G	4.4	0.3	1.32
C4-3	2.6	0.2	0.52	6A-C	4.3	0.3	1.29
D9-7	2.6	0.2	0.52	6F-H	4.3	0.3	1.29
D7-6	2.6	0.2	0.52	7D-E	2.85	0.25	0.71
D4-3	2.6	0.2	0.52	C1 8A-B	2.85	0.3	0.86
D3-1	2.6	0.2	0.52	C2 9B-C	1.98	0.2	0.40
E9-7	2.6	0.2	0.52	C2 7B-C	1.98	0.2	0.40
E7-6	2.6	0.2	0.52	C3 9F-G	1.98	0.2	0.40
E4-3	2.6	0.2	0.52	C3 7F-G	1.98	0.2	0.40
E3-1	2.6	0.2	0.52	C4 8G-H	2.85	0.3	0.86
F7-6	2.6	0.2	0.52	C5 2A-B	2.85	0.3	0.86
F4-3	2.6	0.2	0.52	C6 3B-C	1.98	0.2	0.40
G7-6	2.6	0.2	0.52	C6 1B-C	1.98	0.2	0.40
G4-3	2.6	0.2	0.52	C7 3F-G	1.98	0.2	0.40
H7-6	2.6	0.2	0.52	C7 1F-G	1.98	0.2	0.40
H4-3	2.6	0.2	0.52	C8 2G-H	2.85	0.3	0.86
C1 A8-7	3.31	0.2	0.66				
C1 B8-7	3.31	0.2	0.66				
C2 C9-7	3.84	0.2	0.77				
C3 F9-7	3.84	0.2	0.77				
C4 G8-7	3.31	0.2	0.66				
C4 H8-7	3.31	0.2	0.66				
C5 A3-2	3.31	0.2	0.66				
C5 B3-2	3.31	0.2	0.66				
C6 C3-1	3.84	0.2	0.77				
C7 F3-1	3.84	0.2	0.77				
C8 G3-2	3.31	0.2	0.66				
C8 H3-2	3.31	0.2	0.66				

Orientacion

Direccion X 15.81
 Direccion Y 18.77

*Longitud del muro a eje
 **Espesor del muro

2.9.3.2. Diseño por cortante en el plano de muros

Se verifico en cada nivel y para cada combinación de carga la fuerza cortante en el plano actuante sobre el mismo con la resistencia a cortante del muro según la NSR-10, Artículo C.11.9.3 cumpliendo que $\phi V_n \geq V_u$ según la ecuación C.11-1 de la NSR-10. El coeficiente de reducción para cortante $\phi=0.60$ según el Título C, Artículo C.9.3.4 de la NSR-10. Las cargas de fuerza cortante, carga axial y momento flector para el muro A7-6 se presenta en la Tabla 19 a Tabla 24. Se presenta en la Tabla 25 la resistencia nominal máxima a cortante.

Tabla 19. Fuerza cortante en el plano del muro (valores máximos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21	
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	-5.55	-9.19	-10.42	-8.63	-12.23	128.19	128.19	128.19	128.19	111.29	111.29	111.29	111.29	111.29	133.06	133.06	133.06	133.06	116.16	116.16	116.16	116.16
10	-2.80	-5.03	-5.65	-4.35	-6.81	126.86	126.86	126.86	126.86	134.08	134.08	134.08	134.08	134.08	129.72	129.72	129.72	129.72	136.94	136.94	136.94	136.94
9	-3.05	-5.29	-5.97	-4.74	-7.12	137.86	137.86	137.86	137.86	152.32	152.32	152.32	152.32	152.32	140.78	140.78	140.78	140.78	155.24	155.24	155.24	155.24
8	-3.43	-5.79	-6.56	-5.33	-7.75	151.19	151.19	151.19	151.19	169.92	169.92	169.92	169.92	169.92	154.32	154.32	154.32	154.32	173.05	173.05	173.05	173.05
7	-3.97	-6.50	-7.38	-6.17	-8.63	159.88	159.88	159.88	159.88	181.99	181.99	181.99	181.99	181.99	163.29	163.29	163.29	163.29	185.40	185.40	185.40	185.40
6	-4.61	-7.34	-8.36	-7.17	-9.69	161.96	161.96	161.96	161.96	187.74	187.74	187.74	187.74	187.74	165.71	165.71	165.71	165.71	191.49	191.49	191.49	191.49
5	-5.43	-8.40	-9.60	-8.44	-11.02	155.27	155.27	155.27	155.27	185.93	185.93	185.93	185.93	185.93	159.45	159.45	159.45	159.45	190.10	190.10	190.10	190.10
4	-6.42	-9.68	-11.11	-9.98	-12.64	137.55	137.55	137.55	137.55	176.48	176.48	176.48	176.48	176.48	142.24	142.24	142.24	142.24	181.18	181.18	181.18	181.18
3	-7.30	-10.78	-12.40	-11.35	-14.00	108.98	108.98	108.98	108.98	169.83	169.83	169.83	169.83	169.83	114.09	114.09	114.09	114.09	174.94	174.94	174.94	174.94
2	-4.21	-6.18	-7.11	-6.55	-8.01	83.96	83.96	83.96	83.96	196.66	196.66	196.66	196.66	196.66	86.86	86.86	86.86	86.86	199.56	199.56	199.56	199.56

Tabla 20. Fuerza cortante en el plano muro (valores mínimos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21	
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	-5.55	-9.19	-10.42	-12.23	-12.23	-149.03	-149.03	-149.03	-149.03	-132.13	-132.13	-132.13	-132.13	-132.13	-144.16	-144.16	-144.16	-144.16	-127.26	-127.26	-127.26	-127.26
10	-2.80	-5.03	-5.65	-4.35	-6.81	-138.17	-138.17	-138.17	-138.17	-145.39	-145.39	-145.39	-145.39	-145.39	-135.32	-135.32	-135.32	-135.32	-142.53	-142.53	-142.53	-142.53
9	-3.05	-5.97	-5.97	-4.74	-7.12	-149.80	-149.80	-149.80	-149.80	-164.26	-164.26	-164.26	-164.26	-164.26	-146.87	-146.87	-146.87	-146.87	-161.33	-161.33	-161.33	-161.33
8	-3.43	-5.79	-6.56	-5.33	-7.75	-164.30	-164.30	-164.30	-164.30	-183.03	165.02	-183.03	-183.03	-183.03	-161.17	-161.17	-161.17	-161.17	-179.91	-179.91	-179.91	-179.91
7	-3.97	-6.50	-7.38	-6.17	-8.63	-174.63	-174.63	-174.63	-174.63	-196.75	-196.75	-196.75	-196.75	-196.75	-171.22	-171.22	-171.22	-171.22	-193.34	-193.34	-193.34	-193.34
6	-4.61	-7.34	-8.36	-7.17	-9.69	-178.68	-178.68	-178.68	-178.68	-204.46	-204.46	-204.46	-204.46	-204.46	-174.93	-174.93	-174.93	-174.93	-200.71	-200.71	-200.71	-200.71
5	-5.43	-8.40	-9.60	-8.44	-11.02	-174.47	-174.47	-174.47	-174.47	-205.13	-205.13	-205.13	-205.13	-205.13	-170.30	-170.30	-170.30	-170.30	-200.95	-200.95	-200.95	-200.95
4	-6.42	-9.68	-11.11	-9.98	-12.64	-159.77	-159.77	-159.77	-159.77	-198.70	-198.70	-198.70	-198.70	-198.70	-155.07	-155.07	-155.07	-155.07	-194.01	-194.01	-194.01	-194.01
3	-7.30	-10.78	-12.40	-11.35	-14.00	-133.78	-133.78	-133.78	-133.78	-194.63	-194.63	-194.63	-194.63	-194.63	-128.68	-128.68	-128.68	-128.68	-189.53	-189.53	-189.53	-189.53
2	-4.21	-6.18	-7.11	-6.55	-8.01	-98.19	-98.19	-98.19	-98.19	-210.89	-210.89	-210.89	-210.89	-210.89	-95.28	-95.28	-95.28	-95.28	-207.99	-207.99	-207.99	-207.99

Tabla 21. Carga axial en el muro (valores máximos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	-35.84	-49.22	-57.18	-55.75	-62.82	76.49	76.49	76.49	76.49	3.37	3.37	3.37	3.37	97.83	97.83	97.83	97.83	24.72	24.72	24.72	24.72
10	-105.76	-137.48	-160.98	-164.51	-172.97	147.31	147.31	147.31	147.31	-11.12	-11.12	-11.12	-11.12	202.53	202.53	202.53	202.53	44.10	44.10	44.10	44.10
9	-174.20	-223.77	-262.49	-270.98	-280.61	241.76	241.76	241.76	241.76	-6.90	-6.90	-6.90	-6.90	330.04	330.04	330.04	330.04	81.38	81.38	81.38	81.38
8	-242.36	-309.70	-363.56	-377.00	-387.81	358.91	358.91	358.91	358.91	14.95	14.95	14.95	14.95	480.11	480.11	480.11	480.11	136.15	136.15	136.15	136.15
7	-309.77	-394.67	-463.51	-481.87	-493.80	494.66	494.66	494.66	494.66	52.21	52.21	52.21	52.21	648.40	648.40	648.40	648.40	205.95	205.95	205.95	205.95
6	-376.33	-478.54	-562.17	-585.39	-598.41	640.91	640.91	640.91	640.91	100.18	100.18	100.18	100.18	826.76	826.76	826.76	826.76	286.02	286.02	286.02	286.02
5	-441.80	-561.02	-659.20	-687.25	-701.28	786.00	786.00	786.00	786.00	151.96	151.96	151.96	151.96	1003.40	1003.40	1003.40	1003.40	369.36	369.36	369.36	369.36
4	-505.91	-641.75	-754.17	-786.97	-801.95	914.29	914.29	914.29	914.29	159.95	159.95	159.95	159.95	1162.55	1162.55	1162.55	1162.55	446.40	446.40	446.40	446.40
3	-568.57	-720.63	-752.46	-884.44	-900.32	1004.51	1004.51	1004.51	1004.51	225.26	225.26	225.26	225.26	1282.92	1282.92	1282.92	1282.92	503.67	503.67	503.67	503.67
2	-628.58	-796.07	-935.75	-977.79	-994.34	1029.78	1029.78	1029.78	1029.78	215.60	215.60	215.60	215.60	1336.95	1336.95	1336.95	1336.95	522.77	522.77	522.77	522.77

Tabla 22. Carga axial en el muro (valores mínimos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	-64.48	-81.04	-95.37	-100.30	-101.01	-229.03	-229.03	-229.03	-229.03	-155.92	-155.92	-155.92	-155.92	-198.14	-198.14	-198.14	-198.14	-125.03	-125.03	-125.03	-125.03
10	-134.40	-169.30	-199.17	-209.06	-211.15	-507.46	-507.46	-507.46	-507.46	-310.84	-310.84	-310.84	-310.84	-442.68	-442.68	-442.68	-442.68	-284.26	-284.26	-284.26	-284.26
9	-202.85	-255.60	-300.67	-315.54	-318.80	-804.92	-804.92	-804.92	-804.92	-556.26	-556.26	-556.26	-556.26	-707.09	-707.09	-707.09	-707.09	-458.43	-458.43	-458.43	-458.43
8	-271.00	-341.53	-401.75	-421.56	-426.00	-1124.22	-1124.22	-1124.22	-1124.22	-780.26	-780.26	-780.26	-780.26	-993.47	-993.47	-993.47	-993.47	-649.51	-649.51	-649.51	-649.51
7	-338.41	-426.50	-501.70	-526.42	-531.99	-1459.87	-1459.87	-1459.87	-1459.87	-1017.42	-1017.42	-1017.42	-1017.42	-1296.59	-1296.59	-1296.59	-1296.59	-854.13	-854.13	-854.13	-854.13
6	-404.97	-510.36	-600.36	-629.95	-636.60	-1803.44	-1803.44	-1803.44	-1803.44	-1262.70	-1262.70	-1262.70	-1262.70	-1608.05	-1608.05	-1608.05	-1608.05	-1067.31	-1067.31	-1067.31	-1067.31
5	-470.44	-592.85	-697.39	-731.80	-739.47	-2142.59	-2142.59	-2142.59	-2142.59	-1508.55	-1508.55	-1508.55	-1508.55	-1915.64	-1915.64	-1915.64	-1915.64	-1281.60	-1281.60	-1281.60	-1281.60
4	-534.55	-673.57	-792.36	-831.53	-840.14	-2460.82	-2460.82	-2460.82	-2460.82	-1744.68	-1744.68	-1744.68	-1744.68	-2203.01	-2203.01	-2203.01	-2203.01	-1486.87	-1486.87	-1486.87	-1486.87
3	-597.21	-752.46	-885.17	-929.00	-938.51	-2736.66	-2736.66	-2736.66	-2736.66	-1957.41	-1957.41	-1957.41	-1957.41	-2448.70	-2448.70	-2448.70	-2448.70	-1669.45	-1669.45	-1669.45	-1669.45
2	-657.22	-827.89	-973.94	#####	#####	-2939.48	-2939.48	-2939.48	-2939.48	-2125.30	-2125.30	-2125.30	-2125.30	-2622.76	-2622.76	-2622.76	-2622.76	-1808.58	-1808.58	-1808.58	-1808.58

Tabla 23. Flexión en el plano del muro (valores máximos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21	
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	11.72	18.75	21.36	18.24	24.79	12.94	12.94	12.94	12.94	12.26	12.26	12.26	12.26	9.34	9.34	9.34	9.34	8.66	8.66	8.66	8.66	8.66
Terraza	11.72	18.75	21.36	18.24	24.79	17.74	17.74	17.74	17.74	13.66	13.66	13.66	13.66	14.14	14.14	14.14	14.14	10.06	10.06	10.06	10.06	10.06
10	3.32	6.15	6.89	5.16	8.37	187.37	187.37	187.37	187.37	229.55	229.55	229.55	229.55	183.80	183.80	183.80	183.80	225.98	225.98	225.98	225.98	225.98
10	3.32	6.15	6.89	5.16	8.37	150.28	150.28	150.28	150.28	127.54	127.54	127.54	127.54	153.99	153.99	153.99	153.99	131.25	131.25	131.25	131.25	131.25
9	3.70	6.52	7.34	5.75	8.79	181.78	181.78	181.78	181.78	203.18	203.18	203.18	203.18	178.13	178.13	178.13	178.13	199.53	199.53	199.53	199.53	199.53
9	3.70	6.52	7.34	5.75	8.79	188.14	188.14	188.14	188.14	212.25	212.25	212.25	212.25	191.95	191.95	191.95	191.95	216.06	216.06	216.06	216.06	216.06
8	4.09	7.05	7.96	6.37	9.46	182.33	182.33	182.33	182.33	166.09	166.09	166.09	166.09	178.46	178.46	178.46	178.46	162.23	162.23	162.23	162.23	162.23
8	4.09	7.05	7.96	6.37	9.46	228.71	228.71	228.71	228.71	314.98	314.98	314.98	314.98	232.82	232.82	232.82	232.82	319.09	319.09	319.09	319.09	319.09
7	4.74	7.91	8.96	7.37	10.54	185.55	185.55	185.55	185.55	146.48	146.48	146.48	146.48	181.33	181.33	181.33	181.33	142.26	142.26	142.26	142.26	142.26
7	4.74	7.91	8.96	7.37	10.54	269.08	269.08	269.08	269.08	431.97	431.97	431.97	431.97	273.56	273.56	273.56	273.56	436.45	436.45	436.45	436.45	436.45
6	5.49	8.89	10.11	8.54	11.78	210.46	210.46	210.46	210.46	211.96	211.96	211.96	211.96	205.85	205.85	205.85	205.85	207.34	207.34	207.34	207.34	207.34
6	5.49	8.89	10.11	8.54	11.78	305.85	305.85	305.85	305.85	559.85	559.85	559.85	559.85	310.79	310.79	310.79	310.79	564.80	564.80	564.80	564.80	564.80
5	6.41	10.09	11.52	9.97	13.30	246.22	246.22	246.22	246.22	335.30	335.30	335.30	335.30	241.12	241.12	241.12	241.12	330.19	330.19	330.19	330.19	330.19
5	6.41	10.09	11.52	9.97	13.30	335.92	335.92	335.92	335.92	696.67	696.67	696.67	696.67	341.46	341.46	341.46	341.46	702.21	702.21	702.21	702.21	702.21
4	7.51	11.53	13.20	11.69	15.11	283.17	283.17	283.17	283.17	492.15	492.15	492.15	492.15	277.48	277.48	277.48	277.48	486.46	486.46	486.46	486.46	486.46
4	7.51	11.53	13.20	11.69	15.11	356.71	356.71	356.71	356.71	844.71	844.71	844.71	844.71	362.99	362.99	362.99	362.99	850.99	850.99	850.99	850.99	850.99
3	8.58	12.89	14.80	13.34	16.82	318.50	318.50	318.50	318.50	682.86	682.86	682.86	682.86	312.28	312.28	312.28	312.28	676.63	676.63	676.63	676.63	676.63
3	8.58	12.89	14.80	13.34	16.82	374.00	374.00	374.00	374.00	1038.17	1038.17	1038.17	1038.17	380.79	380.79	380.79	380.79	1044.96	1044.96	1044.96	1044.96	1044.96
2	11.26	16.52	19.02	17.52	21.42	364.67	364.67	364.67	364.67	950.33	950.33	950.33	950.33	356.91	356.91	356.91	356.91	942.57	942.57	942.57	942.57	942.57
2	11.26	16.52	19.02	17.52	21.42	451.82	451.82	451.82	451.82	1405.37	1405.37	1405.37	1405.37	451.46	451.46	451.46	451.46	1405.01	1405.01	1405.01	1405.01	1405.01

Tabla 24. Flexión en el plano del muro (valores mínimos)

Piso	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10	Comb11	Comb12	Comb13	Comb14	Comb15	Comb16	Comb17	Comb18	Comb19	Comb20	Comb21	
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Terraza	-2.43	-4.68	-5.22	-3.78	-6.40	-213.52	-213.52	-213.52	-213.52	-213.34	-213.34	-213.34	-213.34	-213.34	-223.16	-223.16	-223.16	-223.16	-222.98	-222.98	-222.98	-222.98
Terraza	-2.43	-4.68	-5.22	-3.78	-6.40	-121.36	-121.36	-121.36	-121.36	-73.04	-73.04	-73.04	-73.04	-73.04	-118.57	-118.57	-118.57	-118.57	-70.25	-70.25	-70.25	-70.25
10	-3.82	-6.68	-7.53	-5.94	-8.99	-173.59	-173.59	-173.59	-173.59	-215.77	-215.77	-215.77	-215.77	-215.77	-177.16	-177.16	-177.16	-177.16	-219.34	-219.34	-219.34	-219.34
10	-3.82	-6.68	-7.53	-5.94	-8.99	-165.33	-165.33	-165.33	-165.33	-142.59	-142.59	-142.59	-142.59	-142.59	-161.62	-161.62	-161.62	-161.62	-138.88	-138.88	-138.88	-138.88
9	-4.07	-6.98	-7.88	-6.33	-9.36	-167.09	-167.09	-167.09	-167.09	-188.49	-188.49	-188.49	-188.49	-188.49	-170.74	-170.74	-170.74	-170.74	-192.14	-192.14	-192.14	-192.14
9	-4.07	-6.98	-7.88	-6.33	-9.36	-203.90	-203.90	-203.90	-203.90	-228.01	-228.01	-228.01	-228.01	-228.01	-200.09	-200.09	-200.09	-200.09	-224.20	-224.20	-224.20	-224.20
8	-4.65	-7.73	-8.76	-7.23	-10.30	-166.41	-166.41	-166.41	-166.41	-150.18	-150.18	-150.18	-150.18	-150.18	-170.28	-170.28	-170.28	-170.28	-154.04	-154.04	-154.04	-154.04
8	-4.65	-7.73	-8.76	-7.23	-10.30	-246.24	-246.24	-246.24	-246.24	-332.50	-332.50	-332.50	-332.50	-332.50	-242.13	-242.13	-242.13	-242.13	-328.39	-328.39	-328.39	-328.39
7	-5.37	-8.66	-9.86	-8.36	-11.47	-167.63	-167.63	-167.63	-167.63	-128.56	-128.56	-128.56	-128.56	-128.56	-171.85	-171.85	-171.85	-171.85	-132.78	-132.78	-132.78	-132.78
7	-5.37	-8.66	-9.86	-8.36	-11.47	-288.79	-288.79	-288.79	-288.79	-451.68	-451.68	-451.68	-451.68	-451.68	-284.31	-284.31	-284.31	-284.31	-447.20	-447.20	-447.20	-447.20
6	-6.27	-9.82	-11.22	-9.76	-12.93	-190.25	-190.25	-190.25	-190.25	-191.74	-191.74	-191.74	-191.74	-191.74	-194.87	-194.87	-194.87	-194.87	-196.36	-196.36	-196.36	-196.36
6	-6.27	-9.82	-11.22	-9.76	-12.93	-328.28	-328.28	-328.28	-328.28	-582.28	-582.28	-582.28	-582.28	-582.28	-323.33	-323.33	-323.33	-323.33	-577.34	-577.34	-577.34	-577.34
5	-7.43	-11.32	-12.97	-11.55	-14.81	-223.19	-223.19	-223.19	-223.19	-312.26	-312.26	-312.26	-312.26	-312.26	-228.30	-228.30	-228.30	-228.30	-317.37	-317.37	-317.37	-317.37
5	-7.43	-11.32	-12.97	-11.55	-14.81	-361.85	-361.85	-361.85	-361.85	-722.61	-722.61	-722.61	-722.61	-722.61	-356.31	-356.31	-356.31	-356.31	-717.07	-717.07	-717.07	-717.07
4	-8.85	-13.16	-15.13	-13.76	-17.13	-256.77	-256.77	-256.77	-256.77	-465.74	-465.74	-465.74	-465.74	-465.74	-262.45	-262.45	-262.45	-262.45	-471.43	-471.43	-471.43	-471.43
4	-8.85	-13.16	-15.13	-13.76	-17.13	-386.96	-386.96	-386.96	-386.96	-874.96	-874.96	-874.96	-874.96	-874.96	-380.68	-380.68	-380.68	-380.68	-868.68	-868.68	-868.68	-868.68
3	-10.03	-14.59	-16.82	-15.60	-18.89	-288.90	-288.90	-288.90	-288.90	-653.26	-653.26	-653.26	-653.26	-653.26	-295.13	-295.13	-295.13	-295.13	-659.48	-659.48	-659.48	-659.48
3	-10.03	-14.59	-16.82	-15.60	-18.89	-407.64	-407.64	-407.64	-407.64	-1071.81	-1071.81	-1071.81	-1071.81	-1071.81	-400.85	-400.85	-400.85	-400.85	-1065.01	-1065.01	-1065.01	-1065.01
2	0.52	0.77	0.88	0.81	1.00	-326.63	-326.63	-326.63	-326.63	-912.29	-912.29	-912.29	-912.29	-912.29	-334.39	-334.39	-334.39	-334.39	-920.05	-920.05	-920.05	-920.05
2	0.52	0.77	0.88	0.81	1.00	-450.05	-450.05	-450.05	-450.05	-1403.60	-1403.60	-1403.60	-1403.60	-1403.60	-450.41	-450.41	-450.41	-450.41	-1403.96	-1403.96	-1403.96	-1403.96



Se verifico que la fuerza cortante en cada nivel y para cada combinación de carga no superara los valores máximo establecidos en la NSR-10, Artículo C.11.9.3 y Artículo C.21.9.4.1, para este caso en particular los limites no se superaron. En caso de que así fuesen se debería aumentar las dimensiones del muro estructural.

2.9.3.3. Resistencia a cortante aportada por el concreto

En la Tabla 25 se verifica que $\phi V_n \geq V_u$ evidenciando que el cortante en el plano no supere los valores máximos. En la Tabla 26 se determina la cantidad de fuerza cortante que es capaz de absorber el concreto de acuerdo al Artículo C.11.9.5 y Artículo C.11.9.6 de la NSR-10, determinando los valores según las siguientes ecuaciones:

Ecuación C.11-27:
$$V_c = 0.17\lambda t_w \sqrt{f'c} d$$

$$V_c = 0.27\lambda \sqrt{f'c} h d + \frac{N_u d}{4L_w}$$

Y la ecuación C.11-28

$$V_c = \left[0.05\lambda \sqrt{f'c} + \frac{L_w \left(0.1\lambda \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{N_u}{L_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{L_w}{2}} \right]$$

Tomando el menor valor entre los tres.

De acuerdo al Capitulo C.11, Artículo C.11.9.9.4 la cuantía mínima de acero de refuerzo horizontal para cortante no debe ser menor que 0.0025. El espaciamiento del refuerzo horizontal para cortante se tomó de 350 mm de acuerdo al Artículo C.11.9.9.3 de la NSR-10.

La cuantía de refuerzo por cortante vertical se verifica de acuerdo al Artículo C.11.9.9.4 de la NSR-10 con valor de 0.0025 y el espaciamiento de 450 mm.

Tabla 25. Máxima resistencia nominal a cortante en el plano del muro

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
h:	m	0.2	Espesor del muro
Lw:	m	2.6	Longitud muro
f'c:	MPa	35	Resistencia concreto
fy:	MPa	420	Resistencia acero
ρt:	[-]	0.0037	Cuantía transversal
Φ:	[-]	0.6	Coefficiente de reducción
αc:	[-]	0.17	Coefficiente C.219.4.1
λ:	[-]	1	Factor modificador
Vu:	kN	210.9	Cortante ultimo
ΦVn del muro max:	kN	1225.62	C.11.9.3, NSR-10
ΦVc max:	kN	796.76	C.21.9.4, NSR-10
Vu max < ΦVn max:	[-]	Cumple	Chequeo

Tabla 26. Resistencia nominal a cortante aportada por el concreto

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
h:	m	0.2	Espesor de muro
Lw:	m	2.6	Longitud muro
d:	m	2.08	0.8*Lw
λ:	[-]	1	Factor modificador
f'c:	MPa	35	Resistencia concreto
fy:	MPa	420	Resistencia acero
Φ:	[-]	0.6	Coefficiente de reducción
Vu:	kN	210.9	Cortante ultimo
Mu:	kN-m	1403.6	Momento ultimo
Nu:	kN	2125.3	Axial ultimo
Mu/Vu – Lw/2	m	5.36	C.11-28, NSR-10
φVc Eq – C.11-27	kN	1089.55	C.11-27, NSR-10
φVc Eq – C.11-28	kN	407.64	C.11-28, NSR-10
φVc min	kN	244.58	Cortante menor
φVc max	kN	418.39	Cortante max, C.11.9.5
Vu < φVc min	[-]	Cumple	Chequeo

La capacidad a cortante de la sección de concreto resiste el cortante ultimo de sollicitación; por lo tanto, la cuantía mínima de refuerzo transversal a cortante es suficiente; en la Tabla 27 se detalla el refuerzo a cortante suministrado.

2.9.3.4. Refuerzo a cortante

De acuerdo al Capítulo C.11, Artículo C.11.9.9 de la NSR-10 se debe suministrar acero de refuerzo para el muro de acuerdo a la Ecuación C.11-2.

$$V_n = V_c + V_s$$



Lo anterior se debe cumplir si el cortante ultimo (V_u) del muro es mayor que el 50% de la resistencia a cortante del muro aportada por el concreto ($0.50\phi V_c$) calculado según las Ecuaciones C.11-27 y C.11-28 según el Artículo C.11.9.8 de la NSR-10.

De acuerdo al Artículo C.11.9.9.2 la cuantía de refuerzo horizontal (ρ_t) para cortante no debe ser menor 0.0025; y la cuantía de refuerzo vertical (ρ_l) para cortante no debe ser menor que la ecuación C.11-30.

$$\rho_l = 0.0025 + 0.5 \left(0.5 - \frac{h_w}{L_w} \right) (\rho_t - 0.0025)$$

Pero no puede ser menor a 0.0025.

El espaciamiento del refuerzo horizontal no debe exceder $l_w/5$ o 0.45 mts y el refuerzo vertical no debe ser superior a $l_w/3$ o 0.45 m. De acuerdo al Artículo C.21.9.2.3 cuando el cortante V_u actuante en el muro excede $V_u = 0.17A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$ se deben colocar dos capas de refuerzo. De acuerdo a los valores de la fuerza cortante de la Tabla 27 para el muro A7-6 se presenta en la siguiente Tabla la cuantía y el refuerzo suministrado a cortante.

Tabla 27. Cuantía de refuerzo suministrado

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
h:	m	0.2	Espesor de muro
Lw:	m	2.6	Longitud muro
d:	m	2.08	0.8*Lw
λ :	[-]	1	Factor modificador
$f'c$:	MPa	35	Resistencia concreto
f_y :	MPa	420	Resistencia acero
Φ :	[-]	0.6	Coefficiente de reducción
Vu:	kN	210.9	Cortante ultimo
ϕV_c min	kN	244.58	Cortante concreto
Vu > 0.5 ϕV_c min	kN	Cumple	Chequeo
Vu max	kN	522.98	C.21.9.2.3, NSR-10
Vu < Vu max	[-]	Dos capas	Chequeo
s	m	0.35	Separación
Av	cm ²	0.71	Área barra #4
Vs suministrado	kN	469.177	Cortante acero
Res. Nominal muro	kN	876.81	Cortante total
ρ_t	[-]	0.0037	Cuantía horizontal
ρ_t min	[-]	0.0025	Cuantía horizontal mínima
$\rho_t > \rho$ min	[-]	Cumple	Chequeo
ρ_l	[-]	0.0037	Cuantía vertical
ρ_l min	[-]	0.0025	Cuantía vertical mínima
$\rho_l > \rho$ min	[-]	Cumple	Chequeo
Ref. suministrado t	[-]	1 #4 c/0.35 mt	Refuerzo horizontal
Ref. suministrado l	[-]	1 #4 c/0.35 mt	Refuerzo vertical

2.9.3.5. Diseño por flexión y compresión

2.9.3.5.1. Diseño a flexión

Esta metodología consiste en realizar una distribución uniforme del acero de refuerzo en el muro haciendo uso de carga axial y momento en el plano para construir el diagrama de interacción. En la Figura 14 se presenta el diagrama de interacción para el muro A7-6; mencionado diagrama se obtiene a partir del software CSI Col que se basa en el ACI y por lo tanto tiene en cuenta el Capítulo C.10, Artículo C.10.3 de la NSR-10.

La curva presentada representa la resistencia reducida ϕM_n , ϕP_n donde 0.65 si la sección es controlada a compresión ($\epsilon_t \leq 0.0021$), o puede tomar el valor de = 0.9 si la sección es controlada a tracción ($\epsilon_t \geq 0.005$), en zonas intermedias se hace una transición lineal entre estos valores de acuerdo al Artículo C.9.3.2.2 de la NSR-10. EL diagrama de interacción de la Figura 14 se calculó con 2 filas de 18 barras #4 en cada fila distribuidos en toda la longitud del muro para un área de acero de $A_{st}=4644 \text{ mm}^2$ y se verifico que todas las sollicitaciones estén encerradas por la curva del diagrama. La serie de datos de M_u y P_u corresponden a los presentados en las Tabla 19 a la Tabla 24.

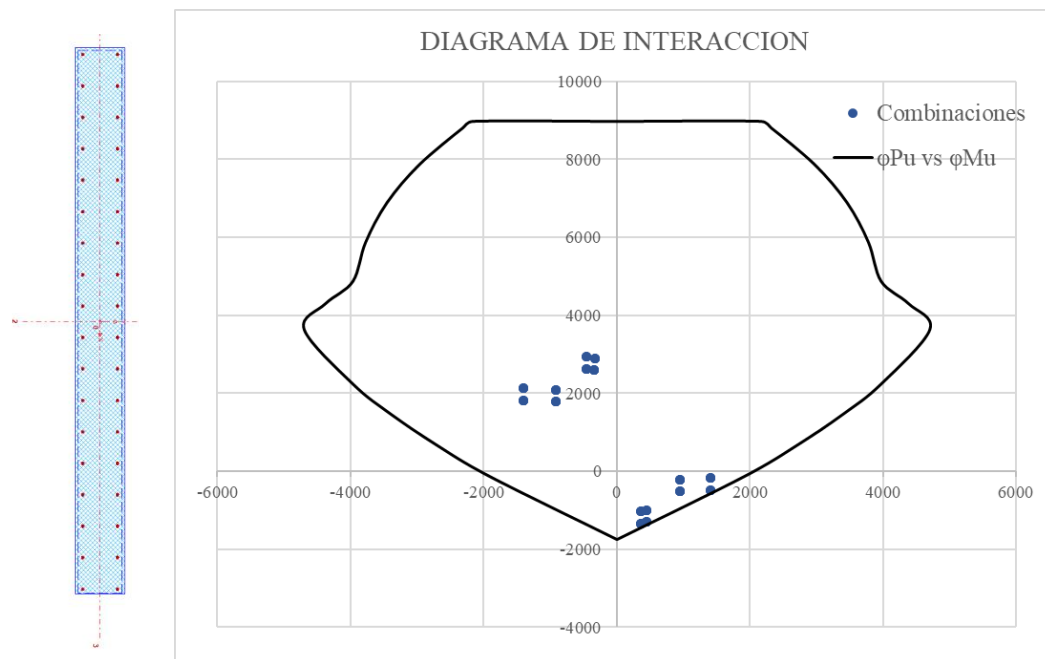


Figura 14. Diagrama de interacción entre carga axial y momento en el plano, Muro A7-6

2.9.3.6. Elementos especiales de borde

De acuerdo a la NSR-10, Artículo C.21.9.6.2 se deben incluir elementos de borde para los muros que cumplan con la ecuación C.21-11

$$c \geq \frac{lw}{600(\delta u/hw)}$$



Donde c es la profundidad del eje neutro correspondiente a los pares de datos M_u y P_u , la relación $\delta u/hw$ no se debe tomar 0.007. Para el muro A7-6 requiere elemento de borde para el primer piso. Se analizan la serie de datos y se encuentra la mayor profundidad del eje neutro correspondiente a la Combinación 6 de 687 mm, el valor para la relación $\delta u/hw$ para el calculo usado es de 0.007.

La longitud horizontal del elemento de borde de acuerdo al Artículo C.21.9.6.4 de la NSR-10 no debe ser menor que el mayor valor entre $c - 0.1lw$ (344 mm) y $c/2$ (427 mm) para el muro A7-6 se utiliza 430 mm. El refuerzo en cada elemento de borde se distribuye en esa longitud, se asignan 2 filas de 2 barras #4 separadas 140 mm.

El refuerzo transversal para los elementos de borde especiales debe cumplir con los requisitos de la Ecuación C.21-7 de la NSR-10

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

Y la ecuación C.21-8 de la NSR-10

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

La separación del refuerzo transversal según el Artículo C.21.6.4.3 de la NSR-10 no debe exceder la menor de $\frac{1}{4}$ de la dimensión mínima del elemento, 6 veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor y de acuerdo a la ecuación C.21-5 de la NSR-10.

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

Para el muro A7-6 se calcula una separación del refuerzo transversal para los elementos de borde de 65 mm.

Tabla 28. Refuerzo transversal del elemento especial de borde

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
Lc	mm	430	Longitud elemento de borde
hc	mm	200	Ancho elemento de borde
f'c	MPa	35	Resistencia del acero
Ag	mm ²	86000	Área bruta elementos de borde
Ach	mm ²	48200	Área confinada elemento de borde
Ash_y	mm ²	254.88	Ec. C.21-7, NSR-10
Ash_y	mm ²	97.5	Ec. C21-8, NSR-10
Ash_x	mm ²	547.98	Ec. C.21-7, NSR-10
Ash_x	mm ²	209.63	Ec. C21-8, NSR-10
s	mm	65	Separación máxima
# Ramas_y	[-]	4	Ramas en y
# Ramas_x	[-]	8	Ramas en x
Ash_y colocado	mm ²	284	Cantidad acero
Ash_x colocado	mm ²	568	Cantidad acero

2.9.4. Diseño de la cimentación

En el dimensionamiento de los elementos de la cimentación se utilizó el método de Winkler, en el que se determina un factor de amortiguamiento o constante elástica de resorte (λ) del sistema cimentación-suelo de emplazamiento, y el inverso de este valor $1/\lambda$ se denomina longitud elástica y representa una medida de interacción entre los elementos de la cimentación y el suelo de soporte. Este factor se halla a partir del módulo de reacción del suelo (K_s), el momento de inercia de la sección (I_c), el módulo de elasticidad del concreto (E_c) y un ancho efectivo (B). Para la luz libre de cálculo se determinó la relación λL , de tal manera que se obtuvo un valor bastante cerca de $\pi/4$, por lo tanto, se puede asumir que la sección losa-viga rígida.

La cimentación de la estructura se realiza con una losa de cimentación de 50 cm sobre la que se apoyan vigas rectangulares se sección 0.70 m de base y 0.75 m de alto. Se realizó un análisis en el que se considera un sistema de cimentación rígido y se supone la distribución lineal de las presiones. Para dimensionar el área de contacto de la



losa se usó el cociente entre la carga de servicio y la capacidad admisible del suelo sobre el cual se emplazará la estructura; arrojando un área de contacto de 563.5 m², por lo tanto, se deciden unas dimensiones de 22.95 mt de ancho X 24.65 mt de largo, para un área de 565.8 m². En la Figura 15 se evidencia que para estas dimensiones no se supera el esfuerzo admisible del suelo con respecto a las cargas de servicio de acuerdo al Artículo C.15.10.1 de la NSR-10.

El concreto para la losa y viga de cimentación es de $f'c = 28$ MPa. El acero de refuerzo tiene una resistencia a la fluencia de $f_y = 420$ MPa.

2.9.4.1. Solicitaciones y esfuerzos

Se considera la cimentación como un sistema rígido y distribución lineal de presiones sobre el suelo de acuerdo a los criterios de diseño de la NSR-10. Desconociendo el valor del esfuerzo último y el factor de seguridad utilizados para definir los parámetros geotécnicos se realiza el siguiente análisis: Conforme la NSR-10, Título H, Tabla H.4.7-1 el factor de seguridad (FS) para el cálculo del esfuerzo admisible para la condición de Carga Muerta + Carga Viva es de 3, y de 1.5 para la condición de Carga Muerta + Carga Viva + Sismo de Diseño Seudo estático. El esfuerzo admisible según el estudio geotécnico $q_{a1} = \frac{q_u}{3} = 90 \text{ kN/m}^2$, suponiendo que para q_{a2} tiene el mismo esfuerzo ultimo entonces se pueden igual las expresiones así: $3q_{a1} = 1.5q_{a2}$, entonces $q_{a2} = 2q_{a1}$ y por lo tanto para revisar el esfuerzo de la cimentación con cargas mayoradas el esfuerzo admisible se debe multiplicar por 2.

Se revisan los esfuerzos bajo la losa de cimentación basados en las combinaciones de carga mayoradas expuestas en la Tabla 29. El valor del esfuerzo admisible de acuerdo al informe final del estudio de suelos es de $q_{a1} = 90 \text{ kN/m}^2$ y para las combinaciones con carga de viento y/o sismo es de $q_{a2} = 180 \text{ kN/m}^2$. En la Figura 15 se muestran los



esfuerzos en la losa debido a la combinación Comb22 (carga de servicio), utilizada también en el dimensionamiento de la cimentación según lo mencionado en el Título C, Capítulo C.15, Artículo C.15.2 de la NSR-10.

Tabla 29. Combinaciones de carga mayoradas para cimentación

COMBOS	Dead	SDead	Live	Ex	Ey
Comb22=D+SD+L	1	1	1		
Comb23=D+SD+0.75L	1	1	0.75		
Comb24=D+SD+0.7Ex+0.2Ey	1	1		0.7	0.2
Comb25=D+SD+0.7Ex-0.2Ey	1	1		0.7	-0.2
Comb26=D+SD-0.7Ex+0.2Ey	1	1		-0.7	0.2
Comb27=D+SD-0.7Ex-0.2Ey	1	1		-0.7	-0.2
Comb28=D+SD+0.2Ex+0.7Ey		1		0.2	0.7
Comb29=D+SD+0.2Ex-0.7Ey	1	1		-0.2	0.7
Comb30=D+SD-0.2Ex+0.7Ey	1	1		0.2	-0.7
Comb31=D+SD-0.2Ex-0.7Ey	1	1		-0.2	-0.7
Comb32=D+SD+0.7L+0.525Ex+0.15Ey	1	1	0.7	0.525	0.15
Comb33=D+SD+0.7L+0.525Ex-0.15Ey	1	1	0.7	0.525	-0.15
Comb34=D+SD+0.7L-0.525Ex+0.15Ey	1	1	0.7	-0.525	0.15
Comb35=D+SD+0.7L-0.525Ex-0.15Ey	1	1	0.7	-0.525	-0.15
Comb36=D+SD+0.7L+0.15Ex+0.525Ey	1	1	0.7	0.15	0.525
Comb37=D+SD+0.7L+0.15Ex-0.525Ey	1	1	0.7	0.15	-0.525
Comb38=D+SD+0.7L-0.15Ex+0.525Ey	1	1	0.7	-0.15	0.525
Comb39=D+SD+0.7L-0.15Ex-0.525Ey	1	1	0.7	-0.15	-0.525
Comb40=0.6D+0.6SD+0.7Ex+0.2Ey	0.6	0.6		0.7	0.2
Comb41=0.6D+0.6SD+0.7Ex-0.2Ey	0.6	0.6		0.7	-0.2
Comb42=0.6D+0.6SD-0.7Ex+0.2Ey	0.6	0.6		-0.7	0.2
Comb43=0.6D+0.6SD-0.7Ex-0.2Ey	0.6	0.6		-0.7	-0.2
Comb44=0.6D+0.6SD+0.2Ex+0.7Ey	0.6	0.6		0.2	0.7
Comb45=0.6D+0.6SD+0.2Ex-0.7Ey	0.6	0.6		0.2	-0.7
Comb46=0.6D+0.6SD-0.2Ex+0.7Ey	0.6	0.6		-0.2	0.7
Comb47=0.6D+0.6SD-0.2Ex-0.7Ey	0.6	0.6		-0.2	-0.7

En la Figura 15 se puede verificar que la distribución de esfuerzos no excede el límite establecido para la combinación de servicio. En la Figura 16 se muestra la distribución de esfuerzos para combinaciones con carga mayoradas constatando que estos no exceden el límite establecido de 180 kN/m².

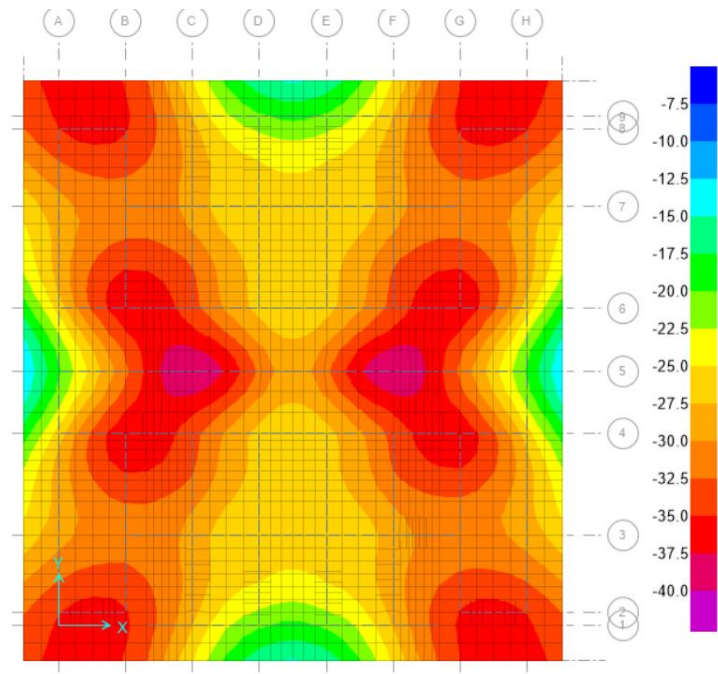


Figura 15. Distribución e de esfuerzo sobre la cimentación (Carga de Servicio)

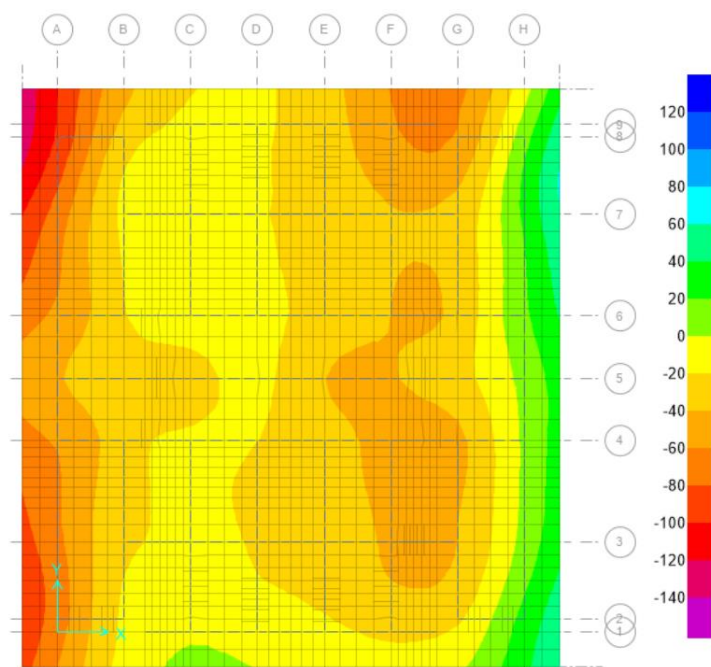


Figura 16. Esfuerzo sobre la cimentación combinaciones con Sismo

2.9.4.2. Asentamientos diferenciales

Se revisan los valores de asentamiento para las diferentes combinaciones de carga correspondientes a esfuerzos de trabajo. En la Figura 17 se muestra que estos asentamientos no son superiores a los 9 mm para la combinación de servicio. De

acuerdo al estudio geotécnico el valor admisible de asentamientos para el tipo de suelo es de 32 mm.

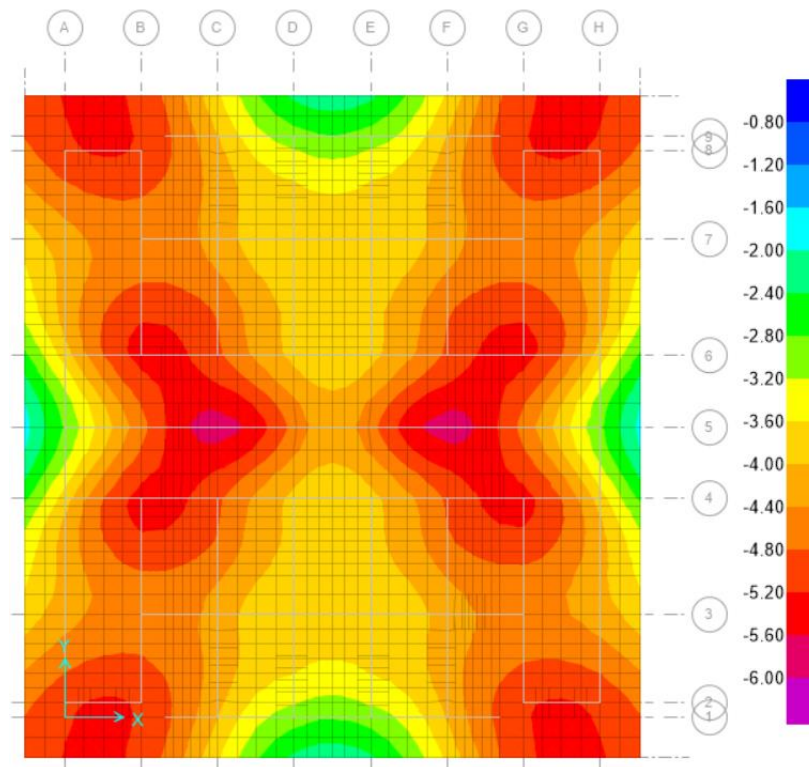


Figura 17. Deformación vertical en la losa de Cimentación para combinación de servicio

2.9.4.3. Diseño por flexión en la losa de cimentación

Según el Título C, Artículo C.7.7.1 de la NSR-10 todos los elementos estructurales que tengan contacto con el suelo deben poseer un recubrimiento de concreto mínimo de 75 mm. La separación del refuerzo no debe estar separado a una distancia mayor a tres veces el espesor de la losa, ni 450 mm de acuerdo al Título C.10, Artículo C.10.5.4 y C.15.10.4 de la NSR-10, así mismo en el Artículo C.7.12.2.1 se menciona que la cuantía mínima (ρ_{min}) de retracción y temperatura es de 0.0018.

En la Figura 18 se muestra el diagrama de momento M11 actuante en la losa de cimentación y en la Figura 19 se presenta el diagrama de momento M22 que actúa sobre la misma.

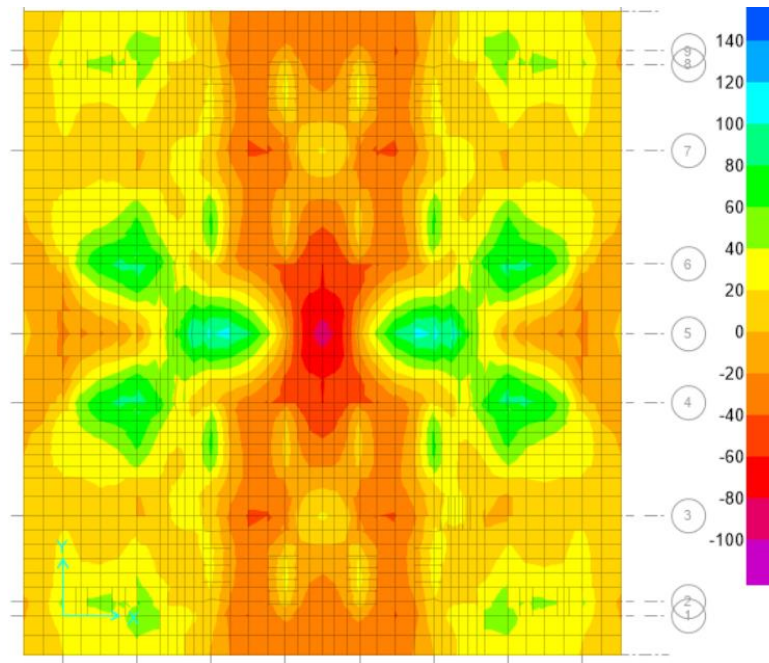


Figura 18. Diagrama de momento M11. Valores en kN-m/m

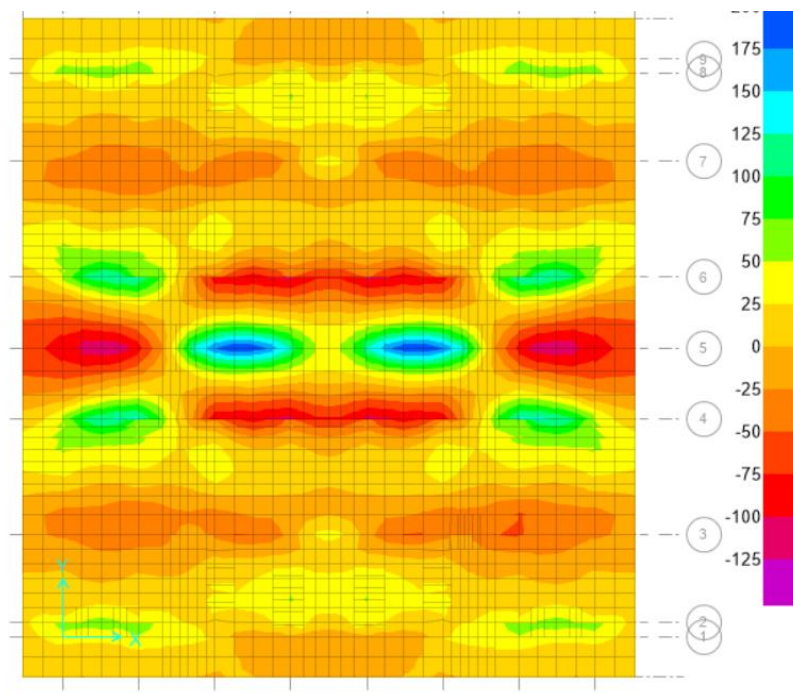


Figura 19. Diagrama de momento M22. Valores en kN-m/m

En la Tabla 30 se muestra la distribución de refuerzo a flexión y la resistencia nominal a momento comparando si $M_u < \phi M_n$ respecto a los datos de la Figura 18 y la Figura 19.

Tabla 30. Parámetros y resistencia nominal a flexión y cortante

Parámetros	Unidades	Valores	Descripción
E	M	0.5	Espesor de losa cimentación
f'c	MPa	28	Resistencia del concreto
fy	MPa	420	Resistencia del acero
Recubrimiento	Mm	75	Recubrimiento
ρ-	[-]	0	Cuantía superior
ρ+	[-]	0.0033	Cuantía inferior
As-	mm ²	0	Área de acero superior
As+	mm ²	1416.67	Área de acero inferior
φMn+	kN-m/m	245.438	Momento resistente inferior
Refuerzo inferior	[-]	1 #5 C / 0.15 m	Refuerzo inferior en la losa
φVc	kN/m	286.73	Resistencia a cortante de la sección

2.9.4.4. Revisión de cortante en la losa de cimentación

De acuerdo al Capítulo C.11 de la NSR-10, se revisa el cortante en la losa para las combinaciones de carga. Se verifica que el esfuerzo a cortante no supere $\phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$. En la Figura 20 se muestra el diagrama de fuerza cortante V_u para la losa de fundación; comparando la resistencia a cortante de la sección considerada (por metro de ancho) mostrado en la Tabla 30 y teniendo en cuenta que cumpla con $V_u < \phi V_n$, para lo cual no se requiere esfuerzo a cortante.

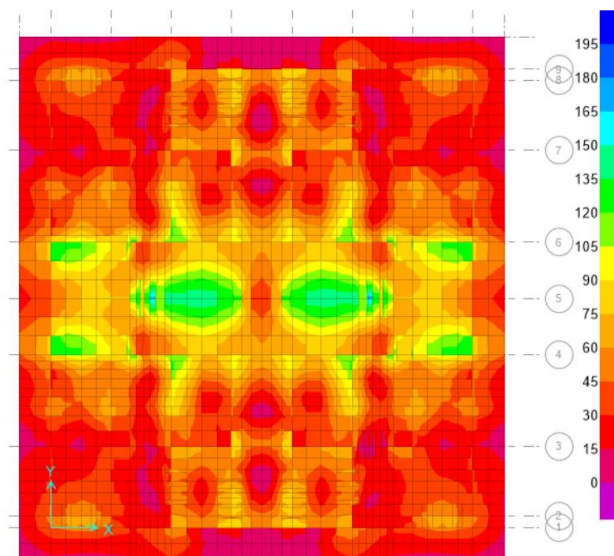


Figura 20. Diagrama de fuerza cortante. Rango (0, 195) kN/m



2.9.4.5. Diseño de vigas de cimentación

Las vigas de cimentación son elementos de gran altura que poseen una gran rigidez y su principal función es transmitir las fuerzas entre los muros estructurales y la cimentación.

2.9.4.5.1. Requisitos generales

Las dimensiones de las vigas son de 700 mm X 1250 mm. El refuerzo especificado para las vigas de cimentación es corrugado con límite de fluencia $f_y = 420$ MPa y la resistencia a la compresión del concreto es de $f'_c = 28$ MPa. De acuerdo al Título C, Artículo C.10.6.7 de la NSR-10 se debe proporcionar refuerzo en las caras de las vigas que tengan una altura superior a los 900 mm. El recubrimiento para este tipo de elementos estructurales es de 75 mm y la separación máxima del refuerzo superficial distribuido en ambas caras laterales debe ser de 160 mm.

2.9.4.5.2. Diseño a flexión de las vigas de cimentación

En la Figura 21 se muestra el diagrama de momentos de la envolvente de las combinaciones de carga presentadas en la Tabla 29. Se presenta en la Tabla 31 los datos utilizados para el cálculo del refuerzo a flexión y la resistencia nominal de la viga.

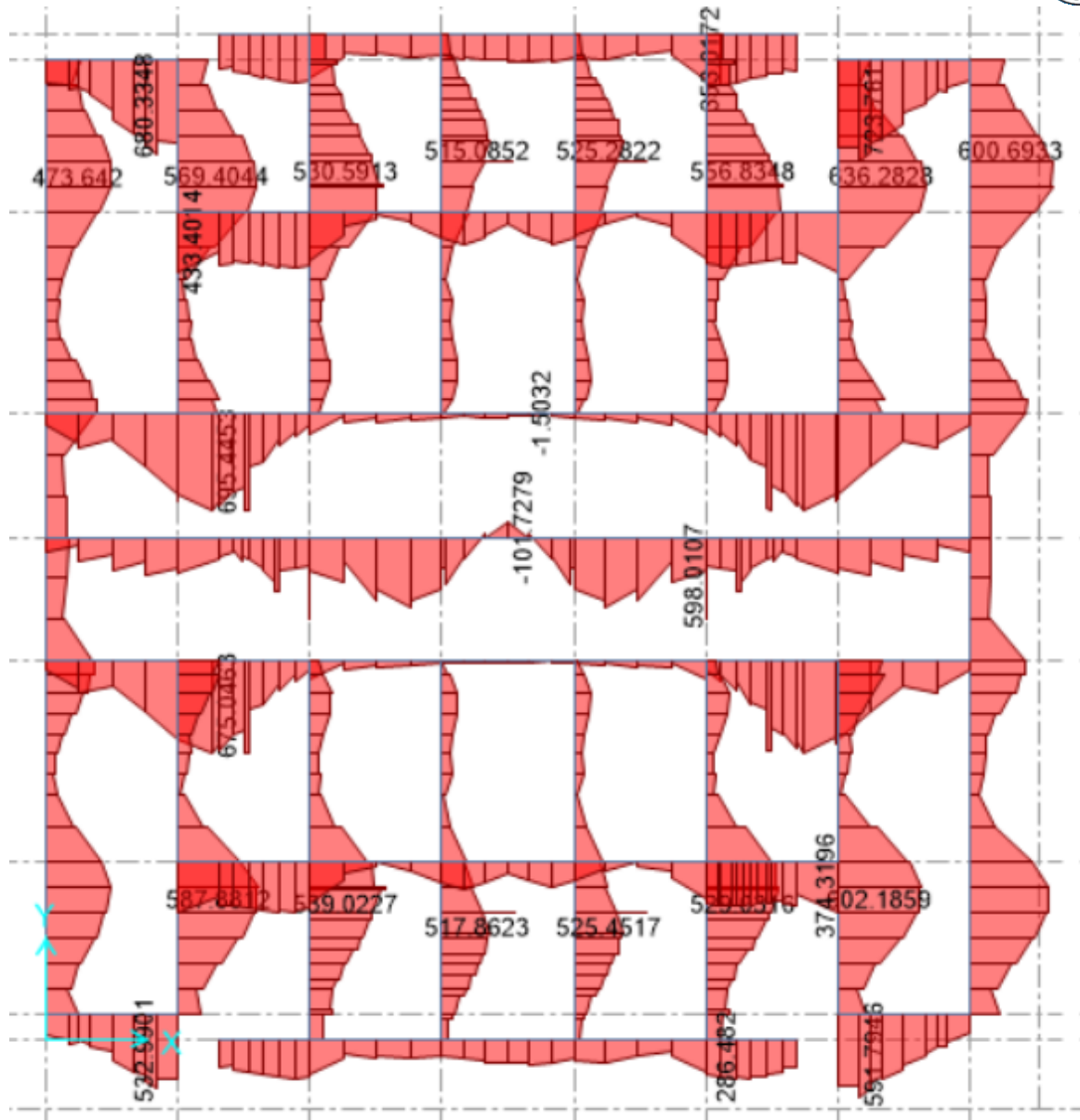


Figura 21. Diagrama de momentos sobre vigas de cimentación. kN-m

De acuerdo al Artículo C.10.5.1 de la NSR-10 el área mínima de refuerzo de tracción para toda sección o elemento sometido a flexión no debe ser menor que el obtenido por medio de la ecuación C.10-3.

$$A_{s,\text{minimo}} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$



Pero no debe ser menor a $A_{s,minimo} = \frac{1.4b_w d}{f_y}$. Para las dimensiones propuestas

para la viga de cimentación el área de acero el acero mínimo es de 2742 mm² con una cuantía de $\rho = 0.00333$.

El momento máximo solicitado que se presenta en la Figura 21 es $M_u = 850.92$ kN-m por lo tanto se necesitara un área de 2742 mm² de acero de refuerzo a tracción. Se dispone un refuerzo de 5 #7 + 3 #6 para un área de acero colocado de 2787 mm² con una cuantía de $\rho = 0.003389$ cumpliendo con la condición de $\phi M_n > M_u$, como se detalla en la Tabla 31.

Tabla 31. Parámetros y resistencia nominal a flexión y cortante vigas cimentación

Parámetros	Unidades	Valor	Descripción
h	m	1.25	Altura viga rectangular de cimentación
b _w	m	0.70	Base viga rectangular de cimentación
f _c	MPa	28	Resistencia del concreto
f _y	MPa	420	Resistencia del acero
r'	mm	75	Recubrimiento
A _{s,min}	mm ²	2742	Artículo C.10.5.1, Ec. 10-3 de la NSR-10
ρ min	[-]	0.00333	Cuantía mínima, Artículo C.10.5.1, NSR-10
ρ ⁻	[-]	0	Cuantía superior suministrada
ρ ⁺	[-]	0.003389	Cuantía inferior suministrada
A _{s⁻}	mm ²	0	Área acero superior suministrado
A _{s⁺}	mm ²	2787	Área acero inferior suministrado
Φ M _{n⁻}	kN-m	0	Momento resistente superior
Φ M _{n⁺}	kN-m	1200.68	Momento resistente inferior
M _u	kN-m	850.92	Demanda de momento flector
Refuerzo superior	[-]	5 #7 + 3#6	Distribución refuerzo inferior
Φ V _c	kN	554.84	Resistencia al cortante del concreto
V _u	kN	509.90	Cortante máximo de demanda
V _s	kN	0	Fuerza cortante que asume el acero
S calculado	mm	243	Separación de estribos calculada
S asumido	mm	250	Separación de estribos asumida
# Ramas	[-]	2	Numero de ramas
Refuerzo transversal	[-]	1 #3 C / 0.25 m	Distribución de refuerzo transversal
Refuerzo lateral	[-]	1 #4 C / 0.20 m	Artículo C.10.6.7 de la NSR-10
Resistencia cortante viga	kN	835.11	Resistencia a cortante de la sección



2.9.4.5.3. Diseño a fuerza cortante de las vigas de cimentación

De acuerdo a los criterios establecidos en la NSR-10, Capítulo C.11, Artículo C.11.1 se debe cumplir la condición $\phi V_n > V_u$ siendo V_u el cortante último sobre el elemento y V_n la resistencia nominal a cortante calculada $V_n = V_c + V_s$, V_s es la resistencia nominal proporcionada por el concreto. Para el diseño se tomará $V_s = V_u - V_c$, y ϕ el coeficiente de reducciones para cortante con valor de 0.75.

De acuerdo a la Figura 22 la máxima sollicitación a cortante es de 509.90 kN, la resistencia aportada por el concreto multiplicado por el factor de reducción es de $\phi V_c = 554.9$ kN, por lo que el concreto asume todo el cortante sollicitado para la viga, cumpliendo con la condición $\phi V_n > V_u$; de acuerdo al Artículo C.11.4.6. menciona las excepciones para no cumplir con el área de cortante mínima A_v .min establecida en el Artículo C.11.4.6.3, por lo tanto se colocara 1 E#3 c / 0.25 mt. En la Tabla 31 se detalla las características del refuerzo, así mismo se tiene en cuenta el refuerzo lateral mencionado en el Artículo C.10.6.7 de la NSR-10.

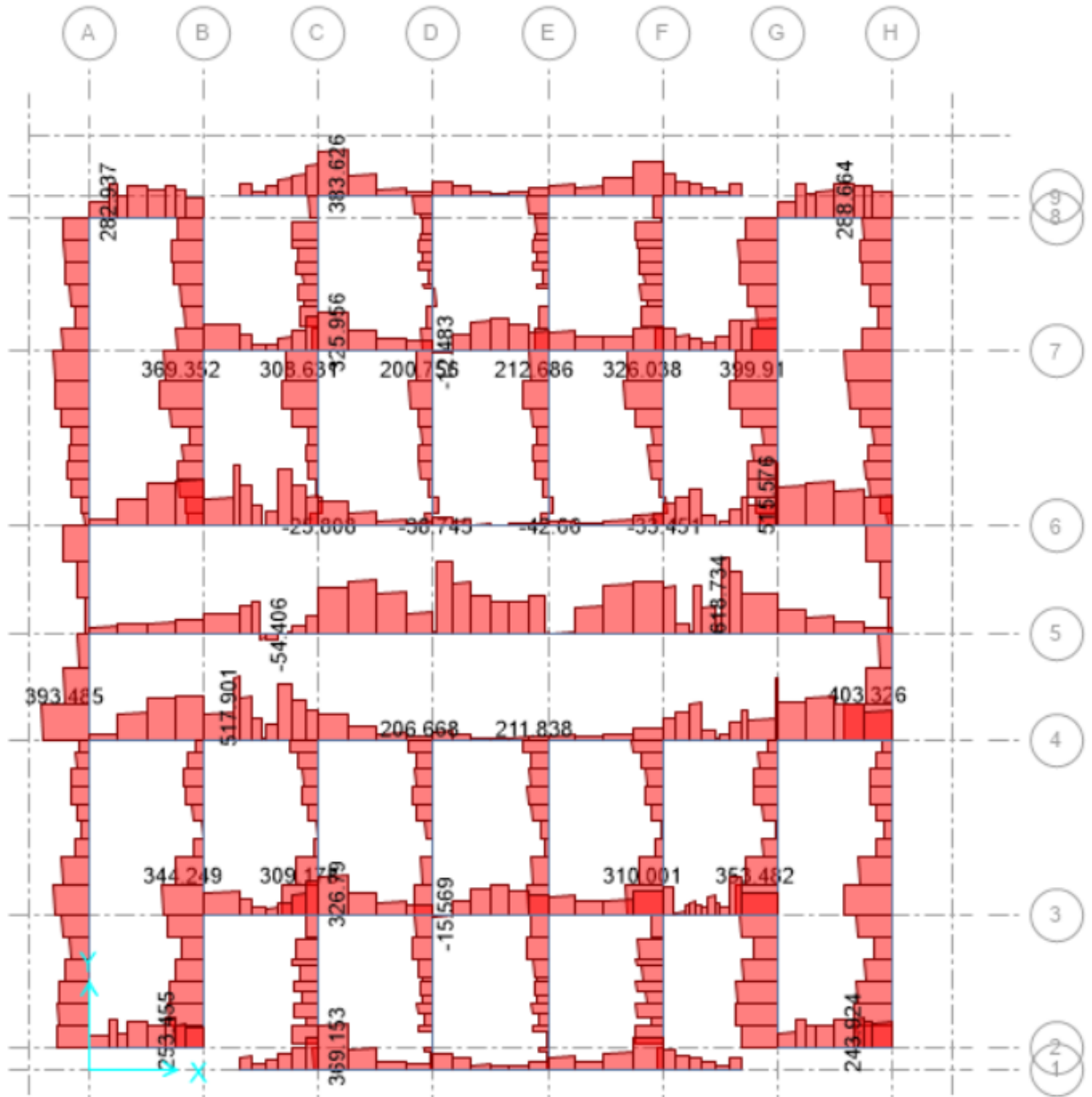


Figura 22. Diagrama de fuerza cortante para vigas de cimentación

3. Etapa 2: Análisis Estático No Lineal

En esta etapa se realiza el análisis estático no lineal para cada dirección de estudio de acuerdo a los requerimientos del ASCE/SEI 41-17. Se revisa la aplicación de este tipo de análisis y el desempeño de los elementos parte del sistema de resistencia sísmica de la estructura.

3.1. Generalidades según el ASCE/SEI 41-17

Seguidamente se relacionan algunas condiciones básicas para la caracterización de un edificio mencionados por el ASCE/SEI 41-17.

3.1.1. Tipología del edificio

Teniendo en cuenta las características del sistema de resistencia sísmica mencionadas en la Sección 2.1 del presente documento, la tipología del edificio es C2 (a), según la

Tabla 3-1 del ASCE/SEI 41-17 mostrada en la Figura 23.

Steel Plate Shear Walls S6	These buildings have a frame of steel columns, beams, and shear walls. Shear walls are constructed with steel plates with horizontal and vertical boundary elements adjacent to the webs. The boundary elements are designed to remain essentially elastic under maximum forces that can be generated by the fully yielded webs. Diaphragms transfer seismic forces to braced frames. The diaphragms consist of concrete or metal deck with concrete fill and are stiff relative to the shear walls. The foundation system is permitted to consist of a variety of elements.
Cold-Formed Steel Light-Frame Construction CFS1 (Shear Wall System)	These buildings have cold-formed steel light-frame walls supporting the majority of the lateral loads. Floor and roof framing consists of cold-formed steel joists or rafters on cold-formed steel studs spaced no more than 24 in. (61 cm) apart, wood or cold-formed steel trusses, structural steel or cold-formed steel beams, and structural steel or cold-formed steel columns. The first-floor framing is supported directly on the foundation system or is raised up on cripple studs and post-and-beam supports. The foundation is permitted to consist of a variety of elements. Chimneys, where present, consist of solid brick masonry, masonry veneer, or cold-formed steel frame with internal metal flues. Seismic forces are resisted by wood structural panel or metal deck diaphragms, and wood structural panel sheathed shear walls or steel sheet sheathed shear walls. Floor and roof sheathing consists of wood structural panels or metal deck. Interior surfaces are sheathed with plaster or gypsum board. Buildings of this type that have precast concrete plank diaphragms shall not be permitted to be classified as this common building type and shall not be permitted to be evaluated using Tier 1 or Tier 2 procedures.
CFS2 (Strap-Braced Wall System)	These buildings have cold-formed steel light-frame strap walls supporting the majority of the lateral loads. Floor and roof framing consists of cold-formed steel joists or rafters on cold-formed steel studs spaced no more than 24 in. (61 cm) apart, wood or cold-formed steel trusses, structural steel or cold-formed steel beams, and structural steel or cold-formed steel columns. The first-floor framing is supported directly on the foundation system or is raised up on cripple studs and post-and-beam supports. The foundation is permitted to consist of a variety of elements. Chimneys, where present, consist of solid brick masonry, masonry veneer, or cold-formed steel frame with internal metal flues. Seismic forces are resisted by diaphragms with wood structural panels or metal deck, and walls with diagonal flat strap bracing. Floor and roof sheathing consists of wood structural panels or metal deck. Interior surfaces are sheathed with plaster or gypsum board. Buildings of this type that have precast concrete plank diaphragms shall not be permitted to be classified as this common building type and shall not be permitted to be evaluated using Tier 1 or Tier 2 procedures.
Concrete Moment Frames C1	These buildings consist of a frame assembly of cast-in-place concrete beams and columns. Floor and roof framing consists of cast-in-place concrete slabs, concrete beams, one-way joists, two-way waffle joists, or flat slabs. Seismic forces are resisted by concrete moment frames that develop their stiffness through monolithic beam-column connections. In older construction, or in levels of low seismicity, the moment frames are permitted to consist of the column strips of two-way flat slab systems. Modern frames in levels of high seismicity have joint reinforcing, closely spaced ties, and special detailing to provide ductile performance. This detailing is usually not present in older construction. The foundation system is permitted to consist of a variety of elements.
Concrete Shear Walls C2 (with Stiff Diaphragms)	These buildings have floor and roof framing that consists of cast-in-place concrete slabs, concrete beams, one-way joists, two-way waffle joists, or flat slabs. Buildings may also have steel beams, steel columns, cold-formed steel light-frame construction, and concrete slabs for the gravity framing. Floors are supported on concrete columns or bearing walls. Seismic forces are resisted by cast-in-place concrete shear walls. In older construction, shear walls are lightly reinforced but often extend throughout the building. In more recent construction, shear walls occur in isolated locations, are more heavily reinforced, and have concrete slabs that are stiff relative to the walls. The foundation system is permitted to consist of a variety of elements.
C2a (with Flexible Diaphragms)	These buildings are similar to C2 buildings, except that diaphragms consist of wood sheathing or have large aspect ratios, and are flexible relative to the walls.

Figura 23. Clasificaciones de estructuras por tipología según ASCE/SEI 41-17



3.1.2. Objetivo de nivel de desempeño

El objetivo de desempeño sísmico de la estructura se asignará de acuerdo a la Sección 2.2 del ASCE/SEI 41-17. El objetivo de desempeño sísmico se define como un par de nivel de riesgo sísmico seleccionado con un nivel de desempeño estructural objetivo y un nivel de desempeño no estructural objetivo.

Se debe asignar a la estructura una dentro de las seis categorías de objetivo de desempeño mostradas a continuación:

- Immediate Occupancy (S-1)
- Damage Control (S-2)
- Life Safety (S-3)
- Limited Safety (S-4)
- Collapse Prevention (S-5)
- Not Considered (S-6)

3.1.3. Categoría del riesgo

La categoría de riesgo para una edificación se asigna en función al daño o falla de una estructura con el riesgo para la vida humana, la salud y asistencia social, el riesgo depende del tipo de uso del edificio. Para el presente caso se asignará la Categoría de riesgo II a la edificación de estudio de acuerdo a la Tabla 1.5-1 del ASCE/SEI 7-16.

Tabla 32. Clasificación del riesgo para edificios y otras estructuras según ASCE/SEI 7-16

Use or Occupancy of Buildings and Structures	Risk Category
Buildings and other structures that represent low risk to human life in the event of failure	I
All buildings and other structures except those listed in Risk Categories I, III, and IV	II
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial risk to human life	III
Buildings and other structures, not included in Risk Category IV, with potential to cause a substantial economic impact and/or mass disruption of day-to-day civilian life in the event of failure	
Buildings and other structures not included in Risk Category IV (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, hazardous waste, or explosives) containing toxic or explosive substances where the quantity of the material exceeds a threshold quantity established by the Authority Having Jurisdiction and is sufficient to pose a threat to the public if released ^a	
Buildings and other structures designated as essential facilities	IV
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial hazard to the community Buildings and other structures (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, or hazardous waste) containing sufficient quantities of highly toxic substances where the quantity of the material exceeds a threshold quantity established by the Authority Having Jurisdiction and is sufficient to pose a threat to the public if released ^a	
Buildings and other structures required to maintain the functionality of other Risk Category IV structures	

3.1.4. Nivel de sismicidad

El nivel de sismicidad según el ASCE/SEI 41-17 Sección 2.5 se clasifica como Muy Bajo, Bajo, Moderado o Alto. Para determinar esta clasificación se utilizan los parámetros sísmicos de la zona de emplazamiento de la edificación presentados en la Tabla 1 y de acuerdo a la metodología del AIS 180-13 se obtiene que $S_s = 3.75 * A_a = 1.31$, $S_1 = 1.8 * A_v = 0.54$ y de la ecuación (2-4) $S_{DS} = 2/3 * F_a * S_s = 1.00$ y de (2-5) $S_{D1} = 2/3 * F_v * S_1 = 0.65$ del ASCE/SEI 41-17. Para el presente estudio la edificación se caracteriza en un nivel de sismicidad alta teniendo en cuenta la Tabla 33 del ASCE/SEI 41-17 como se muestra.

Tabla 33. Nivel de sismicidad según ASCE/SEI 41-17

Level of Seismicity ^a	S_{DS}	S_{D1}
Very low	<0.167 g	<0.067 g
Low	≥0.167 g	≥0.067 g
Moderate	<0.33 g	<0.133 g
	≥0.33 g	≥0.133 g
High	<0.50 g	<0.20 g
	≥0.50 g	≥0.20 g

En la Tabla 34 (Tabla 2-3 ASCE/SEI 41-17) se muestra Objetivo de desempeño básico equivalente a los nuevos estándares de construcción (BPON) y la categoría del riesgo para el nivel del peligro sísmico BSE-1N. La definición de este nivel de amenaza sísmica se encuentra en la Sección 2.4.1.2 del ASCE/SEI 41-17.

Tabla 34. Objetivo de desempeño básico equivalente a los nuevos estándares de construcción (BPON). Tabla 2-3 del ASCE/SEI 41-17

Risk Category	Seismic Hazard Level	
	BSE-1N	BSE-2N
I and II	Life Safety Structural Performance	Collapse Prevention Structural Performance
	Position Retention Nonstructural Performance (3-B)	Hazards Reduced Nonstructural Performance ^a (5-D)
III	Damage Control Structural Performance	Limited Safety Structural Performance
	Position Retention Nonstructural Performance (2-B)	Hazards Reduced Nonstructural Performance ^a (4-D)
IV	Immediate Occupancy Structural Performance	Life Safety Structural Performance
	Operational Nonstructural Performance (1-A)	Hazards Reduced Nonstructural Performance ^a (3-D)

^a Compliance with ASCE 7 provisions for new construction is deemed to comply.

3.1.5. Nivel de desempeño objetivo del edificio

El objetivo de desempeño básico conforme el ASCE/SEI 41-17 para esta edificación nueva con categoría de riesgo II y nivel de amenaza sísmica BSE-1N es “Life Safety” o “Seguridad de vida”. Se designa un nivel de desempeño objetivo del edificio como



“Life Safety (S-3)” definido en la Sección 2.3.1.3 del ASCE/SEI 41-17. Dicho objetivo pretende que la estructura permanezca estable en sus componentes o segura al inicio de un colapso total o parcial posterior a un sismo.

3.1.5.1. Objetivo básico y nivel de desempeño de la estructura

En concordancia con el nivel de desempeño objetivo de la edificación, la estructura del mismo debe cumplir con los criterios para un desempeño “Life Safety (S-3)” para los requisitos mencionados en la Sección 2.3.1.3 del ASCE/SEI 41-17.

3.1.6. Modelo de análisis

En esta sección se presentan las particularidades generales del modelo matemático que se usa para simular el comportamiento de la edificación. Inicialmente se muestran las características exigidas en el modelo según el ASCE/SEI 41-17.

3.2. Requisitos para el modelo de análisis por ASCE/SEI 41-17

3.2.1. Generalidades

Conforme la Sección 7.2.3.1 del ASCE/SEI 41-17 los modelos matemáticos deben ser analizados y evaluados como un conjunto tridimensional de componentes. De acuerdo al sistema estructura de resistencia sísmica no presenta condiciones que deben ser modeladas explícitamente tales como: desplazamiento en los planos de acción de los elementos verticales (muros) ya que todos los muros se encuentran alineados en su plano vertical en toda la altura de la edificación, ni conexiones especiales entre los elementos del edificio.

3.2.1.1. Torsión

Según la Tabla 3-1 del ASCE/SEI 41-17, el diafragma se clasifica como “Stiff”, por lo tanto, se aplican los requerimientos de la sección 7.2.3.2 del ASCE/SEI 41-17. Para



revisar si se debe tener en cuenta los efectos torsionales en el análisis del edificio se aplican las fuerzas cortantes calculadas en la Tabla 39 y Tabla 40, para la condición en que se aplica la fuerza en el centro de masa (torsión) y torsión más torsión accidental (fuerza sísmica en el centro de masa más el momento generado por la excentricidad de 5% del ancho del piso medido perpendicularmente a la dirección de estudio); se calcula el amplificador de desplazamiento $\eta = \delta_{max}/\delta_{avg}$ como la relación entre el desplazamiento máximo en cualquier punto del diafragma y el desplazamiento promedio del diafragma en cada piso. De acuerdo al ASCE/SEI 41-17 sección 7.2.3.2.2 debe considerarse los efectos torsionales si la relación entre el amplificador de desplazamiento de la torsión más la torsión accidental y el amplificador de desplazamiento para la torsión es superior a 1.1. En la Tabla 35 se evidencia que no es necesario considerar los efectos torsionales en el análisis no lineal amplificando el desplazamiento objetivo.

Tabla 35. Consideración de efectos torsionales

Piso	η_{1x}	η_{2x}	Relacion η_{2x}/η_{1x}	η_{1y}	η_{2y}	Relacion η_{2y}/η_{1y}
Terraza	1.00	1.06	1.06	1.00	1.06	1.05
Piso10	1.00	1.06	1.06	1.00	1.06	1.06
Piso9	1.00	1.06	1.06	1.00	1.06	1.06
Piso8	1.00	1.06	1.06	1.00	1.06	1.06
Piso7	1.00	1.06	1.06	1.00	1.06	1.06
Piso6	1.00	1.07	1.06	1.00	1.06	1.06
Piso5	1.00	1.07	1.06	1.00	1.07	1.06
Piso4	1.00	1.07	1.06	1.00	1.07	1.06
Piso3	1.00	1.07	1.07	1.00	1.07	1.07
Piso2	1.00	1.07	1.07	1.00	1.07	1.07

η_1 : Factor de amplificación sin

η_2 : Factor de amplificación sin consi

3.2.2. Elemento primario y secundario

Según el ASCE/SEI 41-17 en la Sección 7.5.1. establece el manejo de los componentes primarios y secundarios teniendo en cuenta el método de análisis (lineal ó



No lineal). De acuerdo a la Sección 7.5.1.1 un elemento primario es aquel que se requiere para resistir las fuerzas sísmicas y las deformaciones para que la estructura logre el nivel de desempeño establecido; un elemento secundario por el contrario no resiste fuerzas sísmicas y se adapta a las deformaciones con el fin de lograr el nivel de desempeño establecido.

En este estudio se clasifican los muros estructurales como elementos primarios y no se establecen elementos secundarios. Teniendo en cuenta el ASCE/SEI en la Sección 7.2.3.3 los elementos primarios deben ser evaluados para fuerzas y deformaciones inducidas por el sismo junto con los efectos de las cargas gravitacionales, además de incluir la degradación de resistencia y rigidez de los elementos primarios en el modelo matemático para análisis.

3.2.3. Amortiguamiento

Teniendo en cuenta la sección 7.2.3.6 del ASCE/SEI 41-17 para procedimientos estático y dinámico lineales, y procedimiento estático no lineal, se usarán espectros de respuesta de 5% de amortiguamiento para el análisis de todos los edificios excepto para quienes cumplan con los siguientes criterios:

1. Para edificios sin revestimiento exterior o particiones inferiores no estructurales, una relación de amortiguación viscosa efectiva, β , igual al 2% de la amortiguación crítica ($\beta = 0.02$)
2. Edificios con diafragma de madera y paredes transversales que interconectan los niveles del diafragma con un máximo espaciamiento de 12.2 m, una relación de amortiguación viscosa efectiva, β , igual al 10% de la amortiguación crítica ($\beta = 0.10$) es permitida.



3. Para edificios que usan tecnología de aislamiento sísmico o tecnología de disipación mejorada de energía, una relación de amortiguación viscosa efectiva, β , será calculada usando los procedimientos especificados en los Capítulos 14 y 15 del ASCE/SEI 41-17.

Como el edificio de estudio no cumple ninguno de estos criterios y se utilizara un procedimiento de análisis estático no lineal (NSP) el valor del amortiguamiento utilizado para el espectro es del 5%.

3.2.4. Efectos sísmicos en múltiples direcciones

Según la Sección 7.2.5 del ASCE/SEI 41-17 los edificios deben evaluarse o retro adaptarse para la dirección del movimiento sísmico en la dirección horizontal. Los efectos sísmicos multidireccionales deben ser considerado para actuar concurrentemente para edificios que tengan uno de los siguientes criterios:

1. Edificios que tienen irregularidades en el plano
2. Edificios que tenga un o más columnas primarias que formen parte de dos o más intersecciones de marco o elementos de marco arriostrados.

Todos los otros edificios serán permitidos para ser evaluados o re adaptados para movimientos sísmicos actuando no concurrentemente in la dirección principal de cada eje del edificio.

Para el edificio de estudio no presenta alguno de estos criterios se permite evaluarlo para demandas sísmicas que actúan no concurrentemente en la dirección de cada eje principal del edificio. Teniendo en cuenta que no presenta irregularidades en planta, según la Sección 7.2.5 del ASCE/SEI 41-17 no es necesario considerar efectos sísmicos verticales según la Sección 7.2.5.2 del ASCE/SEI 41-17, ya que no cumplen los criterios establecidos para considerar este efecto.

3.2.5. Efectos P-Δ en modelo de análisis

Los efectos P-Δ estáticos son causados por cargas verticales que actúan a través de la configuración deformada de un edificio aumentando los desplazamientos laterales. En el modelo de análisis se incluyó el cálculo automático de los efectos P-Δ en la realización del análisis no lineal basado en la combinación gravitacional Q_G . La combinación de cargas gravitacionales para el análisis de efecto P-Δ es $Q_G = 1.0D + 0.25L$ teniendo en cuenta lo requerido en la Sección 7.2.2 del ASCE/SEI 41-17.

Se generarán dos modelos de análisis uno de ellos incluye los efectos P-Δ y el otro no, con el fin de comparar la influencia de los efectos del P-Δ en el análisis del edificio. Una vez se encuentra el estado final de ese caso de análisis, las deformaciones y cargas se usan como partida para el análisis estático no lineal en cada una de las direcciones de estudio.

Además, se comprueba los cálculos de los efectos P-Δ con los requisitos de la Sección 12.8.7 del ASCE/SEI 7-16. Se calcula el valor máximo aceptable de estabilidad $\theta_{max} = \frac{0.5}{\beta * C_d} = 0.10 \leq 0.25$. Los parámetros $C_d = 0.5$, $\beta = 1$, $h_{piso} = 2550\text{mm}$, el cortante de piso es el correspondiente a la fuerza sísmica de la Tabla 10. En la Tabla 36 y en la Tabla 37 se evidencia que no se excede el valor límite del coeficiente de estabilidad.

Tabla 36 . Analisis de efectos P-Δ para la direccion X

Piso	h [mm]	P [kN]	Vx [kN]	Δx [mm]	θx max = 0.10	Chequeo
10	2550	3987.073	7745.482	143.493	0.0579	Cumple
9	2550	10092.462	17368.487	125.962	0.0574	Cumple
8	2550	16197.851	24987.003	108.043	0.0549	Cumple
7	2550	22303.239	31209.055	89.911	0.0504	Cumple
6	2550	28408.628	36303.432	71.872	0.0441	Cumple
5	2550	34514.017	40440.932	54.394	0.0364	Cumple
4	2550	40619.406	43728.614	38.066	0.0277	Cumple
3	2550	46724.795	46157.061	23.586	0.0187	Cumple
2	2550	52830.183	47752.316	11.767	0.0102	Cumple
1	2550	58935.572	48496.975	3.560	0.0034	Cumple

Tabla 37. Análisis de efectos P-Δ para la dirección Y

Piso	h [mm]	P [kN]	Vx [kN]	Δx [mm]	θx max = 0.10	Chequeo
10	2550	3987.073	7728.36	136.973	0.0554	Cumple
9	2550	10092.462	17433.79	120.001	0.0545	Cumple
8	2550	16197.851	25081.40	102.686	0.0520	Cumple
7	2550	22303.239	31264.26	85.24	0.0477	Cumple
6	2550	28408.628	36361.32	67.955	0.0416	Cumple
5	2550	34514.017	40499.13	51.288	0.0343	Cumple
4	2550	40619.406	43749.25	35.79	0.0261	Cumple
3	2550	46724.795	46191.18	22.108	0.0175	Cumple
2	2550	52830.183	47791.48	10.99	0.0095	Cumple
1	2550	58935.572	48487.11	3.292	0.0031	Cumple

3.2.6. Interacción suelo – estructura

Según la Sección 7.2.7 del ASCE/SEI 41-17 los efectos de la interacción suelo-estructura (SSI – Soil Structure Interaction) se evaluarán para las edificaciones en los que un aumento en el periodo fundamental producto de los efectos de SSI da como resultado en un aumento en las aceleraciones espectrales. Para el caso de estudio no es posible que ocurra debido a que el periodo fundamental del edificio corresponde a la máxima aceleración del espectro elástico.

3.2.7. Clasificación del diafragma

La clasificación del diafragma se realiza de acuerdo a lo establecido en la sección 7.2.9.1 del ASCE/SEI 41-17, este puede considerarse como rígido, flexible o semi rígido (Stiff) de acuerdo al desplazamiento del diafragma comparado con el desplazamiento promedio de los elementos de resistencia sísmica del piso inmediatamente inferior calculado por medio de una pseudo-fuerza lateral, calculada por medio de la ecuación 7-21 del ASCE/SEI 41-17 $V = C_1 C_2 C_m S_a W$, donde C_1 y C_2 son factores de modificación calculados mediante las ecuaciones 7-22 y 7-23 del ASCE/SEI 41-17 respectivamente, C_m se calcula de acuerdo a la Tabla 7-4 del



ASCE/SEI 41-17 siendo 0.8 para edificios de muros portantes de concreto. El coeficiente S_a y la masa W de la estructura consignados en la Tabla XX.

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{\alpha T^2}$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{\mu_{strength} - 1}{T} \right)^2$$

Siendo α igual a 60 para suelo tipo D, E o F, el periodo fundamental (T) de la edificación en cada una de las direcciones principales calculado en la Tabla 11. El valor de $\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} C_m$. Con V_y calculado de acuerdo a la sección 7.4.3.2.4 del ASCE/SEI 41-17; este dato es tomado del software ETABS en el análisis realizado para Push-Over X y Push-Over Y.

En la Tabla 38 se presentan los valores determinados para la pseudo-fuerza lateral en cada una de las direcciones principales de estudio; cálculo realizado mediante la ecuación 7.21 del ASCE/SEI 41-17 $V = C_1 C_2 C_m S_a W$.

Tabla 38. Fuerza pseudo-estáticas

Parametros	Unidades	Dirección de analisis X	Dirección de analisis Y
C_1	[-]	1.057	1.050
C_2	[-]	1.009	1.007
C_m	[-]	0.800	0.800
S_a	g	1.010	1.010
W	kN	53735.07	53693.04
T_c	seg	0.785	0.773
$\mu_{strength}$		3.092	2.797
V	kN	46281.37	45868.03

La pseudo-fuerza lateral V debe ser destruida en altura y aplicada en el centro de masa de cada uno de los niveles de la estructura usando las ecuaciones 7-24 7-25 del ASCE/SEI 41-17 mostradas respectivamente a continuación:

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

El valor w_x y w_i se toma como la porción de masa localizada en el nivel de análisis, h_x y h_i son la altura desde la base hasta el nivel de análisis. El factor k se determina teniendo en cuenta el periodo fundamental de la estructura en la dirección de estudio, siendo 1.13 y 1.086 para la dirección X y Y respectivamente. En la Tabla 39 y en la Tabla 40 se muestran los valores de la pseudo-fuerza lateral calculada para cada nivel del edificio en estudio.

Tabla 39. Distribución en altura de la pseudo-fuerza lateral en dirección X

Nivel	w_x [kg]	h [m]	k	h^k	$w_x h^k$	C_{vx}	V_x [kN]	F_x [kN]
Terraza	520843.25	25.5	1.13	38.850	20234731.41	18.46%	46281.37	8542.77
Piso10	547891.06	22.95	1.13	34.489	18896381.73	17.24%	46281.37	7977.74
Piso9	547891.06	20.4	1.13	30.191	16541553.86	15.09%	46281.37	6983.57
Piso8	547891.06	17.85	1.13	25.963	14224774.92	12.98%	46281.37	6005.47
Piso7	547891.06	15.3	1.13	21.812	11950760.17	10.90%	46281.37	5045.41
Piso6	547891.06	12.75	1.13	17.751	9725696.724	8.87%	46281.37	4106.03
Piso5	547891.06	10.2	1.13	13.795	7558096.075	6.89%	46281.37	3190.90
Piso4	547891.06	7.65	1.13	9.966	5460490.247	4.98%	46281.37	2305.33
Piso3	547891.06	5.1	1.13	6.303	3453412.948	3.15%	46281.37	1457.97
Piso2	547891.06	2.55	1.13	2.880	1577918.681	1.44%	46281.37	666.17
					109623816.8	100%		

Tabla 40. Distribución en altura de la pseudo-fuerza lateral en dirección Y

Nivel	w_x [kg]	h [m]	k	h^k	$w_x h^k$	C_{vy}	V_y [kN]	F_y [kN]
Terraza	520843.25	25.5	1.086	33.690	17547274.75	18.11%	45868.03	8308.93
Piso10	547891.06	22.95	1.086	30.048	16462819.45	17.00%	45868.03	7795.42
Piso9	547891.06	20.4	1.086	26.440	14486136.59	14.95%	45868.03	6859.43
Piso8	547891.06	17.85	1.086	22.871	12530641.97	12.94%	45868.03	5933.47
Piso7	547891.06	15.3	1.086	19.345	10599102.89	10.94%	45868.03	5018.86
Piso6	547891.06	12.75	1.086	15.870	8695173.952	8.98%	45868.03	4117.31
Piso5	547891.06	10.2	1.086	12.455	6823921.16	7.04%	45868.03	3231.24
Piso4	547891.06	7.65	1.086	9.113	4992873.153	5.15%	45868.03	2364.21
Piso3	547891.06	5.1	1.086	5.867	3214514.768	3.32%	45868.03	1522.13
Piso2	547891.06	2.55	1.086	2.764	1514247.447	1.56%	45868.03	717.02
					96866706.13	100%		

Una vez calculadas las pseudo-fuerzas laterales se incluyen dentro del modelo descrito en la sección 2.7.1 y se calculan los desplazamientos del diafragma y los muros (elementos verticales de resistencia sísmica); los resultados y clasificación se muestran en la Tabla 41 y Tabla 42.

Tabla 41. Clasificación del diafragma dirección X

Piso	Deriva	Promedio	Relacion	Clasificacion
Terraza	16.641	16.586	1.0033	Stiff
Piso10	17.032	16.977	1.0032	Stiff
Piso9	17.267	17.213	1.0031	Stiff
Piso8	17.22	17.166	1.0031	Stiff
Piso7	16.743	16.691	1.0031	Stiff
Piso6	15.713	15.663	1.0032	Stiff
Piso5	14.014	13.969	1.0032	Stiff
Piso4	11.529	11.492	1.0032	Stiff
Piso3	8.124	8.097	1.0033	Stiff
Piso2	3.622	3.611	1.0030	Stiff

Tabla 42. Clasificación del diafragma dirección Y

Piso	Deriva	Promedio	Relacion	Clasificacion
Terraza	15.902	15.852	1.0032	Stiff
Piso10	16.24	16.19	1.0031	Stiff
Piso9	16.396	16.346	1.0031	Stiff
Piso8	16.271	16.221	1.0031	Stiff
Piso7	15.74	15.692	1.0031	Stiff
Piso6	14.696	14.65	1.0031	Stiff
Piso5	13.04	12.999	1.0032	Stiff
Piso4	10.675	10.642	1.0031	Stiff
Piso3	7.491	7.466	1.0033	Stiff
Piso2	3.303	3.293	1.0030	Stiff

El diafragma se clasifica como flexible cuando la máxima deformación horizontal del diafragma a lo largo de su longitud es más del doble del promedio de la deriva de los elementos del sistema de resistencia sísmica del piso inmediatamente debajo del diafragma, por lo tanto y de acuerdo al ASCE/SEI 41-17 sección 7.2.9.2 se modela la rigidez del diafragma con $0.25I_g$ y fuera del plano $0.25I_g$ según los valores recomendados en la Tabla 6.6.3.1.1(a) del ACI 318-14.

3.3. No linealidad de los materiales

A continuación, se muestran los parámetros que definen la no linealidad de los materiales en los modelos de análisis.

3.3.1. Concreto no confinado

En la Figura 24 se presenta la curva esfuerzo – deformación para el concreto no confinado generada en el software ETABS 2016, que considera el modelo de Mander con para la realización de la curva. Se considera la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 35$ MPa, deformación unitaria a resistencia máxima $\epsilon_{co} = 0.0022$, máxima capacidad de deformación 0.005 y $\alpha = -0.10$ con pendiente final en compresión.

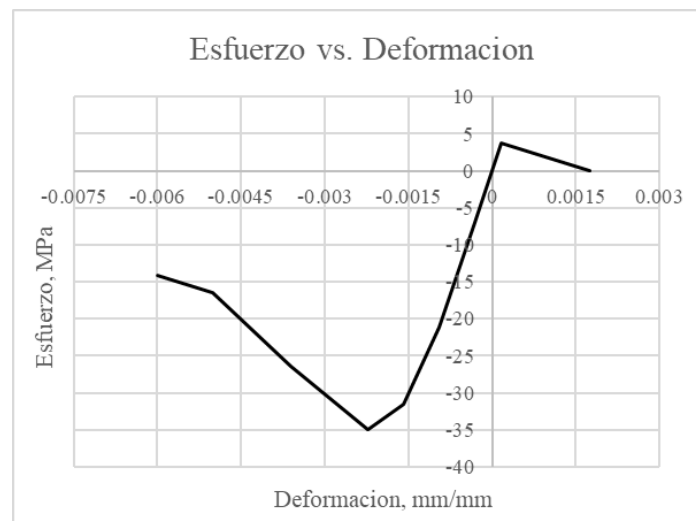


Figura 24. Esfuerzo - Deformación para concreto no confinado

3.3.2. Concreto confinado

El concreto confinado se define automáticamente en el modelo de análisis realizado teniendo en cuenta los parámetros mostrados anteriormente, en el modelo de Mander usado en ETABS 2016 y en el diseño propio de cada elemento de borde o su distribución de acero transversal determinado posterior al análisis elástico. En la Figura 25 se muestra la gráfica esfuerzo vs. deformación tomada del comportamiento de una fibra de concreto perteneciente al elemento de borde de borde del muro C1-A8-7; la línea azul muestra la respuesta de la fibra especificada, la línea roja muestra la línea principal del concreto confinado. El programa incluye las características de confinamiento en función de la cantidad, diámetro de la barra y separación del refuerzo

transversal de una sección determinada, que para en este caso es para los elementos de borde.

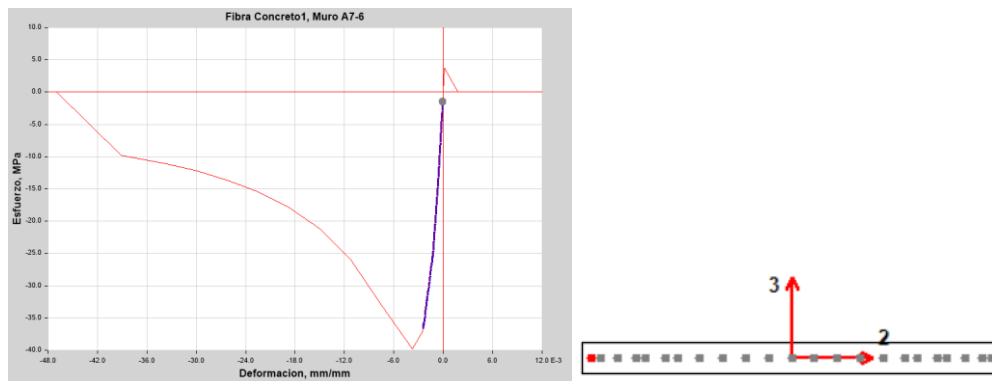


Figura 25. Curva esfuerzo -deformación para el concreto confinado

3.3.3. Acero de refuerzo

En la Figura 26 se muestran la relación esfuerzo-deformación para el acero generada mediante el software ETABS 2016, que tiene incorporado el modelo de Park para el acero de refuerzo. Para la creación de esta curva se tuvo en cuenta el inicio del endurecimiento por deformación $\epsilon_{sh}=0.01$, deformación unitaria ultima $\epsilon_{su}=0.09$, $\alpha=-0.10$, pendiente final.

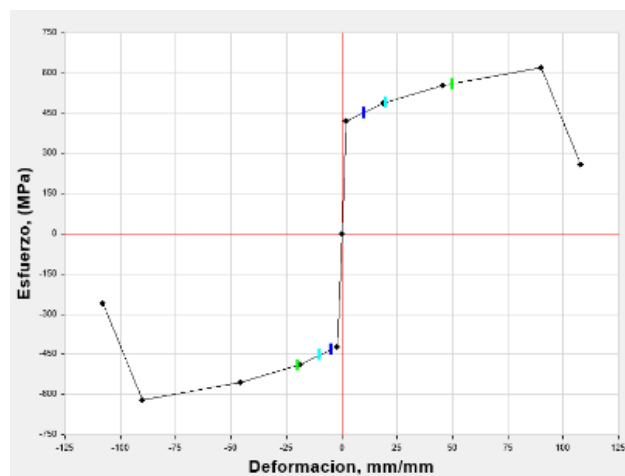


Figura 26. Relación esfuerzo-deformación para acero de refuerzo

3.3.4. Modelo de rotula plástica en muros

La respuesta inelástica de los muros de concreto reforzado controlados por flexión se realiza mediante un modelo de rotula plástica del elemento tipo fibra P-M3 que distribuye la plasticidad del elemento por medio de integración numérica a lo largo de la sección transversal y la longitud del muro (Deirlein, Reinhorn, & Willford, 2010); de acuerdo a las ventajas y desventajas en cuanto a la simulación, evaluación del desempeño y sobre todo la eficiencia computacional en concordancia con lo descrito en NIST GCER 17-917-45, este modelo de rotula se encuentra en los componentes de modelación del software ETABS 2016. En la Figura XX se muestra un ejemplo de asignación del refuerzo para la rótula del muro A7-6.

Wall Hinge Reinforcement


Rebar Material

Material Flexure: Fy420MPa

Material Shear: Fy420MPa

Bar Clear Cover: 40 mm

Layout



Geometry

Start X (mm)	Start Y (mm)	End X (mm)	End Y (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Start Zone Ratio	End Zone Ratio
0	13780	0	16380	2600	200	0.173	0.173

Reinforcement

Flexural Detail

Station	Bar Size	Bar Spacing (mm)	Number of Bars
Start	#4	110	4
Center	#4	130	13
End	#4	110	4

Flexural Detail (Additional Individual Bar)

Material	Distance (mm)	Area (mm ²)
*		

Shear/Confinement Detail

Station	Bar Size	Bar Spacing (mm)	Confined
Start	#3	50	Yes
Center	#4	300	No
End	#3	50	Yes

OK Cancel

Figura 27. Asignación de rotula muro A7-6

El ASCE/SEI 41-17 en la sección 10.3.3.1 establece los límites de deformación unitaria permitidos para concreto a compresión casi pura y acero de refuerzo. Para concreto no confinado la deformación unitaria máxima es 0.002 en compresión casi pura y 0.005 para otros miembros, para el caso del acero de refuerzo la máxima deformación unitaria es 0.02 en compresión y 0.05 en tensión.

3.3.5. Longitud de rotulas plásticas en muros

El modelado de la rótula plástica se realiza mediante el software ETABS 2016, estos elementos se generan sobre la altura del muro que capturan la respuesta inelástica a flexión sobre la sección transversal mediante el uso de secciones tipo fibra (de concreto y acero) y la no linealidad de los materiales.

De acuerdo a los criterios del ASCE/SEI sección 10.7.2.2.2 la longitud de la rótula plástica tiene que ser igual a 0.5 veces la profundidad de flexión del elemento, pero no menor que la altura de piso del muro estructural.

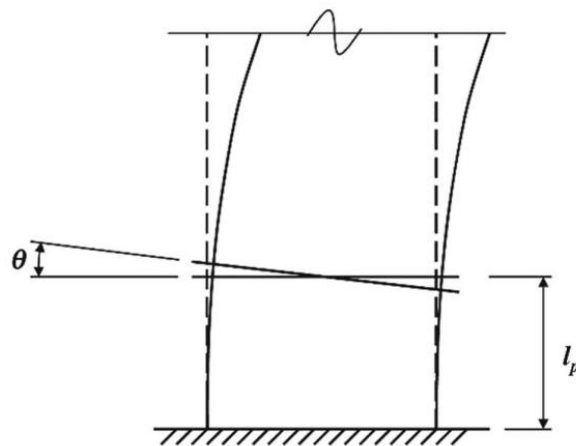


Figura 28. Longitud de rotula plástica de muro. Tomado de ASCE/SEI 41-17



3.4. Descripción de modelos de análisis

Los modelos fueron realizados en el software de análisis estructural ETABS 2016 Ultimate V.16.2.1, un producto de Computers and Structures, Inc.

3.4.1. Modelo 4

Este modelo de análisis está basado en la geometría del Modelo 1 descrito en la sección 2.7.1.1. Los elementos estructurales (muros) se generan como tipo Shell a los que se les reduce los coeficientes f_{11} , f_{22} y f_{12} a $0.35I_g$. Estos coeficientes modificadores se toman de la Tabla 6.6.3.1.1(a) del ACI 318-19 y se usan para garantizar un modelado que capture adecuadamente el comportamiento y mecanismo de falla ya que el concreto en el rango inelástico está fisurado.

Además, se simula la no linealidad del material en cada muro. El diafragma se considera como rígido conforme a los resultados de la sección 3.2.7 y por tal motivo se considera una sección fisurada del diafragma y se reducen los coeficientes f_{11} , f_{22} , f_{12} , m_{11} , m_{22} y m_{12} a $0.25I_g$. Además, incluye el caso de análisis teniendo en cuenta la combinación de cargas gravitacionales Q_G así como también los efectos $P-\Delta$. En la Tabla 43 se presentan las características de los análisis ejecutados. Este modelo incluye la distribución del refuerzo realizado.

Tabla 43. Tipos de análisis estático No Lineal en el modelo 4

Análisis estático No Lineal	Cimentación	Efectos P-Δ	Dirección	Modo
Push_X	Rígida	NO	X	1
Push_Y	Rígida	NO	Y	2
Push_X_P Δ	Rígida	SI	X	1
Push_Y_P Δ	Rígida	SI	Y	2



3.4.2. Selección del procedimiento de análisis

Se registra a continuación la revisión de las características de aplicaciones del análisis estático No Lineal de acuerdo a la sección 7.3.2.1 del ASCE/SEI 41-17.

3.4.3. Relación de resistencia

La relación de resistencia $\mu_{Strength}$, se determina de acuerdo al ASCE/SEI 41-17 por medio de la ecuación 7-31 $\mu_{strength} = \frac{Sa}{V_y/W} * C_m$, donde Sa es la pseudo aceleración espectral tomada del sismo de diseño, V_y es la resistencia de fluencia proveniente del análisis no lineal, W es el peso sísmico efectivo y C_m es el factor de masa efectivo de la tabla 7-4 del ASCE/SEI 41-17 de acuerdo al número de pisos del modelo en estudio y el sistema de resistencia sísmica ($C_m = 0.80$). En la dirección X la relación de resistencia es 3.090 y en la dirección Y es 2.797.

Además, el valor de $\mu_{strength}$ debe ser menor a la resistencia de $\mu_{Max} = 4.87$ cumpliendo satisfactoriamente con esta condición.

3.4.4. Influencia de los modos superiores

Se debe verificar la influencia de los modos superiores en la respuesta estructural con el fin de corroborar que se pueda realizar el análisis estático no lineal. Para definir el efecto de los modos superiores, se realiza un análisis modal espectral usando suficientes modos para producir el 90% de participación de la masa y se realiza una segunda respuesta utilizando únicamente el primer modo de vibración de la estructura. Este procedimiento se verifica utilizando el cortante en cada uno de los pisos comprobando que el modelo que requirió una mayor cantidad de modos no exceda el 130% del cortante de aquel modelo en el que solo se utiliza el primer modo de participación.

Tabla 44. Influencia de los modos superiores en la respuesta

Piso	VX			Piso2	VY		
	Vx1 (# Modo - 90%) kN	Vx2 (1erModo) kN	Relacion Vx1/Vx2		Vy1 (# Modo - 90%) kN	Vy2 (1erModo) kN	Relacion Vy1/Vy2
Terraza	7745.48	6768.90	114%	Terraza	7728.36	6812.51	113%
Piso10	17368.49	16054.51	108%	Piso10	17433.79	16136.38	108%
Piso9	24987.00	24062.46	104%	Piso9	25081.40	24155.60	104%
Piso8	31209.05	30773.79	101%	Piso8	31264.26	30854.80	101%
Piso7	36303.43	36186.47	100%	Piso7	36361.32	36239.43	100%
Piso6	40440.93	40331.74	100%	Piso6	40499.13	40348.42	100%
Piso5	43728.61	43282.64	101%	Piso5	43749.25	43262.34	101%
Piso4	46157.06	45162.34	102%	Piso4	46191.18	45110.76	102%
Piso3	47752.32	46151.72	103%	Piso3	47791.48	46078.71	104%
Piso2	48496.98	46497.94	104%	Piso2	48487.11	46414.08	104%

En la Tabla 44 se muestra la verificación del efecto de los modos superiores de acuerdo a la sección 7.3.2.1 del ASCE/SEI 41-17, el análisis estático no lineal es permitido para el desarrollo de este proyecto.

4. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados análisis No Lineal

4.1.1. Graficas de respuesta del procedimiento estático No Lineal

Se presenta a continuación el comportamiento de la estructura bajo el análisis estático no lineal con los diferentes modelos mencionados en la Tabla 43.

4.1.1.1. No linealidad del material

Considerando el modelo 4 descrito en la sección 3.4.1 se muestra el comportamiento no lineal de la edificación en cada dirección principal de estudio sin incluir los efectos de la no linealidad geométrica (Efectos P- Δ). En la Figura 29 se presentan los resultados del análisis en las dos direcciones principales teniendo en cuenta la distribución del refuerzo determinado en la sección 2.9.3.

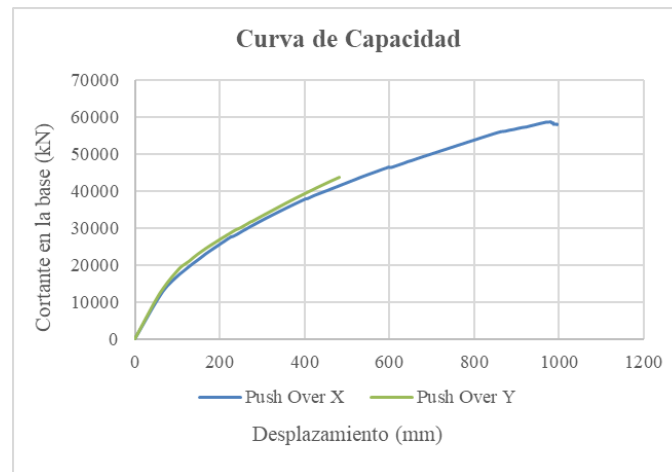


Figura 29. Respuesta No Lineal sin incluir efectos P- Δ , cimentación rígida

En la Figura 29 se muestra la diferencia entre el comportamiento en las direcciones principales de estudio de la edificación sin incluir los efectos P- Δ de acuerdo al diseño elástico de la edificación.

4.1.1.2. No linealidad del material y no linealidad geométrica

Usando el modelo 4 descrito en la sección 3.4.1 se muestra el comportamiento no lineal de la edificación en cada dirección principal incluyendo los efectos de la no linealidad geométrica o efectos P- Δ . En la Figura 30 se presentan los resultados del análisis en la dirección X e Y.

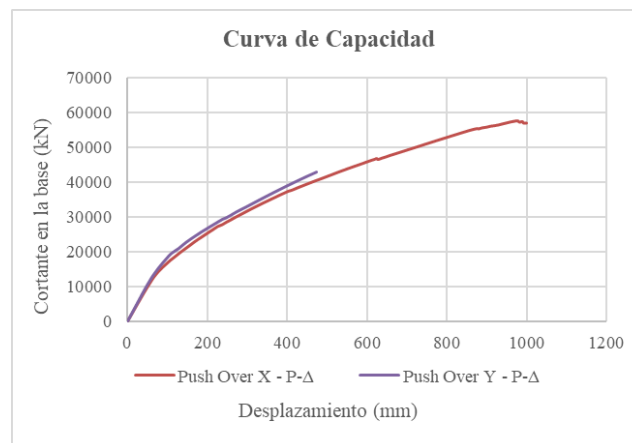


Figura 30. Respuesta no lineal incluyendo efectos P- Δ , cimentación rígida

Comparando las gráficas de las Figura 29 y Figura 30 existe casi una superposición de las mismas y no se evidencia diferencia entre la resistencia para el mismo desplazamiento.

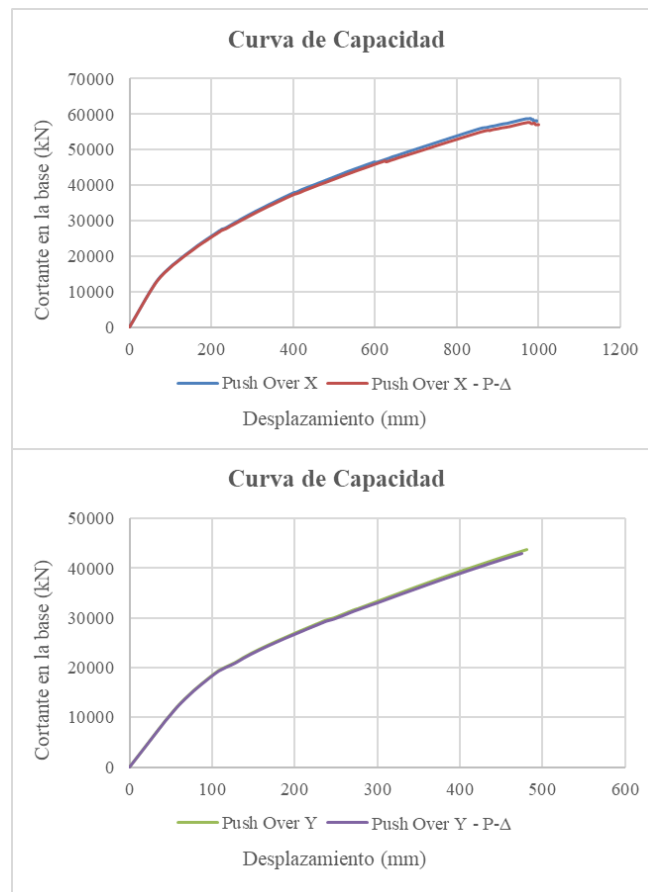


Figura 31. Comparación efectos P- Δ

4.1.2. Desplazamiento objetivo de la edificaciones y punto de desempeño

De acuerdo a la sección 7.4.3.2 del ASCE/SEI 41-17 es necesario definir la rigidez del primer segmento de la curva bilineal idealizada aplicando el método de los coeficientes de la sección 7.4.3.3 del ASCE/SEI 41-17. En la Tabla 45 se muestran los valores calculados para determinar el desplazamiento objetivo y su cortante asociado, junto con el desplazamiento y cortante de fluencia de las curvas bilineales idealizadas.

Tabla 45 . Parametros de analisis estatico No Lineal

Parametros	Unidades	Dirección de analisis	Dirección de analisis2
		Pushover-X	Pushover-Y
Δy	m	0.0695	0.0719
V_y	kN	14042.27	15512.09
K_i	kN/m	396921.43	436935.10
T_i	S.	0.560	0.543
K_e	kN/m	201969.68	215784.89
T_e	S.	0.785	0.773
a	[-]	60.0	60.0
C_0	[-]	1.50	1.50
C_1	[-]	1.057	1.050
C_2	[-]	1.009	1.007
C_m	[-]	0.80	0.80
S_a	g	1.010	1.010
W	kN	53735.07	53693.04
μ strength	[-]	3.092	2.797
δ_t	m	0.247	0.2376
V_t	kN	29622.29	28887.35

En Figura 32 y en la Figura 33 se muestran las curvas bilineales idealizadas junto con las curvas obtenidas del análisis estático no lineal.

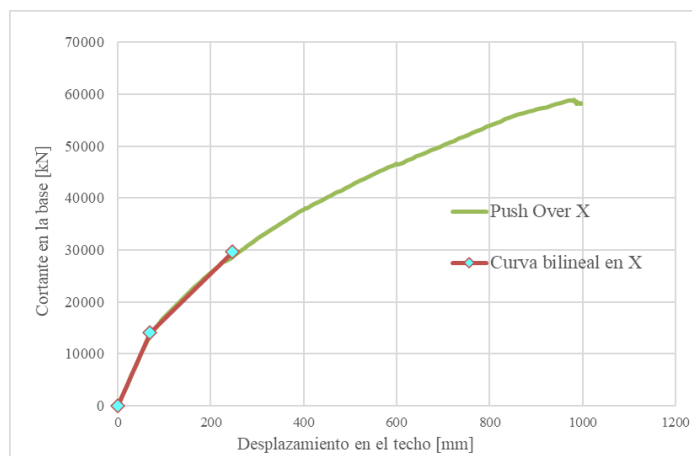


Figura 32 . Curva bilineal idealizada en las direccion X

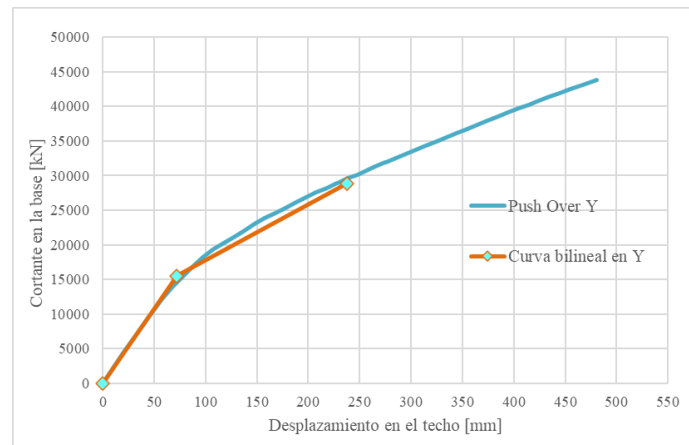


Figura 33. Curva bilineal idealizada en la dirección Y

4.1.3. Evaluación del desempeño de la estructura y revisión de rotulas plásticas

De acuerdo a la sección 10.7.2.4.2 del ASCE/SEI 41-17, la respuesta inelástica está restringida para aquellos componentes mencionados en la Tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17. Con base en las solicitaciones y el refuerzo para cada muro se determinan las rotaciones máximas (o permitidas) de acuerdo la Tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17; se comparan con las rotaciones propias de cada muro obtenidas a partir del modelo matemático realizado en el software Etabs 2016. En la Tabla 46 y la Tabla 47 se presenta la rotación máxima, desplazamiento y paso de cada muro para alcanzar cada uno de los Performance Level.

En la sección 3.1.5.1 se estableció como objetivo básico de desempeño “Life Safety Performance (S-3)”, por lo tanto, se evaluará si la estructura cumple con este nivel de desempeño. Teniendo en cuenta los desplazamientos objetivos presentados en la Tabla 45 se puede analizar la Tabla 46 y la Tabla 47 mostrando que ninguno de los muros supera el límite de IO “Ocupación Inmediata” para las direcciones de estudio (X e Y) según la distribución de refuerzo determinada. La evaluación de estos muros es



representativa para el comportamiento de la estructura debido a la simetría de su distribución en planta.

Tabla 46. Rotaciones plasticas maximas en la direccion X

Muro considerados direccion X	OI Rot. Max = 0.005 Rad				LS Rot. Max = 0.015 Rad				CP Rot. Max = 0.020 Rad			
	Rotula	Paso	Δ techo	Rotacion	Paso	Δ techo	Rotacion	Paso	Δ techo	Rotacion		
C1 8A-B	W4H1	16	0.157841	0.004747	41	0.39623	0.01477	56	0.518515	0.01991		
C2 7B-C	W11H1	16	0.157875	0.004751	43	0.416268	0.014934	58	0.538422	0.01996		
C2 9B-C	W20H1	16	0.157836	0.004833	42	0.406238	0.014750	57	0.528409	0.019822		
7D-E	W43H1	15	0.148069	0.004639	41	0.396426	0.014598	56	0.518515	0.019644		
6A-C	W29H1	16	0.106319	0.00499	41	0.396292	0.014696	56	0.518435	0.019851		
5B-D	W5H1	15	0.147395	0.004648	41	0.396313	0.014674	56	0.518445	0.019775		

Tabla 47. Rotaciones plásticas máximas en la dirección Y

Muro considerados direccion Y	OI Rot. Max = 0.005 Rad				LS Rot. Max = 0.015 Rad				CP Rot. Max = 0.020 Rad			
	Rotula	Paso	Δ techo	Rotacion	Paso	Δ techo	Rotacion	Paso	Δ techo	Rotacion		
C1 A8-7	W2H1	15	0.159369	0.004645	39	0.395963	0.014596	51	0.51584	0.019725		
C1 B8-7	W3H1	15	0.159516	0.004639	40	0.40624	0.014974	51	0.51615	0.019667		
C2 C9-7	W19H1	15	0.159662	0.004717	39	0.396505	0.014683	51	0.51646	0.019751		
D9-7	W21H1	14	0.149809	0.004644	38	0.386776	0.014759	50	0.50677	0.019829		
A7-6	W79H1	15	0.159369	0.004883	39	0.395963	0.014783	51	0.51584	0.019787		
B7-6	W80H1	15	0.159516	0.004908	39	0.396233	0.014769	51	0.51615	0.019743		
C7-6	W81H1	15	0.159662	0.004814	39	0.396504	0.014617	51	0.51646	0.019617		
D7-6	W84H1	15	0.159809	0.004925	39	0.396775	0.014846	51	0.51677	0.019851		

Para el caso de los muros con sección compuesta identificados como C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 y C8, se observa que sus rotaciones tampoco superan los límites establecidos para IO. Para la evaluación del PUSH-OVER en X el software utilizo 70 pasos y para el caso del PUSH-OVER en dirección Y se tienen en cuenta 85 pasos.

En general se deduce que ninguno de los muros supera el límite IO “Ocupaciones Inmediata”, además se establecen los límites de estas rotaciones a nivel general en la curva Fuerza – Desplazamiento o curva de Capacidad mostrada en la Figura 29.

De acuerdo a las rotaciones presentadas de los elementos primarios se definen los límites generales para la curva de Capacidad (fuerza – desplazamiento) como se muestra en la Figura 34 (Soto Barraza & Alcocer, 2008). En la Figura 35 se muestra el estado de la estructura basado en los niveles de desempeño, observando que se cumple con el objetivo de desempeño establecido en la sección 7.2.1.6 del ASCE/SEI 41-17 “Life Safety Performance (S-3)”, por lo tanto, se puede precisar como aceptable el comportamiento de la edificación en cuanto a parámetros de modelamiento.

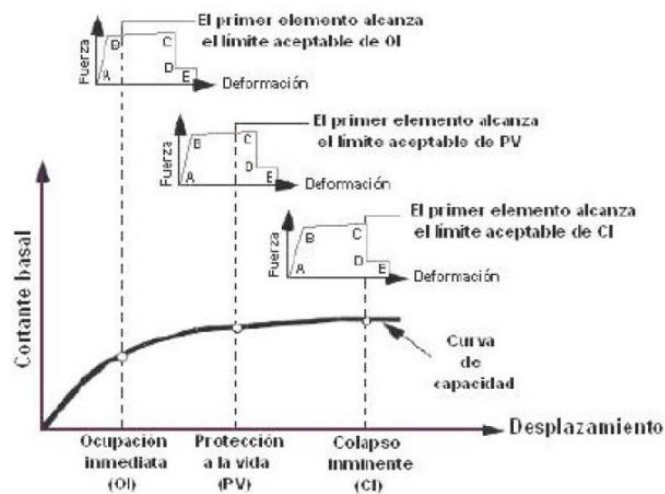


Figura 34 . Niveles de desempeño (Soto Barraza & Alcocer, 2008)

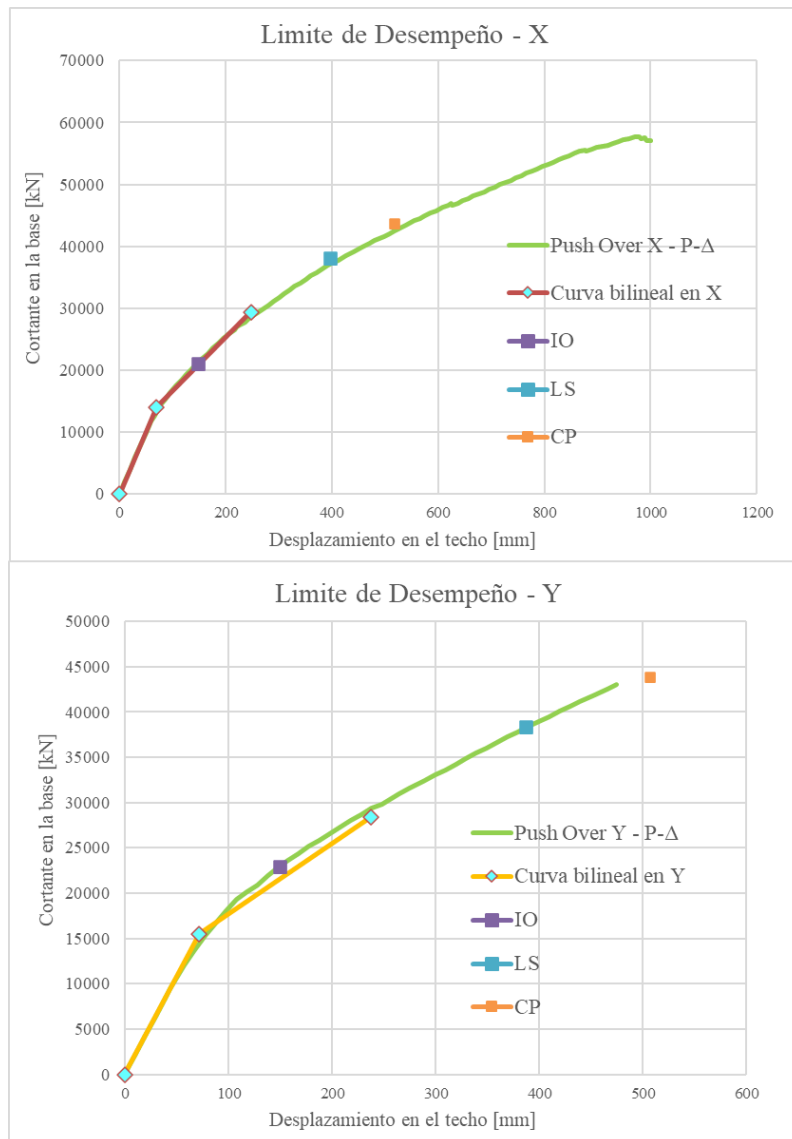


Figura 35. Límites de desempeño de la estructura en X y Y

En la Figura 35 se puede observar la plastificación de los muros que los muros tienen un bajo desplazamiento en comparación con el Target Displacement “Desplazamiento Objetivo” esto es debido al exceso de refuerzo horizontal en los elementos de borde, que garantiza una rigidez lo suficiente tal que el desplazamiento es mínimo.

4.1.4. Evaluación de esfuerzos y deformación en fibras de Muros.

Se determinaron un par de fibras de concreto y acero en los extremos de los elementos de borde y del alma del muro, esto con el fin de capturar su deformación

eficientemente debido a que el Push-Over se basa en un empuje lateral en cada dirección de estudio.

En la Tabla 48 a la Tabla 58 se relacionan la deformación del muro de acuerdo al paso en el cual se encuentra el Desplazamiento Objetivo, para el caso de los elementos de borde la deformación previa a la falla del concreto es de 0.008 y en el alma es de 0.003; la deformación de fluencia del acero se considera de 0.0022.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a la Figura 46 se observan los límites de deformación del acero para el concreto confinado, concreto no confinado y el acero para todos los pasos de análisis: 121 pasos en el sentido en X y 49 para el sentido de estudio en Y.

Tabla 48. Deformacion de fibras para muro C1 A8-7 en X

C1 A8-7						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W2H1	EB1	Concreto1	-0.001359	-0.00141	OK	OK
W2H1	EB1	Acero1	-0.001346	-0.001396	OK	OK
W2H1	ALMA	Concreto2	-0.001089	-0.001129	OK	OK
W2H1	ALMA	Acero2	-0.001058	-0.001097	OK	OK
W2H1	EB2	Concreto5	-0.000694	-0.000719	OK	OK
W2H1	EB2	Acero4	-0.000708	-0.000733	OK	OK

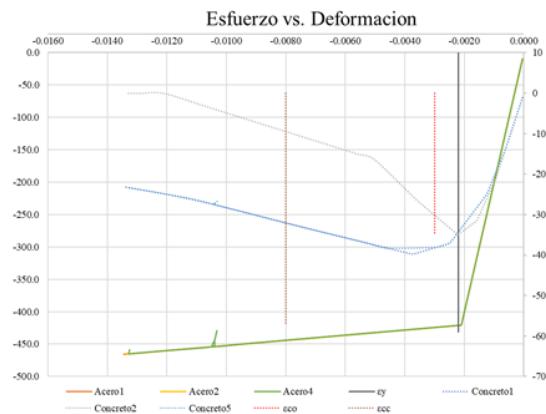
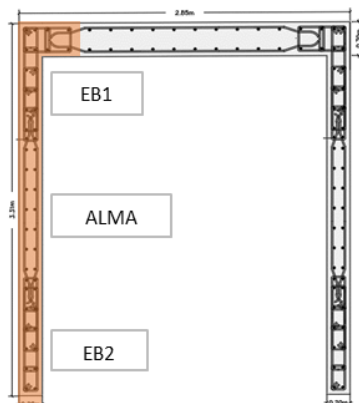


Figura 36. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 A8-7 en X

Tabla 49. Deformación de fibras para muro C1 8A-B en X

C1 8A-B						
Desplazamiento Objetivo		Step		Step		
0.247		28		29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W4H1	EB1	Concreto1	0.005118	0.005503	OK	OK
W4H1	EB1	Acero1	0.004973	0.005349	Fluye	Fluye
W4H1	ALMA	Concreto2	0.003023	0.003268	Falla	Falla
W4H1	ALMA	Acero2	0.002484	0.002692	Fluye	Fluye
W4H1	EB2	Concreto3	-0.001229	-0.001271	OK	OK
W4H1	EB2	Acero2	-0.001084	-0.001116	OK	OK

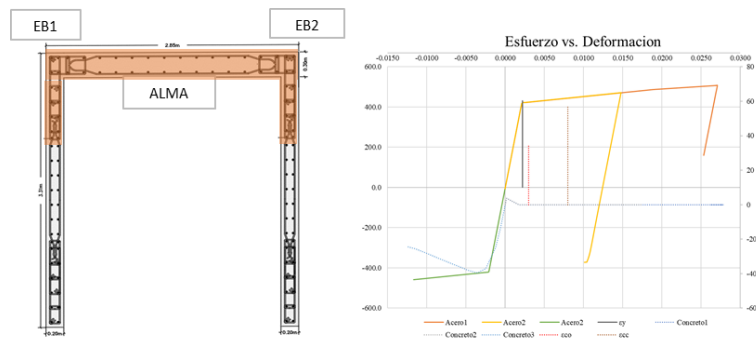


Figura 37. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 8A-B en X

Tabla 50. Deformación de fibras para muro C1 B8-7 en X

C1 B8-7						
Desplazamiento Objetivo		Step		Step		
0.247		28		29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W3H1	EB1	Concreto1	0.005258	0.005653	OK	OK
W3H1	EB1	Acero1	0.005253	0.005647	Fluye	Fluye
W3H1	ALMA	Concreto3	0.005153	0.005546	Falla	Falla
W3H1	ALMA	Acero2	0.005164	0.005557	Fluye	Fluye
W3H1	EB2	Concreto4	0.005001	0.005392	OK	OK
W3H1	EB2	Acero3	0.005007	0.005397	Fluye	Fluye

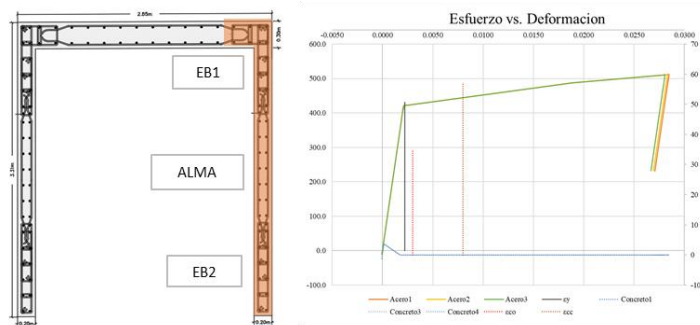


Figura 38. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 B8-7 en X

Tabla 51. Deformación de fibras para muro C2 C9-7 en X

C2 C9-7						
Desplazamiento Objetivo		Step	Step			
0.247		28	29			
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W19H1	EB1	Concreto1	0.004006	0.004333	OK	OK
W19H1	EB1	Acero1	0.004007	0.004334	Fluye	Fluye
W19H1	ALMA	Concreto3	0.004021	0.004348	Falla	Falla
W19H1	ALMA	Acero3	0.004023	0.00435	Fluye	Fluye
W19H1	EB2	Concreto3	0.004053	0.00438	OK	OK
W19H1	EB2	Acero2	0.004052	0.004379	Fluye	Fluye

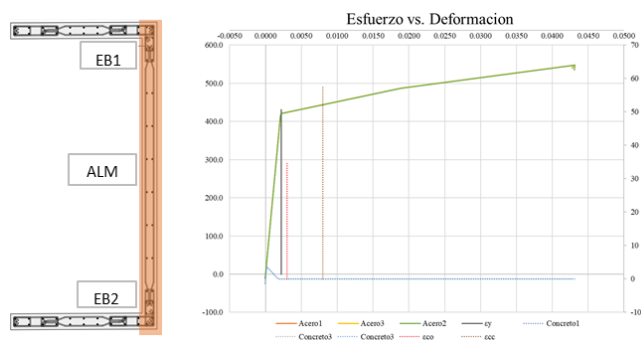


Figura 39. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 C9-7 en X

Tabla 52. Deformación de fibras para muro C2 7B-C en X

C2 7B-C						
Desplazamiento Objetivo		Step	Step			
0.247		28	29			
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W11H1	EB1	Concreto1	-0.000528	-0.000473	OK	OK
W11H1	EB1	Acero1	-0.000389	-0.000325	OK	OK
W11H1	ALMA	Concreto3	0.001923	0.002124	OK	OK
W11H1	ALMA	Acero3	0.002153	0.002367	OK	Fluye
W11H1	EB2	Concreto4	0.003915	0.004234	OK	OK
W11H1	EB2	Acero3	0.003775	0.004086	Fluye	Fluye

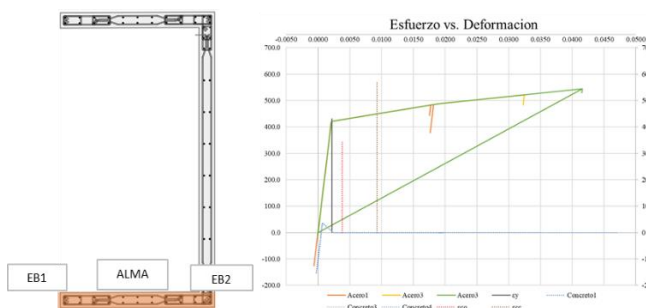


Figura 40. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 7B-C en X

Tabla 53. Deformación de fibras para muro C2 9B-C en X

C2 9B-C						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W20H1	EB1	Concreto1	0.003983	0.004263	OK	OK
W20H1	EB1	Acero1	0.003841	0.004111	Fluye	Fluye
W20H1	ALMA	Concreto2	0.001948	0.002096	OK	OK
W20H1	ALMA	Acero3	0.001243	0.001346	OK	OK
W20H1	EB2	Concreto4	-0.000558	-0.000571	OK	OK
W20H1	EB2	Acero3	-0.000415	-0.000419	OK	OK

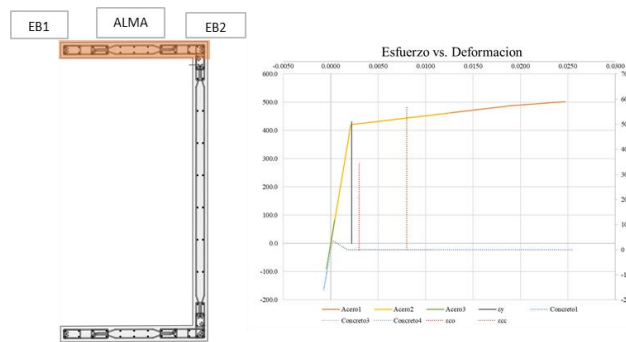


Figura 41. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C2 9B-C en X

Tabla 54. Deformación de fibras para muro A7-6 en X

A7-6						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W79H1	EB1	Concreto1	-0.000595	-0.000609	OK	OK
W79H1	EB1	Acero1	-0.000598	-0.000612	OK	OK
W79H1	ALMA	Concreto5	-0.000672	-0.000689	OK	OK
W79H1	ALMA	Acero5	-0.000679	-0.000697	OK	OK
W79H1	EB2	Concreto3	-0.000720	-0.00074	OK	OK
W79H1	EB2	Acero2	-0.000717	-0.000737	OK	OK

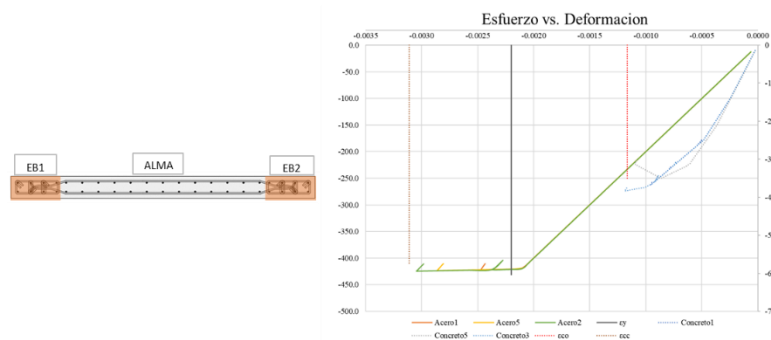


Figura 42. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en X

Tabla 55. Deformación de fibras para muro C1 A8-7 en Y

C1 A8-7						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W2H1	EB1	Concreto1	0.007258	0.007713	OK	OK
W2H1	EB1	Acero1	0.007070	0.007515	Fluye	Fluye
W2H1	ALMA	Concreto2	0.002783	0.003	OK	OK
W2H1	ALMA	Acero2	0.003986	0.004267	Fluye	Fluye
W2H1	EB2	Concreto5	0.000000	0	OK	OK
W2H1	EB2	Acero4	0.006770	0.007199	Fluye	Fluye

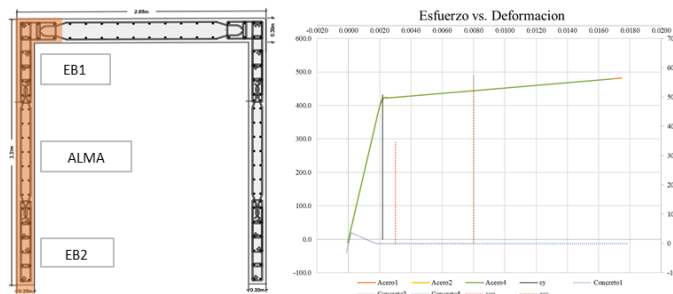


Figura 43. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en Y

Tabla 56. Deformación de fibras para muro C1 8A-B en Y

C1 8A-B						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W4H1	EB1	Concreto1	0.007446	0.007911	OK	OK
W4H1	EB1	Acero1	0.007445	0.007910	Fluye	Fluye
W4H1	ALMA	Concreto2	0.007437	0.007902	Falla	Falla
W4H1	ALMA	Acero2	0.007435	0.007900	Fluye	Fluye
W4H1	EB2	Concreto3	0.007419	0.007884	OK	OK
W4H1	EB2	Acero2	0.007420	0.007884	Fluye	Fluye

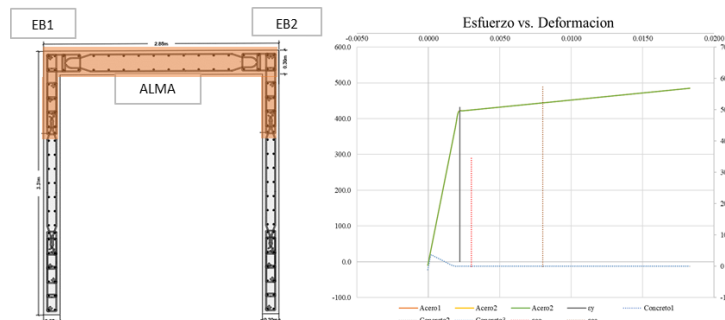


Figura 44. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 8A-B en Y

Tabla 57. Deformación de fibras para muro C1 B8-7 en Y

C1 B8-7						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W3H1	EB1	Concreto1	0.007258	0.007713	OK	OK
W3H1	EB1	Acero1	0.007070	0.007515	Fluye	Fluye
W3H1	ALMA	Concreto3	0.003585	0.003845	Falla	Falla
W3H1	ALMA	Acero2	0.003986	0.004267	Fluye	Fluye
W3H1	EB2	Concreto4	-0.001692	-0.001713	OK	OK
W3H1	EB2	Acero3	-0.001504	-0.001515	OK	OK

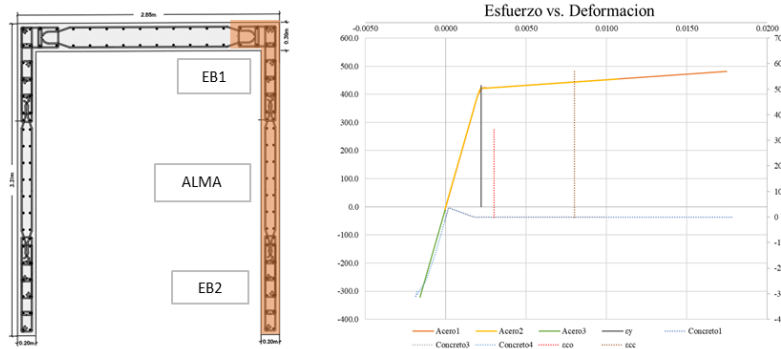


Figura 45. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro C1 B8-7 en Y

Tabla 58. Deformación de fibras para muro A7-6 en Y

A7-6						
Desplazamiento Objetivo			Step	Step		
0.247			28	29		
Rotula	Elemento	Fibra	Strain	Strain	Step1	Step2
W79H1	EB1	Concreto1	0.006526	0.00689	OK	OK
W79H1	EB1	Acero1	0.006361	0.006718	Fluye	Fluye
W79H1	ALMA	Concreto5	0.002064	0.002203	OK	OK
W79H1	ALMA	Acero5	0.001650	0.001768	OK	OK
W79H1	EB2	Concreto3	-0.000742	-0.000744	OK	OK
W79H1	EB2	Acero2	-0.000578	-0.000572	OK	OK

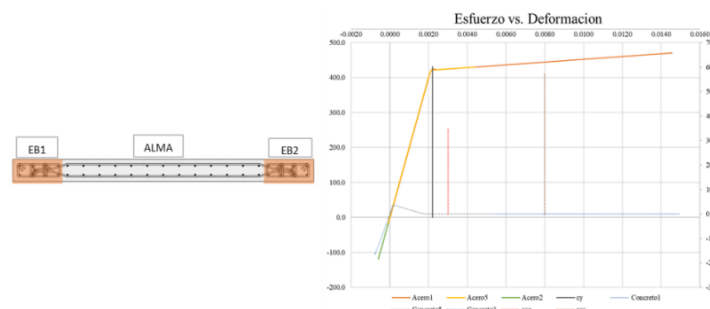


Figura 46. Muro y Esfuerzo vs. Deformación muro A7-6 en Y



De acuerdo al mecanismo de falla de los muros el principal objetivo es lograr una flexión dúctil en la base, esto sucede debido a la fluencia del acero en la base del muro antes que el concreto. Se observan en algunos casos una adecuada falla por ductilidad del acero, para otros muros no alcanza la fluencia del acero ni falla del concreto, esto debido a que las deformaciones son lo suficientemente pequeñas.

En los Anexos se detalla la deformación de fibras representativas para los muros del sistema de resistencia sísmica representativos de estudio; así mismo se muestra la gráfica de esfuerzo y deformación para estas fibras en consideración.

4.1.5. Curva de Capacidad – Método Simplificado

Se construye la Curva de Capacidad mediante el método simplificado que consiste en el uso de un patrón de cargas lateral; el cortante de fluencia se determina a partir del Momento de fluencia (M_y) y la altura efectiva (definida como $2/3$ de la altura total del muro). El cortante último se refiere a la relación entre el Momento último (M_u) y la altura efectiva. El desplazamiento de fluencia está relacionado con la curvatura para el M_y y el desplazamiento último tiene en cuenta la curvatura para el M_u y la longitud de plastificación L_p .

$$h_{eff} = (2/3)h_{total}$$

EC. 1. Altura efectiva

$$V_y = M_y/h_{eff}$$

EC. 2. Cortante de fluencia

$$V_u = M_u/h_{eff}$$

EC. 3. Cortante último

$$\Delta y = \phi y * (h_{eff})^2 / 3$$

EC. 4. Desplazamiento de fluencia

$$\Delta u = \Delta y + \theta_p (h_{eff} - (Lp/2))$$

EC. 5. Desplazamiento ultimo

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) Lp$$

EC. 6. Rotación plástica

La longitud de plastificación se determina por medio del método de Kowalsky $Lp = 0.5Lw$.

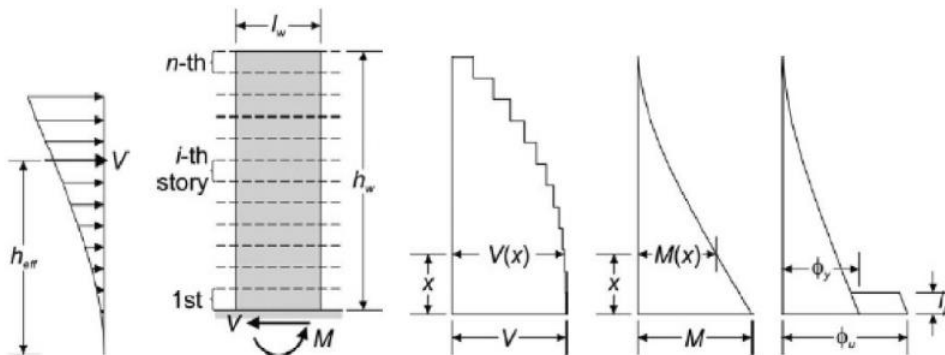


Figura 47. Capacidad de los muros estructurales (Cortante - Desplazamiento)

En la Figura 48 y la Figura 49 se muestra la Curva de Capacidad para cada muro representativos la dirección X e Y respectivamente considerando la respuesta de los muros en sección compuesta.

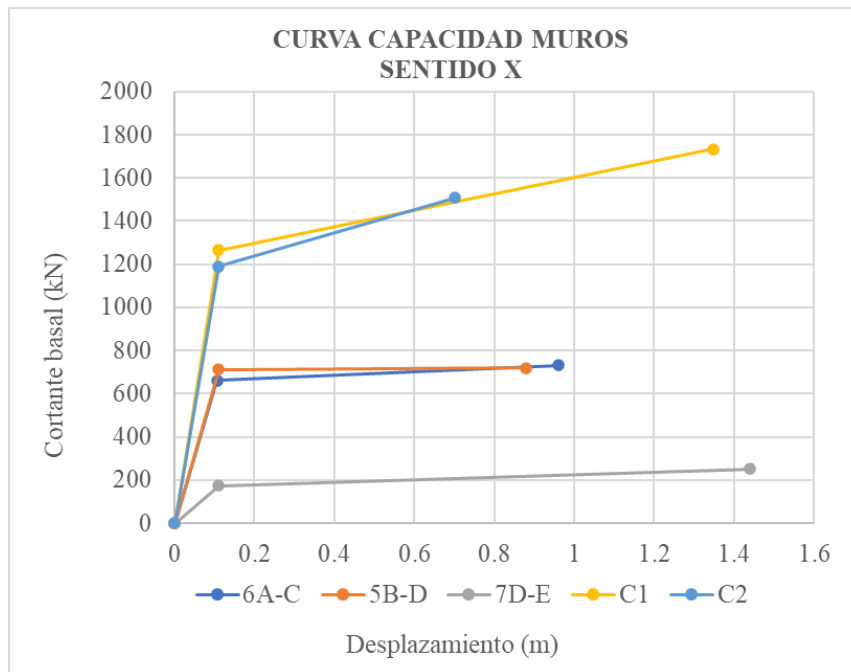


Figura 48. Curva Capacidad - Sentido X

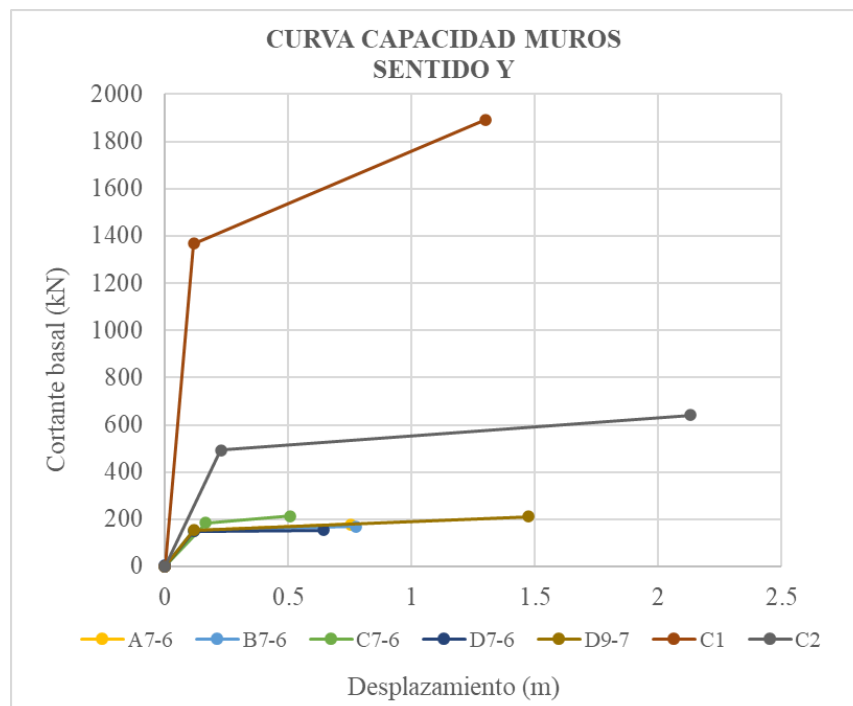


Figura 49. Curva Capacidad - Sentido Y

En la Figura 50 y la Figura 51 se muestra la curva de capacidad para la estructura en cada dirección de estudio. Para el sentido en X el $V_y = 13733.52$ kN y un desplazamiento asociado de $\Delta y = 0.106$ mts, el $V_u = 16686.86$ kN y el desplazamiento

ultimo de $\Delta u = 0.700$ mts. En el sentido en Y el $V_y = 9430.97$ kN y $\Delta y = 0.115$ mts
el $V_u = 11699.057$ kN y $\Delta u = 0.509$ mts.

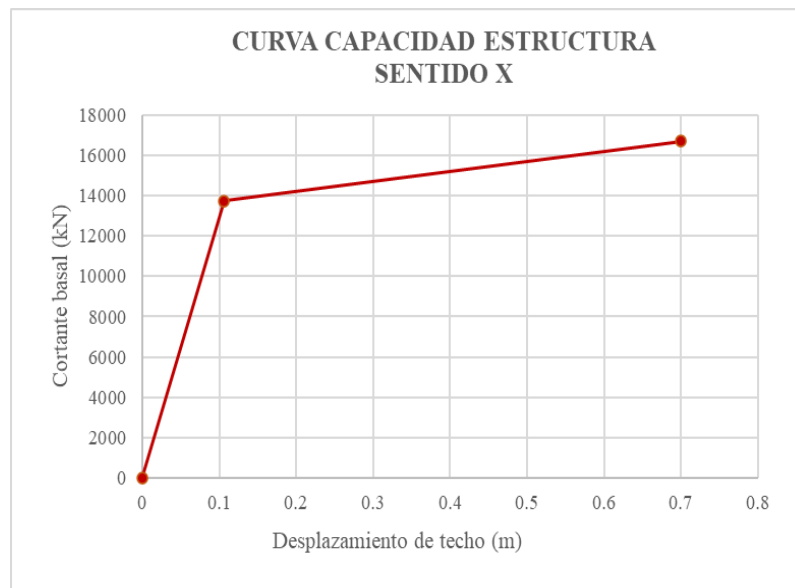


Figura 50. Curva de Capacidad de la estructura - Sentido X

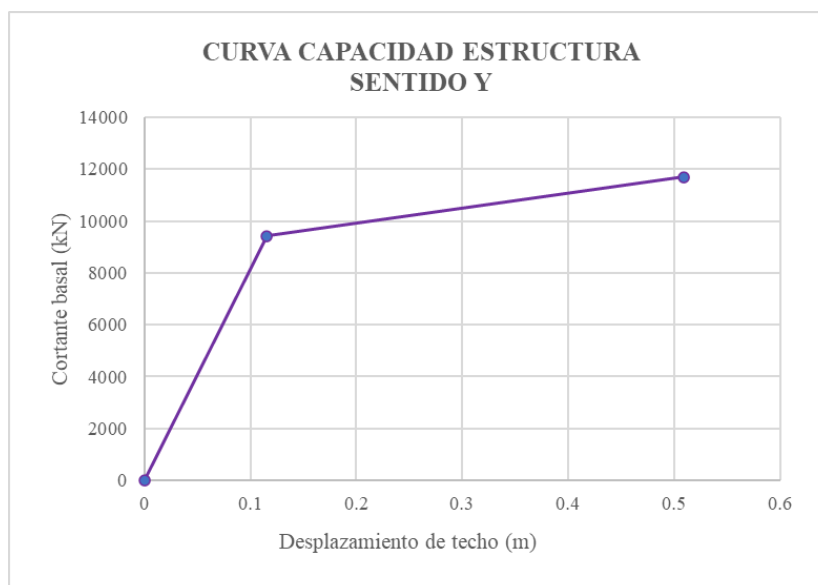


Figura 51. Curva de Capacidad de la estructura - Sentido Y

La demanda de ductilidad por desplazamiento es la relación entre el desplazamiento máximo y el desplazamiento de fluencia de la estructura, se debe evaluar de acuerdo al

comportamiento inelástico del edificio modelo, y verificar que tan cercano esta del requisito de la NSR-10 (Tabla A.3-1). Teniendo en cuenta lo anterior la demanda de ductilidad por desplazamiento en el sentido X es de 6.61 la cual es considerablemente mayor al $R_0 = 5$ asumido en la etapa de diseño elástico; en el sentido Y corresponde a 4.40, valor bastante cercano al asumido ($R_0 = 5$) en el diseño elástico de la edificación.

De acuerdo a este método se puede determinar la secuencia de daño para los elementos de resistencia sísmica: El primer muro en alcanzar la fluencia corresponde al ubicado en el eje 6A-C, los muros 5B-D, 7D-E, C1 y C2 entran en fluencia a la vez. En cuanto a la falla corresponden en el siguiente orden: C2, 5B-D, 6A-C, C1 y finalmente el muro 7D-E; en la Figura 52 y en la Figura 53 se presenta la secuencia de fluencia y falla para los muros en sentido X e Y respectivamente; se demarca la línea para el muro que presenta menor fluencia y de la misma manera para el muro que falla primero.

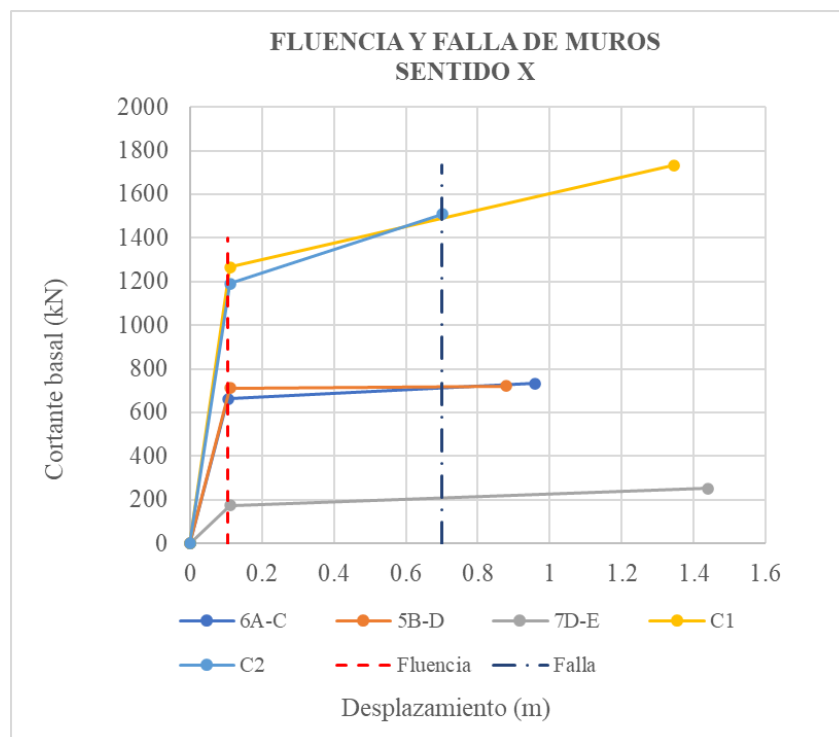


Figura 52. Secuencia de fluencia y falla de muros - Sentido X

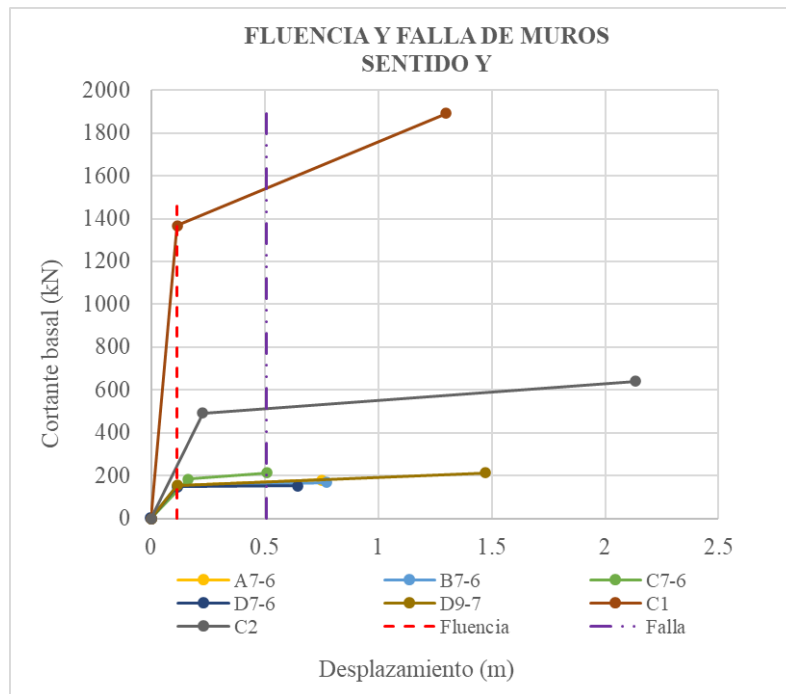


Figura 53. Secuencia fluencia y falla de muros - Sentido Y

Adicionalmente se consideran los muros en sección compuesta como muros independientes en el plano que corresponda a cada sentido de estudio, se determina la curva de capacidad y adicionalmente su demanda por ductilidad.

En la Figura 54 y la Figura 55 se presenta la curva de capacidad para los muros representativos y en las direcciones principales.

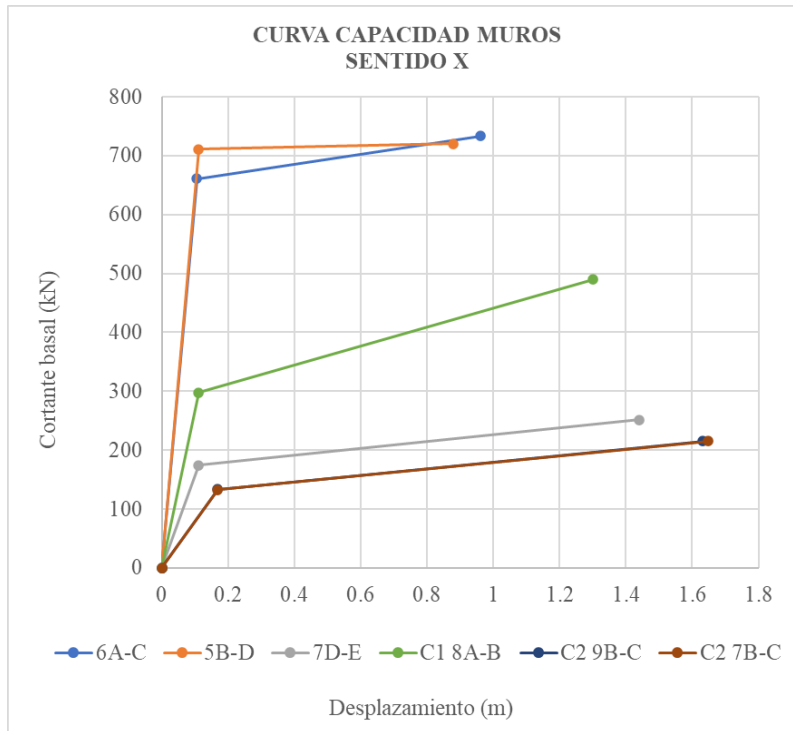


Figura 54. Curva de capacidad de muros – Sentido X

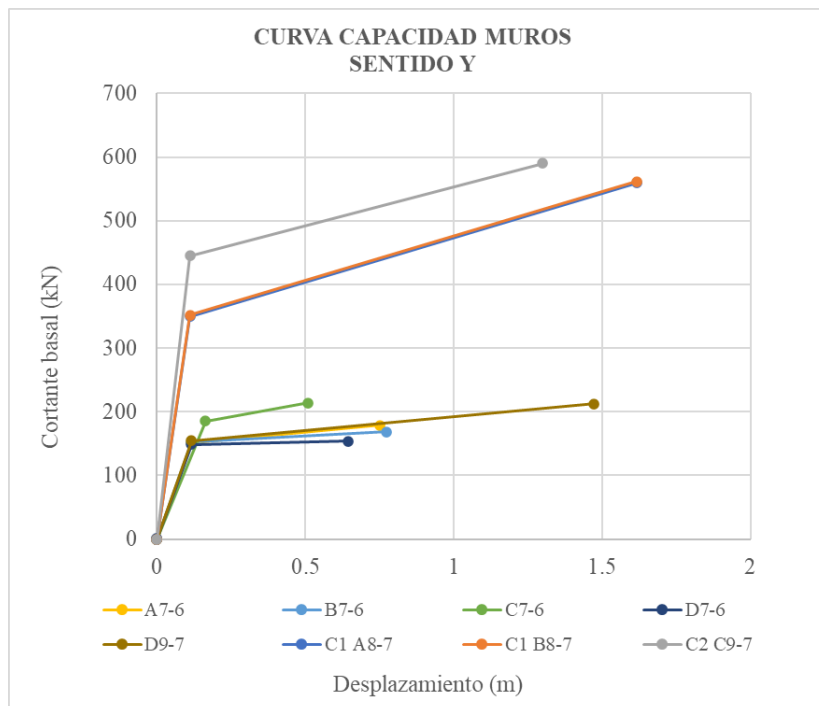


Figura 55. Curva de capacidad de muros - Sentido Y

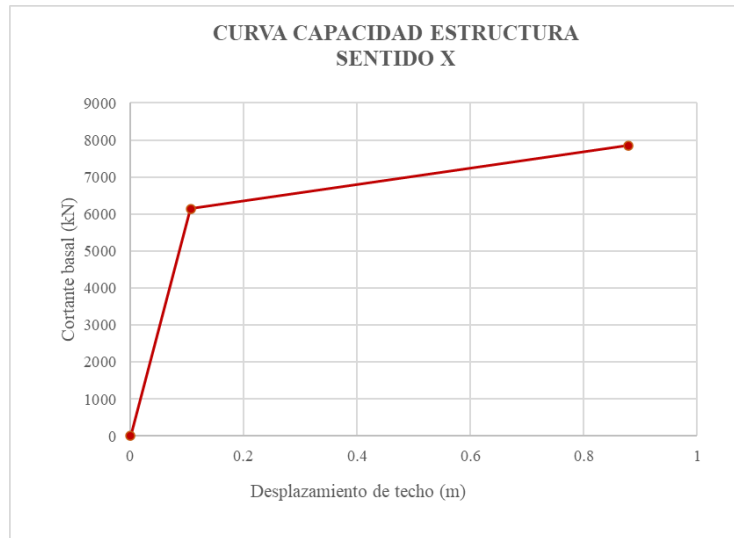


Figura 56. Curva de Capacidad de la Estructura (muros unidireccionales) - Sentido X

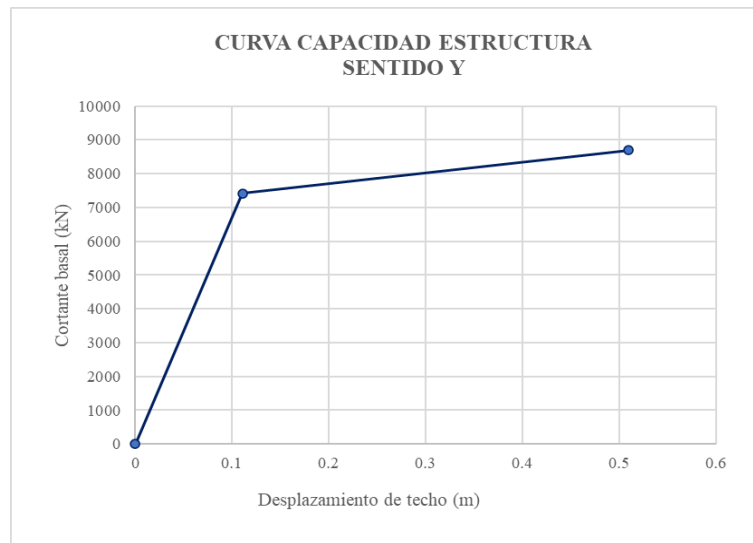


Figura 57. Curva de Capacidad de la Estructura (muros unidireccionales) - Sentido Y

La demanda de ductilidad por desplazamiento para el sentido X es de 8.29, un aumento considerable en comparación con la registrada para muros de sección compuesta; en el sentido Y se determina la demanda de ductilidad por desplazamiento en 4.60, valor bastante cercano al tenido en cuenta en el diseño elástico de acuerdo a la NSR-10.

La secuencia de daño determinada para los muros considerados como unidireccionales es: C1 A8-7, C1 B8-7, C2 C9-7 fluyen a la vez, los muros A7-6, B7-6, D7-6, D9-7 fluyen al mismo tiempo y finalmente el muro C7-6. La secuencia de daño para falla corresponde: C7-6, D7-6, A7-6, B7-6, C2 C9-7, D9-7 y finalmente los muros C1 A8-7 y C1 B8-7 fallan a la vez.

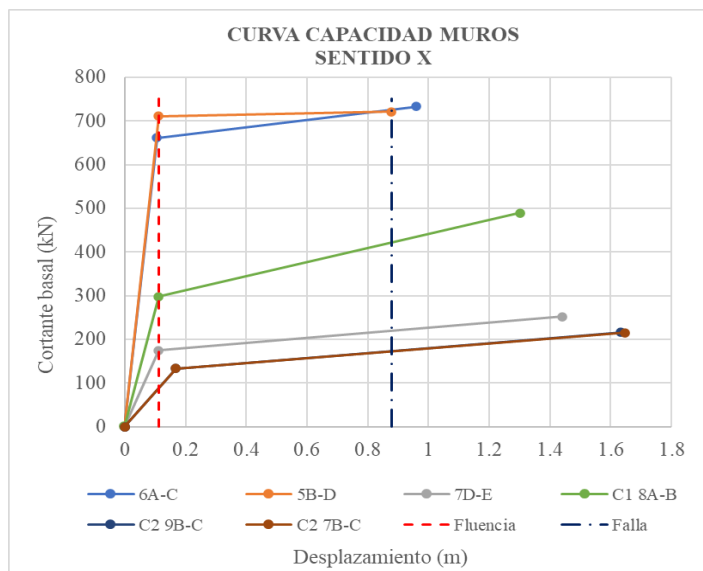


Figura 58. Secuencia fluencia y falla de muros (muros unidireccionales) – Sentido Y

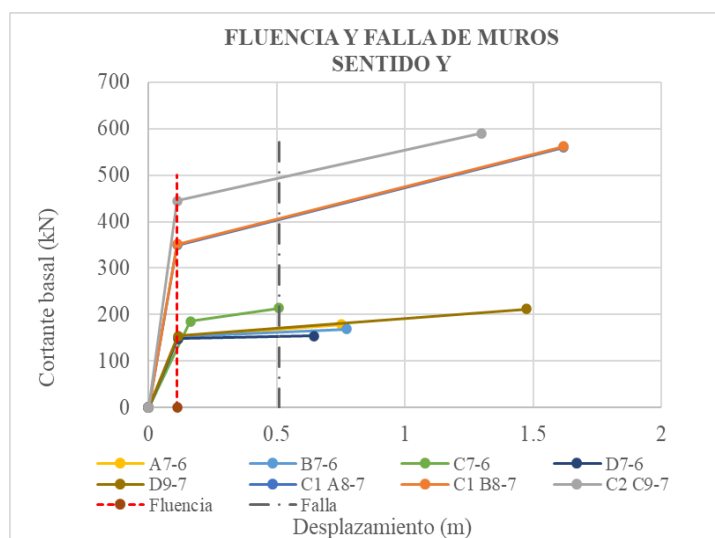


Figura 59. Secuencia fluencia y falla de muros (muros unidireccionales) – Sentido

En la Figura 60 y Figura 61 se muestra la variación de la Curva de Capacidad de la estructura considerando los muros compuestos y los muros unidireccionales; se evidencia variaciones en los puntos de fluencia y de falla para los dos sentidos, con mayor diferencia en la dirección X en contraste con la dirección Y.

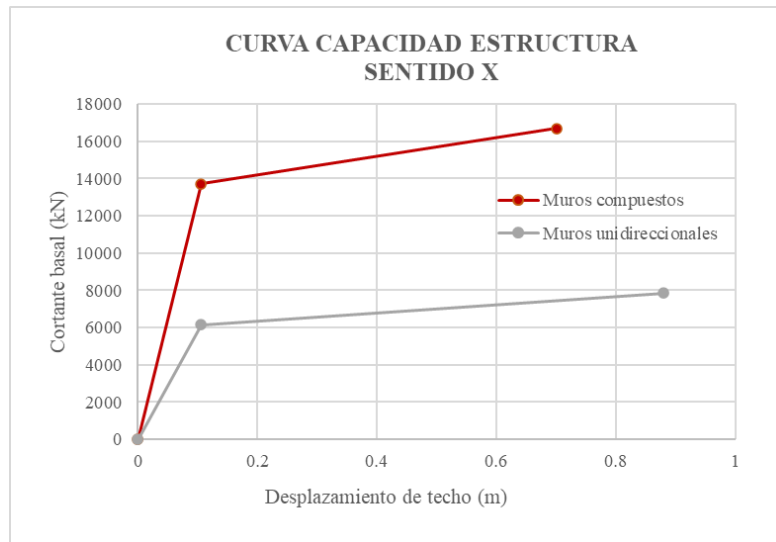


Figura 60. Curva de Capacidad considerando muros compuestos y unidireccionales – Sentido X

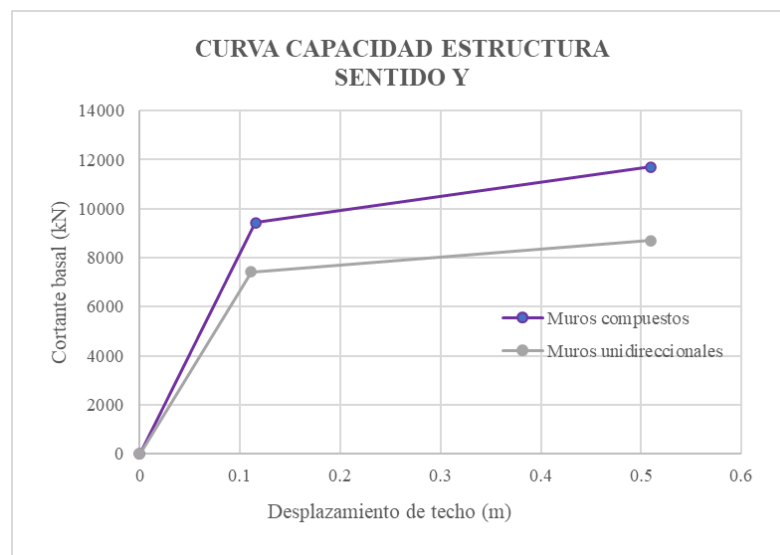


Figura 61. Curva de Capacidad considerando muros compuestos y unidireccionales – Sentido Y



5. CONCLUSIONES

El análisis y diseño elástico para la edificación de estudio se realizó siguiendo los parámetros de la NSR-10, aunque en el diseño se debió tener en cuenta la Resolución 00017 del 2017 que establece el uso de cuantías de acero menores al 1% en el diseño de los muros aumentando entonces el consumo de concreto y disminuyendo el de acero dando a la estructura un comportamiento mas rígido.

Al considerar las deformaciones de los muros en los elementos de borde y en el alma se evidencia que la falla se presenta inicialmente en esta última, este comportamiento es debido principalmente al no confinamiento del acero de refuerzo presente en las mismas.

De acuerdo al análisis estático No Lineal realizado bajos los parámetros del ASCE/SEI 41-17 se establece que el desempeño general de la edificación se encuentra dentro del límite seguridad de vida “Life Safety” mencionado en la sección 3.1.2, debido a que ninguno de los muros supera las rotaciones establecidas en la sección 4.1.3 (Tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17).

La demanda de ductilidad por desplazamiento mediante la aproximación bilineal siguiendo los lineamientos del ASCE/SEI 41-17 se determinó en 3.56 para el sentido X y 3.31 para el sentido Y, esto corresponde al 71% y al 66% respectivamente del valor $R=5$ utilizada en la etapa de diseño elástico.

La densidad de muros para el presente caso incide en la determinación de la demanda de ductilidad por desplazamiento (método simplificado), tal que para la dirección X los valores obtenidos son bastante distantes del $R_0 = 5$ (diseño elástico) mientras que para la dirección Y son más cercanos al mencionado valor, teniendo en cuenta 20 muros en la dirección X y 32 muros para la dirección Y.



Los muros compuestos en comparación con los muros unidireccionales aumentan la capacidad de la estructura al considerar aporte de los elementos fuera del plano.



BIBLIOGRAFIA

- ACI 318-19. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Alcocer, S. M. (1995). *Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado: Muros estructurales*. Mexico.
- American Concrete Institute. (2019). *Requisito de Reglamento para Concreto Estructural*. Miami: American Concrete Institute.
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). TITULO A. En *Reglamento colombiano de construccion sismo resistente NSR-10* (pág. 159). Bogota DC.
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Calidad en la vivienda de Interes Social*. Bogota DC.
- Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2017). Comision Asesora Permanente para el regimen de construcciones sismo resisistentes., (págs. 7-10). Bogota DC.
- Computers & Structures, Inc. (2016). *CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CsiBridge*. Berkeley: Computers & Structures, Inc.
- Computers and Structures, Inc. . (28 de 07 de 2020). *CSI Knowledge base*. Obtenido de <https://wiki.csiamerica.com/display/kb/Hinge>
- DANE. (2020). *Boletin tecnico, Censo de Edificaciones (CEED) I trimestre de 2020*. Bogota.
- E.L. WILSON, A.DER KIUEGHIAN, & E.P BAYO. (1981). *A replacement for the SRSS method in seismic analysis* (Vol. 9). Earthquake engineering and structural dynamics.
- Fratelli, M. G. (1999). *Edificios de pantallas y estructuras aporticadas*. Caracas.
- Jünemann, R., de la Llera , J., Hube , M., Cifuentes, L., & Kausel , E. (2015). A statistical analysis of reinforced concrete wall buildings damaged. *Engineering Structures*, 168-185.



- Legis S.A. (2013). Los materiales de construcción. *Construdata*.
- Legis SA. (2014). Vivienda social . *Construdata*.
- Maldonado Rondon, E., & Chio Cho, G. (2004). *Análisis Sísmico de Edificaciones*. Bucaramanga,: Universidad Industrial de Santander.
- Maldonado, E., Mora, M. A., & Villalba, J. D. (2006). Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas. *Ingenierías Universidad de Medellín*.
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*. New Jersey: Alfaomega.
- Meseguer, J., & Franchino, S. (2014). La acción del viento sobre los edificios altos. *Revista de Obras Públicas*, 59-64.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *DECRETO 926*.
- Montañez Torres, D. (2019). *Influencia del desempeño de la distribución del refuerzo vertical en el desempeño estructural de muros de concreto reforzado: un caso de estudio para un edificio de 10 pisos con sistema de muros de carga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Murillo Jimenez, C. G. (2004). *Análisis de las causas que dieron origen a los daños estructurales, en las edificaciones del Estado de Puebla, provocados por el sismo del 15 de junio de 1999*. Puebla: Tesis Licenciatura. Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- Paulay, T., & Priestley, M. (1992). *Seismic Design of reinforced concrete and masonry buildings*. New York: John Wiley & Son.
- Quiun, D., & Silva, W. (2011). Comentarios relativos al tipo de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo de 27 de febrero de 2010. *Researchgate*.



ANEXOS

ANEXO A. DISEÑO MUROS

DISEÑO DE MURO A7-6; A4-3; H7-6; H4-3												
Recubrimiento		40		mm								
1. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE												
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO Mu (kN-m)	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO Vu (kN)								
2	combl3	1403.6	2125.3	210.9								
3	combl3	1071.81	1957.41	194.63								
4	combl3	875	1744.7	198.7								
5	combl3	722.6	1508.55	205.13								
6	combl3	582.28	1262.7	204.5								
7	combl3	451.7	1017.42	196.75								
8	combl3	332.5	780.26	183.05								
9	combl3	228.01	556.3	165.3								
10	combl3	142.6	349.03	145.4								
Terraza	comb9	121.36	229.03	149.03								
2.GEOMETRIA												
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)				
2	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
3	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
4	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
5	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
6	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
7	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
8	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
9	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
10	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
Terraza	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52				
3. REQUISITOS MINIMOS												
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA					REFUERZO C.21.9.2.				CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 $0.17A_w \lambda \sqrt{f'c}$		
	C.14.3.2	pl (Vertical) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	pt (Horizontal) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	$0.083A_w \lambda \sqrt{f'c}$ kN	pl (min) C.21.9.2.1	pt (min) C.21.9.2.1			
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia según C.14.3	0.0025	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO												
Piso	$\phi =$	$\alpha_c =$	$V_u = A_w (\alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_v f_y)$	$V_{nmax} = 0.83 A_w d \sqrt{f'c}$	ϕV_n C.21.9.4.1	ϕV_n max C.11.9.3						
2	0.6	0.17	877.26 kN	1225.62 kN	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
3	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
4	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
5	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
6	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
7	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
8	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
9	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
10	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					
Terraza	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante					



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{cmax} = 0.174t_w\sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27At_w \cdot d\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4t_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05A\sqrt{f'c} + \frac{l_w \left(0.14\sqrt{f'c} + 0.2 \frac{M_u}{t_w d} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - z} \right] dt_w$	Vu > 0.5φVc			
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO	C.11.9.8			
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	φVc max		
2	418.385	1089.554	407.635	407.635	244.581	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	418.385	1055.976	468.716	468.716	281.229	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	418.385	1013.434	563.082	563.082	337.849	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	418.385	966.204	693.294	693.294	415.977	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
6	418.385	917.034	876.069	876.069	525.642	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
7	418.385	867.978	1190.661	867.978	520.787	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
8	418.385	820.546	1990.580	820.546	492.328	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
9	418.385	775.754	11100.688	775.754	465.452	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
10	418.385	734.300	No tener en cuenta	734.300	440.580	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14
Terraza	418.385	710.300	No tener en cuenta	710.300	426.180	Resiste Concreto - colocar Cuantía Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE										
Piso	VERTICAL									
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρl (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(25 - \frac{hw}{lw})(\rho_t - 0.0025)$	
	C.11.9.4									
2	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
3	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
4	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
5	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
6	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
7	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	44.7 cm2	0.0086	0.0039	CUMPLE
8	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	22.4 cm2	0.0043	0.0039	CUMPLE
9	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	22.4 cm2	0.0043	0.0039	CUMPLE
10	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	22.4 cm2	0.0043	0.0039	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	22.4 cm2	0.0043	0.0039	CUMPLE

Piso	HORIZONTAL								$V_s = \frac{Avfyd}{s}$ kN	$V_n = V_c + V_s$ kN	$\phi V_n \geq V_u$ kN
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρt (Horizontal)			
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1158.93	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1220.01	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1314.38	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1444.59	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1627.37	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1619.27	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1571.84	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1527.05	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1485.60	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	751.296	1461.60	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE												
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3							Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)			
	f_c (kN/m ²)	0.2f _c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot e}{I_c + b_c}$	du [mm]	du / hw	$\frac{lw}{600(\delta u / hw)}$	c [mm]		[mm]			
2	10316.109	7000	SI	151	0.0070	619.0476	720.0	Requiere E.B.	2.6	360	460	450
3	8520.803	7000	SI	151	0.0070	619.0476	697.0	Requiere E.B.	2.6	348.5	437	450
4	7238.328	7000	SI	151	0.0070	619.0476	654.0	Requiere E.B.	2.6	327	394	450
5	6107.862	7000	NO	151	0.0070	619.0476	607.0	Sin E.B.	2.6	303.5	347	450
6	5012.352	7000	NO	151	0.0070	619.0476	547.0	Sin E.B.	2.6	273.5	287	450
7	3961.163	7000	NO	151	0.0070	619.0476	496.0	Sin E.B.	2.6	248	236	450
8	2976.092	7000	NO	151	0.0070	619.0476	334.0	Sin E.B.	2.6	167	74	450
9	2081.686	7000	NO	151	0.0070	619.0476	281.0	Sin E.B.	2.6	140.5	21	450
10	1304.052	7000	NO	151	0.0070	619.0476	233.0	Sin E.B.	2.6	116.5	-27	450
Terraza	979.022	7000	NO	151	0.0070	619.0476	228.0	Sin E.B.	2.6	114	-32	450



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)																																																																																																													
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde																																																																																																							
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	Fc / fy																																																																																																			
				C.21.6.4.3 (c)																																																																																																									
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000 mm ²	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083																																																																																																			
<p style="text-align: center;">Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)</p> <p style="text-align: center;"><i>Barra Transversal #3</i> <i>71 mm²</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7</th> <th>Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8</th> <th>Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7</th> <th>Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8</th> <th># Ramas Y</th> <th>Ash_y (colocado)</th> <th># Ramas X</th> <th>Ash_x (colocado)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> <tr> <td>Terraza</td> <td>124.39 mm²</td> <td>45.0 mm²</td> <td>383.54 mm²</td> <td>138.75 mm²</td> <td>2</td> <td>142 mm²</td> <td>6</td> <td>426 mm²</td> </tr> </tbody> </table>												Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)	# Ramas X	Ash_x (colocado)	2	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	3	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	4	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	5	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	6	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	7	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	8	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	9	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	10	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²	Terraza	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)	# Ramas X	Ash_x (colocado)																																																																																																					
2	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
3	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
4	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
5	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
6	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
7	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
8	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
9	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
10	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					
Terraza	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	6	426 mm ²																																																																																																					

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2/8 / fy	ρ En el borde del muro	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
3	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
4	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
5	0.0067	0.00860	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
6	0.0067	0.00860	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
7	0.0067	0.00860	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
8	0.0067	0.00430	-	200 mm
9	0.0067	0.00430	-	200 mm
10	0.0067	0.00430	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00430	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516 mm ²	140 mm	1.15%	1%	4%
3	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
4	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
5	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
6	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
7	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
8	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
9	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
10	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
Terraza	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%



DISEÑO DE MURO B7-6; B4-3; G7-6; G4-3

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

I. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO
		Mu (kN-m)		Vu (kN)
2	comb13	1411.6	2216.33	230.9
3	comb13	1100.16	1998.67	226.33
4	comb13	925.99	1742.96	242.9
5	comb13	780.82	1473.71	253.78
6	comb13	643.69	1205.88	254.76
7	comb13	513.6	949.59	246.8
8	comb13	392.79	711.65	231.4
9	comb13	285.05	496.1	209.9
10	comb13	195.88	305.44	188.33
Terraza	comb9	121.63	136.9	182.42

2.GEOMETRIA								
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
3	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
4	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
5	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
6	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
7	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
8	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
9	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
10	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
Terraza	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52

3. REQUISITOS MINIMOS														
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						0.083A _{cv} λ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17A _{cv} λ√f'c			
	C.14.3.2	ρl (Vertical)		ρt (Horizontal)		C.21.9.4.3		C.21.9.2.1		pt (min)				
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO						
Piso	φ =	α _c =	V _s = A _{cv} (α _c λ√f'c + ρ _t f _y)		V _{nmax} = 0.83t _w d√f'c	
			φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	877.26 kN	1225.62 kN		Resiste Cortante
3	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
4	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
5	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
6	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
7	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
8	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
9	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
10	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO						
Piso	$V_{max} = 0.17A_w \sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27A_w \sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05A_w \sqrt{f'c} + \frac{l_w (0.11A_w \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{N_u}{V_u - l_w})}{V_u - \frac{l_w}{2}} \right] d l_w$			$V_u > 0.5\phi V_c$
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO	Vc max 1	Vc max 2	C.11.9.8
	C.11.9.5	C.11.9.6	C.11.9.6			
2	418.385	1107.760	447.535	447.535	268.521	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	418.385	1064.228	536.249	536.249	321.749	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	418.385	1013.086	666.379	666.379	399.827	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	418.385	959.236	828.241	828.241	496.945	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
6	418.385	905.670	1053.660	905.670	543.402	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14
7	418.385	854.412	1448.103	854.412	512.647	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14
8	418.385	806.824	2477.889	806.824	484.094	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14
9	418.385	763.714	14706.810	763.714	458.228	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14
10	418.385	725.582	No tener en cuenta	725.582	435.349	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14
Terraza	418.385	691.874	No tener en cuenta	691.874	415.124	Resiste Concreto - colocar Cuanía Mínima Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE											
Piso	Barra	Area	#cupas	separacion	VERTICAL				pl (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{l_w}) (\rho_t - 0.0025)$	C.11.9.9.4
					As/fila	As/m	Ast				
2	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	33.5 cm2	0.0065	0.0039	CUMPLE	
3	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	33.5 cm2	0.0065	0.0039	CUMPLE	
4	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	33.5 cm2	0.0065	0.0039	CUMPLE	
5	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	33.5 cm2	0.0065	0.0039	CUMPLE	
6	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	22.4 cm2	0.0043	0.0039	CUMPLE	
7	#4	1.29 cm2	2	0.40 mts	2.58 cm2	6.45 cm2/m	16.8 cm2	0.0032	0.0039	VERIFICAR	
8	#4	1.29 cm2	2	0.40 mts	2.58 cm2	6.45 cm2/m	16.8 cm2	0.0032	0.0039	VERIFICAR	
9	#4	1.29 cm2	2	0.40 mts	2.58 cm2	6.45 cm2/m	16.8 cm2	0.0032	0.0039	VERIFICAR	
10	#4	1.29 cm2	2	0.40 mts	2.58 cm2	6.45 cm2/m	16.8 cm2	0.0032	0.0039	VERIFICAR	
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.40 mts	2.58 cm2	6.45 cm2/m	16.8 cm2	0.0032	0.0039	VERIFICAR	

Piso	Barra	Area	#cupas	separacion	HORIZONTAL				pt (Horizontal)	$V_s = \frac{A_{vf} f_y d}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$
					As/fila	As/m	Ast					
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1198.83	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1287.54	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1417.67	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1579.54	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1656.97	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1605.71	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1558.12	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1515.01	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1476.88	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1443.17	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE											
Piso	f_c (kN/m ²)	0.2f'c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u + 6}{L_c^2 \cdot b_c}$	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3				Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
				du [mm]	du / lw	$\frac{l_w}{600(\delta u / h_w)}$	c [mm]		[mm]		
2	10526.670	7000	SI	151	0.0070	619.0476	720.0	2.6	360	460	450
3	8725.963	7000	SI	151	0.0070	619.0476	697.0	2.6	348.5	437	450
4	7461.269	7000	SI	151	0.0070	619.0476	654.0	2.6	327	394	450
5	6299.235	7000	NO	151	0.0070	619.0476	607.0	2.6	303.5	347	450
6	5175.612	7000	NO	151	0.0070	619.0476	547.0	2.6	273.5	287	450
7	4105.425	7000	NO	151	0.0070	619.0476	496.0	2.6	248	236	450
8	3111.709	7000	NO	151	0.0070	619.0476	334.0	2.6	167	74	450
9	2219.053	7000	NO	151	0.0070	619.0476	281.0	2.6	140.5	21	450
10	1456.675	7000	NO	151	0.0070	619.0476	233.0	2.6	116.5	-27	450
Terraza	803.047	7000	NO	151	0.0070	619.0476	228.0	2.6	114	-32	450



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)											
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde					
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	Fc / fy	
	C.21.6.4.3 (c)										
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000 mm ²	49200 mm ²	0.083	
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	370 mm	120 mm	90000	49200 mm ²	0.083	
	Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)					Barra Transversal #3		71 mm ²			
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)		# Ramas X	Ash_x (colocado)		
2	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
3	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
4	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
5	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
6	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
7	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
8	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
9	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
10	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	
Terraza	124.39 mm ²	45.0 mm ²	383.54 mm ²	138.75 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE	

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
3	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
4	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)	200 mm
5	0.0067	0.00645	-	200 mm
6	0.0067	0.00430	-	200 mm
7	0.0067	0.00323	-	200 mm
8	0.0067	0.00323	-	200 mm
9	0.0067	0.00323	-	200 mm
10	0.0067	0.00323	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00323	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516 mm ²	140 mm	1.15%	1%	4%
3	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
4	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
5	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
6	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
7	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
8	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
9	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
10	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%
Terraza	#4	2	2	516 mm ²	410	#4	2	2	516	140 mm	1.15%	1%	4%



DISEÑO DE MURO C7-6; C4-3; F7-6; F4-3

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

1. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO Mu (kN-m)	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO Vu (kN)
2	comb13	1411.97	1998.14	180.87
3	comb21	992.06	1322.06	119.66
4	comb21	771.33	1187.35	109.82
5	comb21	604.42	1045.88	109.26
6	comb21	460.23	899.68	108.16
7	comb21	333.08	750.47	104.64
8	comb21	222.55	599.74	98.37
9	comb21	130.30	448.66	88.83
10	comb13	58.99	297.94	77.57
Terraza	comb9	31.12	113.52	50.35

2.GEOMETRIA								
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
3	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
4	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
5	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
6	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
7	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
8	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
9	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
10	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
Terraza	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52

3. REQUISITOS MINIMOS														
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						0.083A _{cv} λ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.				CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17A _{cv} λ√f'c		
	C.14.3.2	ϕl (Vertical)		ϕt (Horizontal)		C.21.9.4.3		pl (min)	pt (min)	pt (min)				
		C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	C.21.9.2.1	C.21.9.4.3		C.21.9.2.1	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1				
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO						
Piso	φ =	α _c =	V _s = A _{cv} (α _c λ√f'c + ρ _t f _y)		V _{nmax} = 0.83t _w d√f'c	
			φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	877.26 kN	1225.62 kN		Resiste Cortante
3	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
4	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
5	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
6	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
7	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
8	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
9	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
10	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO						
Piso	$V_{max} = 0.17A_w \sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27A_w \sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05A_w \sqrt{f'c} + \frac{l_w (0.11A_w \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{N_u}{V_u - l_w})}{V_u - l_w} \right] d_w$			$V_u > 0.5\phi V_c$
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO	Vc max 1	Vc max 2	C.11.9.8
	C.11.9.5	C.11.9.6	C.11.9.6			
2	418.385	1064.122	349.151	349.151	209.491	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	418.385	928.906	293.263	293.263	175.958	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	418.385	901.964	321.151	321.151	192.690	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	418.385	873.670	377.068	377.068	226.241	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
6	418.385	844.430	466.247	466.247	279.748	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
7	418.385	814.588	628.645	628.645	377.187	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
8	418.385	784.442	1047.199	784.442	470.665	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
9	418.385	754.226	5076.855	754.226	452.536	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
10	418.385	724.082	No tener en cuenta	724.082	434.449	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
Terraza	418.385	687.198	No tener en cuenta	687.198	412.319	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE									
Piso	VERTICAL								
	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	pl (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{hw'}) (\rho_t - 0.0025)$
									C.11.9.9.4
2	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
3	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
4	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
5	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
6	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
7	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
8	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
9	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
10	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039 CUMPLE

Piso	HORIZONTAL									$V_s = \frac{A_w f_y d}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$
	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	pt (Horizontal)	kN			
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1100.45	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1044.56	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1072.45	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1128.36	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1217.54	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1379.94	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1535.74	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1505.52	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1475.38	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1438.49	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE										
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3									
	f_c (kN/m ²)	0.2f'c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u + 6}{L_c^2 \cdot b_c}$	du [mm]	du / lw	$\frac{lw}{600(\delta u / hw)}$	c [mm]		Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a) [mm]
2	10108.716	7000	SI	151	0.0070	619.0476	498.0	Sin E.B.	2.6	249 238 350
3	6945.034	7000	NO	151	0.0070	619.0476	462.0	Sin E.B.	2.6	231 202 350
4	5706.428	7000	NO	151	0.0070	619.0476	435.0	Sin E.B.	2.6	217.5 175 350
5	4693.645	7000	NO	151	0.0070	619.0476	401.0	Sin E.B.	2.6	200.5 141 350
6	3772.595	7000	NO	151	0.0070	619.0476	387.0	Sin E.B.	2.6	193.5 127 350
7	2921.377	7000	NO	151	0.0070	619.0476	377.0	Sin E.B.	2.6	188.5 117 350
8	2140.994	7000	NO	151	0.0070	619.0476	334.0	Sin E.B.	2.6	167 74 350
9	1441.062	7000	NO	151	0.0070	619.0476	291.0	Sin E.B.	2.6	145.5 31 350
10	834.751	7000	NO	151	0.0070	619.0476	274.0	Sin E.B.	2.6	137 14 350
Terraza	356.414	7000	NO	151	0.0070	619.0476	252.0	Sin E.B.	2.6	126 -8 350



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	Fc / fy
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000 mm ²	37200 mm ²	0.083
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
	Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)					Barra Transversal #3 71 mm ²				
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)		# Ramas X	Ash_x (colocado)	
2	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
3	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
4	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
5	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
6	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
7	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
8	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
9	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
10	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
Terraza	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro		Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	0.00403	-	200 mm
3	0.0067	0.00403	-	200 mm
4	0.0067	0.00403	-	200 mm
5	0.0067	0.00403	-	200 mm
6	0.0067	0.00403	-	200 mm
7	0.0067	0.00403	-	200 mm
8	0.0067	0.00403	-	200 mm
9	0.0067	0.00403	-	200 mm
10	0.0067	0.00403	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00403	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516 mm ²	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
3	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
4	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
5	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
6	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
7	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
8	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
9	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
10	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
Terraza	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE



DISEÑO DE MURO D7-6; D4-3; E7-6; E4-3

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

I. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO Mu (kN-m)	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO Vu (kN)
2	comb21	1408.5	878.96	171.84
3	comb21	975.7	796.6	100.23
4	comb21	739.56	711.8	80.85
5	comb21	562.41	625.32	73.4
6	comb21	412	537.4	67.7
7	comb21	281.8	448.52	61.35
8	comb21	171.9	358.9	53.9
9	comb21	86.77	268.8	44.51
10	comb21	42.33	178.64	31.91
Terraza	comb21	46.105	87.91	17.964

2.GEOMETRIA								
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
3	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
4	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
5	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
6	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
7	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
8	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
9	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
10	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
Terraza	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52

3. REQUISITOS MINIMOS													
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						REFUERZO C.21.9.2.					CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3	
	C.14.3.2	ϕl (Vertical)		ϕt (Horizontal)		C.21.9.4.3	0.083A _{cv} λ√f'c	REFUERZO C.21.9.2.		ϕl (min)	ϕt (min)	0.17A _{cv} λ√f'c	
		C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	kN	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1		
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuántia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981 <i>Puede usar 1 CAPA</i>

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO						
Piso	φ =	α _c =	V _s = A _{cv} (α _c λ √f'c + ρ _t f _t)		V _{nmax} = 0.83t _w d √f'c	
			φ Vn C.21.9.4.1	φ Vn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	877.26 kN	1225.62 kN		Resiste Cortante
3	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
4	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
5	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
6	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
7	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
8	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
9	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
10	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	877.26	1225.62		Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{max} = 0.17A_w \sqrt{f'c} d$	$V_{max} = 0.27A_w \sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{max} = \left[0.05A_w \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left(0.11A_w \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{N_u}{V_u} \right)}{V_u - \frac{l_w}{2}} \right] d_w$			$V_u > 0.5\phi V_c$	
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO			C.11.9.8	
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	ϕV_c max		
2	418.385	840.286	268.856	268.856	161.313	Adicionar a Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	418.385	823.814	238.207	238.207	142.924	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	418.385	806.854	242.330	242.330	145.398	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	418.385	789.558	264.516	264.516	158.710	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
6	418.385	771.974	303.477	303.477	182.086	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
7	418.385	754.198	374.007	374.007	224.404	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
8	418.385	736.274	540.781	540.781	324.469	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
9	418.385	718.254	1280.502	718.254	430.952	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
10	418.385	700.222	27029.831	700.222	420.133	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
Terraza	418.385	682.076	657.158	657.158	394.295	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE												
Piso	VERTICAL											
	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{l_w}) (\rho_t - 0.0025)$			
	C.11.9.9.4											
2	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
3	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
4	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
5	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
6	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
7	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
8	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
9	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
10	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE		
Piso	HORIZONTAL											
	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ (Horizontal)	$V_s = \frac{A_s f_y d}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$	
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1020.15	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	989.50	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	993.63	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1015.81	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1054.77	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1125.30	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1292.08	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1469.55	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1451.52	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1408.45	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE												
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3											
	f_c (kN/m ²)	0.2f'c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u + 6}{L_c^2 \cdot b_c}$	du [mm]	du / lw	$\frac{l_w}{600(\delta u / h w)}$	c [mm]		Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
2	7941.047	7000	SI	151	0.0070	619.0476	498.0	Sin E.B.	2.6	249	238	350
3	5861.953	7000	NO	151	0.0070	619.0476	462.0	Sin E.B.	2.6	231	202	350
4	4650.917	7000	NO	151	0.0070	619.0476	435.0	Sin E.B.	2.6	217.5	175	350
5	3698.441	7000	NO	151	0.0070	619.0476	401.0	Sin E.B.	2.6	200.5	141	350
6	2861.864	7000	NO	151	0.0070	619.0476	387.0	Sin E.B.	2.6	193.5	127	350
7	2113.130	7000	NO	151	0.0070	619.0476	377.0	Sin E.B.	2.6	188.5	117	350
8	1453.062	7000	NO	151	0.0070	619.0476	334.0	Sin E.B.	2.6	167	74	350
9	901.997	7000	NO	151	0.0070	619.0476	291.0	Sin E.B.	2.6	145.5	31	350
10	531.393	7000	NO	151	0.0070	619.0476	274.0	Sin E.B.	2.6	137	14	350
Terraza	373.666	7000	NO	151	0.0070	619.0476	252.0	Sin E.B.	2.6	126	-8	350



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	Fc / fy
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000 mm ²	37200 mm ²	0.083
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
	Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)					Barra Transversal #3 71 mm ²				
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)		# Ramas X	Ash_x (colocado)	
2	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
3	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
4	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
5	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
6	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
7	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
8	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
9	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
10	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
Terraza	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro		Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	0.00403	-	200 mm
3	0.0067	0.00403	-	200 mm
4	0.0067	0.00403	-	200 mm
5	0.0067	0.00403	-	200 mm
6	0.0067	0.00403	-	200 mm
7	0.0067	0.00403	-	200 mm
8	0.0067	0.00403	-	200 mm
9	0.0067	0.00403	-	200 mm
10	0.0067	0.00403	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00403	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516 mm ²	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
3	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
4	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
5	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
6	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
7	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
8	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
9	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
10	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE
Terraza	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4% CUMPLE



DISEÑO DE MURO D9-7; D3-1; E9-7; E3-1

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

I. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO Mu (kN-m)	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO Vu (kN)
2	comb21	1613.87	1293.3	198.09
3	comb21	1131.45	1185.4	124.05
4	comb21	867	1066.43	105.98
5	comb21	667.85	939.45	100.43
6	comb21	496.53	807.11	95.25
7	comb21	347.26	671.6	88.55
8	comb21	220.03	534.76	80
9	comb21	118.8	398.06	81.5
10	comb21	56.03	262.74	68.1
Terraza	comb21	51.71	128.45	16.5

2.GEOMETRIA								
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
3	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
4	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
5	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
6	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
7	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
8	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
9	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
10	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52
Terraza	35	420	0.2	2.6	25.5	9.81	2.08	0.52

3. REQUISITOS MINIMOS														
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						REFUERZO C.21.9.2.				CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3			
	C.14.3.2	ρl (Vertical)		ρt (Horizontal)		C.21.9.4.3	0.083A _{cv} λ√f'c	REFUERZO C.21.9.2.		ρl (min)	ρt (min)	0.17A _{cv} λ√f'c		
		C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	kN	C.21.9.2.1	pt (min)	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1			
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	255.34	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	✓	0.0025	522.981	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO							
Piso	φ =	α _c =	V _s = A _{cv} (α _c λ√f'c + ρ _t f _y)	V _{nmax} = 0.83t _w d√f'c	φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3	
2	0.6	0.17	877.26 kN	1225.62 kN	877.26	1225.62	Resiste Cortante
3	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
4	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
5	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
6	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
7	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
8	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
9	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
10	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	877.26	1225.62	877.26	1225.62	Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{max} = 0.17A_w \sqrt{f'c}$	$V_{max} = 0.27A_w \sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{max} = \left[0.05A_w \sqrt{f'c} + \frac{l_w (0.11A_w \sqrt{f'c} + 0.2 \frac{N_u}{V_u - l_w})}{\frac{V_u - l_w}{2}} \right] d l_w$		$V_u > 0.5\phi V_c$		
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO		C.11.9.8		
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	ϕV_c max		
2	418.385	923.154	295.082	295.082	177.049	Adicionar a Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	418.385	901.574	267.924	267.924	160.754	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	418.385	877.780	280.524	280.524	168.315	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	418.385	852.384	315.711	315.711	189.427	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
6	418.385	825.916	372.393	372.393	223.436	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
7	418.385	798.814	473.703	473.703	284.222	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
8	418.385	771.446	717.620	717.620	430.572	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
9	418.385	744.106	5231.716	744.106	446.464	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
10	418.385	717.042	No tener en cuenta	717.042	430.225	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
Terraza	418.385	690.184	501.103	501.103	300.662	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE										
Piso	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	pl (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$	C.11.9.9.4
2	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
3	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
4	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
5	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
6	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
7	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
8	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
9	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
10	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.32 mts	2.58 cm2	8.06 cm2/m	21.0 cm2	0.0040	0.0039	CUMPLE

Piso	Barra	Area	#cupas	separacion	As/fila	As/m	Ast	pt (Horizontal)	$V_s = \frac{A_w f_y d}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$	
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1046.38	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1019.22	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1031.82	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1067.01	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1123.69	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1225.00	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1468.92	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1495.40	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1468.34	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	751.296	1252.40	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE												
Piso	f_c (kN/m ²)	0.2f'c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u + 6}{L_c^2 \cdot b_c}$	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3				Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)			
				du [mm]	du / lw	$\frac{l_w}{600(\delta u / h w)}$	c [mm]		[mm]			
2	9649.260	7000	SI	151	0.0070	619.0476	498.0	Sin E.B.	2.6	249	238	350
3	7300.843	7000	SI	151	0.0070	619.0476	462.0	Sin E.B.	2.6	231	202	350
4	5898.460	7000	NO	151	0.0070	619.0476	435.0	Sin E.B.	2.6	217.5	175	350
5	4770.466	7000	NO	151	0.0070	619.0476	401.0	Sin E.B.	2.6	200.5	141	350
6	3755.670	7000	NO	151	0.0070	619.0476	387.0	Sin E.B.	2.6	193.5	127	350
7	2832.633	7000	NO	151	0.0070	619.0476	377.0	Sin E.B.	2.6	188.5	117	350
8	2004.849	7000	NO	151	0.0070	619.0476	334.0	Sin E.B.	2.6	167	74	350
9	1292.719	7000	NO	151	0.0070	619.0476	291.0	Sin E.B.	2.6	145.5	31	350
10	753.923	7000	NO	151	0.0070	619.0476	274.0	Sin E.B.	2.6	137	14	350
Terraza	476.501	7000	NO	151	0.0070	619.0476	252.0	Sin E.B.	2.6	126	-8	350



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	Fc / fy
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000 mm ²	37200 mm ²	0.083
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	270 mm	120 mm	70000	37200 mm ²	0.083
	Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)					Barra Transversal #3 71 mm ²				
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)		# Ramas X	Ash_x (colocado)	
2	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
3	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
4	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
5	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
6	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
7	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
8	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
9	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
10	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
Terraza	132.26 mm ²	45.0 mm ²	297.58 mm ²	101.25 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro		Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	0.00403	-	200 mm
3	0.0067	0.00403	-	200 mm
4	0.0067	0.00403	-	200 mm
5	0.0067	0.00403	-	200 mm
6	0.0067	0.00403	-	200 mm
7	0.0067	0.00403	-	200 mm
8	0.0067	0.00403	-	200 mm
9	0.0067	0.00403	-	200 mm
10	0.0067	0.00403	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00403	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE														
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1			
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max	
2	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516 mm ²	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
3	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
4	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
5	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
6	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
7	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
8	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
9	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
10	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE
Terraza	#4	2	2	516 mm ²	310	#4	2	2	516	140 mm	1.47%	1%	4%	CUMPLE



DISEÑO DE MURO 4A-C; 4F-H; 6A-C; 6F-H

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

I. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE

Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO
		Mu (kN-m)		Vu (kN)
2	comb17	8992.41	758.1	827.1
3	comb17	7216.4	625.7	827.9
4	comb17	5655.1	584.5	783.72
5	comb17	4335.2	534.32	737.2
6	comb17	3200	490.4	683
7	comb21	746.2	2057.7	244.7
8	comb21	495.51	1577.5	219.7
9	comb21	297.8	1125.4	187.9
10	comb21	168.63	707.72	151.204
Terraza	comb21	113.9	326.45	104.15

2.GEOMETRIA

Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
3	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
4	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
5	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
6	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
7	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
8	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
9	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
10	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29
Terraza	35	420	0.3	4.3	25.5	5.93	3.44	1.29

3. REQUISITOS MINIMOS

Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA					REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3			
	C.14.3.2	pl (Vertical) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	pt (Horizontal) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	0.083Acvλ√f'c kN	pl (min) C.21.9.2.1	pt (min) C.21.9.2.1	0.17Acvλ√f'c		
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	Cuántia segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	Cuántia segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	Cuántia segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	Cuántia segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	633.43	Cuántia segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	1297.396	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO

Piso	φ =	αcv =	V _s = A _{cv} (α _v λ √f'c + ρ _{fv} f _y)		V _{nmax} = 0.83t _w d _v √f'c	Resiste Cortante
			φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	1710.33 kN	3040.49 kN	3040.49 kN	Resiste Cortante
3	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
4	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
5	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
6	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
7	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
8	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
9	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
10	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	1710.33	3040.49	3040.49	Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO						
Piso	$V_{cmax} = 0.174k_w \sqrt{f'c}$	$V_{cmax} = 0.27\lambda k_w + d\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w(0.12\sqrt{f'c} + 0.2\frac{N_u}{l_w})}{k_w - \frac{l_w}{2}} \right] d l_w$			$V_u > 0.5\phi V_c$
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO			C.11.9.8
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	ϕV_c max	
2	1037.917	1800.076	666.060	666.060	399.636	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	1037.917	1773.596	770.631	770.631	462.379	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	1037.917	1765.356	902.906	902.906	541.744	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	1037.917	1755.320	1107.529	1107.529	664.517	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
6	1037.917	1746.536	1473.896	1473.896	884.337	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
7	1037.917	2059.996	4798.043	2059.996	1235.998	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
8	1037.917	1963.956	35512.677	1963.956	1178.374	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
9	1037.917	1873.536	No tener en cuenta	1873.536	1124.122	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
10	1037.917	1790.000	No tener en cuenta	1790.000	1074.000	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
Terraza	1037.917	1713.746	No tener en cuenta	1713.746	1028.248	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE												
Piso	VERTICAL											
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_l (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$			
	C.11.9.4											
2	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
3	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
4	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
5	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
6	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
7	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
8	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
9	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
10	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.20 mts	2.58 cm2	12.90 cm2/m	55.5 cm2	0.0043	0.0028	CUMPLE		
Piso	HORIZONTAL											
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_t (Horizontal)	$V_s = \frac{Avfyd}{s}$ $V_n = V_c + V_s$ $\phi V_n \geq V_u$			
	kN											
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	1908.59	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	2013.16	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	2145.43	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	2350.06	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	2716.42	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	3302.52	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	3206.48	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	3116.06	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	3032.53	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1242.528	2956.27	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE													
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3												
	f_c (kN/m ²)	0.2f _c	$f_c = \frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu * 6}{L_c * b_w}$	du [mm]	du / hw	$\frac{l_w}{600(\delta u / hw)}$	c [mm]	$\sin E.B.$		Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
	[mm]												
2	10314.456	7000	SI	151	0.0070	1023.8095	807.0			4.3	403.5	377	400
3	8290.772	7000	SI	151	0.0070	1023.8095	647.0			4.3	323.5	217	400
4	6570.029	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	595.0			4.3	297.5	165	400
5	5103.439	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	535.0			4.3	267.5	105	400
6	3841.485	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	472.0			4.3	236	42	400
7	2402.255	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	406.4			4.3	203.2	-23.6	400
8	1758.844	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	343.7			4.3	171.85	-86.3	400
9	1194.523	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	245.0			4.3	122.5	-185	400
10	731.021	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	225.0			4.3	112.5	-205	400
Terraza	376.264	7000	NO	151	0.0070	1023.8095	220.2			4.3	110.1	-209.8	400



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	f'c / fy
2	100 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000 mm ²	79200 mm ²	0.083
3	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
4	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
5	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
6	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
7	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
8	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
9	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
10	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
Terraza	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
Barra Transversal #3 71 mm²										
Piso	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)	# Ramas X	Ash_x (colocado)		
	2	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE	
3	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
4	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
5	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
6	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
7	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
8	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
9	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
10	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
Terraza	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Smax	Refuerzo transversal
2	0.0067	0.00430	-	200 mm
3	0.0067	0.00430	-	200 mm
4	0.0067	0.00430	-	200 mm
5	0.0067	0.00430	-	200 mm
6	0.0067	0.00430	-	200 mm
7	0.0067	0.00430	-	200 mm
8	0.0067	0.00430	-	200 mm
9	0.0067	0.00430	-	200 mm
10	0.0067	0.00430	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00430	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE														
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantias - C.21.6.3.1			
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max	
2	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	796 mm ²	140 mm	1.33%	1%	4%	CUMPLE
3	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
4	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
5	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
6	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
7	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
8	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
9	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
10	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
Terraza	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE



DISEÑO DE MURO 5B-D; 5E-G

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

I. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE

Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO		CORTANTE ULTIMO	
		Mu (kN-m)	CARGA ULTIMA Pu (kN)	Vu (kN)	
2	comb17	9601.6	2268.3	810.65	
3	comb17	7631.03	2034.23	752.45	
4	comb21	1836	1922	210.1	
5	comb21	1379.4	1682.22	186.46	
6	comb21	993	1442.2	165.3	
7	comb21	667.8	1202	144.3	
8	comb21	403.1	961.6	121.26	
9	comb21	211.5	721.3	93.22	
10	comb21	127	481	57.58	
Terraza	comb21	109.24	240.9	53.4	

2.GEOMETRIA

Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acy (Area bruta)
2	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
3	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
4	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
5	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
6	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
7	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
8	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
9	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
10	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32
Terraza	35	420	0.3	4.4	25.5	5.80	3.52	1.32

3. REQUISITOS MINIMOS

Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						0.083A _{cv} λ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17A _{cv} λ√f'c	
	pl (Vertical)		pt (Horizontal)		C.21.9.2.1	C.21.9.4.3		pl (min) C.21.9.2.1	pt (min) C.21.9.2.1			
	C.14.3.2	C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3						C.21.9.2.1		C.21.9.4.3
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	CUMPLIR CUANTIA MINIMA C.21.9.2.1	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	CUMPLIR CUANTIA MINIMA C.21.9.2.1	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	648.17	Cuantia segun C.14.3	0.0025	0.0025	1327.568	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO

Piso	φ =	α _c =	V _s = A _{cv} (α _c λ√f'c + ρ _t f _y)		V _{max} = 0.83t _w d _v √f'c	
			φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	1750.11 kN	3111.20 kN		Resiste Cortante
3	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
4	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
5	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
6	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
7	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
8	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
9	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
10	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	1750.11	3111.20		Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO						
Piso	$V_{cmax} = 0.174k_w\sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27\lambda k_w + d\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w(0.12\sqrt{f'c} + 0.2\frac{N_u}{l_w})}{k_w - \frac{l_w}{2}} \right] d l_w$			$V_u > 0.5\phi V_c$
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO			C.11.9.8
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	ϕV_c max	
2	1062.055	2140.453	762.969	762.969	457.781	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	1062.055	2093.639	838.832	838.832	503.299	Adicionar a Cuantia Minima Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	1062.055	2071.193	939.701	939.701	563.821	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
5	1062.055	2023.237	1069.055	1069.055	641.433	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
6	1062.055	1975.233	1301.048	1301.048	780.629	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
7	1062.055	1927.193	1793.121	1793.121	1075.872	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
8	1062.055	1879.113	3359.536	1879.113	1127.468	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
9	1062.055	1831.053	47629.111	1831.053	1098.632	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
10	1062.055	1782.993	549005.573	1782.993	1069.796	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14
Terraza	1062.055	1734.973	No tener en cuenta	1734.973	1040.984	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE													
Piso	VERTICAL												
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_l (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$				
										C.11.9.4			
2	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	75.7 cm2	0.0057	0.0029	CUMPLE			
3	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	75.7 cm2	0.0057	0.0029	CUMPLE			
4	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	75.7 cm2	0.0057	0.0029	CUMPLE			
5	#4	1.29 cm2	2	0.15 mts	2.58 cm2	17.20 cm2/m	75.7 cm2	0.0057	0.0029	CUMPLE			
6	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			
7	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			
8	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			
9	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			
10	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	37.8 cm2	0.0029	0.0029	CUMPLE			

Piso	HORIZONTAL											
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_t (Horizontal)		$V_s = \frac{Avfyd}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$
										kN	kN	kN
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	2034.39	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	2110.26	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	2211.13	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	2340.48	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	2572.47	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	3064.54	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	3150.54	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	3102.48	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	3054.42	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	1271.424	3006.40	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE												
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3											
	f_c (kN/m ²)	0.2f _c	$f_c = \frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu * 6}{L_c * b_w}$	du [mm]	du / hw	$\frac{l_w}{600(\delta u / hw)}$	c [mm]		Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
											[mm]	
2	11637.417	7000	SI	151	0.0070	1047.6190	807.0	Sin E.B.	4.4	403.5	367	400
3	9424.379	7000	SI	151	0.0070	1047.6190	647.0	Sin E.B.	4.4	323.5	207	400
4	3352.755	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	595.0	Sin E.B.	4.4	297.5	155	400
5	2699.409	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	535.0	Sin E.B.	4.4	267.5	95	400
6	2118.402	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	472.0	Sin E.B.	4.4	236	32	400
7	1600.482	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	406.4	Sin E.B.	4.4	203.2	-33.6	400
8	1144.910	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	343.7	Sin E.B.	4.4	171.85	-96.3	400
9	764.931	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	245.0	Sin E.B.	4.4	122.5	-195	400
10	495.592	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	225.0	Sin E.B.	4.4	112.5	-215	400
Terraza	295.351	7000	NO	151	0.0070	1047.6190	220.2	Sin E.B.	4.4	110.1	-219.8	400



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	f'c / fy
2	100 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000 mm ²	79200 mm ²	0.083
3	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
4	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
5	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
6	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
7	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
8	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
9	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
10	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
Terraza	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	220 mm	120000	79200 mm ²	0.083
Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)										
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramos Y	Ash_y (colocado)	#3	# Ramos X	Ash_x (colocado)	#71 mm ²
2	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
3	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
4	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
5	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
6	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
7	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
8	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
9	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
10	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
Terraza	141.67 mm ²	82.5 mm ²	206.06 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Smax	Refuerzo transversal
2	0.0067	0.00573	-	200 mm
3	0.0067	0.00573	-	200 mm
4	0.0067	0.00573	-	200 mm
5	0.0067	0.00573	-	200 mm
6	0.0067	0.00287	-	200 mm
7	0.0067	0.00287	-	200 mm
8	0.0067	0.00287	-	200 mm
9	0.0067	0.00287	-	200 mm
10	0.0067	0.00287	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00287	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE														
Piso	Sentido X				Sentido Y				Verificar Cuantías - C.21.6.3.1					
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max	
2	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	796 mm ²	140 mm	1.33%	1%	4%	CUMPLE
3	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
4	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
5	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
6	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
7	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
8	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
9	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
10	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE
Terraza	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.09%	1%	4%	CUMPLE



DISEÑO DE MURO 7D-E; 3D-E

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

1. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO
		Mu (kN-m)		Vu (kN)
2	comb17	2436	740.3	292
3	comb17	1760.6	662.51	211.65
4	comb21	421.11	1145.4	56.54
5	comb21	321.2	1011.6	53.2
6	comb21	236.82	870.2	50.4
7	comb21	164.35	724.2	47
8	comb21	103.55	576.2	42.5
9	comb21	56.11	428.11	36.42
10	comb21	26.8	281.72	28.66
Terraza	comb21	19.14	136.37	44.5

2.GEOMETRIA									
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)	
2	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
3	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
4	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
5	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
6	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
7	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
8	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
9	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
10	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	
Terraza	35	420	0.25	2.85	25.5	8.95	2.28	0.7125	

3. REQUISITOS MINIMOS													
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA						0.083Acvλ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17Acvλ√f'c		
	C.14.3.2	pl (Vertical) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	pt (Horizontal) C.21.9.2.1	C.21.9.4.3		pl (min) C.21.9.2.1	pt (min) C.21.9.2.1				
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	349.86	Cuantia segun C.14.3	✓	0.0025	0.0025	716.585	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO						
Piso	φ =	αc =	Vs = Av(αcλ√f'c + ρvfv)	Vnmax = 0.83twλ√f'c	φVn max C.11.9.3	
2	0.6	0.17	1047.60 kN	1679.34 kN	1679.34 kN	Resiste Cortante
3	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
4	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
5	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
6	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
7	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
8	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
9	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
10	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	1047.60	1679.34	1679.34	Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{cmax} = 0.174\lambda_w\sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27\lambda_w\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w(0.12\sqrt{f'c} + 0.2\frac{M_u}{L_c})}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] d_l$	Vu > 0.5φVc			
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO	C.11.9.8			
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	φVc max		
2	573.268	1058.545	356.342	356.342	213.805	Adicionar a Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	573.268	1042.987	351.851	351.851	211.110	Adicionar a Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	573.268	1139.565	414.892	414.892	248.935	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
5	573.268	1112.805	476.972	476.972	286.183	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
6	573.268	1084.525	583.378	583.378	350.027	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
7	573.268	1055.325	791.881	791.881	475.129	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
8	573.268	1025.725	1378.544	1025.725	615.435	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
9	573.268	996.107	10167.875	996.107	597.664	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
10	573.268	966.829	No tener en cuenta	966.829	580.097	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
Terraza	573.268	937.759	No tener en cuenta	937.759	562.655	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE										
Piso	VERTICAL								ρl = 0.0025 + 0.5(2.5 - $\frac{h_w}{l_w}$)(ρt - 0.0025)	C.11.9.4
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρl (Vertical)		
2	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
3	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
4	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
5	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
6	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
7	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
8	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
9	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
10	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cm2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	24.5 cm2	0.0034	0.0033	CUMPLE

Piso	HORIZONTAL								$V_s = \frac{Avfyd}{s}$	Vn = Vc + Vs	φVn ≥ Vu	
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρt (Horizontal)				
												kN
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1179.88	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1175.39	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1238.43	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1300.51	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1406.91	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1615.42	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1849.26	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1819.64	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1790.36	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0034	CUMPLE	823.536	1761.29	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE											
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3							Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
	f _c (kN/m ²)	0.2f _c	f _c = $\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u * 6}{L_c * b_w}$	du [mm]	du / hw	$\frac{l_w}{600(\delta u / h_w)}$	c [mm]		[mm]		
									Requiere E.B.		
2	8236.801	7000	SI	151	0.0070	678.5714	687.3	2.85	343.65	402.3	400
3	6131.981	7000	NO	151	0.0070	678.5714	647.0	2.85	323.5	362	400
4	2851.856	7000	NO	151	0.0070	678.5714	595.0	2.85	297.5	310	400
5	2368.857	7000	NO	151	0.0070	678.5714	535.0	2.85	267.5	250	400
6	1921.078	7000	NO	151	0.0070	678.5714	472.0	2.85	236	187	400
7	1502.035	7000	NO	151	0.0070	678.5714	406.4	2.85	203.2	121.4	400
8	1114.667	7000	NO	151	0.0070	678.5714	343.7	2.85	171.85	58.7	400
9	766.647	7000	NO	151	0.0070	678.5714	245.0	2.85	122.5	-40	400
10	474.584	7000	NO	151	0.0070	678.5714	225.0	2.85	112.5	-60	400
Terraza	247.951	7000	NO	151	0.0070	678.5714	220.2	2.85	110.1	-64.8	400



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	f'c / fy
2	83 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000 mm ²	61200 mm ²	0.083
3	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
4	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
5	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
6	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
7	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
8	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
9	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
10	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
Terraza	83 mm	57 mm	100	150 mm	50	320 mm	170 mm	100000	61200 mm ²	0.083
Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)										
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)	#3	# Ramas X	Ash_x (colocado)	
2	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
3	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
4	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
5	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
6	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
7	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
8	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
9	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
10	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE
Terraza	134.72 mm ²	63.8 mm ²	253.59 mm ²	120.00 mm ²	2	142 mm ²	CUMPLE	6	426 mm ²	CUMPLE

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Smax	Refuerzo transversal
2	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	Cumplir C.21.6.4.2 y	200 mm
3	0.0067	0.00344	-	200 mm
4	0.0067	0.00344	-	200 mm
5	0.0067	0.00344	-	200 mm
6	0.0067	0.00344	-	200 mm
7	0.0067	0.00344	-	200 mm
8	0.0067	0.00344	-	200 mm
9	0.0067	0.00344	-	200 mm
10	0.0067	0.00344	-	200 mm
Terraza	0.0067	0.00344	-	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantías - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	796 mm ²	140 mm	1.59%	1%	4%
3	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
4	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
5	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
6	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
7	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
8	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
9	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
10	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%
Terraza	#5	2	2	796 mm ²	360	#5	2	2	516	140 mm	1.31%	1%	4%



DISEÑO DE MURO C1 8A-B; C4 8G-H; C5 2A-B; C8 2G-H

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

1. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE				
Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO
		Mu (kN-m)		Vu (kN)
2	comb13	1403.6	2125.3	210.9
3	comb13	1071.81	1957.41	194.63
4	comb13	875	1744.7	198.7
5	comb13	722.6	1508.55	205.13
6	comb13	582.28	1262.7	204.5
7	comb13	451.7	1017.42	196.75
8	comb13	332.5	780.26	183.05
9	comb13	228.01	556.3	165.3
10	comb13	142.6	349.03	145.4
Terraza	comb9	121.36	229.03	149.03

2.GEOMETRIA									
Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)	
2	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
3	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
4	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
5	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
6	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
7	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
8	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
9	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
10	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	
Terraza	35	420	0.3	2.85	25.5	8.95	2.28	0.855	

3. REQUISITOS MINIMOS												
Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA					0.083Acvλ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17Acvλ√f'c		
	C.14.3.2	pI (Vertical) C.21.9.2.1		C.21.9.4.3	C.14.3.3		pI (Horizontal) C.21.9.2.1		C.21.9.4.3		pI (min) C.21.9.2.1	pI (min) C.21.9.2.1
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	419.83	Cuántia segun C.14.3	0.0025	0.0025	859.902	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO						
Piso	φ =	αc =	V _s = A _{cv} (α _c λ √f'c + ρ _{fv} f _y)		V _{nmax} = 0.83t _w d √f'c	
			φVn C.21.9.4.1	φVn max C.11.9.3		
2	0.6	0.17	1133.59 kN	2015.21 kN	Resiste Cortante	
3	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
4	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
5	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
6	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
7	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
8	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
9	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
10	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	
Terraza	0.6	0.17	1133.59	2015.21	Resiste Cortante	



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{cmax} = 0.174k_w\sqrt{f'c}$	$V_{cmax} = 0.27\lambda k_w + d\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w(0.12\sqrt{f'c} + 0.2\frac{N_u}{l_w})}{\frac{M_u}{k_w} - \frac{l_w}{2}} \right] d l_w$				$V_u > 0.5\phi V_c$
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO				C.11.9.8
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	ϕV_c max		
2	687.922	1517.642	608.124	608.124	364.874	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	687.922	1484.064	703.531	703.531	422.119	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
4	687.922	1441.522	856.613	856.613	513.968	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
5	687.922	1394.292	1080.067	1080.067	648.040	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
6	687.922	1345.122	1417.987	1345.122	807.073	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
7	687.922	1296.066	2059.486	1296.066	777.639	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
8	687.922	1248.634	4057.494	1248.634	749.180	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
9	687.922	1203.842	No tener en cuenta	1203.842	722.305	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
10	687.922	1162.388	No tener en cuenta	1162.388	697.433	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
Terraza	687.922	1138.388	No tener en cuenta	1138.388	683.033	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE										
Piso	VERTICAL									
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_l (Vertical)	$\rho_l = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$	
										C.11.9.4
2	#5	1.99 cms2	2	0.20 mts	3.98 cms2	19.90 cms2/m	56.7 cms2	0.0066	0.0028	CUMPLE
3	#5	1.99 cms2	2	0.20 mts	3.98 cms2	19.90 cms2/m	56.7 cms2	0.0066	0.0028	CUMPLE
4	#5	1.99 cms2	2	0.20 mts	3.98 cms2	19.90 cms2/m	56.7 cms2	0.0066	0.0028	CUMPLE
5	#5	1.99 cms2	2	0.20 mts	3.98 cms2	19.90 cms2/m	56.7 cms2	0.0066	0.0028	CUMPLE
6	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE
7	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE
8	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE
9	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE
10	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE
Terraza	#5	1.99 cms2	2	0.30 mts	3.98 cms2	13.27 cms2/m	37.8 cms2	0.0044	0.0028	CUMPLE

Piso	HORIZONTAL										$V_s = \frac{Avfyd}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρ_t (Horizontal)					
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1431.66	CUMPLE	
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1527.07	CUMPLE	
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1680.15	CUMPLE	
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1903.60	CUMPLE	
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	2168.66	CUMPLE	
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	2119.60	CUMPLE	
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	2072.17	CUMPLE	
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	2027.38	CUMPLE	
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1985.92	CUMPLE	
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cms2	8.60 cms2/m	219.30 cms2	0.0029	CUMPLE	823.536	1961.92	CUMPLE	

7. ELEMENTO DE BORDE														
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3										Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)		
	f_c (kN/m ²)	0.2f _c	$f_c = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u * 6}{L_c * b_w}$	du [mm]	du / h _w	$\frac{l_w}{600(\delta u / h_w)}$	c [mm]		[mm]					
									Requiere E.B.					
2	5941.810	7000	NO	151	0.0070	678.5714	840.0	Requiere E.B.	2.85	420	555	550		
3	4928.482	7000	NO	151	0.0070	678.5714	770.0	Requiere E.B.	2.85	385	485	550		
4	4195.094	7000	NO	151	0.0070	678.5714	690.0	Requiere E.B.	2.85	345	405	550		
5	3543.641	7000	NO	151	0.0070	678.5714	520.0	Sin E.B.	2.85	260	235	550		
6	2910.588	7000	NO	151	0.0070	678.5714	585.0	Sin E.B.	2.85	292.5	300	550		
7	2302.184	7000	NO	151	0.0070	678.5714	510.0	Sin E.B.	2.85	255	225	550		
8	1731.298	7000	NO	151	0.0070	678.5714	484.0	Sin E.B.	2.85	242	199	550		
9	1212.071	7000	NO	151	0.0070	678.5714	410.0	Sin E.B.	2.85	205	125	550		
10	759.346	7000	NO	151	0.0070	678.5714	387.0	Sin E.B.	2.85	193.5	102	550		
Terraza	566.696	7000	NO	151	0.0070	678.5714	310.0	Sin E.B.	2.85	155	25	550		



REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	f'c / fy
2	100 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000 mm ²	112200 mm ²	0.083
3	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
4	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
5	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
6	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
7	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
8	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
9	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
10	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
Terraza	100 mm	57 mm	100	150 mm	50	470 mm	220 mm	165000	112200 mm ²	0.083
Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)										
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramas Y	Ash_y (colocado)	# Ramas X	Ash_x (colocado)		
2	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
3	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
4	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
5	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
6	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
7	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
8	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
9	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
10	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		
Terraza	129.41 mm ²	82.5 mm ²	276.47 mm ²	176.25 mm ²	2	142 mm ² CUMPLE	6	426 mm ² CUMPLE		

SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5				
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Smax	Refuerzo transversal
2	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)
3	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)
4	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm	Cumplir C.21.6.4.2 y C.21.9.6.4 (a)
5	0.0067	0.00663	200 mm	-
6	0.0067	0.00442	200 mm	-
7	0.0067	0.00442	200 mm	-
8	0.0067	0.00442	200 mm	-
9	0.0067	0.00442	200 mm	-
10	0.0067	0.00442	200 mm	-
Terraza	0.0067	0.00442	200 mm	-

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantias - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
3	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
4	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
5	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
6	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
7	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
8	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
9	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
10	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%
Terraza	#5	2	2	796 mm ²	510	#5	2	3	1194 mm ²	140 mm	1.21%	1%	4%



DISEÑO DE MURO C1 A8-7; C1 B8-7; C4 G8-7; C4 H8-7; C5 A3-1; C5 B3-1; C8 G3-1; C8 H3-1

Recubrimiento	40	mm
---------------	----	----

1. SOLICITACIONES DE DISEÑO CORTANTE

Piso	COMBINACION	MOMENTO ULTIMO	CARGA ULTIMA Pu (kN)	CORTANTE ULTIMO
		Mu (kN-m)		Vu (kN)
2	comb13	2639.7884	3305.6234	426.9057
3	comb13	2072.979	2811.4196	481.521
4	comb13	617.1471	3062.7972	475.0935
5	comb13	541.6718	2417.9294	467.8667
6	comb13	456.0771	1826.8698	435.985
7	comb9	371.0879	1309.7521	388.6311
8	comb13	291.2666	880.7957	329.0874
9	comb13	220.1016	557.357	258.7398
10	comb13	160.3996	346.329	181.9645
Terraza	comb9	107.196	195.6293	103.5451

2.GEOMETRIA

Piso	f'c [Mpa]	fy [Mpa]	tw (espesor) [m]	lw (longitud) [m]	hw (altura libre) [m]	hw/lw	d C.11.9.4	Acv (Area bruta)
2	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
3	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
4	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
5	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
6	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
7	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
8	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
9	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
10	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662
Terraza	35	420	0.2	3.31	25.5	7.70	2.648	0.662

3. REQUISITOS MINIMOS

Piso	CUANTIAS MINIMAS DE REFUERZO CORTANTE ALMA					0.083Acvλ√f'c kN	REFUERZO C.21.9.2.			CAPAS DE REFUERZO C.21.9.2.3 0.17Acvλ√f'c		
	C.14.3.2	pI (Vertical)		pI (Horizontal)			pI (min)	pI (min)				
		C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.14.3.3	C.21.9.2.1	C.21.9.4.3	C.21.9.2.1	C.21.9.2.1				
2	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
3	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
4	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
5	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
6	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
7	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
8	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	CUMPLIR CUANTIA MINIMA ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
9	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	Cantidad segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
10	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	Cantidad segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA
Terraza	0.0012	0.0025	0.0012	0.002	0.0025	0.0012	325.06	Cantidad segun C.14.3 ✓	0.0025	0.0025	665.796	Puede usar 1 CAPA

4. VERIFICAR RESISTENCIA CORTANTE DEL MURO

Piso	φ =	αcv =	V _s = A _{cv} (α _v λ √f'c + ρ _{fv} f _y)		V _{nmax} = 0.83 t _w d √f'c		
			φVn	C.21.9.4.1	φVn max	C.11.9.3	
2	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
3	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
4	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
5	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
6	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
7	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
8	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
9	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
10	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante
Terraza	0.6	0.17	1116.82	kN	1560.31	kN	Resiste Cortante



5. RESISTENCIA CORTANTE EN EL CONCRETO							
Piso	$V_{cmax} = 0.174k_w\sqrt{f'c}d$	$V_{cmax} = 0.27\lambda k_w + d\sqrt{f'c} + \frac{dN_u}{4l_w}$	$V_{cmax} = \left[0.05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w(0.12\sqrt{f'c} + 0.2\frac{N_u}{l_w})}{\frac{M_u}{k_w} - \frac{l_w}{2}} \right] d l_w$	Vu > 0.5φVc			
	SIMPLIFICADO	DETALLADO	DETALLADO	C.11.9.8			
	Vc max 1 C.11.9.5	Vc max 2 C.11.9.6	Vc max 3 C.11.9.6	Vc max	φVc max		
2	532.636	1507.077	772.250	772.250	463.350	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
3	532.636	1408.236	1109.843	1109.843	665.906	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
4	532.636	1458.512	No tener en cuenta	1458.512	875.107	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
5	532.636	1329.538	No tener en cuenta	1329.538	797.723	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
6	532.636	1211.326	No tener en cuenta	1211.326	726.796	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
7	532.636	1107.903	No tener en cuenta	1107.903	664.742	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
8	532.636	1022.111	No tener en cuenta	1022.111	613.267	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Diseñar refuerzo a Cortante C.11.9.9
9	532.636	957.423	No tener en cuenta	957.423	574.454	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
10	532.636	915.218	No tener en cuenta	915.218	549.131	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14
Terraza	532.636	885.078	No tener en cuenta	885.078	531.047	Resiste Concreto - colocar Cuantia Minima	Cumplir C.14

6. DISEÑO DEL REFUERZO A CORTANTE										
Piso	VERTICAL									
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	pl (Vertical)	$pl = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hw}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$	
2	#5	1.99 cm2	2	0.20 mts	3.98 cm2	19.90 cm2/m	65.9 cm2	0.0100	0.0041	CUMPLE
3	#5	1.99 cm2	2	0.20 mts	3.98 cm2	19.90 cm2/m	65.9 cm2	0.0100	0.0041	CUMPLE
4	#5	1.99 cm2	2	0.20 mts	3.98 cm2	19.90 cm2/m	65.9 cm2	0.0100	0.0041	CUMPLE
5	#5	1.99 cm2	2	0.20 mts	3.98 cm2	19.90 cm2/m	65.9 cm2	0.0100	0.0041	CUMPLE
6	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE
7	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE
8	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE
9	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE
10	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE
Terraza	#5	1.99 cm2	2	0.30 mts	3.98 cm2	13.27 cm2/m	43.9 cm2	0.0066	0.0041	CUMPLE

Piso	HORIZONTAL									$V_s = \frac{Avfyd}{s}$	$V_n = V_c + V_s$	$\phi V_n \geq V_u$
	Barra	Area	#capas	separacion	As/fila	As/m	Ast	ρt (Horizontal)	kN			
2	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	1728.71	CUMPLE
3	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	2066.30	CUMPLE
4	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	2414.97	CUMPLE
5	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	2286.00	CUMPLE
6	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	2167.78	CUMPLE
7	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	2064.36	CUMPLE
8	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	1978.57	CUMPLE
9	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	1913.88	CUMPLE
10	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	1871.68	CUMPLE
Terraza	#4	1.29 cms2	2	0.30 mts	2.58 cm2	8.60 cm2/m	219.30 cms2	0.0043	CUMPLE	956.458	1841.54	CUMPLE

7. ELEMENTO DE BORDE												
Piso	CHEQUEO ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.3							Longitud Vertical E.B. - C.21.9.6.2 (b)	Longitud Horizontal E.B. - C.21.9.6.4 (a)			
	f_c (kN/m ²)	0.2fc	$f_c = \frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu * 6}{L_c * b_w}$	du [mm]	du / hw	$\frac{l_w}{600(\delta u / hw)}$	c [mm]		[mm]			
2	12221.659	7000	SI	151	0.0070	788.0952	1050.0	Requiere E.B.	3.31	525	719	750
3	9923.090	7000	SI	151	0.0070	788.0952	1021.0	Requiere E.B.	3.31	510.5	690	750
4	6316.454	7000	NO	151	0.0070	788.0952	968.0	Requiere E.B.	3.31	484	637	750
5	5135.667	7000	NO	151	0.0070	788.0952	535.0	Sin E.B.	3.31	267.5	204	750
6	4008.453	7000	NO	151	0.0070	788.0952	472.0	Sin E.B.	3.31	236	141	750
7	2994.591	7000	NO	151	0.0070	788.0952	406.4	Sin E.B.	3.31	203.2	75.4	750
8	2128.053	7000	NO	151	0.0070	788.0952	343.7	Sin E.B.	3.31	171.85	12.7	750
9	1444.611	7000	NO	151	0.0070	788.0952	245.0	Sin E.B.	3.31	122.5	-86	750
10	962.362	7000	NO	151	0.0070	788.0952	225.0	Sin E.B.	3.31	112.5	-106	750
Terraza	589.037	7000	NO	151	0.0070	788.0952	220.2	Sin E.B.	3.31	110.1	-110.8	750



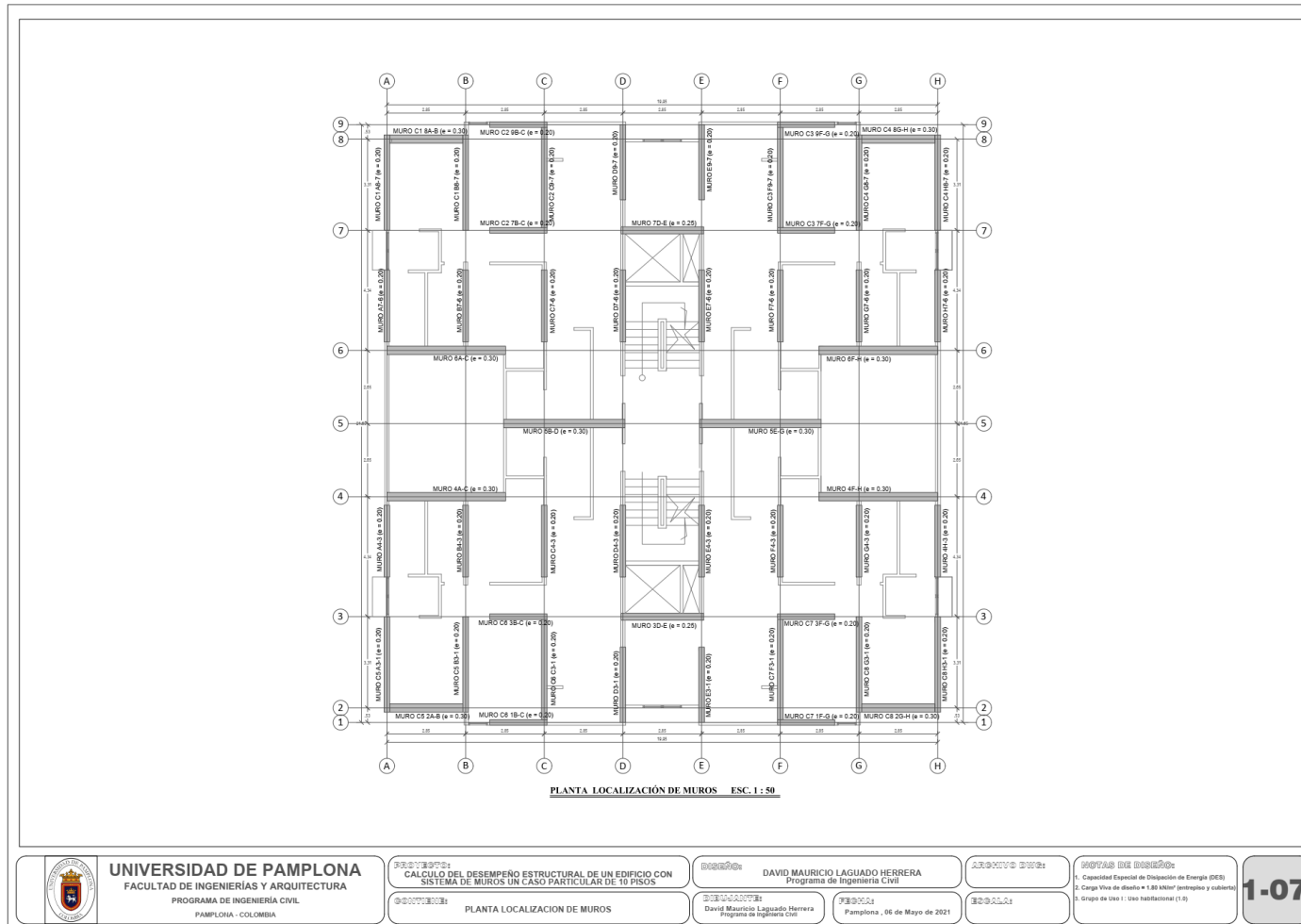
REFUERZO TRANSVERSAL E.B. - C.21.9.6.4 (c)										
Piso	Separacion					Propiedades del Elemento del Borde				
	tw / 3 C.21.6.4.3 (a)	6db C.21.6.4.3 (b)	hx	$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$ C.21.6.4.3 (c)	Smax	bc_x	bc_y	Ag	Ach	f'c / fy
2	67 mm	57 mm	100 mm	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000 mm ²	85200 mm ²	0.083
3	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
4	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
5	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
6	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
7	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
8	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
9	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
10	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
Terraza	67 mm	57 mm	100	150 mm	50	670 mm	120 mm	150000	85200 mm ²	0.083
Area refuerzo transversal - C.21.6.4.4 (b)										
	Ash_y1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_y2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	Ash_x1 C.21.6.4.4 Eq. C.21-7	Ash_x2 C.21.6.4.4 Eq. C.21-8	# Ramos Y	Ash_y (colocado)	# Ramos X	Ash_x (colocado)		
2	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
3	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
4	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
5	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
6	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
7	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
8	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
9	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
10	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	
Terraza	114.08 mm ²	45.0 mm ²	636.97 mm ²	251.25 mm ²	2	142 mm ²	9	639 mm ²	CUMPLE	

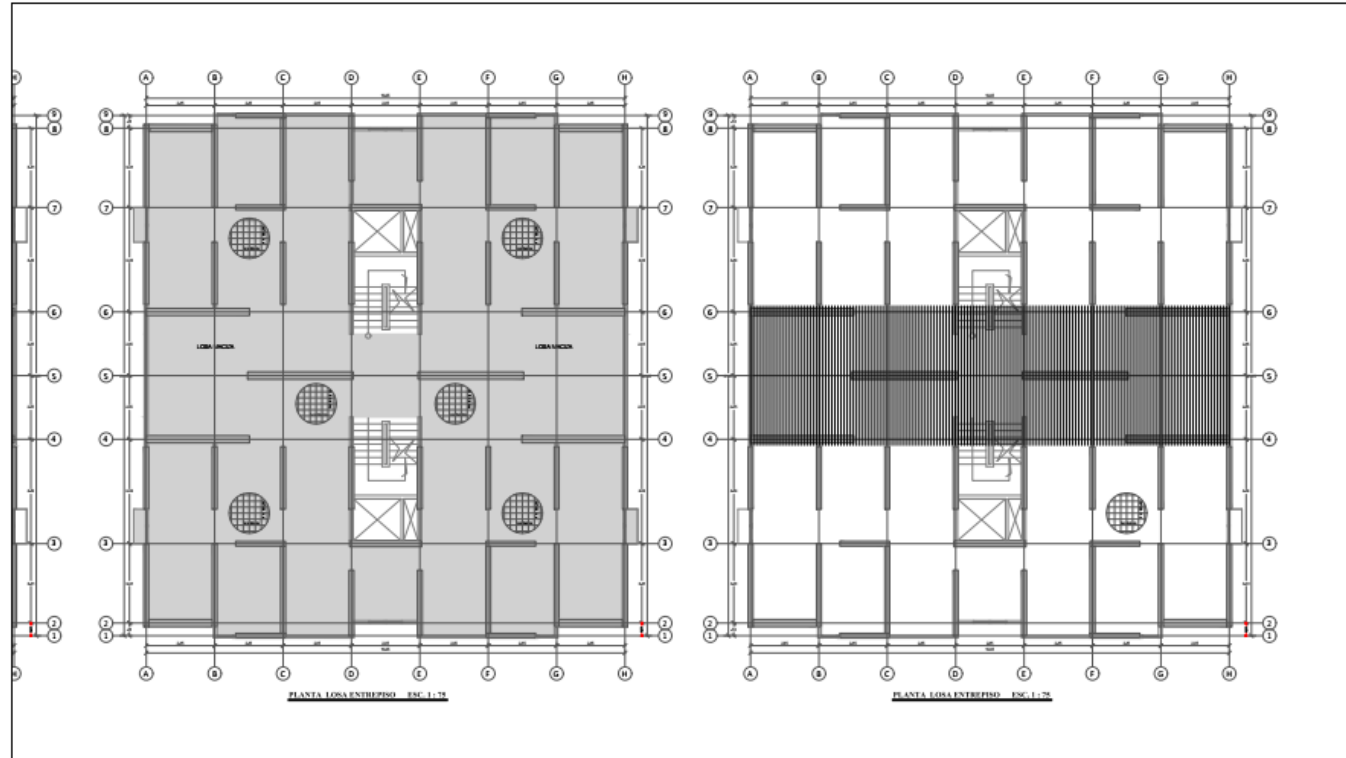
SECCION SIN ELEMENTO DE BORDE - C.21.9.6.5			
Piso	2.8 / fy	ρ En el borde del muro	Smax Refuerzo transversal
2	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm
3	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm
4	0.0067	No cumple C.21.9.6.5	200 mm
5	0.0067	0.00995	200 mm
6	0.0067	0.00663	200 mm
7	0.0067	0.00663	200 mm
8	0.0067	0.00663	200 mm
9	0.0067	0.00663	200 mm
10	0.0067	0.00663	200 mm
Terraza	0.0067	0.00663	200 mm

REFUERZO LONGITUDINAL ELEMENTO DE BORDE													
Piso	Sentido X					Sentido Y					Verificar Cuantias - C.21.6.3.1		
	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	Barra Longitudinal	# Barras/fila	# Filas	As	Separacion	ρ instalada	ρ min	ρ max
2	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
3	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
4	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
5	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
6	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
7	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
8	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
9	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
10	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%
Terraza	#5	2	2	796 mm ²	710	#5	2	7	2786 mm ²	140 mm	2.39%	1%	4%



ANEXO B. PLANOS

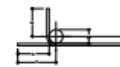


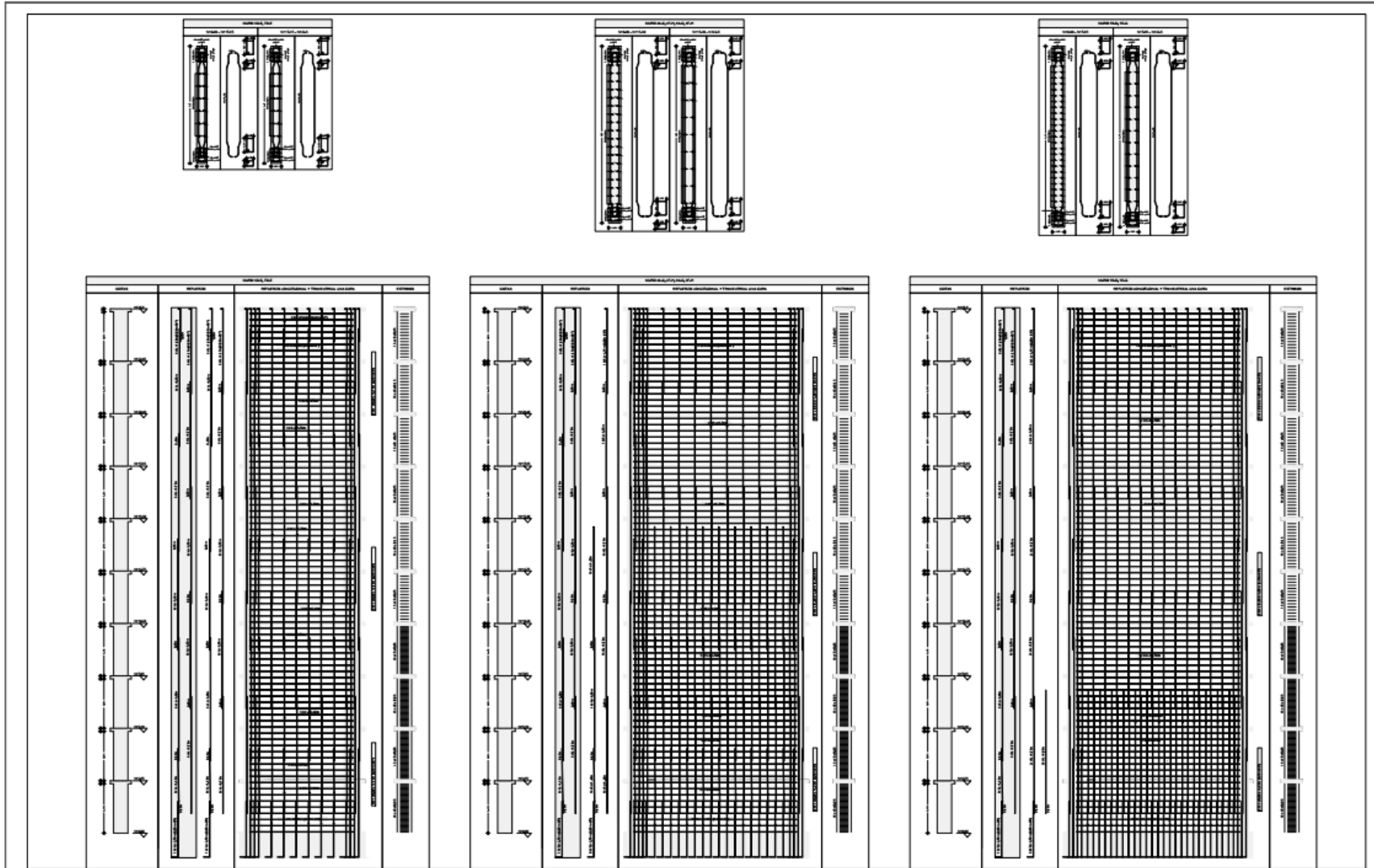


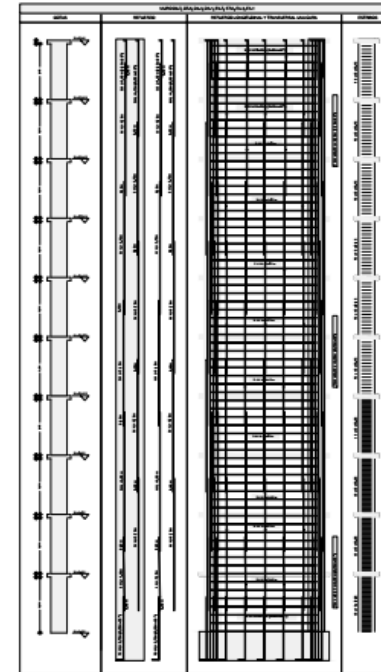
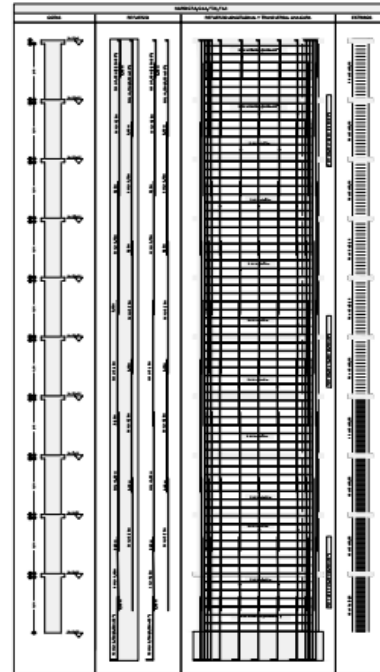
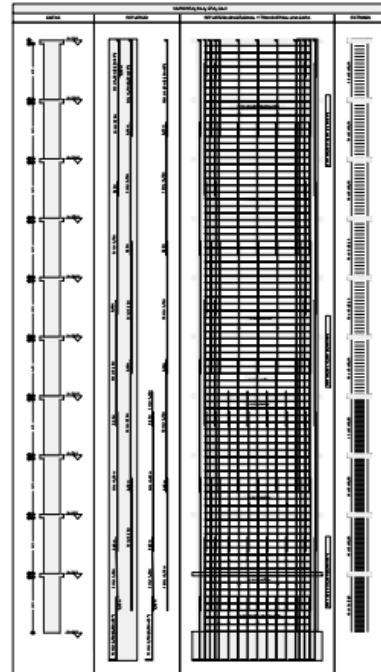
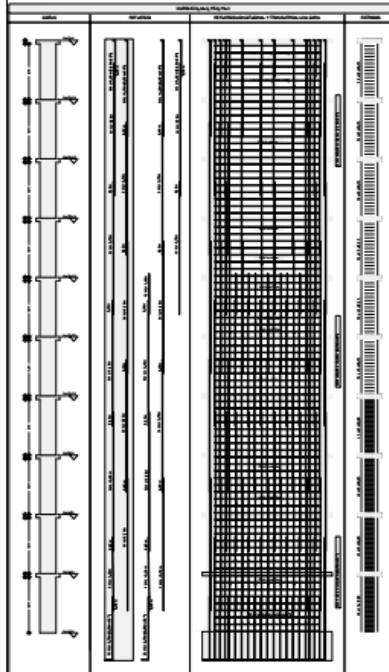
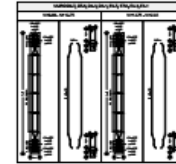
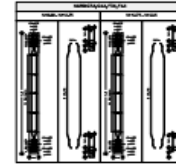
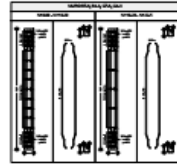
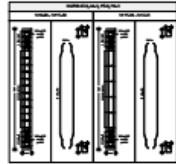
LONGITUD DE TRASLAPOS MÍNIMA			
BARRA	di	LONGITUD DE TRASLAPADO EN TENSION	LONGITUD DE TRASLAPADO EN COMPRESION
cm	cm	cm	cm
N2 (1/4")	6.4	55.00	50.00
N3 (3/8")	9.5	55.00	50.00
N4 (1/2")	1.27	60.00	50.00
N5 (5/8")	1.59	70.00	60.00
N6 (3/4")	1.91	85.00	75.00
N7 (7/8")	2.22	130.00	85.00
N8 (1")	2.54	140.00	100.00

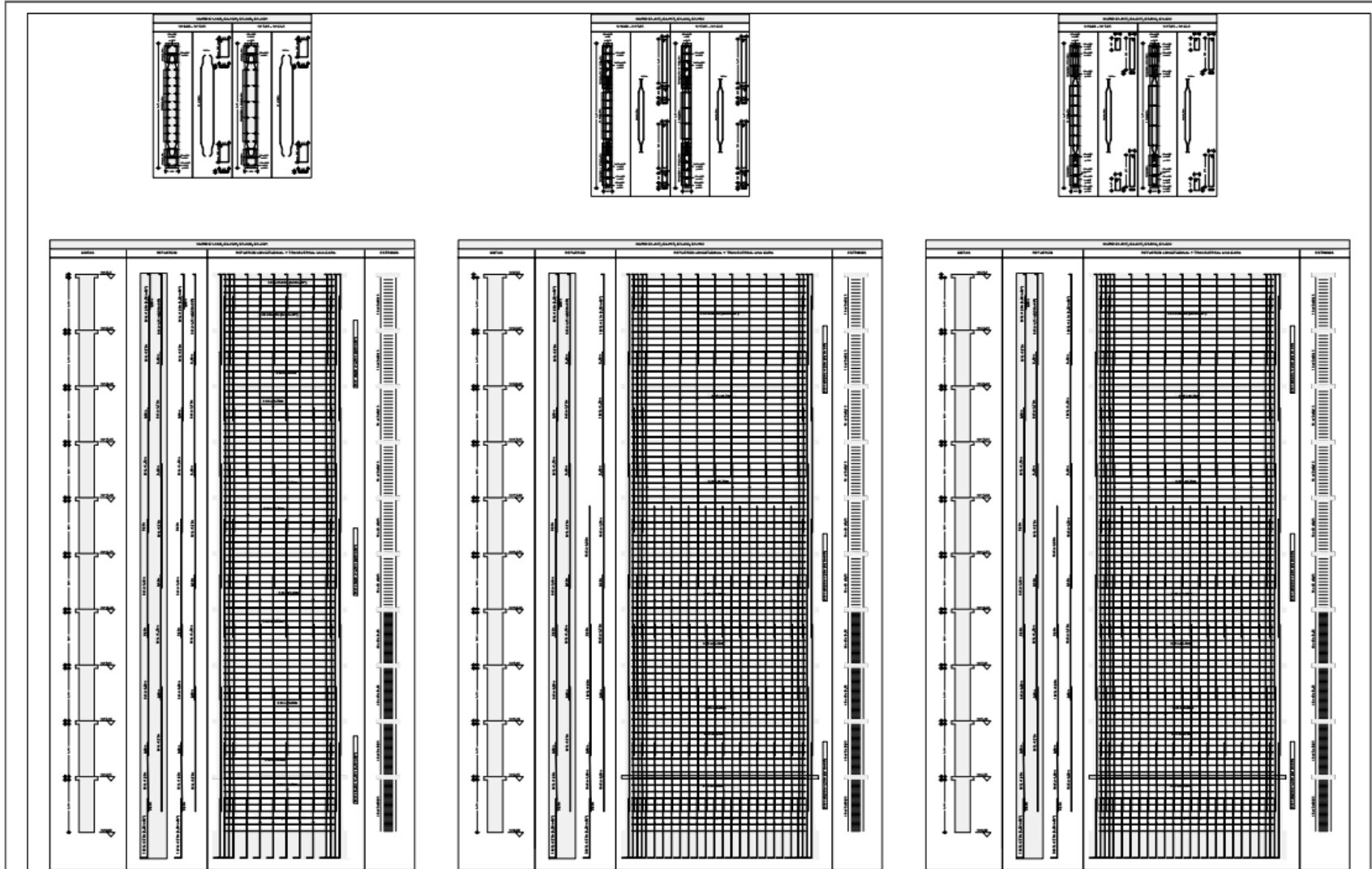
RECURBRIMIENTOS MÍNIMOS	
ELEMENTO	RECURBRIMIENTO (cm)
ZAFATAS LATERAL	7.5
ZAFATAS INTERIOR	5.0
VIGAS EN ORIENTACION	5.0
VIGAS AERIAS	4.0
COLUMNAS	4.0
NERVIOS VIGUETAS	1.0

LONGITUD MINIMA PARA GANCHOS DE 90° EN 400 MPa							
BARRA	di	S	D	C	B	A	1 Gancho
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
N2 (1/4")	0.64	7.30	3.80	2.30	11.30	8.40	10.00
N3 (3/8")	0.95	11.40	5.70	3.30	14.40	12.80	15.00
N4 (1/2")	1.27	15.50	7.40	4.40	22.30	17.30	20.00
N5 (5/8")	1.59	19.10	9.50	5.40	27.80	21.50	25.00
N6 (3/4")	1.91	22.90	11.50	6.70	33.40	25.80	30.00
N7 (7/8")	2.22	26.70	13.30	7.70	39.00	30.10	35.00
N8 (1")	2.54	30.30	15.00	9.00	44.5	34.50	40.00









UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
 PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
 PAMPLONA - COLOMBIA

OBJETIVO:
 CALCULO DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO CON SISTEMA DE MUROS UN CASO PARTICULAR DE 10 PISOS

CONTENIDO:
 DETALLE REFUERZO MUROS

DESARROLLADO POR:
 DAVID MAURICIO LAGUADO HERRERA
 Programa de Ingeniería Civil

REVISADO POR:
 David Mauricio Laguardo Herrera
 Programa de Ingeniería Civil

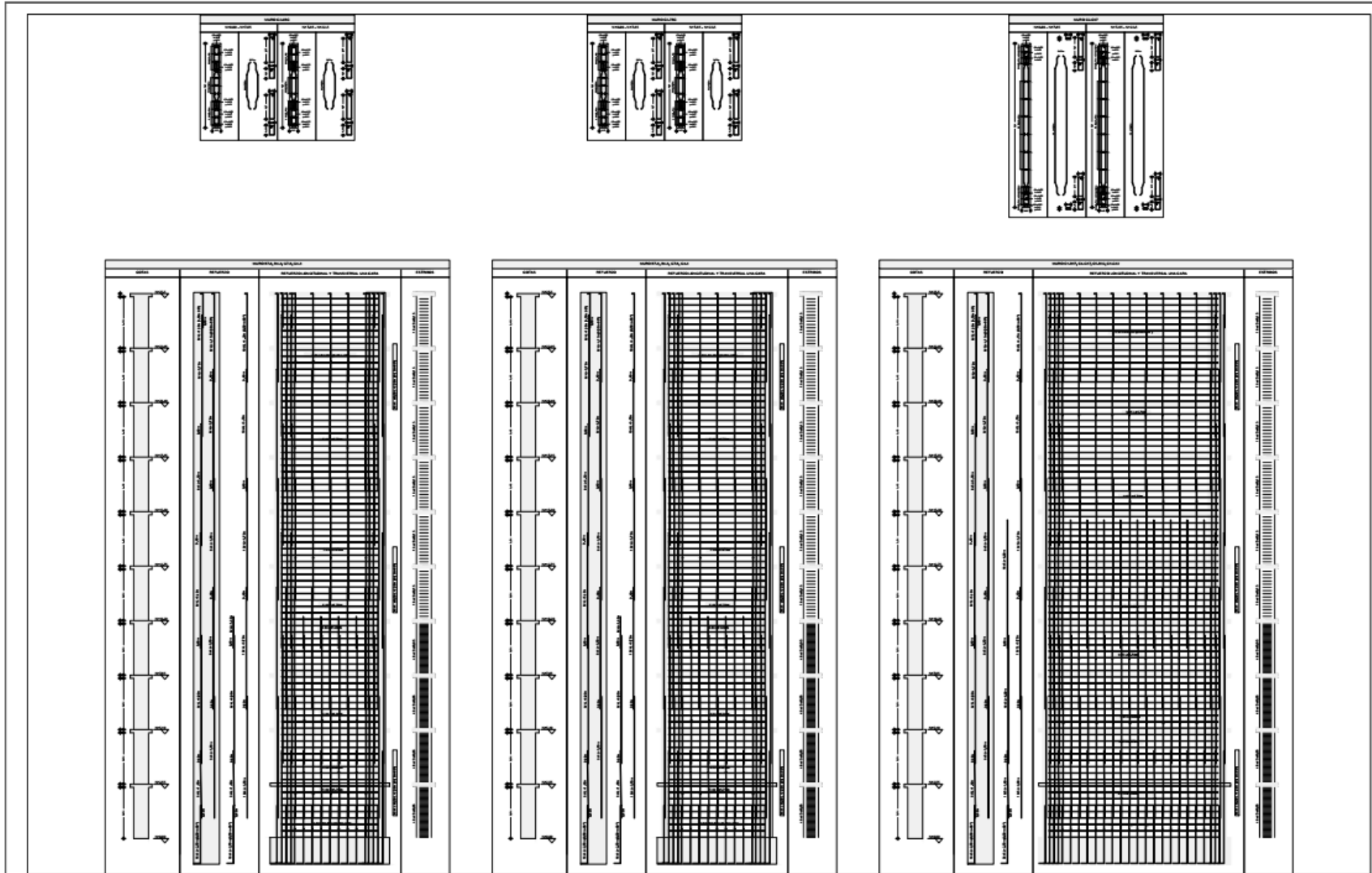
FECHA:
 Pamplona, 06 de Mayo de 2021

AUSENTE POR:

FECHA:

NOTAS DE DISEÑO:
 1. Capacidad Especial de Disipación de Energía (DES)
 2. Carga Viva de diseño = 1.80 kN/m² (estacionario y cubiertas)
 3. Grupo de Uso 1: Uso habitacional (1-8)

5-07



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PAMPLONA - COLOMBIA

TÍTULO: CALCULO DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO CON SISTEMA DE MUROS UN CASO PARTICULAR DE 10 PISOS

CONTENIDO: DETALLE REFUERZO MUROS

AUTORA: DAVID MAURICIO LAGUADO HERRERA
Programa de Ingeniería Civil

BOLETA: David Mauricio Laguardo Herrera
Programa de Ingeniería Civil

FECHA: Pamplona, 06 de Mayo de 2021

ASPECTOS TÉCNICOS:

ESCALA:

NOTAS DE DISEÑO:

1. Capacidad Especial de Disipación de Energía (CDE)
2. Carga Viva de diseño = 1.80 kN/m² (sueños y cubiertas)
3. Grupo de Uso I : Uso habitacional (1.0)

6-07

