FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ADECUACIÓN DE EDIFICACIONES A PARÁMETROS EXIGIDOS POR LA NORMA SÍSMICA VIGENTE CON MÉTODOS CONSTRUCTIVOS SIN PERTURBACIÓN DE SU USO.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Martínez Gavidia, Anny Karelis.
Suárez Mendoza, Alejandro Gabriel.

PROFESOR GUÍA: Ing. Salvatorelli, Riccardo.

FECHA: Caracas, Junio de 2019.

UCAB Universidad Católica ANDRES BELLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ADECUACIÓN DE EDIFICACIONES A PARÁMETROS EXIGIDOS POR LA NORMA SÍSMICA VIGENTE CON MÉTODOS CONSTRUCTIVOS SIN PERTURBACIÓN DE SU USO.

Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo, ha evaluado su contenido con el resultado: Diecinueve (19).

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Montalban

JURADO EXAMINADOR.

Nombre: RICCARDO SALVATORELLI
Firma:

Nombre: ALFREDO URICH
Firma:

Nombre: VINCENZO BONADÍS
Firma:

AGRADECIMIENTOS

Principalmente le agradezco a mis padres, quienes han sido mi motor, mi fortaleza y juntos hemos superados barreras que se nos han presentado a lo largo de esta gran aventura.

A mi hermana, quien me apoyó y ayudó a continuar con mi carrera y cumplir mis sueños.

A todos mis compañeros, amigos y profesores de la UCAB que de alguna u otra manera apoyaron y contribuyeron al feliz término de este Trabajo Especial de Grado.

Y muy especialmente al profesor Eduardo López, por su deseo sincero de ayudar y asesorar a todo aquel que así lo requiera; por su paciencia, confianza e incondicional apoyo en la culminación de este trabajo que no es más que el reflejo de lo aprendido en nuestra casa de estudios.

Anny Karelis Martínez Gavidia.

Le agradezco a mi familia, amigos y pareja, quienes a pesar de todas las dificultades y obstáculos a lo largo de este camino confiaron en mi sabiendo que los superaría todos y no me daría por vencido hasta terminar el camino que un día decidí comenzar. Al profesor Eduardo López quien dedicó gran cantidad de valiosas horas de orientación y guía en la elaboración de este trabajo, con la mayor de las disposiciones y paciencia.

Alejandro Gabriel Suárez Mendoza.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS iii

ÍNDICE iv

ÍNDICE DE TABLAS ix

ÍNDICE DE IMÁGENES x

ÍNDICE DE GRÁFICAS xi

ÍNDICE DE ANEXOS xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I: 1

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN. 1

I.1 Planteamiento del problema: 1

I.2 Antecedentes. 2

I.3 Objetivos de la investigación. 5

I.3.1. Objetivo General. 5

I.3.2. Objetivos específicos 5

I.4 Alcance y Limitaciones 5

CAPÍTULO II 7

MARCO TEÓRICO 7

II.1 Fundamentos teóricos. 7

II.1.1 Concreto. 7

II.1.2 Resistencia. 7

II.1.3 Rigidez. 7

II.1.4 Ductilidad. 8

II.1.5 Análisis Estructural. 8

II.1.6 Análisis dinámico. 8

II.1.7 Método de cálculo. 8

II.1.8 Método de los elementos finitos. 9

II.1.9 Discretización. 9

II.1.10 ETABS. 10

II.1.11 Diafragma rígido. 10

II.1.12 Espectro de respuesta. 11

II.1.13 Amortiguamiento. 12

II.1.14 Reforzamiento estructural. 13

II.1.15 Encamisado en concreto reforzado. 14

II.1.16 Pletinas metálicas. 14

II.1.17 Adición de perfiles metálicos. 15

II.1.18 Polímeros reforzados con fibra de carbono (Carbon Fiber Reinforced Polymer). 15

II.2 Bases legales. 16

CAPÍTULO III 17

MARCO METODOLÓGICO. 17

III.1. Tipo de investigación. 17

III.2. Fases de la investigación. 17

III.2.1 Obtención de información básica. 17

III.2.1.1 Planos. 17

III.2.1.2 Software a utilizar. 17

III.2.2 Revisión documental. 18

III.2.3 Modelaje del edificio. 18

III. 2.4 Interpretación y análisis de resultados. 18

III.2.5 Conclusión y recomendaciones. 18

CAPÍTULO IV 19

DESARROLLO Y RESULTADOS. 19

IV.1 Parámetros básicos de la edificación. 19

IV.1.1 Descripción. 19

IV.1.2 Microzonificación. 20

IV.2 Propiedades de los materiales. 22

IV.3 Combinación de cargas. 22

IV.4 Revisión General. 23

IV.4.1 Análisis según capítulo 12 de la norma FONDONORMA 1753-06: Longitudes de transferencia. 23

IV.4.2 Análisis según capítulo 18 de la norma FONDONORMA 1753-06: Requisitos adicionales para el diseño sismo-resistente. 24

IV.4.3 Análisis según la norma COVENIN 1756-01: 26

IV.4.3.1 Verificación del espectro con microzonificación y el espectro con la norma. 26

IV.4.3.2 Datos a expresar según la norma 1756-01. 28

IV.4.3.3 Cargas aplicadas para el sismo. 31

IV.4.3.4 Período de la estructura. 31

IV.4.3.5 Período fundamental. 31

IV.4.3.6 Corte Basal. 32

IV.4.3.7 Control de los desplazamientos. 34

IV.4.4 Análisis del periodo de la estructura. 36

IV.5 Chequeo por capacidad para columna. 37

IV.5.1 Relación demanda capacidad. 37

IV.5.2 Factor de relación demanda / capacidad límite. 38

IV.5.2.1 Cálculo del factor de relación demanda / capacidad límite para cargas permanentes y variables. 39

IV.5.2.2 Cálculo del factor de relación demanda / capacidad límite para casos sísmicos. 39

IV.6 Análisis de acero en viga y columnas. 41

IV.7 Selección y dimensionado del sistema estructural de refuerzo. 55

IV.7.1 Predimensionado de muros. 55

IV.7.2 Cálculo del espectro sísmico. 59

IV.7.3 Período de la estructura con refuerzo. 60

IV.7.4 Período fundamental. 61

IV.7.5 Corte Basal 61

IV.7.6 Control de los desplazamientos de la edificación con muro. 64

IV.7.7 Análisis de acero en viga y columnas. 65

IV.8 Análisis de resultados. 80

CAPITULO V 81

V.1 CONCLUSIONES. 81

V.2 RECOMENDACIONES 82

BIBLIOGRAFÍA 83

ANEXOS 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuantías de acero en columnas según planos. 26

Tabla 2: Período del edificio 31

Tabla 3: Resultados comparativos con respecto al periodo de la edificación. 37

Tabla 4: Cargas variables y permanentes del edificio. 38

Tabla 5: Relación D/C pórtico A. 48

Tabla 6: Relación D/C pórtico B 49

Tabla 7: Relación D/C pórtico C. 50

Tabla 8: Relación D/C pórtico D. 51

Tabla 9: Relación D/C pórtico 1. 52

Tabla 10: Relación D/C pórtico 2-3. 53

Tabla 11: Relación D/C pórtico 4-5. 54

Tabla 12: Período de la edificación con refuerzo. 60

Tabla 13: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico A. 72

Tabla 14: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico B. 73

Tabla 15: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico C. 74

Tabla 16: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico D. 75

Tabla 17: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 1. 76

Tabla 18: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 2-3. 77

Tabla 19: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 4-5. 78

Tabla 20: Tabla comparativa de la edificación. 79

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Comparación de diafragma rígido con flexible. 11

Imagen 2: Espectro de respuesta elástico (R = 1). 12

Imagen 3: Plano de fachada del edificio a evaluar. 19

Imagen 4: Edificio modelado en ETABS. 20

Imagen 5: Mapa de microzonificación sísmicas del área Metropolitana de Caracas. 21

Imagen 6: Espectro para el edificio en ND1. 22

Imagen 7: Espectro de respuesta elástica. 29

Imagen 8: Espectro reducido hasta Ta = 1,50 seg. 30

Imagen 9: Peso del edificio para carga permanente y variable. 33

Imagen 10: Corte Basal del edificio. 34

Imagen 11: Deriva de la edificación. 35

Imagen 12: Pesos muertos y vivos de la edificación. 39

Imagen 13: Fuerzas en la columna para cada tipo de carga. 40

Imagen 14: Pórtico 1. 42

Imagen 15: Pórtico 2. 43

Imagen 16: Pórtico 3. 44

Imagen 17: Pórtico 4. 45

Imagen 18: Pórtico 5. 46

Imagen 19: Pórtico 6. 47

Imagen 20: Deformación de columna con una carga aplicada puntual. 56

Imagen 21: Cortante basal del edificio. 56

Imagen 22: Vista planta con el reforzamiento de muros. 58

Imagen 23: Vista isométrica del edificio con refuerzo de muros. 58

Imagen 24: Peso del edificio para carga permanente y variable..... 62

Imagen 25: Corte basal del edificio. 63

Imagen 26: Deriva del edificio. 64

Imagen 27: Pórtico 1 con el reforzamiento de muros. 66

Imagen 28: Pórtico 2 con el reforzamiento de muros. 67

Imagen 29: Pórtico 3 con el reforzamiento de muros. 68

Imagen 30: Pórtico 4 con el reforzamiento de muros. 69

Imagen 31: Pórtico 5 con el reforzamiento de muros. 70

Imagen 32: Pórtico 6 con el reforzamiento de muros. 71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Comparación de espectros. 27

Gráfica 2: Espectro de la norma vs espectro con muros..... 60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de envigado planta tipo. 86

Anexo 2: Plano de vigas niel 1. 87

Anexo 3: Plano del detallado de la escalera y del pórtico "A" 88

Anexo 4: Plano de tabla de columnas y sus respectivos detallados. 89

Anexo 5: Tabla de cumplimiento según el capítulo 12 de la norma 1753-06. 90

Anexo 6: Tabla de cumplimiento según el capítulo 18 de la norma 1753-06. 90

INTRODUCCIÓN

Venezuela se encuentra ubicada entre la placa de Suramérica y la del Caribe, lo que condiciona una continua amenaza sísmica. La ciudad de Caracas se encuentra al norte de país en una zona tipo 5, la cual es de elevado peligro sísmico. En la ciudad se encuentran una gran cantidad de estructuras que por su antigüedad seguramente no se ajusten a los criterios de la norma sismorresistente actual (COVENIN 1756-01).

En el presente Trabajo Especial de Grado, se seleccionará una estructura existente construida anteriormente a la norma sismorresistente vigente y se realizará un estudio para su adecuación a los parámetros exigidos por la norma con algún método que no implique la perturbación de su uso.

En el siguiente trabajo se realizará una evaluación estructural y sismorresistente con un análisis lineal de la estructura, mediante este será verificada la respuesta sísmica en parámetro como cortante basal, deriva y demanda de fuerzas sobre los elementos. También será determinada la capacidad resistente de los elementos, permitiendo hacer las respectivas relaciones demanda-capacidad.

El presente trabajo se encuentra comprendido por 5 capítulos, en los cuales se describen los aspectos introductorios en la evaluación del problema, presentación de las bases teóricas, metodología empleada, resultados obtenidos y una propuesta de reforzamiento estructural.

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

I.1 Planteamiento del problema:

Se sabe que las aplicaciones de las normas al momento de diseñar y proyectar una edificación cambian mientras más sabemos de la vida constructiva.

Hace varias décadas, no se tomaban en cuenta los sismos y terremotos que pudiesen incidir sobre las edificaciones, debido a que no había mucho conocimiento en materia sísmica y ocurrían poco en nuestro país. Antes de 1530, se creía que Venezuela era un país sin ocurrencias sísmicas, las aplicaciones de las normas en el momento no sustentaban en mayor medida los terremotos que pudiesen ocurrir. Las normas sísmicas, se han venido actualizando en función de las ocurrencias de fenómenos sísmicos tanto en Venezuela como en otros Países.

La norma sísmica venezolana ha sufrido varias modificaciones hasta llegar a la que se encuentra vigente actualmente, la COVENIN 1756-01, por lo cual, se desea buscar un método constructivo que permita reforzar la edificación a evaluar, de tal forma que cumpla con los parámetros establecidos por la Norma sísmica vigente. Este reforzamiento se desarrollará con el fin de no perturbar el uso del mismo.

Se han desarrollado diferentes métodos para reforzar las estructuras que presentan deficiencias por resistencia, rigidez y ductilidad; métodos como, reforzamientos con muros estructurales, aumento de la sección mediante concreto con aditivos y agregados gruesos, confinamiento mediante pletinas de acero e incluso mediante adherencia de materiales poliméricos son los más comunes a utilizar para dichas deficiencias. Por otra parte, en los

últimos años el avance en la tecnología de los materiales compuestos ha permitido la producción de fibra de carbono de forma industrial, que unido al desarrollo químico de resinas epoxi que aportan dureza y rigidez a la fibra, permiten la implementación de refuerzos en fibra de carbono en edificaciones con debilidades estructurales.

Con base en la aplicación de la tecnología actual y mediante el uso de programas computarizados como ETABS, se tratará de determinar las probables fallas estructurales de una edificación existente que será seleccionada en la ciudad de Caracas, aplicando la norma sísmica actual COVENIN 1756-01, dando las recomendaciones constructivas en cuanto a tipo de materiales, ubicación y cantidades necesarias, para que la edificación cumpla con los parámetros respectivos exigidos.

I.2 Antecedentes.

Sabiendo que en Venezuela se encuentran edificaciones con varios años de antigüedad y muchas de ellas no cumplen con la Norma COVENIN 1756-01: Edificaciones Sismorresistentes, Lago y Rey (2017) realizaron una evaluación estructural del edificio R.R.J.J. Jesuitas de la Universidad Católica Andrés Bello con base en las normas COVENIN 1756-01 y COVENIN 1753-06, donde concluyeron la evidencia del alto riesgo de colapso que posee una estructura de este tipo con tantos años de antigüedad (55 años) ante un sismo de gran magnitud ya que ha sido diseñada con normas que hoy en día no están vigentes y están totalmente desactualizadas.

Otro aspecto importante que obtuvieron, fue la comprobación que la tabiquería y su distribución es de gran importancia para dar estabilidad al conjunto en caso de un sismo, esto debido a que genera un aumento importante en la rigidez de la estructura y una disminución de

los periodos ante la ocurrencia de un evento accidental ya que el conjunto no presenta la ductilidad necesaria para disipar una gran cantidad de energía.

Por último, concluyeron que la estructura principal del conjunto es propensa a colapsar ante la presencia de un sismo de magnitud igual o superior a lo establecido en la norma vigente para edificaciones sismorresistentes, ya que incumple casi en su totalidad con los requerimientos mínimos de diseño.

La misma, estableció como recomendación realizar un estudio geotécnico para obtener las propiedades correctas del terreno, y de esa manera poder realizar un análisis dinámico con mayor precisión que permitiría conocer con más exactitud cómo será la amplificación de las ondas sísmicas y el desempeño suelo – estructura.

De igual manera, Acuña y Quiñones (2018), en su tesis de grado obtuvieron como propósito evaluar el edificio Centro Loyola de la Universidad Católica Andrés Bello según criterios de las normas COVENIN 1756-01, COVENIN 1618-98 y FONDONORMA 1753-06, ellas concluyeron que las columnas más exigidas en cuanto a capacidad se encuentran en los niveles inferiores, las de acero cumplen, las de sección mixta no cumplen y las columnas de concreto armado cumplen ya que se encuentran en el muro. El muro del Aula Magna falla por flexo-compresión, debido a que este muro no está diseñado para resistir cargas.

Finalmente, dedujeron que las columnas más exigidas son de doble altura y la columna de los niveles inferiores contiene valores de demanda vs capacidad superiores a 2, por consiguiente, la revisión viga-columna no cumple.

La misma estableció como recomendación reforzar la edificación de oficinas 1, debido al déficit de acero que presenta en vigas y columnas y colocar vigas en las columnas esbeltas para

rigidizar la estructura.

Tomando en cuenta que han sido desarrollados diferentes métodos para reforzar las estructuras que presentan deficiencias como aumento de la sección mediante concreto con aditivos y agregados gruesos de alta resistencia, confinamiento mediante pletinas de acero e incluso mediante adherencia de materiales poliméricos, González y Malabet (2017), tuvieron como propósito en su trabajo de tesis estudiar la incidencia de la altura de confinamiento con manto de fibra de carbono en las propiedades mecánicas de miembros cortos de concreto estructural sometidos a tensiones de compresión. Por lo cual, concluyeron que por medio de una gráfica implementada por ellos relacionando resistencia del concreto vs porción de altura confinada vs porcentaje de ganancia en resistencia, se puede obtener cual es la altura precisa para cubrir la columna con el manto de fibra, según sea la falla de rigidez, resistencia o ductilidad.

Finalmente, otro método de reforzamiento ideal para el colapso de las edificaciones son los muros de cortes. En el trabajo de Fernández y Montes (2008), tuvieron como objetivo diseñar un muro de corte siguiendo las especificaciones de la Norma Venezolana COVENIN 1753-2006 y comparar los resultados obtenidos con los que arroja el programa de cálculo estructural ETABS, donde aseguran que “para poder diseñar muros utilizando ETABS, se debe diseñar bajo la norma ACI318, para determinar la longitud de los miembros de borde haciendo los cambios respectivos, la longitud de confinamiento y el diseño vertical queda a criterio del calculista.”

I.3 Objetivos de la investigación.

I.3.1. Objetivo General.

Adecuar una edificación construida con las normas anteriores a las vigentes, a parámetros exigidos por la Norma sísmica N° 1756-01 con métodos constructivos sin perturbación del uso del Inmueble.

I.3.2. Objetivos específicos.

- Seleccionar una edificación existente, a fin de analizar su comportamiento sismorresistente de acuerdo a los parámetros establecidos por la Norma Sísmica vigente (COVENIN 1756-01).
- Evaluar el comportamiento sísmico del edificio según COVENIN 1756-01.
- Establecer métodos constructivos para el refuerzo de la estructura, en función del cumplimiento de la norma sismorresistente actual con materiales de usos y propiedades conocidos en el mercado actual.

I.4 Alcance y Limitaciones.

Se adecuará un edificio existente, bajo los criterios de comportamiento sísmico actuales, y en el caso de no cumplir con las normativas vigentes, se seleccionará un método de reforzamiento adecuado que no implique el desalojo del edificio.

Se realizará el estudio en un solo edificio, de acuerdo al universo de proyectos que se puedan ubicar con todos sus respectivos planos y detalles.

Se efectuará el estudio de manera teórica, de acuerdo al resultado arrojado por el programa y

a los criterios de diseño estructural basándose exclusivamente en el análisis lineal.

Los refuerzos que sean necesarios, serán efectuados con materiales de los cuales existe una buena data en cuanto a sus usos y propiedades, igualmente con los resultados obtenidos del programa a utilizar llamado ETABS y de forma teórica.

Se deberían tomar muestras del concreto existente en la edificación para realizar los respectivos ensayos y determinar la resistencia real, así como la medición de todas las columnas y vigas para tener la medida real de la sección y toda la toma de muestras necesarias para determinar los valores reales de los diferentes elementos. Por razones económicas y que el presente estudio es solo de fines académicos, se tomará toda la información de los planos, referente a medidas, resistencia del concreto, colocación del acero, distancia entre ejes, entre otras.

El estudio de la edificación, con la respectiva solución a los problemas encontrados, solo se considerará que, las respectivas soluciones cumplan con lo requerido para el modelado, el estudio no comprenderá el diseño y detallado de las mismas.

No se dispone de la Memoria descriptiva y memoria de cálculo, los planos existentes no contienen el detalle de acero del pórtico 6 ni detalle de empalmes.

Para el análisis estructural no será considerada la fundación y posibles efectos en ella.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

II.1 Fundamentos teóricos.

II.1.1 Concreto.

"El concreto, es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra, son trozos de piedras que quedan englobados en esa pasta. A su vez, la pasta está constituida por agua y un producto aglomerante que es el cemento. El agua cumple la doble misión de dar fluidez a la mezcla y de reaccionar químicamente con el cemento dando lugar, con ello, a su endurecimiento".

"Sus principales propiedades son: grado de fluidez en estado fresco y el grado de endurecimiento o resistencia que es capaz de adquirir el concreto; la resistencia se puede determinar mediante ensayos mecánicos a compresión sobre probetas normalizadas, pudiendo medirse además la deformación bajo aplicación de cargas." (Porrero, Ramos,; Grases, 2008)

II.1.2 Resistencia.

"Capacidad que tiene un cuerpo o elemento a soportar cargas sin que colapse. Depende de las propiedades mecánicas presentes en el cuerpo o elemento." (Singer, 1994)

II.1.3 Rigidez.

"Es la propiedad que posee un cuerpo o elemento de oponerse a la generación de deformaciones cuando se le aplican cargas al mismo. En términos generales, es una relación entre las fuerzas y los desplazamientos. Depende del módulo de elasticidad, la longitud, la

sección y la inercia de la pieza o elemento. De ella depende el control de las deformaciones y los desplazamientos.” (Lago; Rey, 2017).

II.1.4 Ductilidad.

“El término ductilidad es la propiedad que define la posibilidad de la estructura o de algunos de sus componentes estructurales de experimentar deformaciones más allá del límite elástico, sin reducir de manera significativa su resistencia o rigidez.” (Cabrera, civilgeeks.com, 2012)

II.1.5 Análisis Estructural.

“El análisis estructural, es la parte de la mecánica que se utiliza para determinar los efectos e impactos producidos por las cargas y las fuerzas que se generan sobre una estructura y que producen esfuerzos, deformaciones y tensiones sobre la misma. Las estructuras pueden ser edificios, presas, vías, etc. Este proceso puede ser utilizado para el diseño y prueba de un proyecto nuevo o posterior a su construcción.” (Lago; Rey, 2017).

II.1.6 Análisis dinámico.

“El análisis dinámico en sistemas estructurales, tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento estructural con el estudio analítico basado en modos de vibración como respuesta a fuerzas, aceleraciones, velocidades y desplazamientos aplicados que someten a la estructura.” (Quiñones; Acuña, 2018).

II.1.7 Método de cálculo.

Método que estudia e interpreta los movimientos ocasionados por las fuerzas dinámicas aplicadas, mediante un análisis de la estructura con el programa ETABS y con el método de

elementos finitos, el cual está apoyado en la discretización de los elementos y funciones de interpolación para lo cual se utilizan espectros de respuesta elástica, análisis modal y análisis modal espectral, explicado según Quiñones; Acuña, 2018.

II.1.8 Método de los elementos finitos.

Es un método que modela medios continuos como una losa, muros, sin caer en el cálculo infinitesimal, es por esto que se le llama un método de aproximación.

La idea es poder estimar esfuerzos o fuerzas en cualquier punto de ese medio continuo, placa, muro, entre otros.

Este método se diseña con el cálculo matricial que utiliza polinomios de aproximación, se obtiene información de desplazamientos entre nodos y evalúa los esfuerzos para el diseño de la edificación (López, 2019).

II.1.9 Discretización.

La discretización, es una aplicación para evaluar los elementos finitos, como lo expresa Lizarza, 2008**.** En una estructura discreta, su deformación viene definida por un número finito de parámetros (deformaciones y/o giros), que juntos, conforman el vector de deformaciones (Δ) y la estructura tiene tantas formas de deformarse como términos tenga dicho vector.

La hipótesis de discretización, es el pilar básico del método de elementos finitos, por lo que se suele decir de éste, que es un método discretizante de parámetros distribuidos. La aproximación aquí indicada se conoce como la formulación en desplazamiento.

II.1.10 ETABS.

"Es un software de computación desarrollado por la empresa Computers and Structures, Inc. se emplea para el análisis estructural de edificios utilizando complejos métodos numéricos y análisis de elementos finitos, además posee una interfaz de usuario muy intuitiva que tiene integrada diversas normas y códigos estructurales de todo el mundo." (Computers and Structures, 2019).

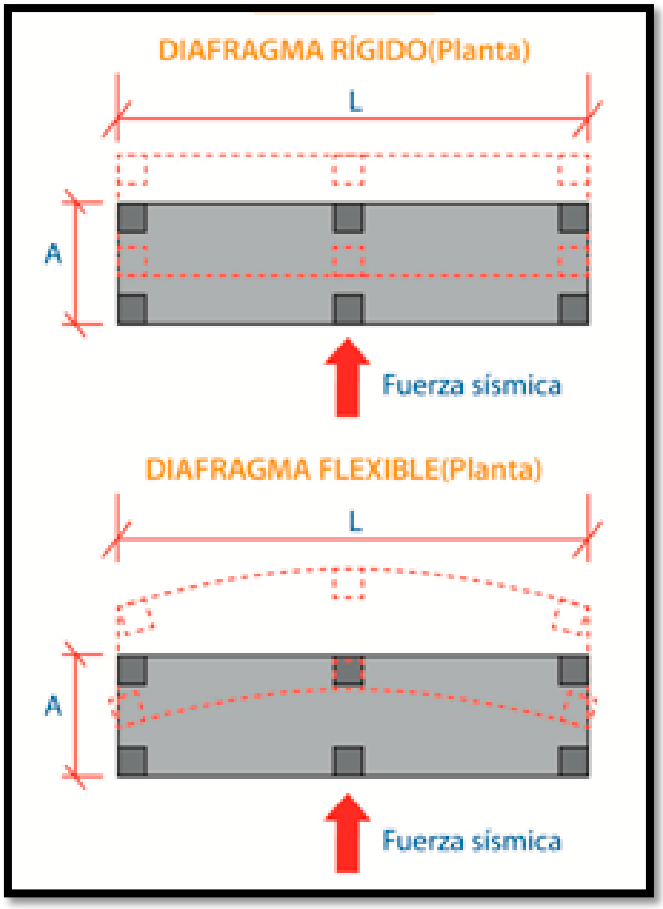
II.1.11 Diafragma rígido.

"Un diafragma, es un elemento tridimensional que recibe la solicitación en un "plano" uniaxial que es uno de los de mayor rigidez.

Un diafragma rígido, es el que se considera que solo se desplaza en dos direcciones que son las de sus dimensiones grandes en el caso de diafragmas horizontales y tiene una rotación sobre la otra dirección. Cuando el diafragma es vertical, como los muros, igualmente tiene dos desplazamientos, pero uno de ellos es en el eje de la dimensión menor. La rotación ocurre sobre uno de los ejes de la dimensión mayor. Las cargas están en la dirección de una de las dos inercias mayores.

Una de las implicaciones estructurales que tienen cada cual es que el diafragma rígido y la losa o placa al desplazarse igual puede trasmitir el desplazamiento a otros elementos como muros, los cuales lo harán todos a la vez y de igual forma." (Cabrera, civilgeeks.com, 2011).

Según acerosarequipa, 2019, Un diafragma rígido, es una losa que no se deforma ni se dobla ante las cargas sísmicas. Ver imagen 1.



Fuente: *Acerosarequipa, 2019*

Imagen 1: Comparación de diafragma rígido con flexible.

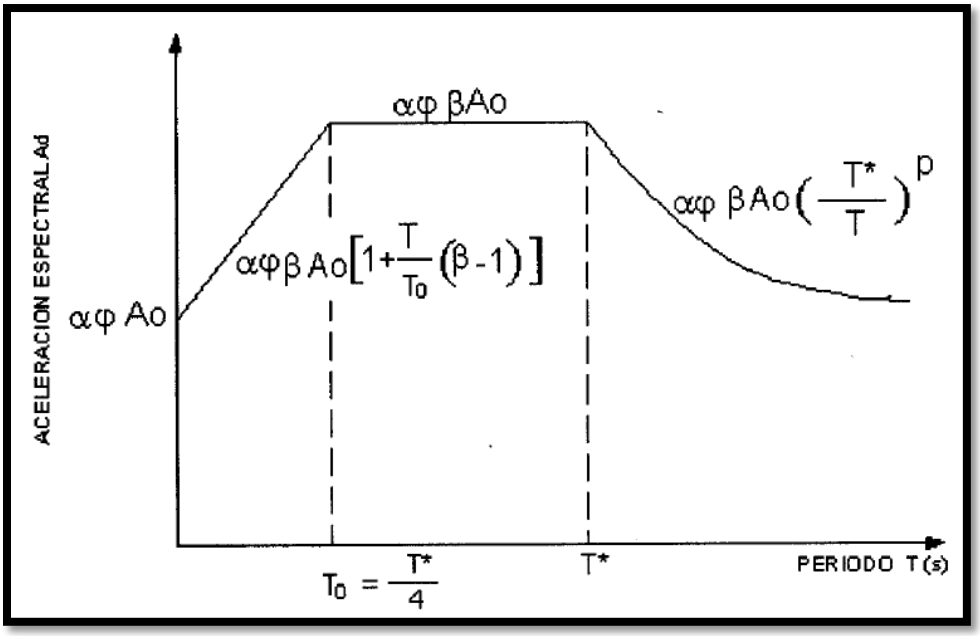
Observando la imagen anterior, se recomienda trabajar con edificios donde tengan definido sus diafragmas como rígidos y continuos, es decir, donde las losas de dichas edificaciones actúen como elementos que integren a los muros portantes y sus desplazamientos laterales sean compatibles entre sí.

II.1.12 Espectro de respuesta.

Es una herramienta de la dinámica estructural, de gran utilidad para el diseño sismorresistente. Está representado como un gráfico de la respuesta máxima producida por una

acción dinámica expresado en el eje de las abscisas el periodo propio de la estructura y en el eje de las ordenadas la respuesta máxima calculada para distintos factores de amortiguamiento.

A parte de aceleración, se pueden expresar valores de velocidad, desplazamientos o cualquier otro parámetro de interés. Para el diseño de edificaciones, se utiliza el espectro de diseño el cual incorpora el factor de reducción de respuesta (R) que corresponde al sistema resistente a sismos.



Fuente: COVENIN 1756-01: Edificaciones Sismorresistentes.

Imagen 2: Espectro de respuesta elástico (R = 1).

II.1.13 Amortiguamiento.

Usualmente, en cualquier estructura con comportamiento lineal, el porcentaje de amortiguamiento con respecto al crítico es independiente de la amplitud y aumenta de acuerdo al nivel de esfuerzo máximo del material constituyente, expuesto por Cabrera, civilgeeks.com, 2012.

Se ha observado, que el nivel de amortiguamiento de los diversos modos propios de vibración

varía poco con la frecuencia natural o propia de la estructura. El porcentaje de amortiguamiento depende de los materiales constitutivos y la tipología estructural. Aumenta ligeramente con la amplitud de la vibración, especialmente en estructuras de concreto reforzado muy agrietadas.

Se encontró casos excepcionales en los que el amortiguamiento es inversamente proporcional a la frecuencia o que varía en proporción a la frecuencia. En las estructuras de acero, gran parte de la disipación de energía es por histéresis, por lo que el porcentaje de amortiguamiento en función de la amplitud puede predecirse con precisión. En las estructuras de concreto reforzado como en las revestidas, la degradación de la rigidez acompaña a la pérdida progresiva de la capacidad de disipación de energía, pero esto no ocurre a la vez, sino que ocurre cuando se genera cierto nivel de daño en el rango inelástico.

Originalmente, el efecto de la reacción sísmica, se reduce en la estructura debido al amortiguamiento de manera que aun pudiendo existir parámetros (tal como la aceleración del suelo) pudiesen hacer incursionar la estructura en el rango inelástico, ésta aún se mantiene en el elástico. Debemos tener presente, que diseñamos las estructuras de concreto reforzado para un 5% del amortiguamiento crítico y el periodo es calculado en el rango elástico. Cuando la estructura sobrepasa su límite elástico, el amortiguamiento supera el 5% y el periodo se incrementa ligeramente de manera progresiva a la vez que la rigidez inicia su degradación sucesiva y se llega a un nivel de desempeño en el cual es acompañado por excesivas deformaciones y disminución. En caída de la rigidez el amortiguamiento cesa.

II.1.14 Reforzamiento estructural.

Está dirigido a incrementar la capacidad de carga y serviciabilidad de una estructura. Se

realiza cuando existen nuevas solicitaciones como errores en el diseño o defectuosa mano de obra durante el proceso constructivo. Existen dos tipos de intervenciones, la preventiva y la correctiva. La preventiva es la que ayuda a disminuir la vulnerabilidad de los elementos de la estructura y se utiliza por motivos de actualización de nuevas cargas o reglamentos vigentes y la correctiva es la que se encarga de restituir condiciones originales en elementos dañados (fuego, ambientes agresivos, sismo, etc.) o por el hecho de mejorar el comportamiento con el que actúa.

"Los métodos de reforzamientos, pueden causar cambios en la rigidez, ductilidad y amortiguamiento de los edificios. Estas propiedades, deben ser tomadas en consideración cuando se modifica la capacidad de carga de la estructura." (Dussan, 2010).

II.1.15 Encamisado en concreto reforzado.

"Cuando el refuerzo de un elemento estructural se realice mediante su encamisado con concreto reforzado, habrá que preparar la superficie del elemento para garantizar una buena adherencia entre el concreto nuevo y el viejo, además, de evitar que esta se rompa por contracciones volumétricas durante el fraguado." (Dussan, 2010).

II.1.16 Pletinas metálicas.

"Son bandas de acero que se adhieren a la estructura por medio de pernos. Los cuales se requieren para transmitir las fuerzas de corte de la viga a la losa en compresión, según sea el caso. Se utilizan sistemas de anclajes con adhesivos. Se debe tomar en cuenta que los pernos de anclaje tengan una adecuada resistencia a la corrosión." (Dussan, 2010).

II.1.17 Adición de perfiles metálicos.

"Consiste en la adición de chapas o perfiles de acero normalizados, que trabajarán solidariamente con la estructura de hormigón existente, garantizando una adecuada transmisión de cargas mediante unión soldada de los perfiles de acero, pernos de anclaje o mediante materiales sintéticos en base epoxídica. Se pueden emplear en el refuerzo de cimientos, pilares y jácenas." (Dussan, 2010).

II.1.18 Polímeros reforzados con fibra de carbono (Carbon Fiber Reinforced Polymer).

"Los compuestos CFRP consisten en una interfaz de Fibra – Epoxi, la cual es adherida a la superficie del miembro estructural. Las características de altas resistencias y bajo peso permiten la implementación a modo de exo – refuerzo en los casos donde las solicitaciones de la estructura superan las capacidades de los miembros." (Bank, 2006).

La orientación del manto, permite absorber fuerzas de diferente índole, longitudinalmente permite reforzar vigas para soportar flexión, en columnas se colocan en la dirección perpendicular al eje axial para ejercer confinamiento, en forma de anillo a modo de estribos.

II.2 Bases legales.

El proceso de estudio exige revisar la normativa que regula la construcción de edificaciones, para garantizar que esta cumpla con los parámetros mínimos necesarios para su habitabilidad y seguridad.

Está constituida por el conjunto de documentos de naturaleza legal, que sirven de soporte a la investigación, entre esos documentos tenemos:

El conjunto de normas COVENIN que sirven de referencia y soporte a la investigación:

1753:06 Proyectos y construcción de obras en concreto estructural.

1756:01 Edificaciones Sismorresistentes.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO.

III.1. Tipo de investigación.

El presente trabajo especial de grado, obedece al Tipo de Investigación Evaluativa, dado que busca generar un conocimiento y recomendación de la adecuación de edificaciones, exigidas por la norma sísmica vigente con métodos constructivos sin perturbación de su uso.

III.2. Fases de la investigación.

III.2.1 Obtención de información básica.

III.2.1.1 Planos.

Planos estructurales del edificio suministrados por la administración de la junta de condominio.

III.2.1.2 Software a utilizar.

Para obtener resultados óptimos y precisos, se usa como herramienta indispensable en el modelado y análisis estructural del edificio, el software de computación desarrollado por la empresa Computers and Structures, Inc., ETABS 2016. El mencionado programa cumple con las normas venezolanas vigentes COVENIN 1756-01 y FONDONORMA 1753-06, además, trabaja mediante el uso de elementos finitos lo que permite tener una aproximación más precisa sobre el comportamiento de la estructura bajo la acción de cargas vivas, permanentes, sísmicas y análisis modal.

III.2.2 Revisión documental.

El edificio, ubicado en la cuidad de Caracas, Venezuela, posee una estructura porticada completamente de concreto, construida en 1987, razón por la cual, se deben revisar los planos originales de la estructura para el cumplimiento de las normas COVENIN 1756-01 y FONDONORMA 1753-06.

III.2.3 Modelaje del edificio.

Asignación de cargas dinámicas con base en las normas COVENIN 1756-01: Edificaciones Sismorresistentes y FONDONORMA 1753-06: Proyecto y Construcción de obras en Concreto Estructural, al edificio, mediante el uso del programa ETABS, con la finalidad de verificar y examinar el comportamiento del edificio después de la ocurrencia del sismo.

III. 2.4 Interpretación y análisis de resultados.

Al finalizar el modelado del edificio con el análisis respectivo de las fuerzas dinámicas, se evalúan todos los elementos de la estructura y sucesivamente se comparan con la norma COVENIN 1756-01 para verificar su cumplimiento.

III.2.5 Conclusión y recomendaciones.

Al culminar con el análisis, se interpretan los resultados en cuanto al comportamiento de los elementos estructurales luego de someterse a cargas dinámicas, se obtienen las conclusiones y se indican las respetivas recomendaciones para corregir las fallas y cumplir con la norma COVENIN 1756-01, lo que resultaría en una edificación más segura, en caso de que se registre un sismo.

CAPÍTULO IV

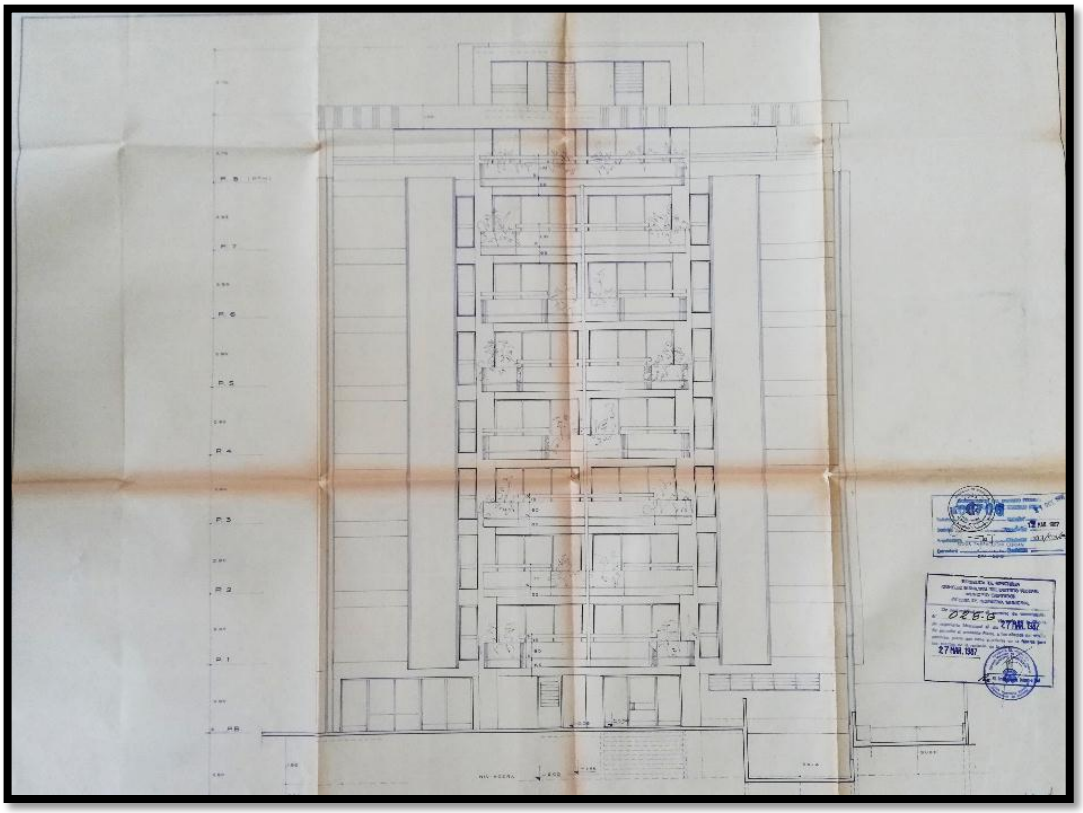
DESARROLLO Y RESULTADOS.

IV.1 Parámetros básicos de la edificación.

IV.1.1 Descripción.

El edificio consta de 9 pisos de 172 m^2, planta baja, un sótano y sala de máquina, posee 2 apartamentos por piso más dos pent-house.

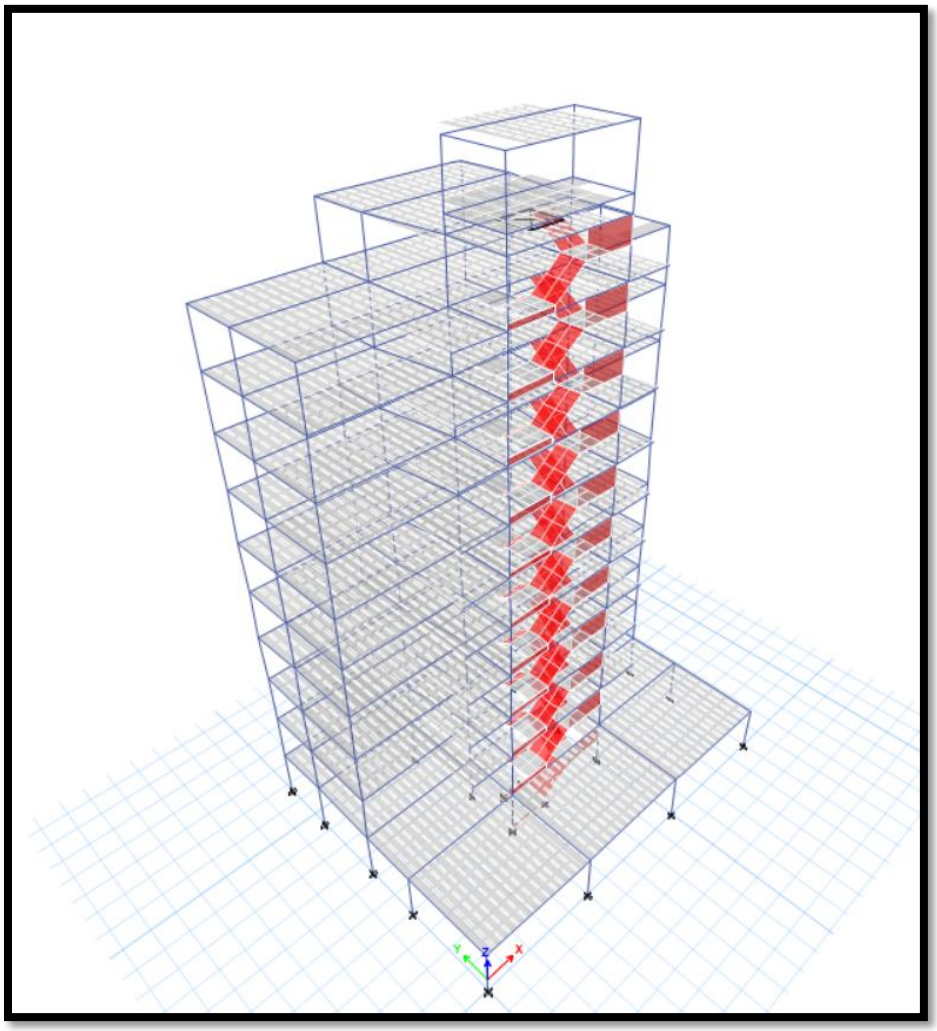
En la siguiente imagen se observa el plano original con la arquitectura de dicho edificio.



Fuente: Facilitado por el Ing. Salvatorelli.

Imagen 3: Plano de fachada del edificio a evaluar.

Es una estructura de concreto armado, posee 4 pórticos en el sentido X y 3 pórticos en el sentido Y. Se modeló la edificación en el programa de análisis estructural ETABS, como se visualiza en la siguiente imagen.



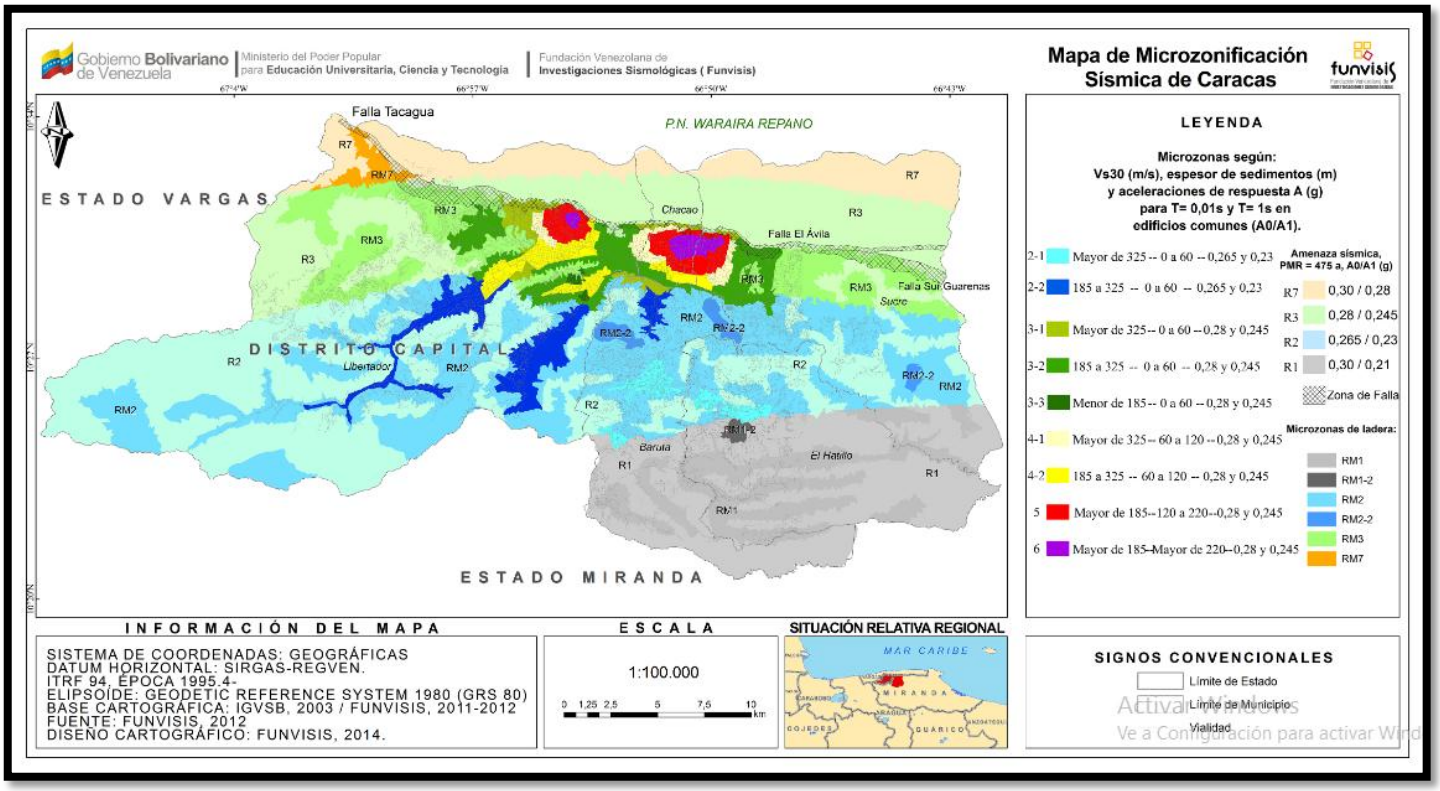
Fuente: ETABS.

Imagen 4: Edificio modelado en ETABS.

IV.1.2 Microzonificación.

Toda edificación ubicada en Venezuela, está regida por la norma sísmica COVENIN 1756-

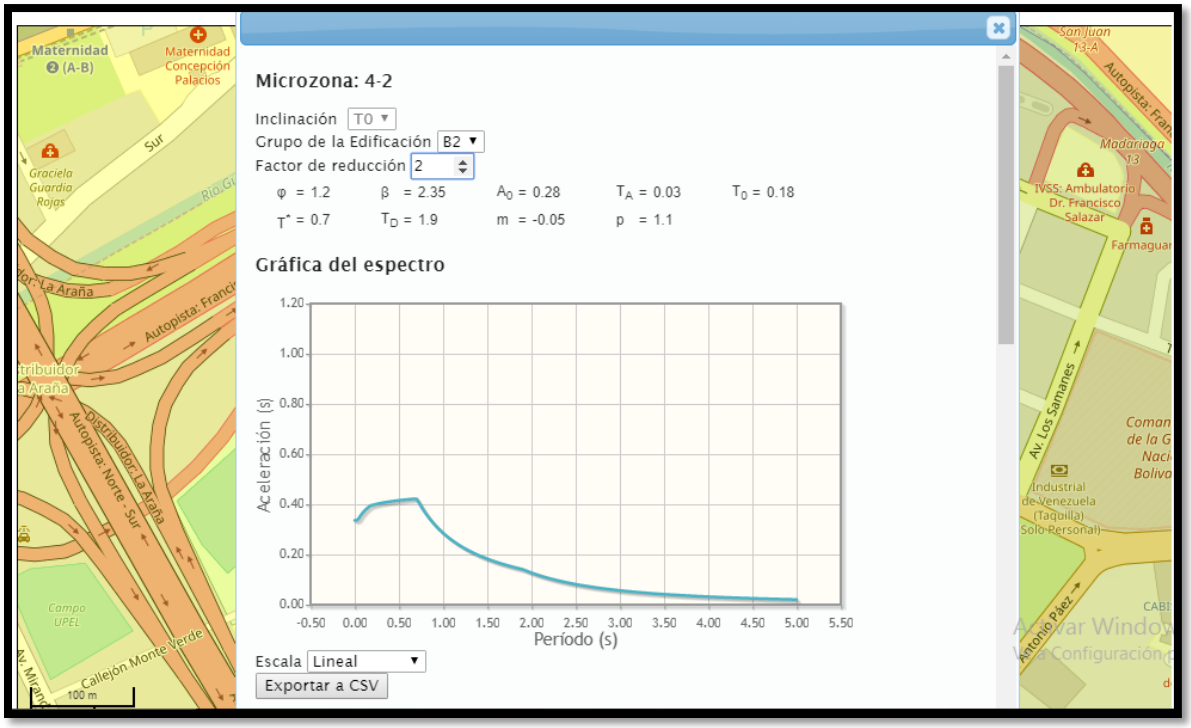
01, por lo tanto, cada sector está dividido por zonas sísmicas, y a su vez, por microzonas. A continuación, se presenta en la imagen 7 un mapa de microzonas en el área metropolitana de Caracas.



Fuente: Funvisis, (2014).

Imagen 5: Mapa de microzonificación sísmicas del área Metropolitana de Caracas.

En este se pudo hallar cuales eran sus componentes para la microzonificación del lugar. El programa creado por Funvisis (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas) hace que arroje automáticamente el espectro de diseño, que establece, según los datos suministrados, el tipo de suelo de la localización del edificio, tal como lo demuestra la imagen 6.



Fuente: Funvisis, (2014).

Imagen 6: Espectro para el edificio en ND1.

IV.2 Propiedades de los materiales.

Los materiales de construcción del edificio, son los siguientes:

- Resistencia del concreto (F´c) es de 240 Kgf/cm^2.
- Resistencia del Acero (Fy) es de 4.200 Kgf/cm^2.

IV.3 Combinación de cargas.

Para la evaluación de toda la edificación, se emplean las combinaciones de cargas según la norma COVENIN 1753-06:

- 1,4 CP
- 1,2 CP + 1,6 CV

- 1,2 CP + CV ± S
- 0,9 CP ± S

IV.4 Revisión General.

En función del contenido de los planos, los datos de ubicación y propiamente del edificio, se analiza el capítulo 12 y 18 de la norma FONDONORMA 1753-06 Y COVENIN 1756- 01 para chequear si la estructura de la edificación cumple con los parámetros vigente de estos capítulos.

IV.4.1 Análisis según capítulo 12 de la norma FONDONORMA 1753-06: Longitudes de transferencia.

Este capítulo consta en aplicarse al diseño y detallado de las longitudes de transferencia de las tensiones de diseño en los miembros estructurales, lo cual se manifiesta en la transferencia entre el acero de refuerzo y el acero al concreto.

En la Norma COVENIN sección 12.4.1.1 toma en cuenta la longitud de anclaje para barras traccionadas lo cual se deberá calcular el Ldh con la ecuación (12-8), chequeando que el Ldh no será menor que 8db ni 15 cm para cumplirse en las vigas; se procedió al cálculo de Ldh y se comparó con los ganchos colocados en las vigas, anclado a la cara del nodo, acertando lo que contempla la norma, excepto los nodos de la columna D1 y D6 que son menores al valor de la norma.

Referente a la longitud de desarrollo del acero de refuerzo a tracción, debe ser mayor o igual a 30cm; en el detalle del nodo tipo, se observa la longitud de desarrolla para las vigas con una relación de 2H, es decir, si mi H = 65cm, la Ld tendrá un valor de 130 cm, por lo que cumple con la norma.

En el plano, se observa el detalle de las columnas, lo cual refleja la distribución de los aceros en su sección, mas no se visualizan estribos dentro del detalle del nodo, por lo tanto, se descartaría de ser una edificación ND3.

El detallado de los aceros de refuerzos en las columnas, no especifica los empalmes en el tercio central del elemento.

IV.4.2 Análisis según capítulo 18 de la norma FONDONORMA 1753-06: Requisitos adicionales para el diseño sismo-resistente.

El capítulo 18, está referido al diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado de acuerdo a su nivel de diseño optado por la estructura sismo-resistente.

La verificación de este capítulo, consiste en determinar el nivel de diseño captado para el edificio, en cuanto a requisitos generales de cada nivel de diseño.

De acuerdo con la sección 18.2 requisitos generales, el edificio no cumple con los siguientes aspectos:

- No están permitidos empalmes por solapes dentro de los nodos ni a una distancia igual a la longitud de confinamiento medida desde la cara, los planos no poseen un detallado que indique la zona a ser realizados, por lo que al momento de la construcción pudieron ser realizados en cualquier tramo.
- En toda longitud de solape, de debe colocar acero de refuerzo transversal formado por estribos cerrados, con una separación no mayor a 10 cm. o d/4. En este caso, se observan separaciones de 15 cm. en la longitud del solape.
- No se permiten recubrimientos menores a 4 cm en las vigas, en los planos no se especifican estas dimensiones por lo que se asumirá que tampoco fueron respetadas.

- La anchura mínima para las vigas debe ser de 25 cm, cumple, debido a que el ancho mínimo que se contempla en la sección de vigas es de 30 cm.
- La dimensión mínima para la sección de columnas debe ser de 30 cm, cumple, ya que la dimensión más pequeña observada es de una columna 30 x 40 cm.

De acuerdo con la sección 18.3 nivel de diseño ND3, el edificio no cumple con los siguientes aspectos:

- El acero de refuerzo transversal en forma de estribos cerrados debe confinar zonas con una longitud, Lcf, especificada en el detalle de nodo tipo como 65 cm.
- El acero de refuerzo longitudinal, cuantía geométrica ρ no debe ser menor que 1 % ni mayor a 6 %, en la siguiente tabla se observa el cálculo de las mismas.

Tabla 1: Cuantías de acero en columnas según planos.

	N° BARRA	3	4	5	6	7	8	ACERO TOTAL (cm²)	B	H	B X H (cm²)	CUANTIA
COLUMNAS	C1					12		46.56	30	50	1500	3.10%
	C2			4		6		31.20	40	50	2000	1.56%
	C3				12			34.20	30	60	1800	1.90%
	C4				12			34.20	35	60	2100	1.63%
	C5					12		46.56	35	65	2275	2.05%
	C6					16		62.08	45	75	3375	1.84%
	C7					16		62.08	50	75	3750	1.66%
	C8			6		10		50.68	35	80	2800	1.81%
	C9			4			12	68.76	35	80	2800	2.46%
	C10			6		10		50.68	40	80	3200	1.58%
	C11			6		12		58.44	45	80	3600	1.62%
	C12			2		12		50.52	35	90	3150	1.60%
	C13					16		62.08	35	90	3150	1.97%
	C14					16		62.08	40	90	3600	1.72%
	C15						16	81.12	40	90	3600	2.25%
	C16					16		62.08	45	90	4050	1.53%
	C17						16	81.12	45	90	4050	2.00%
	C18					12	4	66.84	50	95	4750	1.41%
	C19						16	81.12	60	95	5700	1.42%
	C20						16	81.12	45	100	4500	1.80%
	C21						20	101.40	55	100	5500	1.84%
	C22				8			22.80	35	50	1750	1.30%
	C23				6			17.10	30	40	1200	1.43%

Fuente: Elaboración propia.

Al no poseer estribos dentro de los nodos, esta no cumple con un elemento sismoresistente, así que se tomó en consideración trabajar para el espectro con un ND1.

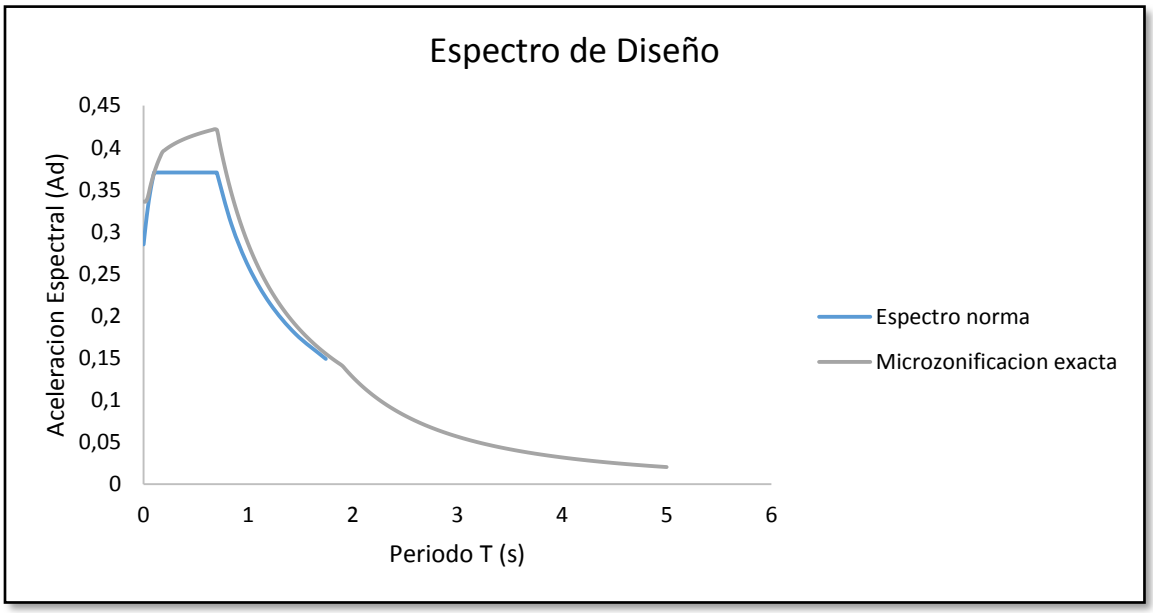
IV.4.3 Análisis según la norma COVENIN 1756-01:

IV.4.3.1 Verificación del espectro con microzonificación y el espectro con la norma.

A continuación, se presenta una gráfica con los dos espectros de diseño posibles para el edificio.

Al no poseer los estudios de suelo correspondientes a la ubicación del edificio, que son necesarios para realizar debidamente el espectro de diseño, se decidió utilizar el espectro de la microzonificación hallado en la página de Funvisis, (ver imagen 6) adaptado para cada zona de Caracas; este se comparó con el espectro dado por los datos según la norma y agregándole el suelo espectral según Funvisis.

Seguidamente se procedió a graficar ambos espectros para su comparación. (Ver gráfica 1).



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1: Comparación de espectros.

Claramente se puede observar que el espectro de la microzonificación posee mayores aceleraciones, por lo cual es ideal para la evaluación por ser más severo, no obstante, por ser ambas graficas muy similares y previamente haber desfavorecido la estructura en muchos puntos, se decidió utilizar el espectro de la norma.

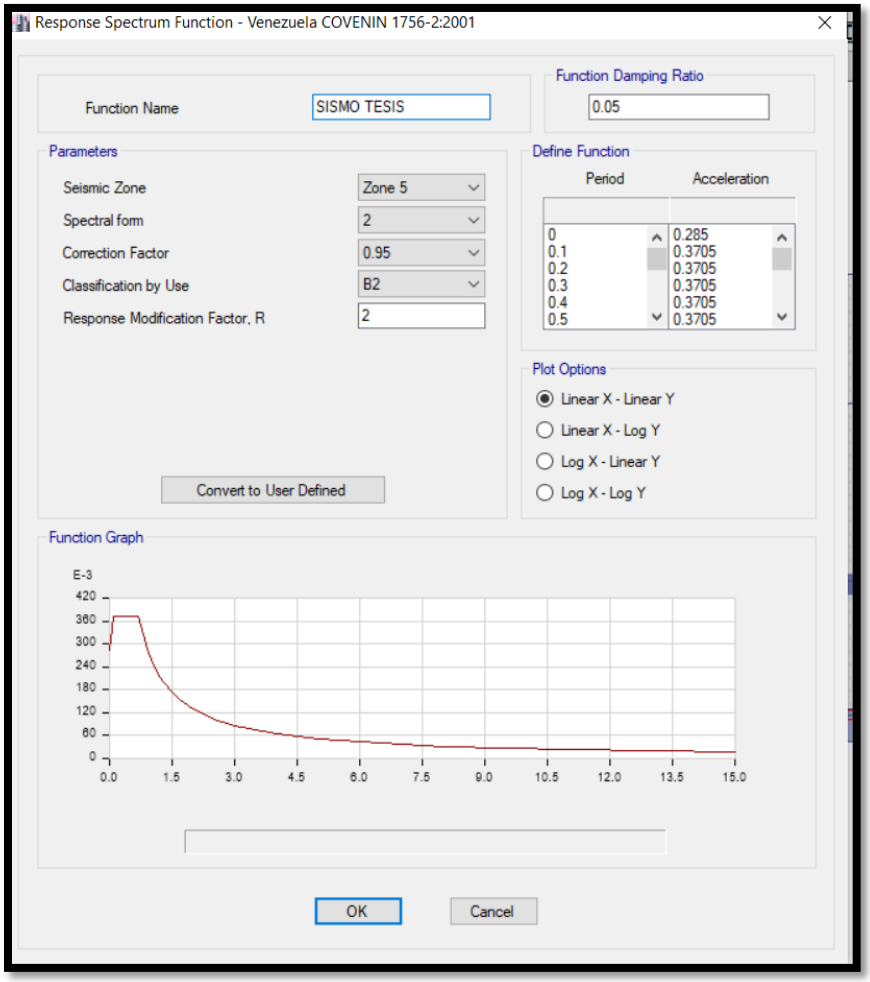
IV.4.3.2 Datos a expresar según la norma 1756-01.

Tomando en cuenta la ubicación del edificio, El Paraíso, Municipio Libertador, Caracas, Venezuela; la zona sísmica corresponde al sector cinco (5). Sabiendo eso, se obtuvieron los siguientes datos:

- Según el capítulo 4, el coeficiente de aceleración horizontal A_o= 0,3; obtenido de la tabla 4.1 de la norma bajo el criterio de peligro sísmico elevado para la zona sísmica 5.
- Según el capítulo 5 de la norma respecto a las propiedades del suelo en sitio son:
    - Forma espectral: S2
    - Factor de corrección φ: 0,95
- Según el capítulo 6:
    - El edificio pertenece al grupo B2 por ser construida para uso de vivienda.
    - El factor de importancia α es 1.
    - El nivel de diseño a utilizar será: ND1.
    - Es sistema estructural del edificio es de pórticos, por lo cual su tipo será I.
    - Sabiendo el tipo de sistema estructural, su nivel de diseño y tratándose de una estructura de concreto armado, su factor de reducción será R:2.
- Referente al capítulo 7 se obtendrá los valores para la construcción del espectro de diseño, con el conocimiento de la forma espectral S2 y la tabla 7.1 los valores suministrados son:
    - El factor de magnificación promedio es β: 2,6
    - El máximo período en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante de T*: 0,7 seg.

- El exponente que define la rama descendente del espectro de p: 1
- Período característico de variación de respuestas dúctil de T^{+}: 0,1 seg.
- Período a partir del cual los espectros normalizados tienen un valor constante de T_o: 0,175 seg.

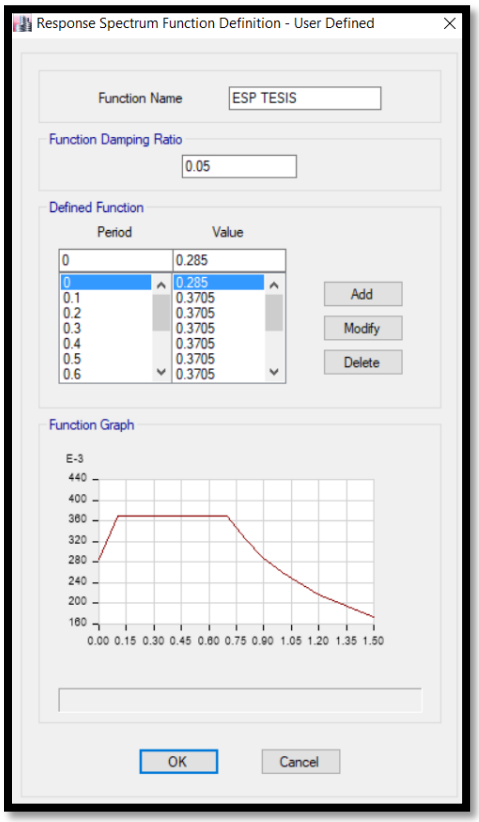
- El espectro de respuesta suministrado por el programa ETABS según los datos anteriores es el reflejado en la figura siguiente.



Fuente: ETABS.

Imagen 7: Espectro de respuesta elástica.

Al considerar el periodo fundamental, se acoto a un valor máximo de 1,6 Ta para evitar posibles resultados incoherentes en el análisis sísmico, como se ilustra en la siguiente imagen:



Fuente: ETABS.

Imagen 8: Espectro reducido hasta Ta = 1,50 seg.

Se debe tomar en cuenta para la opción de combinación modal aplicado en ETABS la selección del método CQC (Complete Quadratic Combination), el cual emplea una técnica de combinación modal que toma en cuenta la amortiguación. Si el amortiguamiento es cero, este método ya no tiene validez y comienza actuar el método de SRSS (Square Root of Sum of Squares).

Para la opción de combinación direccional utilizado en ETABS, se seleccionó el método de

CQC3 por ser una extensión del método SRSS para encontrar la respuesta máxima cuando las direcciones de cargas horizontales (U1 y U2) utilizan la misma función de espectro de respuesta, pero tienen diferentes factores de escala. La respuesta vertical se combina con la respuesta horizontal máxima utilizando el método SRSS.

IV.4.3.3 Cargas aplicadas para el sismo.

Para los métodos mencionados, el sismo actúa en dirección X y dirección Y en un cien por ciento (100%) de la aceleración, mientras que en la dirección Z, según la norma COVENIN 1756-01 en su sección 4.2, indica que el coeficiente de la aceleración vertical se toma como 0,7 veces los valores de Ao.

IV.4.3.4 Período de la estructura.

Se presenta el periodo en modo de vibración más representativo de la estructura y el tipo de diafragma, extraído del programa ETABS.

Tabla 2: Período del edificio

Estructura	Periodo (seg.)	Tipo de diafragma
Edificio	0,874	Rígido

Fuente: Elaboración propia

IV.4.3.5 Período fundamental.

El período fundamental para una estructura mixta según la COVENIN 1756-01 se calcula con la fórmula:

$$\boldsymbol{Ta = 0{,}07\ h_n^{\ 0{,}75}}$$

Por lo cual, este no puede ser mayor a $T = 1{,}6 * Ta$.

IV.4.3.6 Corte Basal.

Se hace referencia a la norma el capítulo 9, la selección del método de análisis a utilizar será el método estático equivalente, por lo cual, se especifica en la sección 9.3.1. La fórmula para calcular el corte basal será la siguiente:

$$Vmin = \mu * Ad * W$$

Se define W como el peso de la estructura por encima de la base, según el capítulo 7 de la norma en su sección 7.1 indica que para viviendas el peso total será el 100 por ciento (100%) del peso de las acciones permanentes más el veinticinco por ciento (25%) de la carga variable.

Para calcular μ y Ad se utiliza las siguientes ecuaciones:

- Ta=0,07 $h_n{}^{0,75}$ < T=1,6∗Ta.
- μ=1,4 $\left[\frac{N+9}{2N+12}\right]$ y μ=0,8+ $\frac{1}{20}\left[\frac{T}{T^*}-1\right]$

Especificando que:

- ✓ N: número de pisos del edificio
- ✓ T: Periodo fundamental
- ✓ T^*: periodo obtenido de la tabla.

- Ad=$\frac{\alpha\varphi\beta Ao}{R} * \left(\frac{T^*}{T}\right)^p$

Para obtener el peso en el programa ETABS, se suman los valores de fuerzas en dirección Z como se señala a continuación:

Base Reactions

1 de 9 Reload Apply

	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m
▶	Dead	0	0	1984.4155	21065.5141	-20370.1375
	Live	0	0	422.6273	4293.6591	-4324.6022

Fuente: ETABS.

Imagen 9: Peso del edificio para carga permanente y variable.

Se procederá a los cálculos correspondientes para corte basal:

- W = 0,25 $*$ 422,6273+1984,4155 = 2090,0723 $tonf$
- Ta = 0,07 $*$ 33,8 ^{0,75}= 0,9813 seg.
- T = 1,6 $*$ 0,9813 = 1,57 seg.
- Según lo especificado anteriormente se tiene que $T*$=0,7 seg.

Se calculan los μ

- μ=1,4 $\left[\frac{11+9}{2*11+12}\right]$ = 0,5882
- μ=0,8+ $\frac{1}{20}\left[\frac{1,57}{0,7}-1\right]$ = 0,8621

Tomamos el mayor valor el cual es μ=0,8621

Según lo especificado anteriormente se tienen los siguientes datos:

- α=1
- β=2,6.
- φ=0,95.
- A_0= 0,3.

- R=2.
- $T*$=0,7.
- p=1.

Con los mismos valores anteriores para la formulas se tiene que:

$$Ad=\frac{1*0,95*2,6*0,3}{2}*\left(\frac{0,7}{1,57}\right)^{1}=0,1652$$

Con todos estos valores se obtiene el siguiente cortante basal:

$$\text{Vmin}= 0,8621 * 0,1652 * 2090,0723 = 297,6658\ tonf.$$

A continuación, el programa ETABS suministra los valores para corte basal:

Base Reactions

3 de 9 Reload Apply

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Dead	0	0	1984.4155	21065.5141	-20370.1375	0
Live	0	0	422.6273	4293.6591	-4324.6022	0
SISMO Max	400.8663	450.5446	8.099E-07	9307.9281	8258.9313	7660.117

Fuente: ETABS.

Imagen 10: Corte Basal del edificio.

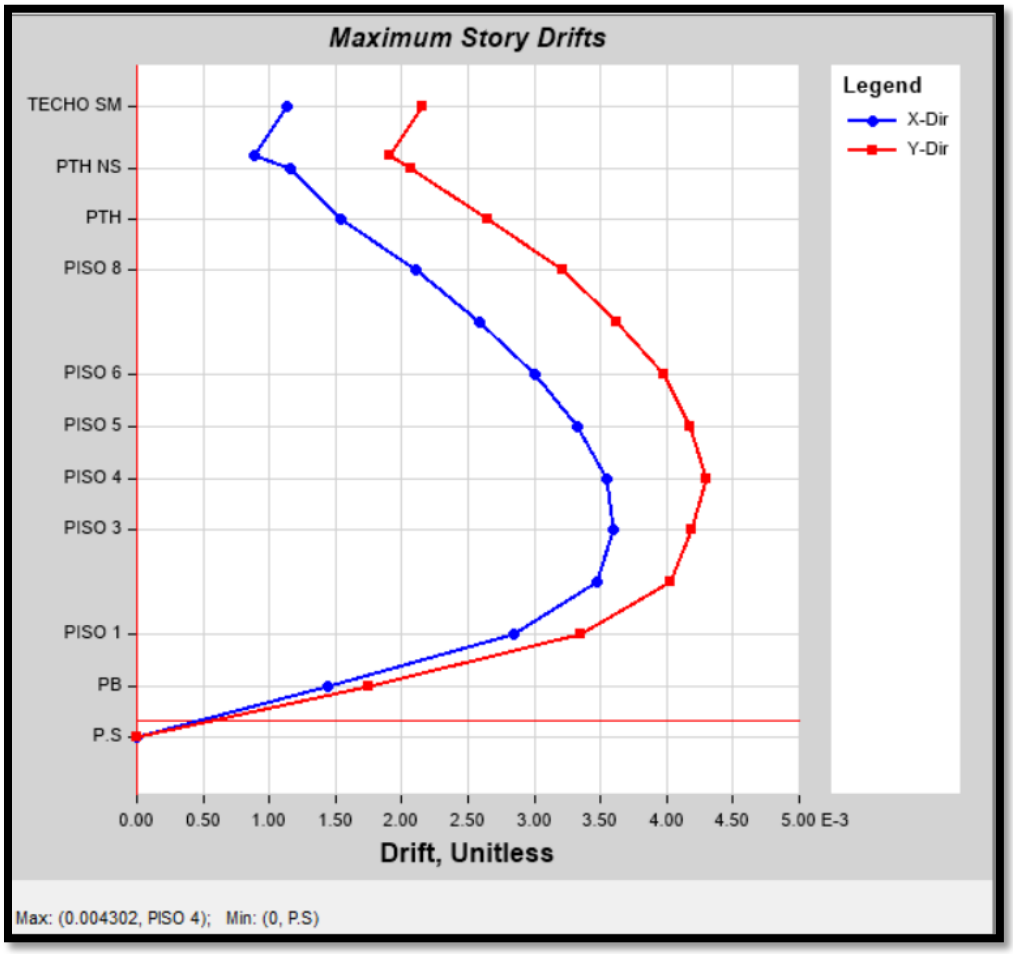
De manera que, para el caso de sismo máximo, el corte basal en ambas direcciones cumple con el mínimo.

IV.4.3.7 Control de los desplazamientos.

Para proceder a calcular el desplazamiento lateral total de la edificación se utilizará la siguiente ecuación:

$$\Delta \boldsymbol{i} = \mathbf{0,8} * \boldsymbol{R} * \Delta \boldsymbol{ei}$$

Donde, el factor de reducción (R) será 2 y el desplazamiento lateral del nivel i (Δei) tendrá como valor 0,004302, tal como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente: ETABS.

Imagen 11: Deriva de la edificación.

$$\Delta \boldsymbol{i} = 0{,}8 * 2 * 0{,}004302 = 0{,}0068$$

El valor calculado anteriormente se debe comparar con el valor limitante de la tabla 10.1 de la norma COVENIN 1756-01, sabiendo que estamos en una edificación del grupo B1 con una disposición de los elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deformaciones de

la estructura, el valor limitante será 0,015. Por lo tanto, el 0,0068 se encuentra dentro de los parámetros suministrados de la norma, es decir, cumple con la deriva.

IV.4.4 Análisis del periodo de la estructura.

El periodo obtenido de la estructura mediante el programa ETABS fue de 0,874 segundo, lo cual es bastante acertado de acuerdo al criterio de muchos ingenieros de esperar un valor de 0,1 segundo por cada piso que tiene una estructura aporticada.

Debido a la presencia de numerosas vigas planas, se decidió realizar un estudio particular de la influencia de las mismas, en el periodo y desplazamiento total de la estructura. Se realizó un modelado de 3 diferentes casos adicionales, para el caso de partida se decidió aumentar la masa del edifico en 70 kgf/m^2 a fin de aumentar su periodo a un número similar a 0,9 segundos y medir la influencia eliminando las escaleras, si se ponían en el sentido de inercia fuerte todas las vigas planas existentes o si se colocaban todas las vigas en el sentido débil de su inercia, seguidamente se realizó la siguiente tabla comparativa.

Tabla 3: Resultados comparativos con respecto al periodo de la edificación.

	PERIODO X	PERIODO Y	DESP X	DESP Y
PORTICO ORIGINAL	0.84	0.912	8.5	10.26
SIN ESCALERA	0.909	0.919	9.1	9.42
	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA
VARIACIÓN	8.21%	0.77%	7.06%	-8.19%
SIN VIGAS PLANAS	0.765	0.833	7.48	9.7
	DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE	DISMINUYE
VARIACIÓN	-8.93%	-8.66%	-12.00%	-5.46%
TODAS LAS VIGAS PLANAS	1.21	1.25	10.13	15.37
	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA	AUMENTA
VARIACIÓN	44.05%	37.06%	19.18%	49.81%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a esta tabla podemos afirmar que el periodo obtenido es acertado y que su parecido en ambas direcciones se debe a un adecuado balance entre factores que aportan rigidez, como son las escaleras, orientación de columnas de acuerdo a su inercia fuerte, geometría e inercia general, luces de los pórticos y colocación de vigas planas.

IV.5 Chequeo por capacidad para columna.

IV.5.1 Relación demanda capacidad.

Con las cargas permanentes y variables establecidos para el edificio (ver tabla 4) se procedió a establecer las cargas permanentes y variables del edificio. Esto nos facilitará para indicar un peso ponderado mayorado que relaciona la demanda con la capacidad necesaria de soportar la columna de la edificación.

Tabla 4: Cargas variables y permanentes del edificio.

	CARGAS	PLANTA TIPO	SM	ESCALERAS
CARGAS PERMANENTES	Tabiquería	150	150	150
	Impermeabilizante	-	6	-
	Acabado	100	-	100
	Friso	19	19	19
	Bloque losa nervada	70	-	-
	CP Total (Kgf/m²)	**339**	**175**	**269**
	El programa Etabs calculara el peso propio tomando como densidad del concreto 2400 kg/m³			
CARGAS VARIABLES	**CARGAS**	**PLANTA TIPO**	**SM**	**ESCALERAS**
	Escalera	-	-	500
	Distribuida	175	2000	-
	CV Total (Kgf/m²)	**175**	**2000**	**500**

Fuente: Elaboración propia.

IV.5.2 Factor de relación demanda / capacidad límite.

El diagrama de interacción de una columna, es la región geométrica que define la zona en las que cualquier combinación de cargas de flexo-compresión puede ser resistida por la columna y su armado en la dirección de análisis.

También se sabe que existe el diagrama resistente y el diagrama de diseño, el cual está afectado por un factor φ de minoración respecto a la resistencia del acero de acuerdo a la deformación unitaria neta a tracción.

Mediante el programa ETABS, se pudieron obtener las relaciones Demanda/Capacidad las cuales no deberían ser mayores a 1, pero debido a que se realizó una mayoración de cargas y una minoración de resistencias, sabemos que al tener números mayores a 1 no necesariamente la columna fallará; por lo cual, se calculó un factor de mayoración ponderado para la relación Demanda/Capacidad, el cual se establecerá como valor límite para el cumplimiento de las

columnas.

IV.5.2.1 Cálculo del factor de relación demanda / capacidad límite para cargas permanentes y variables.

A continuación, en la imagen 12, se hace presente una tabla arrojada por ETABS con las reacciones en la base, debido a las cargas CP Y CV aplicadas en la edificación. Este será un dato importante para el cálculo del factor de relación demanda / capacidad límite.

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
Dead	0	0	1984.4155
Live	0	0	422.6273

Fuente: ETABS.

Imagen 12: Pesos muertos y vivos de la edificación.

$$\text{Rel. D/C limite} = \frac{1{,}2\ (Wp)+1{,}6\ (Wv)}{Wp+Wv} = \frac{1{,}2\ (1984{,}4155)+1{,}6\ (422{,}6273)}{(1984{,}4155)+(422{,}6273)} = 1{,}2702$$

Este valor se debe dividir entre el factor φ que varía entre 0,65 – 0,9, en este caso, se utilizó φ = 0,9 debido a que se observó que con este valor nos arroja un factor de mayoración más conservador y apto para establecer si las columnas cumplen o no con la propuesta de demanda vs capacidad.

$$\text{Valor D/C límite} = \frac{Rel.\frac{D}{C}lím.}{\varphi} = \frac{1{,}2702}{0{,}9} = 1{,}4113\ \approx 1{,}41$$

IV.5.2.2 Cálculo del factor de relación demanda / capacidad límite para casos sísmicos.

La combinación de cargas sísmica implica la utilización de cargas verticales y horizontales, se hará uso de la siguiente imagen, la cual, representa la fuerza que se produce en una columna del

edificio debido a cada carga, con el fin de obtener el factor correspondiente.

Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P tonf
PB	C40	118	Dead	0	-72,4357
PB	C40	118	Live	0	-10,96
PB	C40	118	SISMO Max	0	296,9042

Fuente: ETABS.

Imagen 13: Fuerzas en la columna para cada tipo de carga.

$$\text{Rel. D/C límite para sismo} = \frac{1{,}2\ (Wp)+0{,}5\ (Wv)+Sismo}{Wp+Wv+Sismo} = \frac{1{,}2\ (72{,}43)+0{,}5(10{,}96)+296{,}90}{(72{,}43)+(10{,}96)+296{,}90} = 1{,}02$$

Este valor será dividido entre el factor φ = 0.7, ya que, nos arroja un factor de mayoración más conservador y apto para establecer si las columnas cumplen o no con la propuesta de demanda vs capacidad.

$$\text{Valor D/C límite para sismo} = \frac{Rel.\frac{D}{C}lím.}{\varphi} = \frac{1{,}02}{0{,}7} = 1{,}45$$

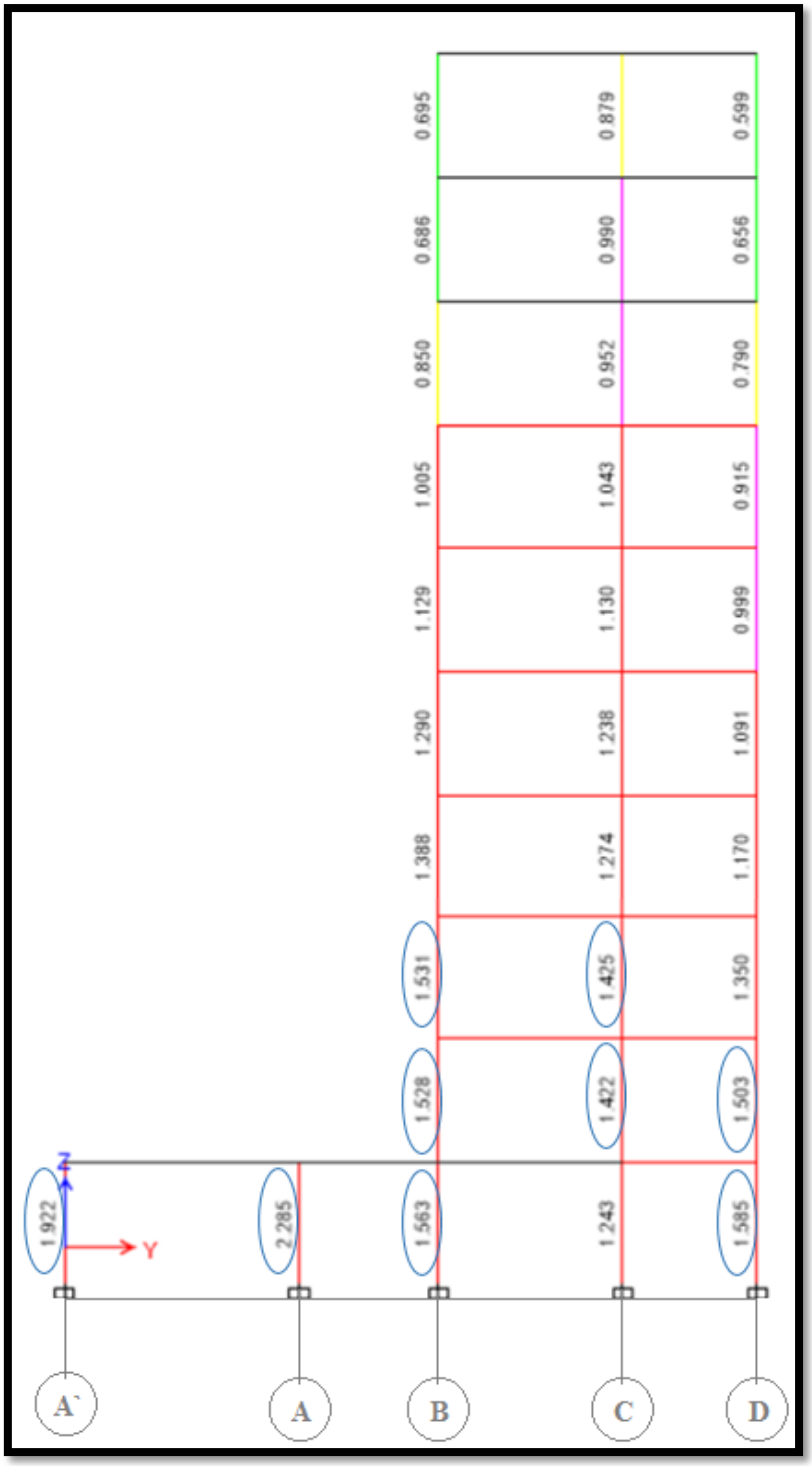
Se tomó el valor 1,41 como límite por ser menor de los dos y el más restrictivo.

Se procederá a comparar el factor obtenido por ETABS con el factor ponderado calculado, si la columna posee un valor mayor al factor limitante (1,41), se asume que la columna se rotulará. De esto anterior, el 1 corresponde al valor de diseño límite y el 0,41 al margen de error.

Seguidamente, se presenta una serie de imágenes arrojado por ETABS donde nos permite observar los factores obtenidos de las columnas de la edificación para cada eje.

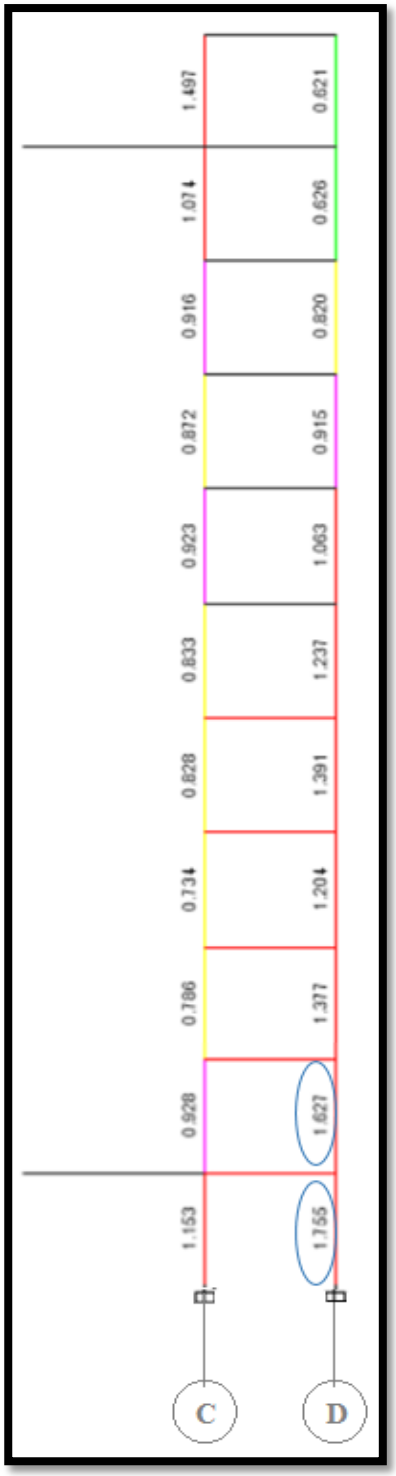
IV.6 Análisis de acero en viga y columnas.

En las imágenes 14, 15, 16, 17, 18 y 19 correspondientes a los pórticos, se indicaron mediante un ovalo, las diferentes columnas que sobrepasaron el límite establecido. Seguidamente, se encuentran las tablas que indican pórtico a pórtico el acero requerido (demanda), colocado (capacidad) y su respectiva relación demanda/capacidad considerando el factor de relación demanda / capacidad límite calculado anteriormente. Mediante esta relación, se puede observar viga a viga en que zonas ésta no cumple (valores mayores a 1), pudiendo distribuir a otras vigas la carga, articularse en los extremos o en el centro.



Fuente: ETABS.

Imagen 14: Pórtico 1.

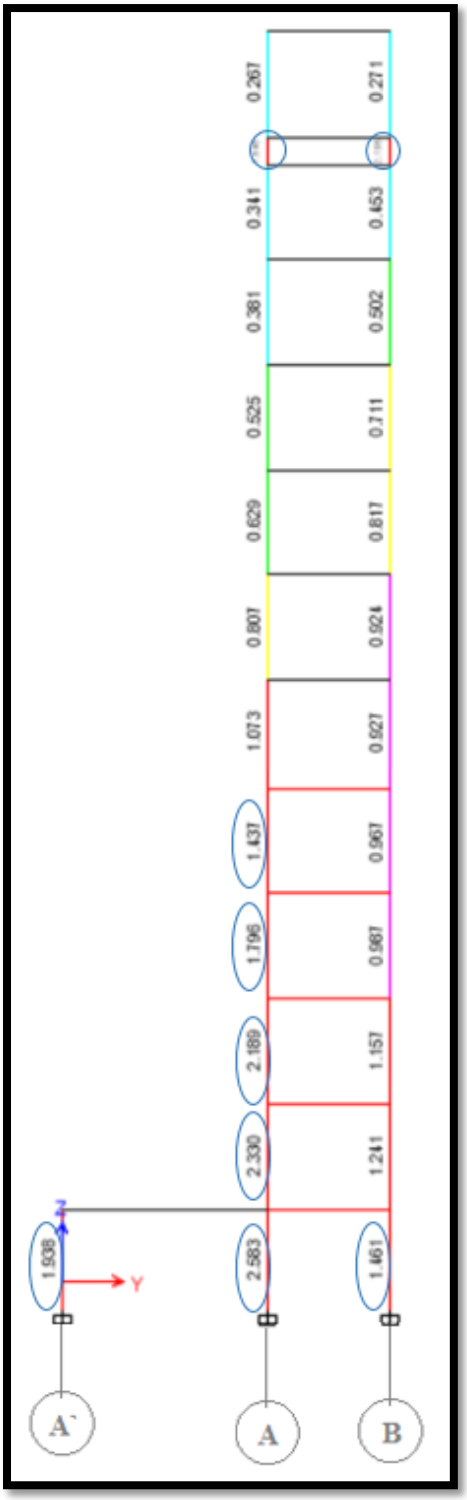


Fuente: ETABS.

Imagen 15: Pórtico 2.

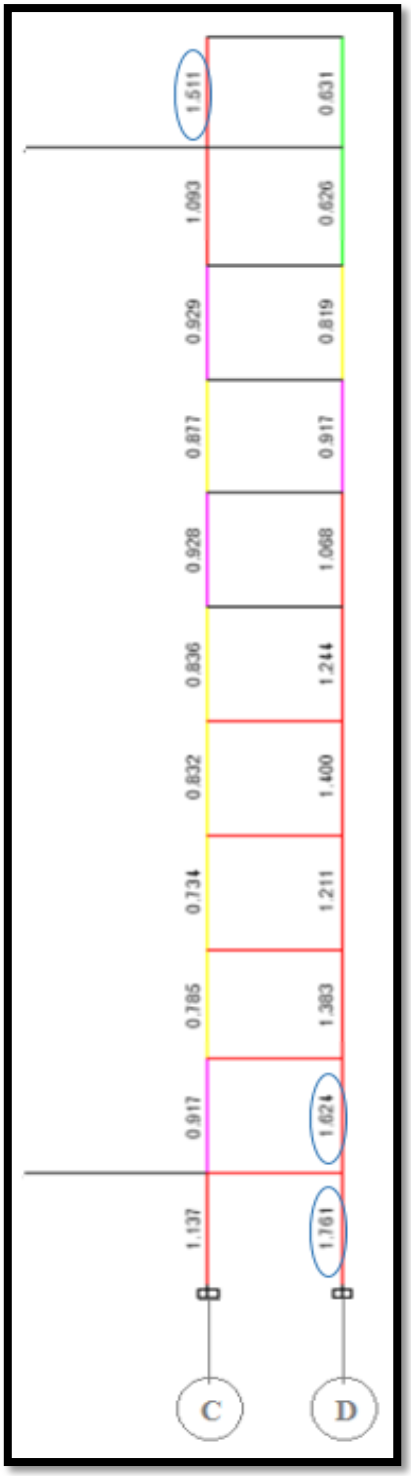
Fuente: ETABS

Imagen 16: Pórtico 3.



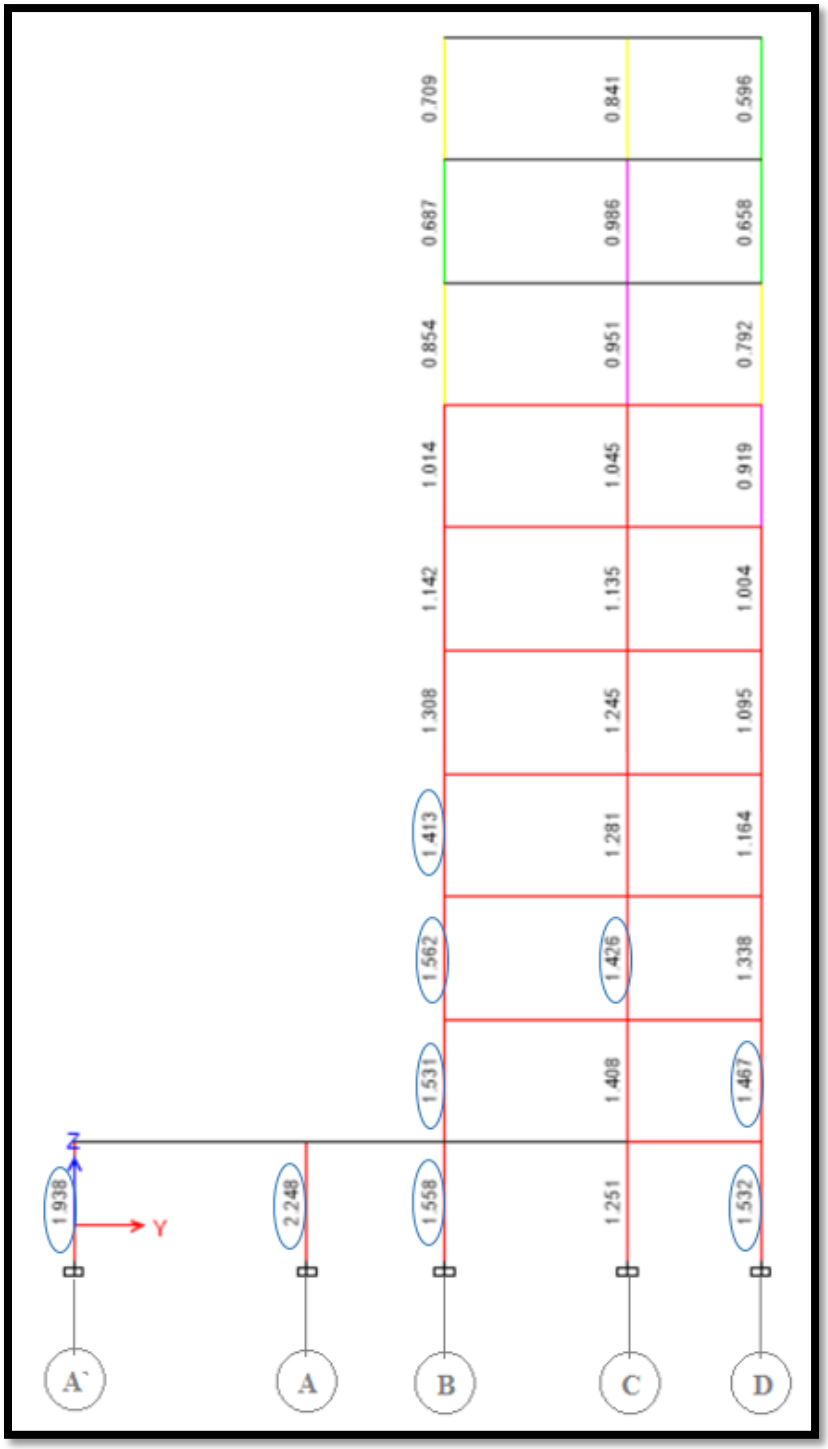
Fuente: ETABS.

Imagen 17: Pórtico 4.



Fuente: ETABS.

Imagen 18: Pórtico 5.



Fuente: ETABS.

Imagen 19: Pórtico 6.

Tabla 5: Relación D/C pórtico A.

ACERO COLOCADO										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	2		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0,37	0,37	0,37	X	X	X
	INF	X	X	X	0,37	0,37	0,37	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,21	0,16	0,21	X	X	X
	INF	X	X	X	0,34	0,34	0,34	X	X	X
10	SUP	X	0,20	0,50	0,50	0,20	0,50	0,50	0,20	X
	INF	X	0,13	0,57	0,57	0,44	0,57	0,57	0,13	X
9	SUP	X	0,20	0,50	0,50	0,20	0,50	0,50	0,20	X
	INF	X	0,13	0,57	0,57	0,44	0,57	0,57	0,13	X
8	SUP	X	0,20	0,72	0,72	0,20	0,72	0,72	0,20	X
	INF	X	0,13	0,57	0,57	0,44	0,57	0,57	0,13	X
7	SUP	X	0,20	0,72	0,72	0,20	0,72	0,72	0,20	X
	INF	X	0,13	0,57	0,57	0,44	0,57	0,57	0,13	X
6	SUP	X	0,29	0,89	0,89	0,29	0,89	0,89	0,29	X
	INF	X	0,13	0,64	0,64	0,44	0,64	0,64	0,13	X
5	SUP	X	0,29	0,89	0,89	0,29	0,89	0,89	0,29	X
	INF	X	0,13	0,64	0,64	0,44	0,64	0,64	0,13	X
4	SUP	X	0,29	0,89	0,89	0,29	0,89	0,89	0,29	X
	INF	X	0,13	0,64	0,64	0,44	0,64	0,64	0,13	X
3	SUP	X	0,29	0,89	0,89	0,29	0,89	0,89	0,29	X
	INF	X	0,13	0,64	0,64	0,44	0,64	0,64	0,13	X
2	SUP	X	0,29	0,75	0,75	0,29	0,75	0,75	0,29	X
	INF	X	0,13	0,64	0,64	0,44	0,64	0,64	0,13	X
1	SUP	0,52	0,17	0,94	0,94	0,17	0,94	0,94	0,22	0,52
	INF	0,38	0,38	0,75	0,75	0,38	0,75	0,75	0,38	0,38

ACERO REQUERIDO										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	2		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0,55	0,17	0,52	X	X	X
	INF	X	X	X	0,3	0,53	0,3	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,28	0,12	0,12	X	X	X
	INF	X	X	X	0,14	0,16	0,12	X	X	X
10	SUP	X	0,06	0,17	0,3	0,18	0,18	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,17	0,27	0,18	0,08	0,04	X
9	SUP	X	0,06	0,17	0,32	0,23	0,23	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,22	0,3	0,23	0,08	0,04	X
8	SUP	X	0,06	0,17	0,5	0,3	0,3	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,3	0,42	0,3	0,08	0,04	X
7	SUP	X	0,06	0,17	0,69	0,42	0,3	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,48	0,58	0,3	0,08	0,04	X
6	SUP	X	0,06	0,17	0,85	0,55	0,32	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,64	0,72	0,32	0,08	0,04	X
5	SUP	X	0,06	0,17	1	0,67	0,37	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,79	0,85	0,37	0,08	0,04	X
4	SUP	X	0,06	0,17	1,13	0,78	0,41	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,91	0,97	0,41	0,08	0,04	X
3	SUP	X	0,06	0,17	1,22	0,87	0,44	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	1	1,06	0,44	0,08	0,04	X
2	SUP	X	0,06	0,17	1,17	0,82	0,44	0,17	0,06	X
	INF	X	0,04	0,08	0,91	1,03	0,44	0,08	0,04	X
1	SUP	0,44	0,17	0,52	0,94	0,68	0,3	0,63	0,2	0,52
	INF	0,29	0,3	0,3	0,58	0,93	0,3	0,3	0,3	0,3

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	1,05	0,33	1,00	X	X	X
	INF	X	X	X	0,58	1,03	0,58	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,95	0,54	0,41	X	X	X
	INF	X	X	X	0,29	0,33	0,25	X	X	X
10	SUP	X	0,21	0,24	0,43	0,63	0,26	0,24	0,21	X
	INF	X	0,22	0,10	0,21	0,44	0,22	0,10	0,22	X
9	SUP	X	0,21	0,24	0,46	0,80	0,33	0,24	0,21	X
	INF	X	0,22	0,10	0,27	0,49	0,29	0,10	0,22	X
8	SUP	X	0,21	0,17	0,49	1,05	0,29	0,17	0,21	X
	INF	X	0,22	0,10	0,37	0,68	0,37	0,10	0,22	X
7	SUP	X	0,21	0,17	0,68	1,47	0,29	0,17	0,21	X
	INF	X	0,22	0,10	0,60	0,94	0,37	0,10	0,22	X
6	SUP	X	0,15	0,14	0,68	1,33	0,26	0,14	0,15	X
	INF	X	0,22	0,09	0,71	1,16	0,36	0,09	0,22	X
5	SUP	X	0,15	0,14	0,80	1,63	0,30	0,14	0,15	X
	INF	X	0,22	0,09	0,88	1,37	0,41	0,09	0,22	X
4	SUP	X	0,15	0,14	0,90	1,89	0,33	0,14	0,15	X
	INF	X	0,22	0,09	1,01	1,57	0,46	0,09	0,22	X
3	SUP	X	0,15	0,14	0,97	2,11	0,35	0,14	0,15	X
	INF	X	0,22	0,09	1,11	1,71	0,49	0,09	0,22	X
2	SUP	X	0,15	0,16	1,10	1,99	0,42	0,16	0,15	X
	INF	X	0,22	0,09	1,01	1,67	0,49	0,09	0,22	X
1	SUP	0,61	0,69	0,39	0,71	2,77	0,23	0,48	0,65	0,72
	INF	0,55	0,57	0,28	0,55	1,76	0,28	0,28	0,57	0,57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Relación D/C pórtico B

ACERO COLOCADO										
PORTICO B										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0,268	0,203	0,268	X	X	X
	INF	X	X	X	0,305	0,305	0,305	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,47	0,132	0,47	X	X	X
	INF	X	X	X	0,388	0,388	0,388	X	X	X
10	SUP	0,8144	0,292	0,812	0,812	0,292	0,812	0,812	0,292	0,814
	INF	0,4385	0,439	0,877	0,877	0,439	0,877	0,877	0,439	0,439
9	SUP	0,8144	0,292	0,812	0,812	0,292	0,812	0,812	0,292	0,814
	INF	0,4385	0,439	0,877	0,877	0,439	0,877	0,877	0,439	0,439
8	SUP	1,0718	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072
	INF	0,6985	0,439	1,023	1,023	0,439	1,023	1,023	0,439	0,699
7	SUP	1,0718	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072
	INF	0,6985	0,439	1,023	1,023	0,439	1,023	1,023	0,439	0,699
6	SUP	1,1569	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218	1,218	0,439	1,157
	INF	0,674	0,439	1,137	1,137	0,439	1,137	1,137	0,439	0,637
5	SUP	1,1569	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218	1,218	0,439	1,157
	INF	0,6374	0,439	1,137	1,137	0,439	1,137	1,137	0,439	0,637
4	SUP	1,2179	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218
	INF	0,6985	0,439	1,137	1,137	0,439	1,137	1,137	0,439	0,699
3	SUP	1,2179	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218
	INF	0,6985	0,439	1,137	1,137	0,439	1,137	1,137	0,439	0,699
2	SUP	0,9205	0,439	1,218	1,218	0,439	1,218	1,218	0,439	0,921
	INF	0,6374	0,439	0,942	0,942	0,439	0,942	0,942	0,439	0,637
1	SUP	0,4698	0,174	0,567	0,567	0,174	0,567	0,567	0,174	0,567
	INF	0,3758	0,376	0,752	0,752	0,376	0,376	0,376	0,376	0,376

ACERO REQUERIDO										
PORTICO B										
NIVEL	EJE			3			4			6
12	SUP	X	X	X	0,39	0,13	0,38	X	X	X
	INF	X	X	X	0,27	0,31	0,26	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,31	0,1	0,31	X	X	X
	INF	X	X	X	0,2	0,15	0,23	X	X	X
10	SUP	0,81	0,25	0,53	0,41	0,15	0,44	0,56	0,3	0,79
	INF	0,39	0,3	0,46	0,26	0,22	0,29	0,48	0,3	0,37
9	SUP	0,93	0,29	0,61	0,55	0,2	0,61	0,65	0,29	0,93
	INF	0,44	0,33	0,53	0,3	0,3	0,31	0,54	0,33	0,44
8	SUP	1,02	0,3	0,72	0,73	0,26	0,79	0,75	0,3	1,01
	INF	0,51	0,36	0,61	0,41	0,3	0,47	0,62	0,36	0,53
7	SUP	1,08	0,3	0,82	0,89	0,3	0,96	0,84	0,3	1,07
	INF	0,6	0,38	0,68	0,55	0,36	0,61	0,68	0,37	0,61
6	SUP	1,12	0,3	0,91	1,05	0,3	1,13	0,92	0,3	1,11
	INF	0,67	0,39	0,73	0,68	0,41	0,75	0,72	0,39	0,67
5	SUP	1,14	0,3	0,98	1,17	0,34	1,25	0,97	0,3	1,13
	INF	0,72	0,4	0,76	0,78	0,45	0,85	0,75	0,39	0,71
4	SUP	1,13	0,3	1,03	1,29	0,38	1,37	1,01	0,3	1,12
	INF	0,75	0,4	0,77	0,89	0,48	0,95	0,76	0,4	0,74
3	SUP	1,08	0,3	1,03	1,32	0,38	1,41	1	0,3	1,08
	INF	0,74	0,39	0,74	0,92	0,49	0,98	0,73	0,38	0,71
2	SUP	0,94	0,3	0,94	1,21	0,35	1,3	0,9	0,3	0,94
	INF	0,64	0,34	0,62	0,84	0,45	0,89	0,61	0,34	0,61
1	SUP	0,71	0,26	0,73	0,56	0,3	0,79	0,67	0,24	0,73
	INF	0,36	0,3	0,35	0,48	0,3	0,62	0,35	0,3	0,35

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD										
PORTICO B										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	1,03	0,45	1,00	X	X	X
	INF	X	X	X	0,63	0,72	0,61	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0,47	0,54	0,47	X	X	X
	INF	X	X	X	0,37	0,27	0,42	X	X	X
10	SUP	0,71	0,61	0,46	0,36	0,36	0,38	0,49	0,73	0,69
	INF	0,63	0,49	0,37	0,21	0,36	0,23	0,39	0,49	0,60
9	SUP	0,81	0,70	0,53	0,48	0,49	0,53	0,57	0,70	0,81
	INF	0,71	0,53	0,43	0,24	0,49	0,25	0,44	0,53	0,71
8	SUP	0,67	0,73	0,48	0,48	0,63	0,52	0,50	0,73	0,67
	INF	0,52	0,58	0,42	0,28	0,49	0,33	0,43	0,58	0,54
7	SUP	0,71	0,73	0,54	0,59	0,73	0,64	0,56	0,73	0,71
	INF	0,61	0,61	0,47	0,38	0,58	0,42	0,47	0,60	0,62
6	SUP	0,69	0,49	0,53	0,61	0,49	0,66	0,54	0,49	0,68
	INF	0,71	0,63	0,46	0,42	0,66	0,47	0,45	0,63	0,75
5	SUP	0,70	0,49	0,57	0,68	0,55	0,73	0,56	0,49	0,69
	INF	0,80	0,65	0,47	0,49	0,73	0,53	0,47	0,63	0,79
4	SUP	0,66	0,49	0,60	0,75	0,61	0,80	0,59	0,49	0,65
	INF	0,76	0,65	0,48	0,56	0,78	0,59	0,47	0,65	0,75
3	SUP	0,63	0,49	0,60	0,77	0,61	0,82	0,58	0,49	0,63
	INF	0,75	0,63	0,46	0,57	0,79	0,61	0,46	0,61	0,72
2	SUP	0,72	0,49	0,55	0,70	0,57	0,76	0,52	0,49	0,72
	INF	0,71	0,55	0,47	0,63	0,73	0,67	0,46	0,55	0,68
1	SUP	1,07	1,06	0,91	0,70	1,22	0,99	0,84	0,98	0,91
	INF	0,68	0,57	0,33	0,45	0,57	1,17	0,66	0,57	0,66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Relación D/C pórtico C.

ACERO COLOCADO												
PORTICO C												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0,92	0,301	0,92	0,92	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,566	0,566	0,566	0,566	X	X	X	X
10	SUP	0,983	0,203	2,01	2,01	0,471	2,01	2,01	0,203	0,983	0,983	X
	INF	0,596	0,596	1,619	1,619	0,95	1,619	1,619	0,596	0,596	0,596	X
9	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
8	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
7	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
6	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
5	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
4	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
3	SUP	1,547	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,547	1,547	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
2	SUP	1,287	0,508	1,807	1,807	0,508	1,807	1,807	0,508	1,287	1,287	X
	INF	1,023	1,023	2,046	2,046	1,023	2,046	2,046	1,023	1,023	1,023	X
1	SUP	0,425	0,174	0,567	0,567	0,174	0,567	0,567	0,174	0,425	0,425	0,174
	INF	0,376	0,376	0,752	0,752	0,376	0,752	0,752	0,376	0,376	0,376	0,376

ACERO REQUERIDO												
PORTICO C												
NIVEL	EJE			2		5				6		
11	SUP	X	X	X	0,85	0,25	0,85	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,4	0,69	0,4	X	X	X	X	X
10	SUP	0,74	0,23	0,46	0,93	0,27	0,93	0,44	0,27	0,67	X	X
	INF	0,36	0,3	0,3	0,44	0,63	0,43	0,3	0,29	0,32	X	X
9	SUP	10,3	0,27	0,84	1,35	0,29	1,35	0,85	0,27	1,02	X	X
	INF	0,47	0,36	0,39	0,61	0,66	0,61	0,4	0,36	0,47	X	X
8	SUP	1,17	0,27	1	1,42	0,31	1,41	0,98	0,27	1,14	X	X
	INF	0,27	0,35	0,47	0,64	0,63	0,64	0,45	0,35	0,52	X	X
7	SUP	1,26	0,28	1,11	1,49	0,32	1,49	1,1	0,27	1,24	X	X
	INF	0,27	0,37	0,51	0,67	0,63	0,67	0,5	0,36	0,56	X	X
6	SUP	1,32	0,27	1,21	1,55	0,33	1,54	1,22	0,29	1,33	X	X
	INF	0,29	0,39	0,55	0,7	0,6	0,7	0,55	0,4	0,6	X	X
5	SUP	1,37	0,28	1,28	1,59	0,34	1,59	1,3	0,3	1,39	X	X
	INF	0,32	0,4	0,58	0,81	0,6	0,8	0,59	0,42	0,63	X	X
4	SUP	1,39	0,29	1,33	1,6	0,34	1,61	1,35	0,3	1,41	X	X
	INF	0,35	0,41	0,6	0,83	0,59	0,84	0,61	0,45	0,64	X	X
3	SUP	1,37	0,29	1,34	1,6	0,34	1,6	1,36	0,3	1,4	X	X
	INF	0,35	0,4	0,6	0,82	0,59	0,83	0,61	0,43	0,63	X	X
2	SUP	1,29	0,28	1,28	1,52	0,33	1,53	1,28	0,28	1,3	X	X
	INF	0,32	0,38	0,58	0,69	0,59	0,69	0,58	0,39	0,59	X	X
1	SUP	0,96	0,31	0,98	0,75	0,29	0,77	0,95	0,31	0,99	X	X
	INF	0,66	0,37	0,65	0,49	0,3	0,48	0,67	0,37	0,65	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD												
PORTICO C												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0,66	0,59	0,66	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,50	0,87	0,50	X	X	X	X	X
10	SUP	0,53	0,80	0,16	0,33	0,41	0,33	0,16	0,94	0,48	X	X
	INF	0,43	0,36	0,13	0,19	0,47	0,19	0,13	0,34	0,38	X	X
9	SUP	4,72	0,38	0,33	0,53	0,41	0,53	0,33	0,38	0,47	X	X
	INF	0,33	0,25	0,14	0,21	0,46	0,21	0,14	0,25	0,33	X	X
8	SUP	0,54	0,38	0,39	0,56	0,43	0,55	0,38	0,38	0,52	X	X
	INF	0,19	0,24	0,16	0,22	0,44	0,22	0,16	0,24	0,36	X	X
7	SUP	0,58	0,39	0,44	0,58	0,45	0,58	0,43	0,38	0,57	X	X
	INF	0,19	0,26	0,18	0,23	0,44	0,23	0,17	0,25	0,39	X	X
6	SUP	0,61	0,38	0,47	0,61	0,46	0,60	0,48	0,41	0,61	X	X
	INF	0,20	0,27	0,19	0,24	0,42	0,24	0,19	0,28	0,42	X	X
5	SUP	0,63	0,39	0,50	0,62	0,48	0,62	0,51	0,42	0,64	X	X
	INF	0,22	0,28	0,20	0,28	0,42	0,28	0,20	0,29	0,44	X	X
4	SUP	0,64	0,41	0,52	0,63	0,48	0,63	0,53	0,42	0,65	X	X
	INF	0,24	0,28	0,21	0,29	0,41	0,29	0,21	0,31	0,44	X	X
3	SUP	0,63	0,41	0,53	0,63	0,48	0,63	0,53	0,42	0,64	X	X
	INF	0,24	0,28	0,21	0,28	0,41	0,29	0,21	0,30	0,44	X	X
2	SUP	0,71	0,39	0,50	0,60	0,46	0,60	0,50	0,39	0,72	X	X
	INF	0,22	0,26	0,20	0,24	0,41	0,24	0,20	0,27	0,41	X	X
1	SUP	1,60	1,26	1,22	0,94	1,18	0,96	1,19	1,26	1,65	X	X
	INF	1,25	0,70	0,61	0,46	0,57	0,45	0,63	0,70	1,23	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Relación D/C pórtico D.

ACERO COLOCADO												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0,305	0,203	0,305	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,439	0,439	0,439	X	X	X	X	X
10	SUP	0,402	0,203	0,799	0,799	0,203	0,799	0,799	0,203	0,402	X	X
	INF	0,438	0,438	0,93	0,93	0,491	0,93	0,93	0,438	0,438	X	X
9	SUP	0,402	0,203	0,799	0,799	0,203	0,799	0,799	0,203	0,402	X	X
	INF	0,438	0,438	0,93	0,93	0,491	0,93	0,93	0,438	0,438	X	X
8	SUP	0,751	0,292	0,751	0,751	0,292	0,751	0,751	0,292	0,751	X	X
	INF	0,438	0,438	0,995	0,995	0,491	0,995	0,995	0,438	0,438	X	X
7	SUP	0,751	0,292	0,751	0,751	0,292	0,751	0,751	0,292	0,751	X	X
	INF	0,438	0,438	0,995	0,995	0,491	0,995	0,995	0,438	0,438	X	X
6	SUP	0,889	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	0,889	X	X
	INF	0,637	0,438	1,129	1,129	0,491	1,129	1,129	0,438	0,637	X	X
5	SUP	0,889	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	0,889	X	X
	INF	0,637	0,438	1,129	1,129	0,491	1,129	1,129	0,438	0,637	X	X
4	SUP	0,889	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	0,889	X	X
	INF	0,637	0,438	1,19	1,19	0,491	1,19	1,19	0,438	0,637	X	X
3	SUP	0,889	0,292	1,072	1,072	0,292	1,072	1,072	0,292	0,889	X	X
	INF	0,637	0,438	1,19	1,19	0,491	1,19	1,19	0,438	0,637	X	X
2	SUP	0,69	0,292	0,958	0,958	0,292	0,958	0,958	0,292	0,69	X	X
	INF	0,438	0,438	0,995	0,995	0,491	0,995	0,995	0,438	0,438	X	X
1	SUP	0,425	0,174	0,752	0,752	0,742	0,752	0,752	0,174	0,425	0,425	0,174
	INF	0,376	0,376	0,752	0,752	0,752	0,752	0,752	0,376	0,376	0,376	0,376

ACERO REQUERIDO												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0,48	0,19	0,48	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,3	0,26	0,3	X	X	X	X	X
10	SUP	0,58	0,25	0,49	0,7	0,26	0,7	0,39	0,28	0,62	X	X
	INF	0,31	0,3	0,41	0,37	0,3	0,37	0,4	0,3	0,3	X	X
9	SUP	0,88	0,33	0,72	0,9	0,3	0,89	0,49	0,3	0,76	X	X
	INF	0,54	0,39	0,65	0,55	0,34	0,56	0,65	0,34	0,36	X	X
8	SUP	1,07	0,4	0,94	1,09	0,35	1,08	0,96	0,3	0,79	X	X
	INF	0,73	0,49	0,85	0,73	0,42	0,73	0,84	0,35	0,39	X	X
7	SUP	1,26	0,48	1,15	1,26	0,42	1,25	1,17	0,48	0,82	X	X
	INF	0,91	0,57	1,03	0,88	0,48	0,88	1,03	0,56	0,44	X	X
6	SUP	1,41	0,55	1,33	1,4	0,47	1,39	1,35	0,56	1,39	X	X
	INF	0,107	0,63	1,19	1,01	0,53	1,01	1,18	0,63	1,08	X	X
5	SUP	1,49	0,61	1,46	1,47	0,5	1,47	1,48	0,61	1,48	X	X
	INF	1,2	0,68	1,3	1,09	0,56	1,09	1,3	0,67	1,2	X	X
4	SUP	1,53	0,66	1,55	1,54	0,53	1,53	1,56	0,66	1,53	X	X
	INF	1,27	0,71	1,38	1,16	0,59	1,16	1,39	0,71	1,28	X	X
3	SUP	1,51	0,66	1,57	1,53	0,53	1,53	1,57	0,66	1,51	X	X
	INF	1,28	0,71	1,38	1,15	0,59	1,15	0,138	0,71	1,28	X	X
2	SUP	1,36	0,59	1,44	1,38	0,46	1,39	1,44	0,59	1,37	X	X
	INF	1,12	0,63	1,19	1	0,52	0,99	1,2	0,63	1,12	X	X
1	SUP	0,82	0,38	0,93	0,9	0,3	0,91	0,92	0,38	0,83	X	X
	INF	0,67	0,4	0,71	0,6	0,32	0,59	0,72	0,4	0,67	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	1,12	0,66	1,12	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0,49	0,42	0,49	X	X	X	X	X
10	SUP	1,02	0,87	0,43	0,62	0,91	0,62	0,35	0,98	1,09	X	X
	INF	0,50	0,49	0,31	0,28	0,43	0,28	0,31	0,49	0,49	X	X
9	SUP	1,55	1,15	0,64	0,80	1,05	0,79	0,43	1,05	1,34	X	X
	INF	0,87	0,63	0,50	0,42	0,49	0,43	0,50	0,55	0,58	X	X
8	SUP	1,01	0,97	0,89	1,03	0,85	1,02	0,91	0,73	0,75	X	X
	INF	1,18	0,79	0,61	0,52	0,61	0,52	0,60	0,57	0,63	X	X
7	SUP	1,19	1,16	1,09	1,19	1,02	1,18	1,10	1,16	0,77	X	X
	INF	1,47	0,92	0,73	0,63	0,69	0,63	0,73	0,91	0,71	X	X
6	SUP	1,13	1,33	0,88	0,93	1,14	0,92	0,89	1,36	1,11	X	X
	INF	0,12	1,02	0,75	0,63	0,77	0,63	0,74	1,02	1,20	X	X
5	SUP	1,19	1,48	0,97	0,97	1,21	0,97	0,98	1,48	1,18	X	X
	INF	1,34	1,10	0,82	0,68	0,81	0,68	0,82	1,08	1,34	X	X
4	SUP	1,22	1,60	1,03	1,02	1,29	1,01	1,03	1,60	1,22	X	X
	INF	1,41	1,15	0,82	0,69	0,85	0,69	0,83	1,15	1,42	X	X
3	SUP	1,21	1,60	1,04	1,01	1,29	1,01	1,04	1,60	1,21	X	X
	INF	1,42	1,15	0,82	0,69	0,85	0,69	0,08	1,15	1,42	X	X
2	SUP	1,40	1,43	1,07	1,02	1,12	1,03	1,07	1,43	1,41	X	X
	INF	1,81	1,02	0,85	0,71	0,75	0,71	0,86	1,02	1,81	X	X
1	SUP	1,37	1,55	0,88	0,85	0,29	0,86	0,87	1,55	1,39	X	X
	INF	1,26	0,75	0,67	0,57	0,30	0,56	0,68	0,75	1,26	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Relación D/C pórtico 1.

ACERO COLOCADO												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0,585	0,292	0,491	0,491	0,292	0,292
	INF	X	X	X	X	X	0,585	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
9	SUP	X	X	X	X	X	0,585	0,292	0,491	0,491	0,292	0,292
	INF	X	X	X	X	X	0,585	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
8	SUP	X	X	X	X	X	0,812	0,292	0,69	0,69	0,292	0,69
	INF	X	X	X	X	X	0,698	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
7	SUP	X	X	X	X	X	0,812	0,292	0,69	0,69	0,292	0,69
	INF	X	X	X	X	X	0,698	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
6	SUP	X	X	X	X	X	0,917	0,398	0,796	0,796	0,398	0,917
	INF	X	X	X	X	X	0,856	0,596	0,698	0,698	0,596	0,856
5	SUP	X	X	X	X	X	0,917	0,398	0,796	0,796	0,398	0,917
	INF	X	X	X	X	X	0,856	0,596	0,698	0,698	0,596	0,856
4	SUP	X	X	X	X	X	0,917	0,398	0,796	0,796	0,398	0,917
	INF	X	X	X	X	X	0,856	0,596	0,698	0,698	0,596	0,856
3	SUP	X	X	X	X	X	0,917	0,398	0,796	0,796	0,398	0,917
	INF	X	X	X	X	X	0,856	0,597	0,698	0,698	0,597	0,856
2	SUP	X	X	X	X	X	0,796	0,398	0,597	0,597	0,398	0,796
	INF	X	X	X	X	X	0,795	0,596	0,596	0,596	0,596	0,795
1	SUP	0,203	0,203	0,203	0,203	0,536	0,536	0,203	0,268	0,268	0,203	0,305
	INF	0,394	0,394	0,394	0,394	0,788	0,788	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394

ACERO REQUERIDO												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0,8	0,38	0,39	0,15	0,23	0,34
	INF	X	X	X	X	X	0,74	0,38	0,71	0,24	0,2	0,3
9	SUP	X	X	X	X	X	1,22	0,58	1,01	0,32	0,3	0,68
	INF	X	X	X	X	X	1,15	0,57	1,03	0,4	0,3	0,56
8	SUP	X	X	X	X	X	1,52	0,36	1,33	0,69	0,3	1,08
	INF	X	X	X	X	X	1,45	0,37	1,35	0,75	0,3	0,98
7	SUP	X	X	X	X	X	1,75	0,43	1,56	1,03	0,36	1,49
	INF	X	X	X	X	X	1,68	0,43	1,58	1,09	0,35	1,37
6	SUP	X	X	X	X	X	1,9	0,47	1,68	1,28	0,42	1,69
	INF	X	X	X	X	X	1,83	0,48	1,71	1,32	0,42	1,63
5	SUP	X	X	X	X	X	2,03	0,51	1,78	1,51	0,48	1,91
	INF	X	X	X	X	X	1,94	0,52	1,81	1,53	0,48	1,86
4	SUP	X	X	X	X	X	2,05	0,53	1,79	1,63	0,5	2,03
	INF	X	X	X	X	X	1,96	0,53	1,82	1,64	0,51	2
3	SUP	X	X	X	X	X	2,02	0,52	1,76	1,77	0,54	2,16
	INF	X	X	X	X	X	1,94	0,52	1,78	1,77	0,54	2,14
2	SUP	X	X	X	X	X	1,91	0,51	1,63	1,73	0,52	2,12
	INF	X	X	X	X	X	1,85	0,51	1,64	1,73	0,53	2,09
1	SUP	0,2	0,29	0,76	0,5	1,16	1,04	0,3	0,97	1,36	0,38	1,61
	INF	0,23	0,23	0,63	0,54	1,28	0,99	0,3	0,96	1,33	0,39	1,61

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0,97	0,92	0,56	0,22	0,56	0,82
	INF	X	X	X	X	X	0,90	0,61	1,15	0,39	0,32	0,49
9	SUP	X	X	X	X	X	1,48	1,41	1,46	0,46	0,73	1,65
	INF	X	X	X	X	X	1,40	0,92	1,67	0,65	0,49	0,91
8	SUP	X	X	X	X	X	1,33	0,87	1,37	0,71	0,73	1,11
	INF	X	X	X	X	X	1,47	0,60	2,18	1,21	0,49	1,59
7	SUP	X	X	X	X	X	1,53	1,04	1,60	1,06	0,87	1,53
	INF	X	X	X	X	X	1,71	0,70	2,56	1,76	0,57	2,22
6	SUP	X	X	X	X	X	1,47	0,84	1,50	1,14	0,75	1,31
	INF	X	X	X	X	X	1,52	0,57	1,74	1,34	0,50	1,35
5	SUP	X	X	X	X	X	1,57	0,91	1,59	1,35	0,86	1,48
	INF	X	X	X	X	X	1,61	0,62	1,84	1,55	0,57	1,54
4	SUP	X	X	X	X	X	1,58	0,94	1,60	1,45	0,89	1,57
	INF	X	X	X	X	X	1,62	0,63	1,85	1,67	0,61	1,66
3	SUP	X	X	X	X	X	1,56	0,93	1,57	1,58	0,96	1,67
	INF	X	X	X	X	X	1,61	0,62	1,81	1,80	0,64	1,77
2	SUP	X	X	X	X	X	1,70	0,91	1,94	2,06	0,93	1,89
	INF	X	X	X	X	X	1,65	0,61	1,95	2,06	0,63	1,86
1	SUP	0,70	1,01	2,66	1,75	1,54	1,38	1,05	2,57	3,60	1,33	3,75
	INF	0,41	0,41	1,13	0,97	1,15	0,89	0,54	1,73	2,40	0,70	2,90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Relación D/C pórtico 2-3.

ACERO COLOCADO												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE			A			B			C		D
12	SUP	X	X	0,203	0,203	0,203	0,203	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,305	0,305	0,305	0,305	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0,203	0,203	0,609	0,609	0,203	0,609	0,609	0,203	0,203
	INF	X	X	0,305	0,305	0,743	0,743	0,439	0,743	0,743	0,305	0,305
10	SUP	X	X	0,203	0,203	0,699	0,699	0,203	0,495	0,495	0,203	0,203
	INF	X	X	0,305	0,305	0,743	0,743	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
9	SUP	X	X	0,268	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,268
	INF	X	X	0,305	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
8	SUP	X	X	0,601	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,463
	INF	X	X	0,504	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
7	SUP	X	X	0,601	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,463
	INF	X	X	0,504	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
6	SUP	X	X	0,784	0,439	0,763	0,763	0,301	0,763	0,763	0,439	0,642
	INF	X	X	0,585	0,439	1,234	1,234	0,554	1,234	1,234	0,439	0,54
5	SUP	X	X	0,784	0,439	0,763	0,763	0,301	0,763	0,763	0,439	0,642
	INF	X	X	0,585	0,439	1,234	1,234	0,554	1,234	1,234	0,439	0,54
4	SUP	X	X	0,958	0,439	0,909	0,909	0,301	0,504	0,504	0,439	0,637
	INF	X	X	0,699	0,439	1,555	1,555	0,554	1,433	1,433	0,439	0,637
3	SUP	X	X	0,958	0,439	0,909	0,909	0,301	0,504	0,504	0,439	0,637
	INF	X	X	0,699	0,439	1,555	1,555	0,554	1,433	1,433	0,439	0,637
2	SUP	X	X	0,936	0,439	0,865	0,865	0,301	0,763	0,763	0,439	0,731
	INF	X	X	0,637	0,439	1,433	1,433	0,554	1,234	1,234	0,439	0,585
1	SUP	0,203	0,536	0,536	0,203	0,406	0,406	0,203	0,305	0,305	0,203	0,305
	INF	0,394	0,788	0,788	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394

ACERO REQUERIDO												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0,3	0,11	0,3	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,23	0,13	0,25	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0,29	0,09	0,27	1,23	0,6	0,99	0,3	0,22	0,25
	INF	X	X	0,24	0,1	0,28	1,22	0,64	0,98	0,35	0,3	0,12
10	SUP	X	X	0,43	0,21	0,3	0,54	0,34	0,84	0,13	0,23	0,4
	INF	X	X	0,33	0,19	0,34	0,52	0,37	0,83	0,3	0,16	0,26
9	SUP	X	X	0,62	0,3	0,42	1	0,43	0,95	0,32	0,29	0,6
	INF	X	X	0,54	0,29	0,46	0,87	0,45	0,86	0,47	0,22	0,4
8	SUP	X	X	0,83	0,31	0,58	1,1	0,47	1,07	0,49	0,3	0,74
	INF	X	X	0,76	0,3	0,61	0,97	0,49	0,97	0,62	0,29	0,57
7	SUP	X	X	1,01	0,38	0,74	1,17	0,5	1,14	0,63	0,3	0,87
	INF	X	X	0,97	0,37	0,74	1,03	0,51	1,03	0,73	0,3	0,73
6	SUP	X	X	1,21	0,42	1	1,31	0,55	1,3	0,91	0,31	1,02
	INF	X	X	1,21	0,43	0,97	1,17	0,57	1,19	0,99	0,31	0,91
5	SUP	X	X	1,4	0,47	1,2	1,33	0,56	1,32	1,1	0,34	1,12
	INF	X	X	1,42	0,49	1,14	1,18	0,59	1,22	1,16	0,37	1,04
4	SUP	X	X	1,55	0,49	1,5	1,39	0,59	1,33	1,4	0,42	1,45
	INF	X	X	1,6	0,52	1,43	1,23	0,6	1,25	1,44	0,43	1,38
3	SUP	X	X	1,66	0,52	1,65	1,31	0,55	1,25	1,54	0,47	1,58
	INF	X	X	1,71	0,55	1,58	1,15	0,56	1,16	1,55	0,47	1,54
2	SUP	X	X	1,75	0,4	1,76	1,18	0,5	1,15	1,66	0,51	1,64
	INF	X	X	1,8	0,4	1,66	1,04	0,51	1,05	1,66	0,52	1,61
1	SUP	0,31	0,66	1,29	0,3	1,39	0,46	0,45	0,81	1,23	0,37	1,21
	INF	0,36	0,65	1,33	0,3	1,32	0,44	0,46	0,77	1,22	0,37	1,22

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	1,05	0,38	1,05	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,54	0,30	0,58	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	1,01	0,31	0,31	1,43	2,10	1,15	0,35	0,77	0,87
	INF	X	X	0,56	0,23	0,27	1,16	1,04	0,94	0,33	0,70	0,28
10	SUP	X	X	1,50	0,73	0,30	0,55	1,19	1,20	0,19	0,80	1,40
	INF	X	X	0,77	0,44	0,32	0,50	0,60	1,34	0,49	0,26	0,42
9	SUP	X	X	1,64	1,05	0,56	1,34	1,01	1,28	0,43	1,01	1,59
	INF	X	X	1,26	0,68	0,36	0,68	0,58	0,68	0,37	0,51	0,93
8	SUP	X	X	0,98	1,08	0,78	1,48	1,11	1,44	0,66	1,05	1,13
	INF	X	X	1,07	0,70	0,48	0,76	0,63	0,76	0,49	0,68	1,33
7	SUP	X	X	1,19	1,33	0,99	1,57	1,18	1,53	0,85	1,05	1,33
	INF	X	X	1,37	0,86	0,58	0,81	0,65	0,81	0,57	0,70	1,70
6	SUP	X	X	1,10	0,68	0,93	1,22	1,29	1,21	0,85	0,50	1,13
	INF	X	X	1,47	0,70	0,56	0,67	0,73	0,68	0,57	0,50	1,20
5	SUP	X	X	1,27	0,76	1,12	1,24	1,32	1,23	1,02	0,55	1,24
	INF	X	X	1,72	0,79	0,66	0,68	0,75	0,70	0,67	0,60	1,37
4	SUP	X	X	1,15	0,79	1,17	1,08	1,39	1,87	1,97	0,68	1,61
	INF	X	X	1,62	0,84	0,65	0,56	0,77	0,62	0,71	0,70	1,54
3	SUP	X	X	1,23	0,84	1,29	1,02	1,29	1,76	2,17	0,76	1,76
	INF	X	X	1,74	0,89	0,72	0,52	0,72	0,57	0,77	0,76	1,71
2	SUP	X	X	1,33	0,65	1,44	0,97	1,18	1,07	1,54	0,82	1,59
	INF	X	X	2,00	0,65	0,82	0,51	0,65	0,60	0,95	0,84	1,95
1	SUP	1,08	0,87	1,71	1,05	2,43	0,80	1,57	1,89	2,86	1,29	2,82
	INF	0,65	0,59	1,20	0,54	2,38	0,79	0,83	1,39	2,20	0,67	2,20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Relación D/C pórtico 4-5.

ACERO COLOCADO												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0,203	0,203	0,203	0,203	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,305	0,305	0,305	0,305	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0,203	0,203	0,609	0,609	0,203	0,406	0,406	0,203	0,203
	INF	X	X	0,305	0,305	0,743	0,743	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
10	SUP	X	X	0,203	0,203	0,699	0,699	0,203	0,495	0,495	0,203	0,203
	INF	X	X	0,305	0,305	0,743	0,743	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
9	SUP	X	X	0,268	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,268
	INF	X	X	0,305	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
8	SUP	X	X	0,601	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,463
	INF	X	X	0,504	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
7	SUP	X	X	0,601	0,203	0,528	0,528	0,301	0,528	0,528	0,203	0,463
	INF	X	X	0,504	0,305	0,902	0,902	0,554	0,902	0,902	0,305	0,305
6	SUP	X	X	0,784	0,439	0,763	0,763	0,301	0,763	0,763	0,439	0,642
	INF	X	X	0,585	0,439	1,234	1,234	0,554	1,234	1,234	0,439	0,54
5	SUP	X	X	0,784	0,439	0,763	0,763	0,301	0,763	0,763	0,439	0,642
	INF	X	X	0,585	0,439	1,234	1,234	0,554	1,234	1,234	0,439	0,54
4	SUP	X	X	0,958	0,439	0,909	0,909	0,301	0,504	0,504	0,439	0,637
	INF	X	X	0,699	0,439	1,555	1,555	0,554	1,433	1,433	0,439	0,637
3	SUP	X	X	0,958	0,439	0,909	0,909	0,301	0,504	0,504	0,439	0,637
	INF	X	X	0,699	0,439	1,555	1,555	0,554	1,433	1,433	0,439	0,637
2	SUP	X	X	0,836	0,439	0,865	0,865	0,301	0,763	0,763	0,439	0,731
	INF	X	X	0,637	0,439	1,433	1,433	0,554	1,234	1,234	0,439	0,585
1	SUP	0,203	0,536	0,536	0,203	0,406	0,406	0,203	0,305	0,305	0,203	0,305
	INF	0,394	0,788	0,788	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394

ACERO REQUERIDO												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0,3	0,08	0,25	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,22	0,12	0,25	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0,3	0,1	0,27	1,32	0,64	1,01	0,3	0,23	0,25
	INF	X	X	0,23	0,12	0,3	1,26	0,66	1,03	0,35	0,3	0,13
10	SUP	X	X	0,33	0,16	0,29	0,56	0,34	0,85	0,13	0,23	0,4
	INF	X	X	0,3	0,14	0,3	0,54	0,39	0,86	0,3	0,17	0,28
9	SUP	X	X	0,47	0,24	0,31	1,06	0,45	0,98	0,33	0,29	0,6
	INF	X	X	0,39	0,22	0,34	0,91	0,47	0,9	0,46	0,22	0,41
8	SUP	X	X	0,64	0,3	0,45	1,17	0,5	1,11	0,49	0,3	0,74
	INF	X	X	0,58	0,3	0,47	1,02	0,51	1,01	0,61	0,29	0,58
7	SUP	X	X	0,8	0,31	0,59	1,24	0,53	1,18	0,64	0,3	0,87
	INF	X	X	0,77	0,3	0,59	0,109	0,54	1,08	0,73	0,3	0,73
6	SUP	X	X	0,98	0,35	0,82	1,36	0,58	1,34	0,92	0,3	1,01
	INF	X	X	0,98	0,35	0,79	1,23	0,59	1,23	0,98	0,3	0,92
5	SUP	X	X	1,16	0,4	1,01	1,38	0,58	1,35	1,1	0,34	1,12
	INF	X	X	1,18	0,41	0,96	1,23	0,59	1,25	1,16	0,37	1,04
4	SUP	X	X	1,36	0,43	1,32	1,41	0,6	1,36	1,4	0,42	1,45
	INF	X	X	1,41	0,45	1,23	1,26	0,6	1,27	1,44	0,43	1,38
3	SUP	X	X	1,51	0,46	1,51	1,31	0,56	1,27	1,53	0,47	1,58
	INF	X	X	1,54	0,48	1,44	0,17	0,56	1,16	1,55	0,46	1,53
2	SUP	X	X	1,6	0,36	1,62	1,15	0,49	1,14	1,63	0,5	1,52
	INF	X	X	1,64	0,36	1,55	1,03	0,5	1,03	1,64	0,51	1,58
1	SUP	0,31	0,65	1,16	0,3	1,27	0,44	0,44	0,79	1,19	0,36	1,22
	INF	0,34	0,62	1,19	0,3	1,2	0,43	0,44	0,74	1,2	0,36	1,18

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	1,05	0,28	0,87	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0,51	0,28	0,58	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	1,05	0,35	0,31	1,54	2,23	1,76	0,52	0,80	0,87
	INF	X	X	0,54	0,28	0,29	1,20	1,07	1,67	0,57	0,49	0,21
10	SUP	X	X	1,15	0,56	0,29	0,57	1,19	1,22	0,19	0,80	1,40
	INF	X	X	0,70	0,33	0,29	0,52	0,63	1,39	0,49	0,27	0,45
9	SUP	X	X	1,24	0,84	0,42	1,42	1,06	1,32	0,44	1,01	1,59
	INF	X	X	0,91	0,51	0,27	0,72	0,60	0,71	0,36	0,51	0,95
8	SUP	X	X	0,76	1,05	0,60	1,57	1,18	1,49	0,66	1,05	1,13
	INF	X	X	0,82	0,70	0,37	0,80	0,65	0,79	0,48	0,68	1,35
7	SUP	X	X	0,94	1,08	0,79	1,67	1,25	1,59	0,86	1,05	1,33
	INF	X	X	1,08	0,70	0,46	0,09	0,69	0,85	0,57	0,70	1,70
6	SUP	X	X	0,89	0,57	0,76	1,26	1,36	1,25	0,86	0,49	1,12
	INF	X	X	1,19	0,57	0,45	0,71	0,75	0,71	0,56	0,49	1,21
5	SUP	X	X	1,05	0,65	0,94	1,28	1,36	1,25	1,02	0,55	1,24
	INF	X	X	1,43	0,66	0,55	0,71	0,75	0,72	0,67	0,60	1,37
4	SUP	X	X	1,01	0,70	1,03	1,10	1,41	1,92	1,97	0,68	1,61
	INF	X	X	1,43	0,73	0,56	0,57	0,77	0,63	0,71	0,70	1,54
3	SUP	X	X	1,12	0,74	1,18	1,02	1,32	1,79	2,15	0,76	1,76
	INF	X	X	1,56	0,78	0,66	0,08	0,72	0,57	0,77	0,74	1,70
2	SUP	X	X	1,36	0,58	1,33	0,94	1,15	1,06	1,51	0,81	1,48
	INF	X	X	1,82	0,58	0,77	0,51	0,64	0,59	0,94	0,82	1,92
1	SUP	1,08	0,86	1,54	1,05	2,22	0,77	1,54	1,84	2,77	1,26	2,84
	INF	0,61	0,56	1,07	0,54	2,16	0,77	0,79	1,33	2,16	0,65	2,13

Fuente: Elaboración propia.

De las imágenes y tablas anteriores, se puede observar la gran cantidad de columnas y vigas que sobrepasan los valores límite establecidos, por lo que se asume que terminarán articulándose y distribuyendo más fuerzas al resto de los elementos, haciendo que también se articulen al mismo tiempo que disminuye la rigidez de la estructura y aumenta su deriva, produciendo todas en conjunto el agrietamiento de gran cantidad de elementos y el colapso de la estructura.

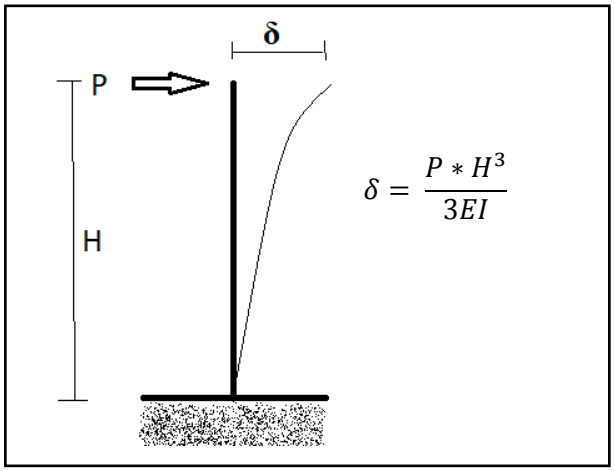
Debido a esto, se concluyó que es necesaria la colocación de un sistema estructural adicional, capaz de resistir el 75 % de la fuerza cortante existente, asumiendo que los muros no representarán una variación significativa para esta, y cumplir con el valor límite de deriva establecido por la norma.

IV.7 Selección y dimensionado del sistema estructural de refuerzo.

Para la selección del sistema de refuerzo, se debe considerar que no ocurra una perturbación significativa para los habitantes de la edificación, tales como desocupación de sus viviendas, demolición parcial de losas, vigas o columnas y cualquier otra similar. Por esto, se decidió optar por un sistema de muros externos.

IV.7.1 Predimensionado de muros.

Con el fin de obtener la inercia requerida para el diseño de muro en la edificación, se procederá a utilizar la siguiente ecuación (ver imagen 20):



Fuente: Elaboración propia

Imagen 20: Deformación de columna con una carga aplicada puntual.

Para el cálculo de la inercia se obtuvieron los siguientes datos:

- H= 1060 cm ($\frac{1}{3}$ de la altura total del edificio).
- P = $\frac{1}{4}$ del 75% de cortante basal. (ver imagen 21).
- δi → $\frac{\delta i}{H}$ = 0,015 (Valor limitante para el grupo B1 según la norma COVENIN 1756-01, tabla 10.1).
- $\delta = \frac{\delta i}{0{,}8R}$ (El valor de R a utilizar para esta ecuación será 3,5).
- $E = 15100\sqrt{f'c}$ (Tomando f´c=240 Kgf/cm²).

Base Reactions

3 de 9 Reload Apply

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Dead	0	0	1984.4155	21065.5141	-20370.1375	0
Live	0	0	422.6273	4293.6591	-4324.6022	0
SISMO Max	400.8663	450.5446	8.099E-07	9307.9281	8258.9313	7660.117

Fuente: ETABS.

Imagen 21: Cortante basal del edificio.

Sustituyendo los valores anteriores, se determinó que cada muro debe contar con las siguientes inercias.

Ix= 22463400 cm^4.

Iy= 25247230 cm^4.

Seguidamente, se procedió a fijar una base de 35cm y se despejó la altura (h) requerida con la siguiente ecuación para el diseño de muro.

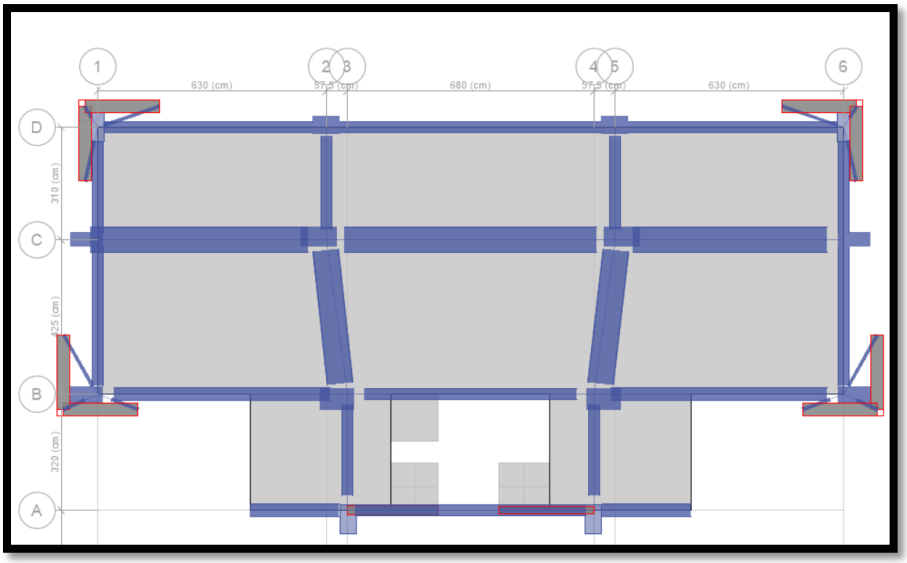
$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

hx = 197,48 cm.

hy = 205,33 cm.

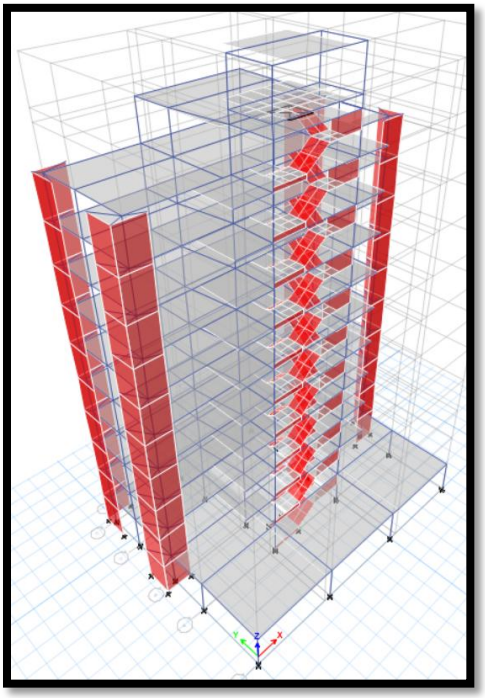
Se decidió fijar una h = 205 cm. para ambos sentidos.

Se colocó un muro en forma de "L" simétrica con una medida de 205 cm. cada lado y un espesor de 35 cm. en las cuatro esquinas de la estructura con el fin de conservar la simetría y evitar un efecto torsional por una distribución no equitativa de la rigidez.



Fuente: ETABS.

Imagen 22: Vista planta con el reforzamiento de muros.



Fuente: ETABS.

Imagen 23: Vista isométrica del edificio con refuerzo de muros.

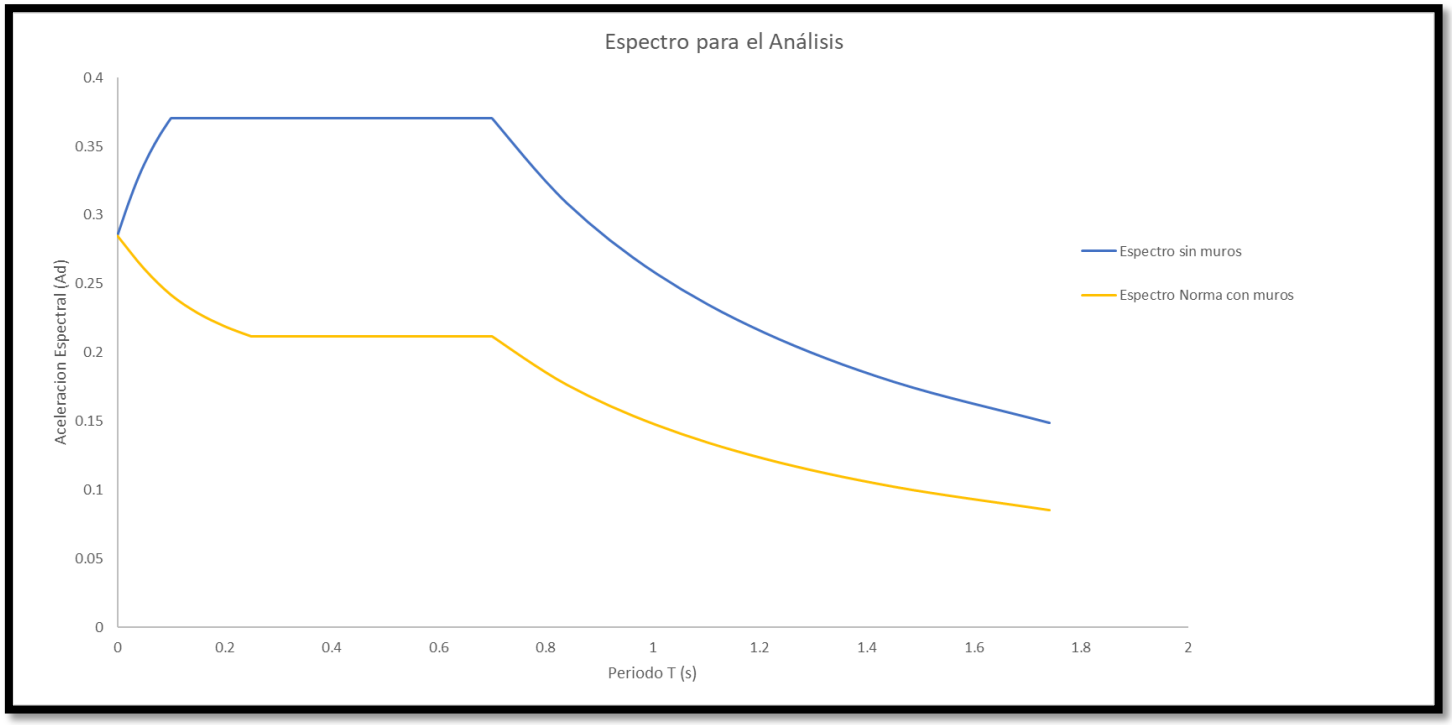
IV.7.2 Cálculo del espectro sísmico.

De acuerdo a la norma sismorresistente 1756-01, se obtuvieron los siguientes datos.

- Aceleración horizontal A_o= 0,3.
- Forma espectral: S2.
- Factor de corrección φ: 0,95.
- Grupo B2.
- Factor de importancia α = 1
- Nivel de diseño a utilizar será: ND2 (los muros serán ND3 y el sistema actual ND1, sería muy conservador tomar la estructura mixta como ND1, pero no es totalmente ND3 por lo que se tomó el valor medio).
- Es sistema estructural de pórticos y muros, por lo cual su tipo será II.
- Sabiendo el tipo de sistema estructural y su nivel de diseño, su factor de reducción será R=3,5
- El factor de magnificación promedio es β: 2,6
- El máximo periodo en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante de T*= 0,7 seg.
- El exponente que define la rama descendente del espectro de p: 1
- Periodo característico de variación de respuestas dúctil de T^+: 0,25 seg.
- Periodo a partir del cual los espectros normalizados tienen un valor constante de T_o= 0,175 seg.

El espectro de respuesta suministrado por el programa ETABS según los datos anteriores es el

reflejado en la figura siguiente.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2: Espectro de la norma vs espectro con muros

IV.7.3 Período de la estructura con refuerzo.

Se presenta el período el en modo de vibración más representativo de la estructura y el tipo de diafragma, extraído del programa ETABS.

Tabla 12: Período de la edificación con refuerzo.

Estructura	Periodo	Tipo de diafragma
Edificio	0,78	Rígido

Fuente: Elaboración propia.

IV.7.4 Período fundamental.

El período fundamental para una estructura mixta según la COVENIN 1756-01 se calcula con la fórmula:

$$\boldsymbol{Ta = 0{,}05\ h_n^{\ 0{,}75}}$$

Este no puede ser mayor a $T = 1.6 * Ta$.

IV.7.5 Corte Basal

Se hace referencia a la norma el capítulo 9, la selección del método de análisis a utilizar será el método estático equivalente, por lo cual, se especifica en la sección 9.3.1, la fórmula para calcular el corte basal será la siguiente:

$$\boldsymbol{Vmin = \mu * Ad * W}$$

Se define W como el peso de la estructura por encima de la base, según el capítulo 7 de la norma en su sección 7.1 indica que para viviendas el peso total será el 100 por ciento (100%) del peso de las acciones permanentes más el veinticinco por ciento (25%) de la carga variable.

Para calcular μ y Ad se utiliza las siguientes ecuaciones:

- Ta=0,05 $hn^{\ 0.75}$ < T=1.6∗Ta.
- μ=1,4 $\left[\frac{N+9}{2N+12}\right]$ y μ=0,8+ $\frac{1}{20}\left[\frac{T}{T^*} - 1\right]$

Especificando que:

- ✓ N: número de pisos del edificio
- ✓ T: Periodo fundamental

- ✓ T^*: periodo obtenido de la tabla.

- $Ad = \frac{\alpha\varphi\beta Ao}{R} * \left(\frac{T^*}{T}\right)^p$

Para obtener el peso en el programa ETABS, se suman los valores de fuerzas en dirección Z como se señala a continuación:

	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
▶	Dead	0	0	2383.0461
	Live	0	0	422.6273

Fuente: ETABS.

Imagen 24: Peso del edificio para carga permanente y variable.

Se procederá a los cálculos correspondientes para corte basal:

- W = 0,25 $*$ 422,63+2383,05 = 2488,70 $tonf$
- Ta = 0,05 $*$ 33,8 ^{0,75}= 0,70
- T = 1,6 $*$ 0,70 = 1,12
- Según lo especificado anteriormente se tiene que $T*$=0,7

  Se calculan los μ

  - μ=1,4 $\left[\frac{11+9}{2*11+12}\right]$ = 0,5882
  - μ=0,8+ $\frac{1}{20}\left[\frac{1,12}{0,7} - 1\right]$ = 0,83

Tomamos el mayor valor el cual es μ=0,83

Según lo especificado anteriormente se tiene los siguientes valores:

- α=1

- β=2,6.
- φ=0,95.
- A_0= 0,3
- R=3,5.
- $T*$=0,7
- p=1

Con los mismos valores anteriores para la formulas se tiene que:

$$Ad= \frac{1*0,95*2,6*0,3}{2} * \left(\frac{0,7}{1,12}\right)^1 =0,13232$$

Con todos estos valores se obtiene el siguiente cortante basal:

$$\text{Vmin= 0,83 * 0,13232 * 2488,70 = 273,32 } tonf.$$

A continuación, el programa ETABS suministra los valores para corte basal:

Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf
Dead	0	0
Live	0	0
SISMO Max	336.119	329.0149

Fuente: ETABS.

Imagen 25: Corte basal del edificio.

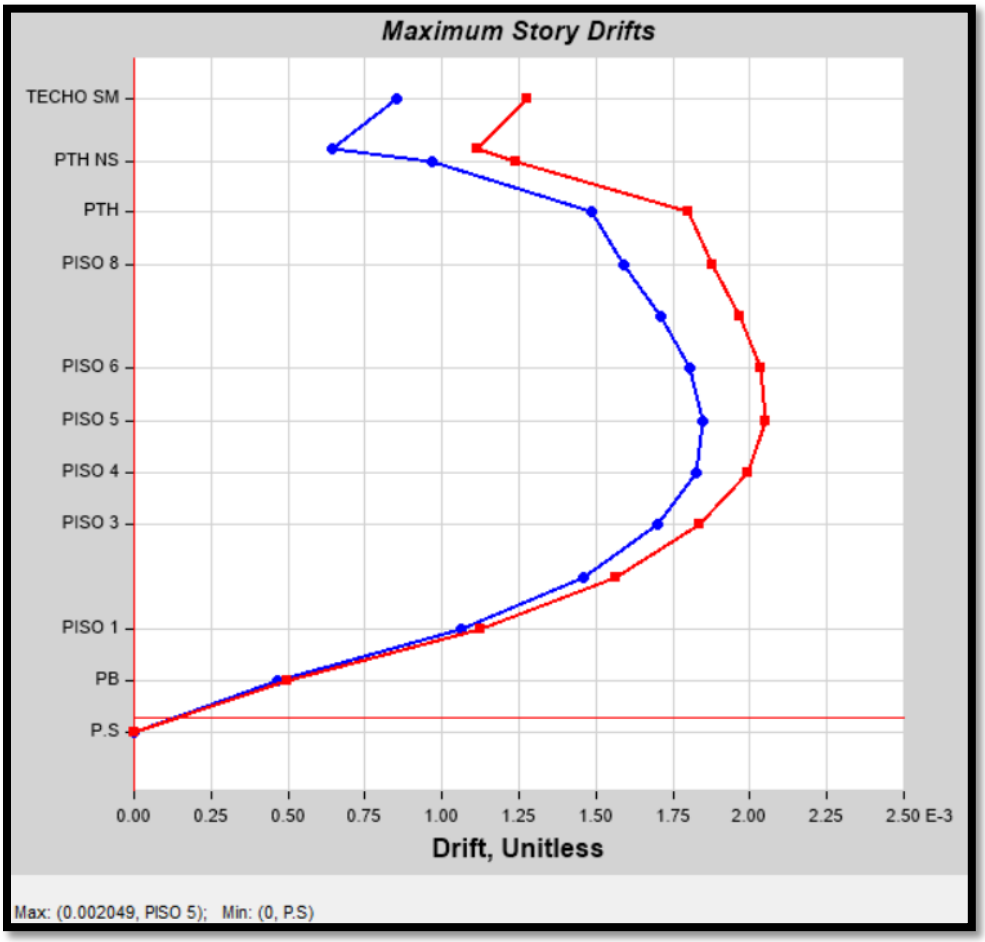
De manera que, para el caso de sismo máximo, el corte basal en ambas direcciones cumple con el mínimo.

IV.7.6 Control de los desplazamientos de la edificación con muro.

Para proceder a calcular el desplazamiento lateral total de la edificación se utilizará la siguiente ecuación:

$$\Delta \boldsymbol{i} = \mathbf{0,8} * \boldsymbol{R} * \Delta \boldsymbol{ei}$$

Donde, el factor de reducción (R) será 3,5 y el desplazamiento lateral del nivel i (Δei) tendrá como valor 0,002049, tal como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente: ETABS.

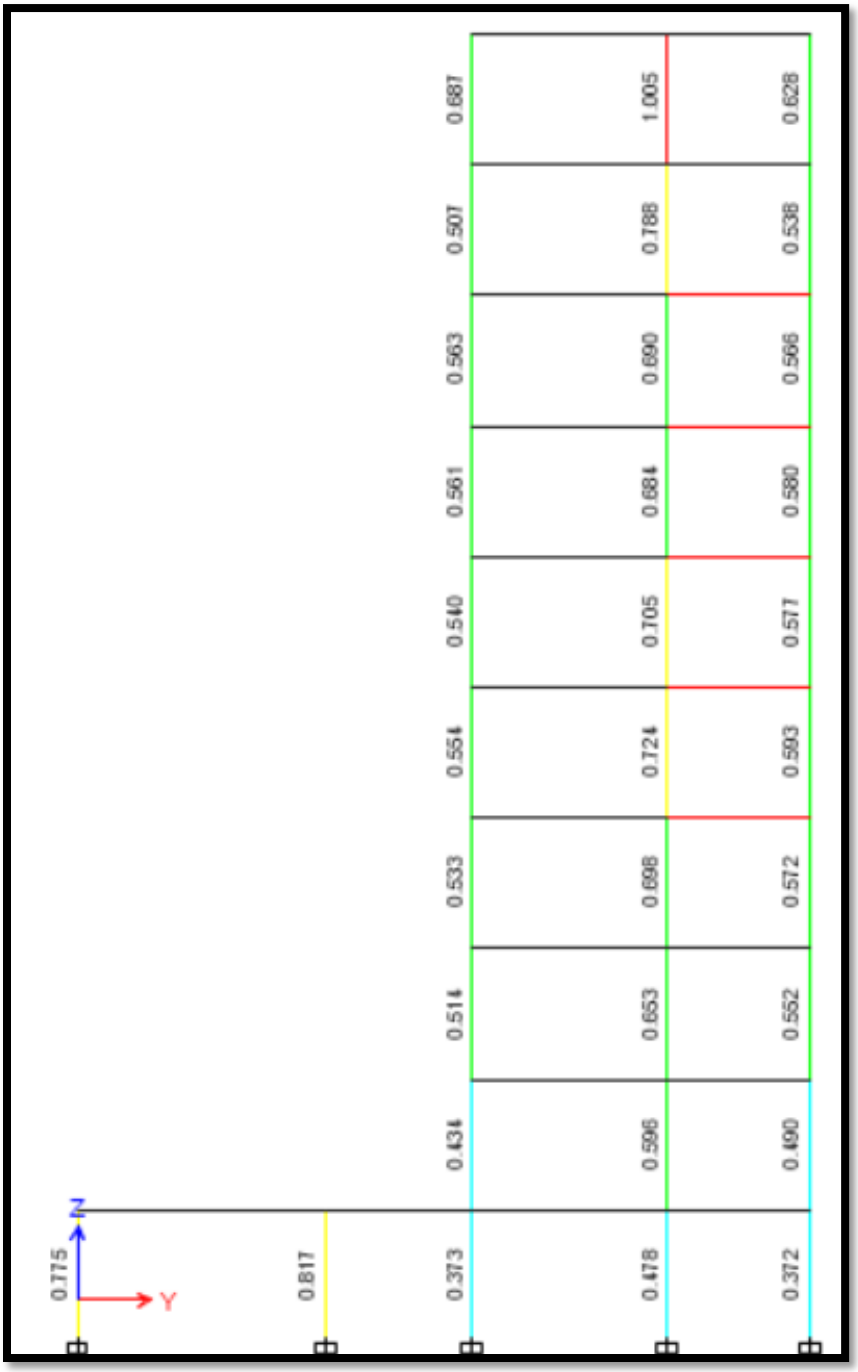
Imagen 26: Deriva del edificio.

$$\Delta i = 0{,}8 * 3{,}5 * 0{,}002049 = 0{,}0057$$

El valor calculado anteriormente se debe comparar con el valor limitante de la tabla 10.1 de la norma COVENIN 1756-01, sabiendo que estamos en una edificación del grupo B1 con una disposición de los elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura, el valor limitante será 0,015. Por lo tanto, el 0,0057 se encuentra dentro de los parámetros suministrados de la norma, es decir, cumple con la deriva.

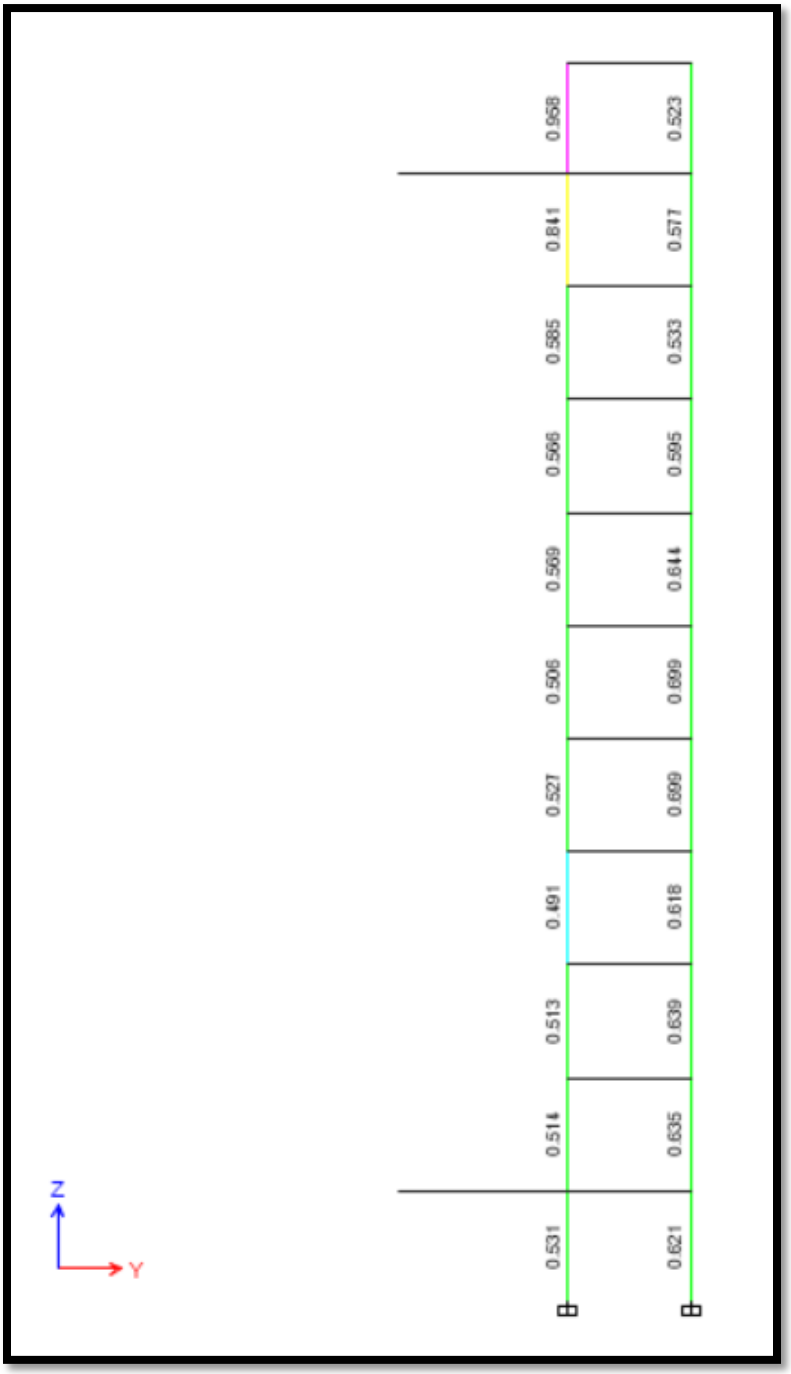
IV.7.7 Análisis de acero en viga y columnas.

Luego de analizar la estructura mediante el programa ETABS, se chequearon nuevamente las relaciones demanda/capacidad con el mismo criterio de considerar el valor límite antes calculado (1,41) para las columnas, y 1 para las vigas al ser ya considerado el factor antes mencionado en el acero requerido.



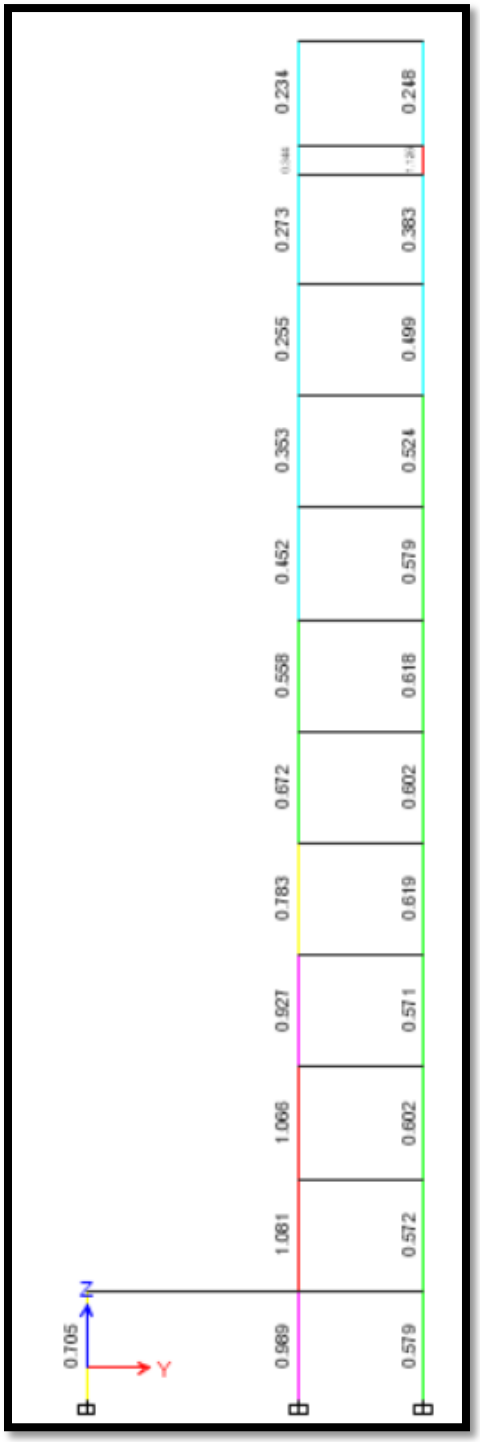
Fuente: ETABS.

Imagen 27: Pórtico 1 con el reforzamiento de muros.



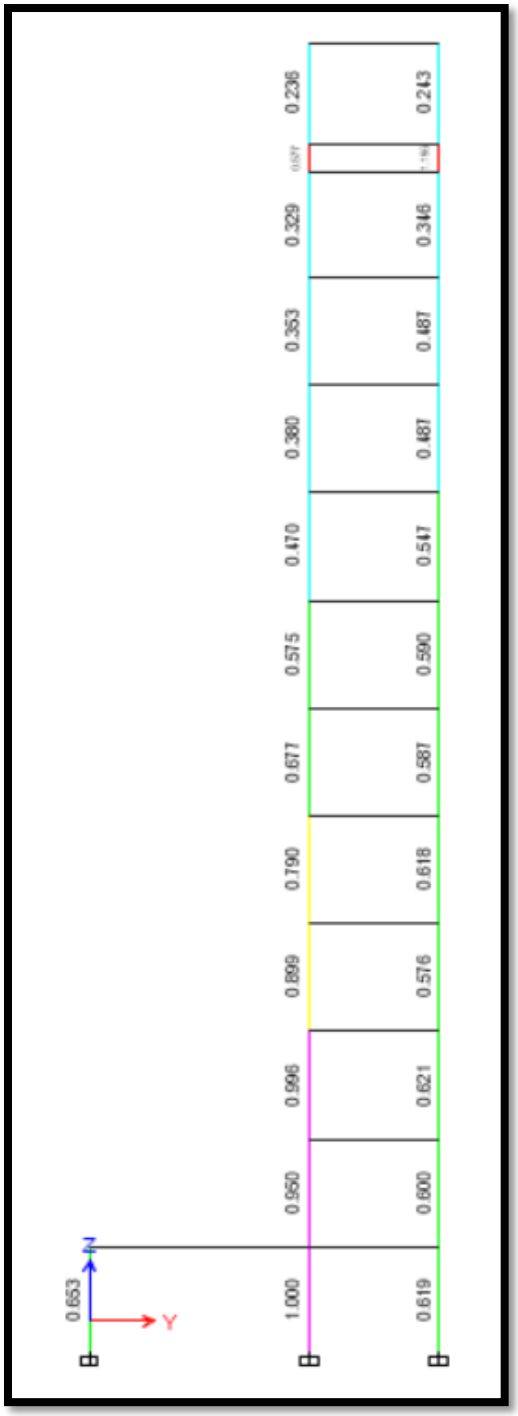
Fuente: ETABS.

Imagen 28: Pórtico 2 con el reforzamiento de muros.



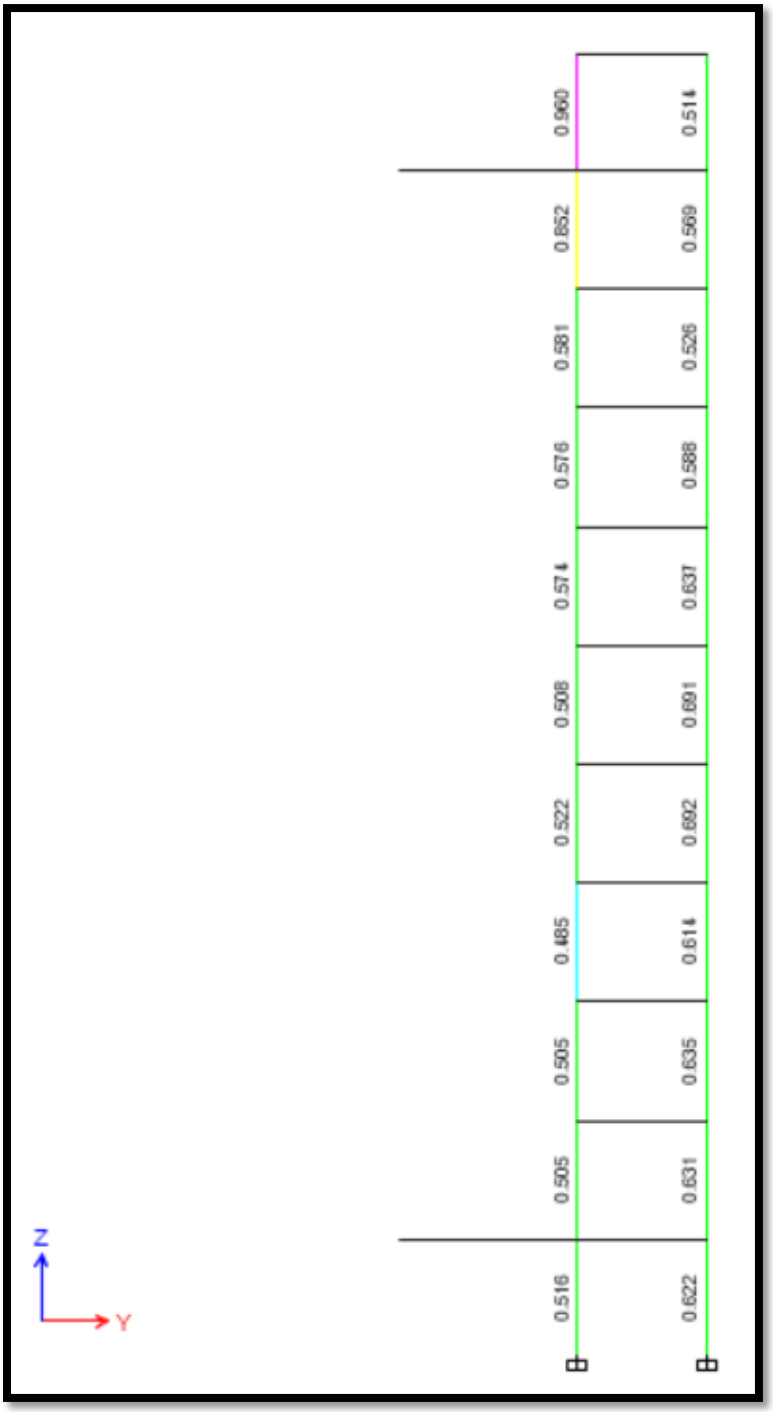
Fuente: ETABS.

Imagen 29: Pórtico 3 con el reforzamiento de muros.



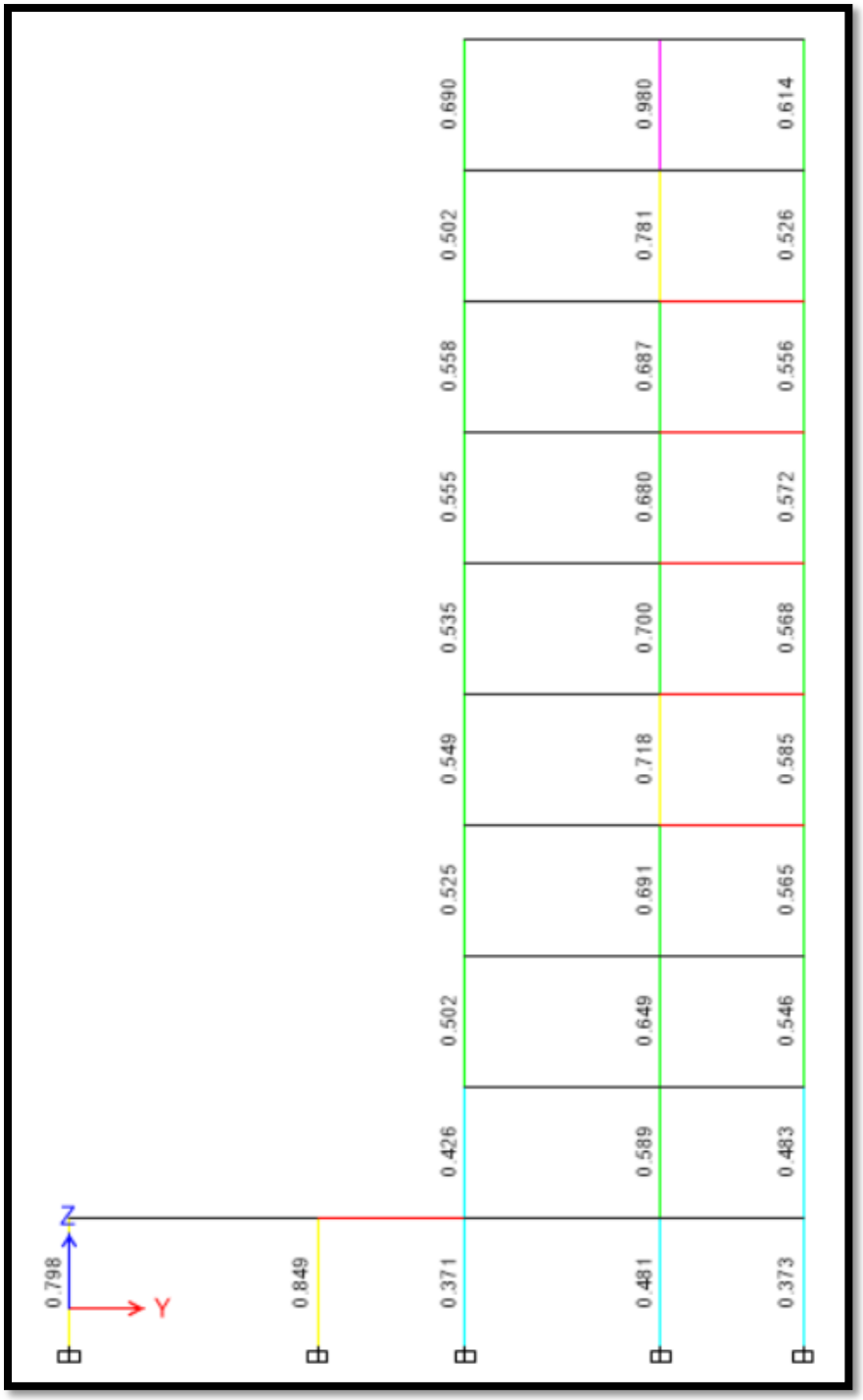
Fuente: ETABS.

Imagen 30: Pórtico 4 con el reforzamiento de muros.



Fuente: ETABS.

Imagen 31: Pórtico 5 con el reforzamiento de muros.



Fuente: ETABS.

Imagen 32: Pórtico 6 con el reforzamiento de muros.

Tabla 13: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico A.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	2		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0.55	0.17	0.52	X	X	X
	INF	X	X	X	0.3	0.53	0.3	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.28	0.12	0.12	X	X	X
	INF	X	X	X	0.14	0.16	0.12	X	X	X
10	SUP	X	0.06	0.17	0.3	0.18	0.18	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.17	0.27	0.18	0.08	0.04	X
9	SUP	X	0.06	0.17	0.32	0.23	0.23	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.22	0.3	0.23	0.08	0.04	X
8	SUP	X	0.06	0.17	0.5	0.3	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.3	0.42	0.3	0.08	0.04	X
7	SUP	X	0.06	0.17	0.69	0.42	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.48	0.58	0.3	0.08	0.04	X
6	SUP	X	0.06	0.17	0.85	0.55	0.32	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.64	0.72	0.32	0.08	0.04	X
5	SUP	X	0.06	0.17	1	0.67	0.37	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.79	0.85	0.37	0.08	0.04	X
4	SUP	X	0.06	0.17	1.13	0.78	0.41	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.91	0.97	0.41	0.08	0.04	X
3	SUP	X	0.06	0.17	1.22	0.87	0.44	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	1	1.06	0.44	0.08	0.04	X
2	SUP	X	0.06	0.17	1.17	0.82	0.44	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.91	1.03	0.44	0.08	0.04	X
1	SUP	0.44	0.17	0.52	0.94	0.68	0.3	0.63	0.2	0.52
	INF	0.29	0.3	0.3	0.58	0.93	0.3	0.3	0.3	0.3

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	1.05	0.33	1.00	X	X	X
	INF	X	X	X	0.58	1.03	0.58	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.95	0.54	0.41	X	X	X
	INF	X	X	X	0.29	0.33	0.25	X	X	X
10	SUP	X	0.21	0.24	0.43	0.63	0.26	0.24	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.21	0.44	0.22	0.10	0.22	X
9	SUP	X	0.21	0.24	0.46	0.80	0.33	0.24	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.27	0.49	0.29	0.10	0.22	X
8	SUP	X	0.21	0.17	0.49	1.05	0.29	0.17	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.37	0.68	0.37	0.10	0.22	X
7	SUP	X	0.21	0.17	0.68	1.47	0.29	0.17	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.60	0.94	0.37	0.10	0.22	X
6	SUP	X	0.15	0.14	0.68	1.33	0.26	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.71	1.16	0.36	0.09	0.22	X
5	SUP	X	0.15	0.14	0.80	1.63	0.30	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.88	1.37	0.41	0.09	0.22	X
4	SUP	X	0.15	0.14	0.90	1.89	0.33	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	1.01	1.57	0.46	0.09	0.22	X
3	SUP	X	0.15	0.14	0.97	2.11	0.35	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	1.11	1.71	0.49	0.09	0.22	X
2	SUP	X	0.15	0.16	1.10	1.99	0.42	0.16	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	1.01	1.67	0.49	0.09	0.22	X
1	SUP	0.61	0.69	0.39	0.71	2.77	0.23	0.48	0.65	0.72
	INF	0.55	0.57	0.28	0.55	1.76	0.28	0.28	0.57	0.57

ACERO REQUERIDO CON MUROS										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	2		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0.55	0.17	0.51	X	X	X
	INF	X	X	X	0.3	0.53	0.3	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.24	0.1	0.1	X	X	X
	INF	X	X	X	0.12	0.14	0.1	X	X	X
10	SUP	X	0.06	0.17	0.29	0.17	0.17	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.13	0.22	0.17	0.06	0.04	X
9	SUP	X	0.06	0.17	0.3	0.2	0.2	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.2	0.3	0.2	0.06	0.04	X
8	SUP	X	0.06	0.17	0.4	0.27	0.23	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.29	0.35	0.23	0.06	0.04	X
7	SUP	X	0.06	0.17	0.5	0.3	0.27	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.3	0.44	0.27	0.06	0.04	X
6	SUP	X	0.06	0.17	0.59	0.35	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.39	0.52	0.3	0.06	0.04	X
5	SUP	X	0.06	0.17	0.67	0.41	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.47	0.59	0.3	0.06	0.04	X
4	SUP	X	0.06	0.17	0.73	0.46	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.52	0.64	0.3	0.06	0.04	X
3	SUP	X	0.06	0.17	0.76	0.46	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.54	0.69	0.3	0.06	0.04	X
2	SUP	X	0.06	0.17	0.67	0.42	0.3	0.17	0.06	X
	INF	X	0.04	0.08	0.44	0.63	0.3	0.06	0.04	X
1	SUP	0.33	0.13	0.41	0.57	0.28	0.23	0.47	0.15	0.37
	INF	0.22	0.28	0.3	0.3	0.56	0.23	0.3	0.26	0.24

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS										
PORTICO A										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	1.05	0.33	0.98	X	X	X
	INF	X	X	X	0.58	1.03	0.58	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.81	0.45	0.34	X	X	X
	INF	X	X	X	0.25	0.29	0.21	X	X	X
10	SUP	X	0.21	0.24	0.42	0.59	0.24	0.24	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.16	0.36	0.21	0.07	0.22	X
9	SUP	X	0.21	0.24	0.43	0.70	0.29	0.24	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.25	0.49	0.25	0.07	0.22	X
8	SUP	X	0.21	0.17	0.39	0.94	0.23	0.17	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.36	0.57	0.29	0.07	0.22	X
7	SUP	X	0.21	0.17	0.49	1.05	0.27	0.17	0.21	X
	INF	X	0.22	0.10	0.37	0.71	0.34	0.07	0.22	X
6	SUP	X	0.15	0.14	0.47	0.85	0.24	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.43	0.84	0.33	0.07	0.22	X
5	SUP	X	0.15	0.14	0.53	0.99	0.24	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.52	0.95	0.33	0.07	0.22	X
4	SUP	X	0.15	0.14	0.58	1.12	0.24	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.58	1.04	0.33	0.07	0.22	X
3	SUP	X	0.15	0.14	0.61	1.12	0.24	0.14	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.60	1.12	0.33	0.07	0.22	X
2	SUP	X	0.15	0.16	0.63	1.02	0.28	0.16	0.15	X
	INF	X	0.22	0.09	0.49	1.02	0.33	0.07	0.22	X
1	SUP	0.45	0.53	0.31	0.43	1.14	0.17	0.35	0.49	0.51
	INF	0.42	0.53	0.28	0.28	1.06	0.22	0.28	0.49	0.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico B.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS										
PORTICO B										
NIVEL	EJE			3			4			6
12	SUP	X	X	X	0.39	0.13	0.38	X	X	X
	INF	X	X	X	0.27	0.31	0.26	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.31	0.1	0.31	X	X	X
	INF	X	X	X	0.2	0.15	0.23	X	X	X
10	SUP	0.81	0.25	0.53	0.41	0.15	0.44	0.56	0.3	0.79
	INF	0.39	0.3	0.46	0.26	0.22	0.29	0.48	0.3	0.37
9	SUP	0.93	0.29	0.61	0.55	0.2	0.61	0.65	0.29	0.93
	INF	0.44	0.33	0.53	0.3	0.3	0.31	0.54	0.33	0.44
8	SUP	1.02	0.3	0.72	0.73	0.26	0.79	0.75	0.3	1.01
	INF	0.51	0.36	0.61	0.41	0.3	0.47	0.62	0.36	0.53
7	SUP	1.08	0.3	0.82	0.89	0.3	0.96	0.84	0.3	1.07
	INF	0.6	0.38	0.68	0.55	0.36	0.61	0.68	0.37	0.61
6	SUP	1.12	0.3	0.91	1.05	0.3	1.13	0.92	0.3	1.11
	INF	0.67	0.39	0.73	0.68	0.41	0.75	0.72	0.39	0.67
5	SUP	1.14	0.3	0.98	1.17	0.34	1.25	0.97	0.3	1.13
	INF	0.72	0.4	0.76	0.78	0.45	0.85	0.75	0.39	0.71
4	SUP	1.13	0.3	1.03	1.29	0.38	1.37	1.01	0.3	1.12
	INF	0.75	0.4	0.77	0.89	0.48	0.95	0.76	0.4	0.74
3	SUP	1.08	0.3	1.03	1.32	0.38	1.41	1	0.3	1.08
	INF	0.74	0.39	0.74	0.92	0.49	0.98	0.73	0.38	0.71
2	SUP	0.94	0.3	0.94	1.21	0.35	1.3	0.9	0.3	0.94
	INF	0.64	0.34	0.62	0.84	0.45	0.89	0.61	0.34	0.61
1	SUP	0.71	0.26	0.73	0.56	0.3	0.79	0.67	0.24	0.73
	INF	0.36	0.3	0.35	0.48	0.3	0.62	0.35	0.3	0.35

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS										
PORTICO B										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	1.03	0.45	1.00	X	X	X
	INF	X	X	X	0.63	0.72	0.61	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.47	0.54	0.47	X	X	X
	INF	X	X	X	0.37	0.27	0.42	X	X	X
10	SUP	0.71	0.61	0.46	0.36	0.36	0.38	0.49	0.73	0.69
	INF	0.63	0.49	0.37	0.21	0.36	0.23	0.39	0.49	0.60
9	SUP	0.81	0.70	0.53	0.48	0.49	0.53	0.57	0.70	0.81
	INF	0.71	0.53	0.43	0.24	0.49	0.25	0.44	0.53	0.71
8	SUP	0.67	0.73	0.48	0.48	0.63	0.52	0.50	0.73	0.67
	INF	0.52	0.58	0.42	0.28	0.49	0.33	0.43	0.58	0.54
7	SUP	0.71	0.73	0.54	0.59	0.73	0.64	0.56	0.73	0.71
	INF	0.61	0.61	0.47	0.38	0.58	0.42	0.47	0.60	0.62
6	SUP	0.69	0.49	0.53	0.61	0.49	0.66	0.54	0.49	0.68
	INF	0.71	0.63	0.46	0.42	0.66	0.47	0.45	0.63	0.75
5	SUP	0.70	0.49	0.57	0.68	0.55	0.73	0.56	0.49	0.69
	INF	0.80	0.65	0.47	0.49	0.73	0.53	0.47	0.63	0.79
4	SUP	0.66	0.49	0.60	0.75	0.61	0.80	0.59	0.49	0.65
	INF	0.76	0.65	0.48	0.56	0.78	0.59	0.47	0.65	0.75
3	SUP	0.63	0.49	0.60	0.77	0.61	0.82	0.58	0.49	0.63
	INF	0.75	0.63	0.46	0.57	0.79	0.61	0.46	0.61	0.72
2	SUP	0.72	0.49	0.55	0.70	0.57	0.76	0.52	0.49	0.72
	INF	0.71	0.55	0.47	0.63	0.73	0.67	0.46	0.55	0.68
1	SUP	1.07	1.06	0.91	0.70	1.22	0.99	0.84	0.98	0.91
	INF	0.68	0.57	0.33	0.45	0.57	1.17	0.66	0.57	0.66

ACERO REQUERIDO CON MUROS										
PORTICO B										
NIVEL	EJE			3			4			6
12	SUP	X	X	X	0.36	0.12	0.35	X	X	X
	INF	X	X	X	0.25	0.31	0.24	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.31	0.08	0.31	X	X	X
	INF	X	X	X	0.16	0.13	0.18	X	X	X
10	SUP	0.08	0.25	0.4	0.4	0.15	0.43	0.42	0.3	0.77
	INF	0.38	0.3	0.42	0.26	0.22	0.28	0.42	0.3	0.37
9	SUP	0.88	0.27	0.46	0.49	0.18	0.53	0.49	0.27	0.88
	INF	0.42	0.31	0.47	0.3	0.27	0.3	0.47	0.31	0.42
8	SUP	0.9	0.27	0.51	0.57	0.2	0.6	0.54	0.28	0.9
	INF	0.42	0.32	0.48	0.3	0.3	0.31	0.49	0.32	0.42
7	SUP	0.91	0.28	0.56	0.64	0.22	0.68	0.59	0.28	0.91
	INF	0.43	0.32	0.50	0.32	0.30	0.36	0.51	0.32	0.43
6	SUP	0.9	0.28	0.61	0.71	0.25	0.76	0.63	0.28	0.91
	INF	0.42	0.32	0.51	0.38	0.30	0.42	0.52	0.32	0.43
5	SUP	0.87	0.27	0.64	0.75	0.26	0.80	0.65	0.27	0.88
	INF	0.41	0.31	0.50	0.41	0.30	0.45	0.51	0.31	0.43
4	SUP	0.81	0.25	0.65	0.79	0.27	0.83	0.66	0.26	0.83
	INF	0.41	0.30	0.47	0.44	0.31	0.47	0.58	0.30	0.42
3	SUP	0.73	0.23	0.63	0.77	0.27	0.80	0.63	0.23	0.75
	INF	0.37	0.30	0.41	0.42	0.30	0.44	0.42	0.30	0.38
2	SUP	0.6	0.19	0.56	0.68	0.24	0.71	0.55	0.19	0.62
	INF	0.3	0.29	0.30	0.35	0.30	0.38	0.31	0.30	0.30
1	SUP	0.49	0.15	0.45	0.30	0.14	0.38	0.43	0.15	0.51
	INF	0.3	0.21	0.29	0.25	0.17	0.30	0.28	0.21	0.30

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS										
PORTICO B										
NIVEL	EJE	1		3			4			6
12	SUP	X	X	X	0.95	0.42	0.93	X	X	X
	INF	X	X	X	0.58	0.72	0.56	X	X	X
11	SUP	X	X	X	0.47	0.43	0.47	X	X	X
	INF	X	X	X	0.29	0.24	0.33	X	X	X
10	SUP	0.07	0.61	0.35	0.35	0.36	0.38	0.37	0.73	0.67
	INF	0.61	0.49	0.34	0.21	0.36	0.23	0.34	0.49	0.60
9	SUP	0.77	0.66	0.40	0.43	0.44	0.46	0.43	0.66	0.77
	INF	0.68	0.50	0.38	0.24	0.44	0.24	0.38	0.50	0.68
8	SUP	0.60	0.66	0.34	0.38	0.49	0.40	0.36	0.68	0.60
	INF	0.43	0.52	0.33	0.21	0.49	0.21	0.34	0.52	0.43
7	SUP	0.60	0.68	0.37	0.42	0.53	0.45	0.39	0.68	0.60
	INF	0.44	0.52	0.35	0.22	0.49	0.25	0.35	0.52	0.44
6	SUP	0.55	0.45	0.36	0.41	0.40	0.44	0.37	0.45	0.56
	INF	0.44	0.52	0.32	0.24	0.49	0.26	0.32	0.52	0.48
5	SUP	0.53	0.44	0.37	0.44	0.42	0.47	0.38	0.44	0.54
	INF	0.46	0.50	0.31	0.26	0.49	0.28	0.32	0.50	0.48
4	SUP	0.47	0.40	0.38	0.46	0.44	0.48	0.38	0.42	0.48
	INF	0.42	0.49	0.29	0.27	0.50	0.29	0.36	0.49	0.43
3	SUP	0.43	0.37	0.37	0.45	0.44	0.47	0.37	0.37	0.44
	INF	0.38	0.49	0.26	0.26	0.49	0.27	0.26	0.49	0.39
2	SUP	0.46	0.31	0.33	0.40	0.39	0.41	0.32	0.31	0.48
	INF	0.33	0.47	0.23	0.26	0.49	0.29	0.23	0.49	0.33
1	SUP	0.74	0.61	0.56	0.37	0.57	0.47	0.54	0.61	0.64
	INF	0.57	0.40	0.27	0.24	0.32	0.57	0.53	0.40	0.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico C.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS												
PORTICO C												
NIVEL	EJE			2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.85	0.25	0.85	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.4	0.69	0.4	X	X	X	X	X
10	SUP	0.74	0.23	0.46	0.93	0.27	0.93	0.44	0.27	0.67	X	X
	INF	0.36	0.3	0.3	0.44	0.63	0.43	0.3	0.29	0.32	X	X
9	SUP	10.3	0.27	0.84	1.35	0.29	1.35	0.85	0.27	1.02	X	X
	INF	0.47	0.36	0.39	0.61	0.66	0.61	0.4	0.36	0.47	X	X
8	SUP	1.17	0.27	1	1.42	0.31	1.41	0.98	0.27	1.14	X	X
	INF	0.27	0.35	0.47	0.64	0.63	0.64	0.45	0.35	0.52	X	X
7	SUP	1.26	0.28	1.11	1.49	0.32	1.49	1.1	0.27	1.24	X	X
	INF	0.27	0.37	0.51	0.67	0.63	0.67	0.5	0.36	0.56	X	X
6	SUP	1.32	0.27	1.21	1.55	0.33	1.54	1.22	0.29	1.33	X	X
	INF	0.29	0.39	0.55	0.7	0.6	0.7	0.55	0.4	0.6	X	X
5	SUP	1.37	0.28	1.28	1.59	0.34	1.59	1.3	0.3	1.39	X	X
	INF	0.32	0.4	0.58	0.81	0.6	0.8	0.59	0.42	0.63	X	X
4	SUP	1.39	0.29	1.33	1.6	0.34	1.61	1.35	0.3	1.41	X	X
	INF	0.35	0.41	0.6	0.83	0.59	0.84	0.61	0.45	0.64	X	X
3	SUP	1.37	0.29	1.34	1.6	0.34	1.6	1.36	0.3	1.4	X	X
	INF	0.35	0.4	0.6	0.82	0.59	0.83	0.61	0.43	0.63	X	X
2	SUP	1.29	0.28	1.28	1.52	0.33	1.53	1.28	0.28	1.3	X	X
	INF	0.32	0.38	0.58	0.69	0.59	0.69	0.58	0.39	0.59	X	X
1	SUP	0.96	0.31	0.98	0.75	0.29	0.77	0.95	0.31	0.99	X	X
	INF	0.66	0.37	0.65	0.49	0.3	0.48	0.67	0.37	0.65	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS												
PORTICO C												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.66	0.59	0.66	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.50	0.87	0.50	X	X	X	X	X
10	SUP	0.53	0.80	0.16	0.33	0.41	0.33	0.16	0.94	0.48	X	X
	INF	0.43	0.36	0.13	0.19	0.47	0.19	0.13	0.34	0.38	X	X
9	SUP	4.72	0.38	0.33	0.53	0.41	0.53	0.33	0.38	0.47	X	X
	INF	0.33	0.25	0.14	0.21	0.46	0.21	0.14	0.25	0.33	X	X
8	SUP	0.54	0.38	0.39	0.56	0.43	0.55	0.38	0.38	0.52	X	X
	INF	0.19	0.24	0.16	0.22	0.44	0.22	0.16	0.24	0.36	X	X
7	SUP	0.58	0.39	0.44	0.58	0.45	0.58	0.43	0.38	0.57	X	X
	INF	0.19	0.26	0.18	0.23	0.44	0.23	0.17	0.25	0.39	X	X
6	SUP	0.61	0.38	0.47	0.61	0.46	0.60	0.48	0.41	0.61	X	X
	INF	0.20	0.27	0.19	0.24	0.42	0.24	0.19	0.28	0.42	X	X
5	SUP	0.63	0.39	0.50	0.62	0.48	0.62	0.51	0.42	0.64	X	X
	INF	0.22	0.28	0.20	0.28	0.42	0.28	0.20	0.29	0.44	X	X
4	SUP	0.64	0.41	0.52	0.63	0.48	0.63	0.53	0.42	0.65	X	X
	INF	0.24	0.28	0.21	0.29	0.41	0.29	0.21	0.31	0.44	X	X
3	SUP	0.63	0.41	0.53	0.63	0.48	0.63	0.53	0.42	0.64	X	X
	INF	0.24	0.28	0.21	0.28	0.41	0.29	0.21	0.30	0.44	X	X
2	SUP	0.71	0.39	0.50	0.60	0.46	0.60	0.50	0.39	0.72	X	X
	INF	0.22	0.26	0.20	0.24	0.41	0.24	0.20	0.27	0.41	X	X
1	SUP	1.60	1.26	1.22	0.94	1.18	0.96	1.19	1.26	1.65	X	X
	INF	1.25	0.70	0.61	0.46	0.57	0.45	0.63	0.70	1.23	X	X

ACERO REQUERIDO CON MUROS												
PORTICO C												
NIVEL	EJE			2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.82	0.25	0.82	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.38	0.68	0.38	X	X	X	X	X
10	SUP	0.82	0.25	0.43	0.92	0.27	0.91	0.41	0.3	0.72	X	X
	INF	0.39	0.3	0.32	0.43	0.63	0.43	0.32	0.3	0.35	X	X
9	SUP	1.01	0.25	0.76	1.3	0.28	1.3	0.77	0.27	0.99	X	X
	INF	0.47	0.3	0.36	0.59	0.66	0.59	0.36	0.36	0.46	X	X
8	SUP	1.06	0.27	0.85	1.29	0.28	1.28	0.79	0.27	1	X	X
	INF	0.26	0.36	0.4	0.58	0.63	0.58	0.37	0.35	0.46	X	X
7	SUP	1.08	0.26	0.89	1.31	0.28	1.31	0.84	0.27	1.03	X	X
	INF	0.27	0.35	0.42	0.59	0.63	0.59	0.39	0.35	0.47	X	X
6	SUP	1.07	0.27	0.91	1.3	0.28	1.3	0.87	0.27	1.03	X	X
	INF	0.27	0.35	0.43	0.59	0.6	0.59	0.41	0.34	0.48	X	X
5	SUP	1.06	0.27	0.93	1.3	0.28	1.3	0.89	0.27	1.02	X	X
	INF	0.27	0.34	0.44	0.59	0.6	0.59	0.42	0.34	0.47	X	X
4	SUP	1.02	0.27	0.93	1.27	0.28	1.27	0.88	0.27	0.99	X	X
	INF	0.27	0.34	0.43	0.57	0.59	0.58	0.41	0.34	0.46	X	X
3	SUP	0.97	0.27	0.91	1.23	0.27	1.24	0.86	0.27	0.93	X	X
	INF	0.27	0.34	0.42	0.56	0.59	0.56	0.4	0.33	0.43	X	X
2	SUP	0.89	0.26	0.86	1.16	0.27	1.17	0.79	0.25	0.83	X	X
	INF	0.26	0.34	0.4	0.53	0.59	0.53	0.37	0.33	0.39	X	X
1	SUP	0.46	0.15	0.45	0.37	0.12	0.38	0.43	0.15	0.47	X	X
	INF	0.3	0.21	0.29	0.24	0.17	0.25	0.28	0.22	0.3	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS												
PORTICO C												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.63	0.59	0.63	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.48	0.85	0.48	X	X	X	X	X
10	SUP	0.59	0.87	0.15	0.32	0.41	0.32	0.14	1.05	0.52	X	X
	INF	0.46	0.36	0.14	0.19	0.47	0.19	0.14	0.36	0.42	X	X
9	SUP	0.46	0.35	0.30	0.51	0.39	0.51	0.30	0.38	0.45	X	X
	INF	0.33	0.21	0.12	0.20	0.46	0.20	0.12	0.25	0.32	X	X
8	SUP	0.49	0.38	0.33	0.51	0.39	0.50	0.31	0.38	0.46	X	X
	INF	0.18	0.25	0.14	0.20	0.44	0.20	0.13	0.24	0.32	X	X
7	SUP	0.50	0.36	0.35	0.51	0.39	0.51	0.33	0.38	0.47	X	X
	INF	0.19	0.24	0.15	0.20	0.44	0.20	0.14	0.24	0.33	X	X
6	SUP	0.49	0.38	0.36	0.51	0.39	0.51	0.34	0.38	0.47	X	X
	INF	0.19	0.24	0.15	0.20	0.42	0.20	0.14	0.24	0.33	X	X
5	SUP	0.49	0.38	0.36	0.51	0.39	0.51	0.35	0.38	0.47	X	X
	INF	0.19	0.24	0.15	0.20	0.42	0.20	0.15	0.24	0.33	X	X
4	SUP	0.47	0.38	0.36	0.50	0.39	0.50	0.35	0.38	0.45	X	X
	INF	0.19	0.24	0.15	0.20	0.41	0.20	0.14	0.24	0.32	X	X
3	SUP	0.44	0.38	0.36	0.48	0.38	0.49	0.34	0.38	0.43	X	X
	INF	0.19	0.24	0.15	0.19	0.41	0.19	0.14	0.23	0.30	X	X
2	SUP	0.49	0.36	0.34	0.46	0.38	0.46	0.31	0.35	0.46	X	X
	INF	0.18	0.24	0.14	0.18	0.41	0.18	0.13	0.23	0.27	X	X
1	SUP	0.77	0.61	0.56	0.46	0.49	0.47	0.54	0.61	0.79	X	X
	INF	0.57	0.40	0.27	0.23	0.32	0.24	0.26	0.42	0.57	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico D.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.48	0.19	0.48	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.3	0.26	0.3	X	X	X	X	X
10	SUP	0.58	0.25	0.49	0.7	0.26	0.7	0.39	0.28	0.62	X	X
	INF	0.31	0.3	0.41	0.37	0.3	0.37	0.4	0.3	0.3	X	X
9	SUP	0.88	0.33	0.72	0.9	0.3	0.89	0.49	0.3	0.76	X	X
	INF	0.54	0.39	0.65	0.55	0.34	0.56	0.65	0.34	0.36	X	X
8	SUP	1.07	0.4	0.94	1.09	0.35	1.08	0.96	0.3	0.79	X	X
	INF	0.73	0.49	0.85	0.73	0.42	0.73	0.84	0.35	0.39	X	X
7	SUP	1.26	0.48	1.15	1.26	0.42	1.25	1.17	0.48	0.82	X	X
	INF	0.91	0.57	1.03	0.88	0.48	0.88	1.03	0.56	0.44	X	X
6	SUP	1.41	0.55	1.33	1.4	0.47	1.39	1.35	0.56	1.39	X	X
	INF	0.107	0.63	1.19	1.01	0.53	1.01	1.18	0.63	1.08	X	X
5	SUP	1.49	0.61	1.46	1.47	0.5	1.47	1.48	0.61	1.48	X	X
	INF	1.2	0.68	1.3	1.09	0.56	1.09	1.3	0.67	1.2	X	X
4	SUP	1.53	0.66	1.55	1.54	0.53	1.53	1.56	0.66	1.53	X	X
	INF	1.27	0.71	1.38	1.16	0.59	1.16	1.39	0.71	1.28	X	X
3	SUP	1.51	0.66	1.57	1.53	0.53	1.53	1.57	0.66	1.51	X	X
	INF	1.28	0.71	1.38	1.15	0.59	1.15	0.138	0.71	1.28	X	X
2	SUP	1.36	0.59	1.44	1.38	0.46	1.39	1.44	0.59	1.37	X	X
	INF	1.12	0.63	1.19	1	0.52	0.99	1.2	0.63	1.12	X	X
1	SUP	0.82	0.38	0.93	0.9	0.3	0.91	0.92	0.38	0.83	X	X
	INF	0.67	0.4	0.71	0.6	0.32	0.59	0.72	0.4	0.67	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	1.12	0.66	1.12	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.49	0.42	0.49	X	X	X	X	X
10	SUP	1.02	0.87	0.43	0.62	0.91	0.62	0.35	0.98	1.09	X	X
	INF	0.50	0.49	0.31	0.28	0.43	0.28	0.31	0.49	0.49	X	X
9	SUP	1.55	1.15	0.64	0.80	1.05	0.79	0.43	1.05	1.34	X	X
	INF	0.87	0.63	0.50	0.42	0.49	0.43	0.50	0.55	0.58	X	X
8	SUP	1.01	0.97	0.89	1.03	0.85	1.02	0.91	0.73	0.75	X	X
	INF	1.18	0.79	0.61	0.52	0.61	0.52	0.60	0.57	0.63	X	X
7	SUP	1.19	1.16	1.09	1.19	1.02	1.18	1.10	1.16	0.77	X	X
	INF	1.47	0.92	0.73	0.63	0.69	0.63	0.73	0.91	0.71	X	X
6	SUP	1.13	1.33	0.88	0.93	1.14	0.92	0.89	1.36	1.11	X	X
	INF	0.12	1.02	0.75	0.63	0.77	0.63	0.74	1.02	1.20	X	X
5	SUP	1.19	1.48	0.97	0.97	1.21	0.97	0.98	1.48	1.18	X	X
	INF	1.34	1.10	0.82	0.68	0.81	0.68	0.82	1.08	1.34	X	X
4	SUP	1.22	1.60	1.03	1.02	1.29	1.01	1.03	1.60	1.22	X	X
	INF	1.41	1.15	0.82	0.69	0.85	0.69	0.83	1.15	1.42	X	X
3	SUP	1.21	1.60	1.04	1.01	1.29	1.01	1.04	1.60	1.21	X	X
	INF	1.42	1.15	0.82	0.69	0.85	0.69	0.08	1.15	1.42	X	X
2	SUP	1.40	1.43	1.07	1.02	1.12	1.03	1.07	1.43	1.41	X	X
	INF	1.81	1.02	0.85	0.71	0.75	0.71	0.86	1.02	1.81	X	X
1	SUP	1.37	1.55	0.88	0.85	0.29	0.86	0.87	1.55	1.39	X	X
	INF	1.26	0.75	0.67	0.57	0.30	0.56	0.68	0.75	1.26	X	X

ACERO REQUERIDO CON MUROS												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.39	0.14	0.39	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.26	0.21	0.26	X	X	X	X	X
10	SUP	0.54	0.23	0.3	0.63	0.23	0.62	0.39	0.26	0.61	X	X
	INF	0.3	0.3	0.31	0.31	0.3	0.31	0.39	0.3	0.3	X	X
9	SUP	0.65	0.3	0.49	0.71	0.27	0.71	0.5	0.3	0.69	X	X
	INF	0.37	0.34	0.52	0.39	0.3	0.39	0.51	0.34	0.36	X	X
8	SUP	0.8	0.3	0.53	0.76	0.29	0.75	0.55	0.3	0.79	X	X
	INF	0.4	0.36	0.56	0.43	0.3	0.43	0.54	0.35	0.4	X	X
7	SUP	0.83	0.3	0.58	0.79	0.3	0.79	0.6	0.3	0.82	X	X
	INF	0.44	0.37	0.59	0.46	0.3	0.46	0.58	0.37	0.44	X	X
6	SUP	0.84	0.31	0.63	0.81	0.3	0.81	0.65	0.3	0.83	X	X
	INF	0.48	0.38	0.6	0.48	0.3	0.48	0.6	0.37	0.48	X	X
5	SUP	0.82	0.3	0.67	0.8	0.3	0.8	0.67	0.3	0.81	X	X
	INF	0.49	0.37	0.59	0.47	0.3	0.47	0.59	0.36	0.49	X	X
4	SUP	0.77	0.3	0.68	0.78	0.3	0.79	0.67	0.3	0.77	X	X
	INF	0.48	0.35	0.57	0.45	0.3	0.45	0.56	0.35	0.48	X	X
3	SUP	0.69	0.3	0.64	0.72	0.28	0.73	0.63	0.3	0.69	X	X
	INF	0.43	0.31	0.5	0.4	0.3	0.39	0.5	0.31	0.43	X	X
2	SUP	0.56	0.26	0.54	0.6	0.21	0.61	0.53	0.26	0.56	X	X
	INF	0.34	0.3	0.37	0.3	0.29	0.3	0.37	0.3	0.33	X	X
1	SUP	0.32	0.15	0.36	0.4	0.13	0.4	0.35	0.15	0.33	X	X
	INF	0.23	0.18	0.24	0.26	0.18	0.26	0.24	0.19	0.23	X	X

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS												
PORTICO D												
NIVEL	EJE	1		2			5			6		
11	SUP	X	X	X	0.91	0.49	0.91	X	X	X	X	X
	INF	X	X	X	0.42	0.34	0.42	X	X	X	X	X
10	SUP	0.95	0.80	0.27	0.56	0.80	0.55	0.35	0.91	1.08	X	X
	INF	0.49	0.49	0.24	0.24	0.43	0.24	0.30	0.49	0.49	X	X
9	SUP	1.15	1.05	0.43	0.63	0.94	0.63	0.44	1.05	1.22	X	X
	INF	0.60	0.55	0.40	0.30	0.43	0.30	0.39	0.55	0.58	X	X
8	SUP	0.76	0.73	0.50	0.72	0.70	0.71	0.52	0.73	0.75	X	X
	INF	0.65	0.58	0.40	0.31	0.43	0.31	0.38	0.57	0.65	X	X
7	SUP	0.78	0.73	0.55	0.75	0.73	0.75	0.57	0.73	0.77	X	X
	INF	0.71	0.60	0.42	0.33	0.43	0.33	0.41	0.60	0.71	X	X
6	SUP	0.67	0.75	0.42	0.54	0.73	0.54	0.43	0.73	0.66	X	X
	INF	0.53	0.61	0.38	0.30	0.43	0.30	0.38	0.60	0.53	X	X
5	SUP	0.65	0.73	0.44	0.53	0.73	0.53	0.44	0.73	0.65	X	X
	INF	0.55	0.60	0.37	0.30	0.43	0.30	0.37	0.58	0.55	X	X
4	SUP	0.61	0.73	0.45	0.52	0.73	0.52	0.44	0.73	0.61	X	X
	INF	0.53	0.57	0.34	0.27	0.43	0.27	0.33	0.57	0.53	X	X
3	SUP	0.55	0.73	0.42	0.48	0.68	0.48	0.42	0.73	0.55	X	X
	INF	0.48	0.50	0.30	0.24	0.43	0.23	0.30	0.50	0.48	X	X
2	SUP	0.58	0.63	0.40	0.44	0.51	0.45	0.39	0.63	0.58	X	X
	INF	0.55	0.49	0.26	0.21	0.42	0.21	0.26	0.49	0.53	X	X
1	SUP	0.53	0.61	0.34	0.38	0.12	0.38	0.33	0.61	0.55	X	X
	INF	0.43	0.34	0.23	0.25	0.17	0.25	0.23	0.36	0.43	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 1.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0.8	0.38	0.39	0.15	0.23	0.34
	INF	X	X	X	X	X	0.74	0.38	0.71	0.24	0.2	0.3
9	SUP	X	X	X	X	X	1.22	0.58	1.01	0.32	0.3	0.68
	INF	X	X	X	X	X	1.15	0.57	1.03	0.4	0.3	0.56
8	SUP	X	X	X	X	X	1.52	0.36	1.33	0.69	0.3	1.08
	INF	X	X	X	X	X	1.45	0.37	1.35	0.75	0.3	0.98
7	SUP	X	X	X	X	X	1.75	0.43	1.56	1.03	0.36	1.49
	INF	X	X	X	X	X	1.68	0.43	1.58	1.09	0.35	1.37
6	SUP	X	X	X	X	X	1.9	0.47	1.68	1.28	0.42	1.69
	INF	X	X	X	X	X	1.83	0.48	1.71	1.32	0.42	1.63
5	SUP	X	X	X	X	X	2.03	0.51	1.78	1.51	0.48	1.91
	INF	X	X	X	X	X	1.94	0.52	1.81	1.53	0.48	1.86
4	SUP	X	X	X	X	X	2.05	0.53	1.79	1.63	0.5	2.03
	INF	X	X	X	X	X	1.96	0.53	1.82	1.64	0.51	2
3	SUP	X	X	X	X	X	2.02	0.52	1.76	1.77	0.54	2.16
	INF	X	X	X	X	X	1.94	0.52	1.78	1.77	0.54	2.14
2	SUP	X	X	X	X	X	1.91	0.51	1.63	1.73	0.52	2.12
	INF	X	X	X	X	X	1.85	0.51	1.64	1.73	0.53	2.09
1	SUP	0.2	0.29	0.76	0.5	1.16	1.04	0.3	0.97	1.36	0.38	1.61
	INF	0.23	0.23	0.63	0.54	1.28	0.99	0.3	0.96	1.33	0.39	1.61

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0.97	0.92	0.56	0.22	0.56	0.82
	INF	X	X	X	X	X	0.90	0.61	1.15	0.39	0.32	0.49
9	SUP	X	X	X	X	X	1.48	1.41	1.46	0.46	0.73	1.65
	INF	X	X	X	X	X	1.40	0.92	1.67	0.65	0.49	0.91
8	SUP	X	X	X	X	X	1.33	0.87	1.37	0.71	0.73	1.11
	INF	X	X	X	X	X	1.47	0.60	2.18	1.21	0.49	1.59
7	SUP	X	X	X	X	X	1.53	1.04	1.60	1.06	0.87	1.53
	INF	X	X	X	X	X	1.71	0.70	2.56	1.76	0.57	2.22
6	SUP	X	X	X	X	X	1.47	0.84	1.50	1.14	0.75	1.31
	INF	X	X	X	X	X	1.52	0.57	1.74	1.34	0.50	1.35
5	SUP	X	X	X	X	X	1.57	0.91	1.59	1.35	0.86	1.48
	INF	X	X	X	X	X	1.61	0.62	1.84	1.55	0.57	1.54
4	SUP	X	X	X	X	X	1.58	0.94	1.60	1.45	0.89	1.57
	INF	X	X	X	X	X	1.62	0.63	1.85	1.67	0.61	1.66
3	SUP	X	X	X	X	X	1.56	0.93	1.57	1.58	0.96	1.67
	INF	X	X	X	X	X	1.61	0.62	1.81	1.80	0.64	1.77
2	SUP	X	X	X	X	X	1.70	0.91	1.94	2.06	0.93	1.89
	INF	X	X	X	X	X	1.65	0.61	1.95	2.06	0.63	1.86
1	SUP	0.70	1.01	2.66	1.75	1.54	1.38	1.05	2.57	3.60	1.33	3.75
	INF	0.41	0.41	1.13	0.97	1.15	0.89	0.54	1.73	2.40	0.70	2.90

ACERO REQUERIDO CON MUROS												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	0.84	0.41	0.51	0.27	0.3	0.5
	INF	X	X	X	X	X	0.64	0.35	0.69	0.42	0.3	0.47
9	SUP	X	X	X	X	X	0.95	0.48	0.7	0.43	0.36	0.55
	INF	X	X	X	X	X	0.83	0.43	0.72	0.68	0.3	0.66
8	SUP	X	X	X	X	X	1.14	0.3	0.9	0.58	0.3	1.07
	INF	X	X	X	X	X	0.9	0.3	0.83	0.82	0.3	0.79
7	SUP	X	X	X	X	X	1.24	0.3	0.87	0.7	0.3	1.17
	INF	X	X	X	X	X	0.97	0.3	0.85	0.94	0.3	0.91
6	SUP	X	X	X	X	X	1.21	0.3	0.88	0.78	0.3	1.18
	INF	X	X	X	X	X	0.98	0.3	1	0.98	0.3	0.95
5	SUP	X	X	X	X	X	1.15	0.3	0.86	0.78	0.3	1.19
	INF	X	X	X	X	X	0.96	0.3	0.99	0.95	0.3	0.99
4	SUP	X	X	X	X	X	1.07	0.3	0.8	0.76	0.3	1.13
	INF	X	X	X	X	X	0.89	0.3	0.91	0.9	0.3	0.96
3	SUP	X	X	X	X	X	0.92	0.3	0.7	0.71	0.3	1.02
	INF	X	X	X	X	X	0.78	0.3	0.79	0.81	0.3	0.88
2	SUP	X	X	X	X	X	0.73	0.25	0.55	0.58	0.26	0.81
	INF	X	X	X	X	X	0.61	0.24	0.6	0.65	0.25	0.71
1	SUP	0.05	0.09	0.3	0.27	0.41	0.37	0.12	0.31	0.36	0.15	0.47
	INF	0.09	0.05	0.28	0.27	0.42	0.33	0.14	0.32	0.38	0.15	0.43

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS												
PORTICO 1												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
10	SUP	X	X	X	X	X	1.02	0.99	0.74	0.39	0.73	1.21
	INF	X	X	X	X	X	0.78	0.57	1.12	0.68	0.49	0.76
9	SUP	X	X	X	X	X	1.15	1.16	1.01	0.62	0.87	1.33
	INF	X	X	X	X	X	1.01	0.70	1.16	1.10	0.49	1.07
8	SUP	X	X	X	X	X	1.00	0.73	0.92	0.60	0.73	1.10
	INF	X	X	X	X	X	0.91	0.49	1.34	1.33	0.49	1.28
7	SUP	X	X	X	X	X	1.08	0.73	0.89	0.72	0.73	1.20
	INF	X	X	X	X	X	0.99	0.49	1.37	1.52	0.49	1.47
6	SUP	X	X	X	X	X	0.94	0.53	0.78	0.70	0.53	0.91
	INF	X	X	X	X	X	0.81	0.36	1.02	1.00	0.36	0.79
5	SUP	X	X	X	X	X	0.89	0.53	0.77	0.70	0.53	0.92
	INF	X	X	X	X	X	0.80	0.36	1.01	0.97	0.36	0.82
4	SUP	X	X	X	X	X	0.83	0.53	0.71	0.68	0.53	0.87
	INF	X	X	X	X	X	0.74	0.36	0.92	0.91	0.36	0.80
3	SUP	X	X	X	X	X	0.71	0.53	0.62	0.63	0.53	0.79
	INF	X	X	X	X	X	0.65	0.36	0.80	0.82	0.36	0.73
2	SUP	X	X	X	X	X	0.65	0.45	0.65	0.69	0.46	0.72
	INF	X	X	X	X	X	0.54	0.29	0.71	0.77	0.30	0.63
1	SUP	0.17	0.31	1.05	0.94	0.54	0.49	0.42	0.82	0.95	0.52	1.09
	INF	0.16	0.09	0.50	0.49	0.38	0.30	0.25	0.58	0.68	0.27	0.77

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 2-3.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.3	0.11	0.3	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.23	0.13	0.25	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.29	0.09	0.27	1.23	0.6	0.99	0.3	0.22	0.25
	INF	X	X	0.24	0.1	0.28	1.22	0.64	0.98	0.35	0.3	0.12
10	SUP	X	X	0.43	0.21	0.3	0.54	0.34	0.84	0.13	0.23	0.4
	INF	X	X	0.33	0.19	0.34	0.52	0.37	0.83	0.3	0.16	0.26
9	SUP	X	X	0.62	0.3	0.42	1	0.43	0.95	0.32	0.29	0.6
	INF	X	X	0.54	0.29	0.46	0.87	0.45	0.86	0.47	0.22	0.4
8	SUP	X	X	0.83	0.31	0.58	1.1	0.47	1.07	0.49	0.3	0.74
	INF	X	X	0.76	0.3	0.61	0.97	0.49	0.97	0.62	0.29	0.57
7	SUP	X	X	1.01	0.38	0.74	1.17	0.5	1.14	0.63	0.3	0.87
	INF	X	X	0.97	0.37	0.74	1.03	0.51	1.03	0.73	0.3	0.73
6	SUP	X	X	1.21	0.42	1	1.31	0.55	1.3	0.91	0.31	1.02
	INF	X	X	1.21	0.43	0.97	1.17	0.57	1.19	0.99	0.31	0.91
5	SUP	X	X	1.4	0.47	1.2	1.33	0.56	1.32	1.1	0.34	1.12
	INF	X	X	1.42	0.49	1.14	1.18	0.59	1.22	1.16	0.37	1.04
4	SUP	X	X	1.55	0.49	1.5	1.39	0.59	1.33	1.4	0.42	1.45
	INF	X	X	1.6	0.52	1.43	1.23	0.6	1.25	1.44	0.43	1.38
3	SUP	X	X	1.66	0.52	1.65	1.31	0.55	1.25	1.54	0.47	1.58
	INF	X	X	1.71	0.55	1.58	1.15	0.56	1.16	1.55	0.47	1.54
2	SUP	X	X	1.75	0.4	1.76	1.18	0.5	1.15	1.66	0.51	1.64
	INF	X	X	1.8	0.4	1.66	1.04	0.51	1.05	1.66	0.52	1.61
1	SUP	0.31	0.66	1.29	0.3	1.39	0.46	0.45	0.81	1.23	0.37	1.21
	INF	0.36	0.65	1.33	0.3	1.32	0.44	0.46	0.77	1.22	0.37	1.22

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	1.05	0.38	1.05	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.54	0.30	0.58	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	1.01	0.31	0.31	1.43	2.10	1.15	0.35	0.77	0.87
	INF	X	X	0.56	0.23	0.27	1.16	1.04	0.94	0.33	0.70	0.28
10	SUP	X	X	1.50	0.73	0.30	0.55	1.19	1.20	0.19	0.80	1.40
	INF	X	X	0.77	0.44	0.32	0.50	0.60	1.34	0.49	0.26	0.42
9	SUP	X	X	1.64	1.05	0.56	1.34	1.01	1.28	0.43	1.01	1.59
	INF	X	X	1.26	0.68	0.36	0.68	0.58	0.68	0.37	0.51	0.93
8	SUP	X	X	0.98	1.08	0.78	1.48	1.11	1.44	0.66	1.05	1.13
	INF	X	X	1.07	0.70	0.48	0.76	0.63	0.76	0.49	0.68	1.33
7	SUP	X	X	1.19	1.33	0.99	1.57	1.18	1.53	0.85	1.05	1.33
	INF	X	X	1.37	0.86	0.58	0.81	0.65	0.81	0.57	0.70	1.70
6	SUP	X	X	1.10	0.68	0.93	1.22	1.29	1.21	0.85	0.50	1.13
	INF	X	X	1.47	0.70	0.56	0.67	0.73	0.68	0.57	0.50	1.20
5	SUP	X	X	1.27	0.76	1.12	1.24	1.32	1.23	1.02	0.55	1.24
	INF	X	X	1.72	0.79	0.66	0.68	0.75	0.70	0.67	0.60	1.37
4	SUP	X	X	1.15	0.79	1.17	1.08	1.39	1.87	1.97	0.68	1.61
	INF	X	X	1.62	0.84	0.65	0.56	0.77	0.62	0.71	0.70	1.54
3	SUP	X	X	1.23	0.84	1.29	1.02	1.29	1.76	2.17	0.76	1.76
	INF	X	X	1.74	0.89	0.72	0.52	0.72	0.57	0.77	0.76	1.71
2	SUP	X	X	1.33	0.65	1.44	0.97	1.18	1.07	1.54	0.82	1.59
	INF	X	X	2.00	0.65	0.82	0.51	0.65	0.60	0.95	0.84	1.95
1	SUP	1.08	0.87	1.71	1.05	2.43	0.80	1.57	1.89	2.86	1.29	2.82
	INF	0.65	0.59	1.20	0.54	2.38	0.79	0.83	1.39	2.20	0.67	2.20

ACERO REQUERIDO CON MUROS												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.27	0.08	0.24	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.16	0.1	0.17	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.21	0.06	0.19	0.7	0.3	0.53	0.11	0.11	0.2
	INF	X	X	0.17	0.07	0.19	0.65	0.37	0.56	0.29	0.19	0.1
10	SUP	X	X	0.32	0.16	0.22	0.33	0.25	0.46	0.11	0.18	0.33
	INF	X	X	0.29	0.13	0.3	0.3	0.3	0.49	0.29	0.12	0.22
9	SUP	X	X	0.41	0.21	0.3	0.6	0.27	0.52	0.29	0.2	0.43
	INF	X	X	0.31	0.17	0.3	0.45	0.27	0.48	0.34	0.14	0.3
8	SUP	X	X	0.47	0.24	0.31	0.63	0.27	0.56	0.3	0.21	0.46
	INF	X	X	0.24	0.21	0.34	0.48	0.27	0.51	0.39	0.17	0.32
7	SUP	X	X	0.52	0.27	0.37	0.65	0.27	0.58	0.34	0.23	0.49
	INF	X	X	0.47	0.26	0.38	0.49	0.27	0.52	0.42	0.19	0.38
6	SUP	X	X	0.58	0.28	0.49	0.69	0.27	0.64	0.46	0.22	0.54
	INF	X	X	0.57	0.29	0.47	0.55	0.31	0.58	0.52	0.23	0.46
5	SUP	X	X	0.63	0.3	0.56	0.69	0.27	0.63	0.52	0.23	0.56
	INF	X	X	0.65	0.3	0.52	0.53	0.31	0.57	0.57	0.26	0.49
4	SUP	X	X	0.68	0.3	0.69	0.69	0.29	0.62	0.63	0.28	0.68
	INF	X	X	0.73	0.3	0.61	0.54	0.3	0.57	0.67	0.29	0.61
3	SUP	X	X	0.67	0.29	0.71	0.62	0.27	0.56	0.64	0.28	0.68
	INF	X	X	0.72	0.3	0.63	0.48	0.27	0.5	0.66	0.28	0.63
2	SUP	X	X	0.62	0.21	0.66	0.51	0.27	0.48	0.61	0.26	0.61
	INF	X	X	0.67	0.21	0.58	0.39	0.27	0.41	0.61	0.27	0.58
1	SUP	0.15	0.3	0.37	0.14	0.43	0.24	0.22	0.3	0.38	0.16	0.39
	INF	0.21	0.3	0.4	0.14	0.38	0.21	0.23	0.3	0.37	0.17	0.37

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS												
PORTICO 2-3												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.94	0.28	0.84	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.37	0.23	0.40	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.73	0.21	0.22	0.81	1.05	0.62	0.13	0.38	0.70
	INF	X	X	0.40	0.16	0.18	0.62	0.60	0.53	0.28	0.44	0.23
10	SUP	X	X	1.12	0.56	0.22	0.34	0.87	0.66	0.16	0.63	1.15
	INF	X	X	0.68	0.30	0.29	0.29	0.49	0.79	0.47	0.19	0.36
9	SUP	X	X	1.08	0.73	0.40	0.81	0.64	0.70	0.39	0.70	1.14
	INF	X	X	0.72	0.40	0.24	0.35	0.35	0.38	0.27	0.33	0.70
8	SUP	X	X	0.55	0.84	0.42	0.85	0.64	0.75	0.40	0.73	0.70
	INF	X	X	0.34	0.49	0.27	0.38	0.35	0.40	0.31	0.40	0.75
7	SUP	X	X	0.61	0.94	0.50	0.87	0.64	0.78	0.46	0.80	0.75
	INF	X	X	0.66	0.61	0.30	0.39	0.35	0.41	0.33	0.44	0.88
6	SUP	X	X	0.52	0.45	0.46	0.64	0.64	0.59	0.43	0.36	0.60
	INF	X	X	0.69	0.47	0.27	0.32	0.40	0.33	0.30	0.37	0.60
5	SUP	X	X	0.57	0.49	0.52	0.64	0.64	0.59	0.48	0.37	0.62
	INF	X	X	0.79	0.49	0.30	0.30	0.40	0.33	0.33	0.42	0.64
4	SUP	X	X	0.50	0.49	0.54	0.54	0.68	0.87	0.89	0.45	0.76
	INF	X	X	0.74	0.49	0.28	0.25	0.38	0.28	0.33	0.47	0.68
3	SUP	X	X	0.50	0.47	0.55	0.48	0.64	0.79	0.90	0.45	0.76
	INF	X	X	0.73	0.49	0.29	0.22	0.35	0.25	0.33	0.45	0.70
2	SUP	X	X	0.47	0.34	0.54	0.42	0.64	0.45	0.57	0.42	0.59
	INF	X	X	0.75	0.34	0.29	0.19	0.35	0.24	0.35	0.44	0.70
1	SUP	0.52	0.40	0.49	0.49	0.75	0.42	0.77	0.70	0.88	0.56	0.91
	INF	0.38	0.27	0.36	0.25	0.68	0.38	0.41	0.54	0.67	0.31	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Relación D/C con el reforzamiento de muros del pórtico 4-5.

ACERO REQUERIDO SIN MUROS												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.3	0.08	0.25	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.22	0.12	0.25	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.3	0.1	0.27	1.32	0.64	1.01	0.3	0.23	0.25
	INF	X	X	0.23	0.12	0.3	1.26	0.66	1.03	0.35	0.3	0.13
10	SUP	X	X	0.33	0.16	0.29	0.56	0.34	0.85	0.13	0.23	0.4
	INF	X	X	0.3	0.14	0.3	0.54	0.39	0.86	0.3	0.17	0.28
9	SUP	X	X	0.47	0.24	0.31	1.06	0.45	0.98	0.33	0.29	0.6
	INF	X	X	0.39	0.22	0.34	0.91	0.47	0.9	0.46	0.22	0.41
8	SUP	X	X	0.64	0.3	0.45	1.17	0.5	1.11	0.49	0.3	0.74
	INF	X	X	0.58	0.3	0.47	1.02	0.51	1.01	0.61	0.29	0.58
7	SUP	X	X	0.8	0.31	0.59	1.24	0.53	1.18	0.64	0.3	0.87
	INF	X	X	0.77	0.3	0.59	0.109	0.54	1.08	0.73	0.3	0.73
6	SUP	X	X	0.98	0.35	0.82	1.36	0.58	1.34	0.92	0.3	1.01
	INF	X	X	0.98	0.35	0.79	1.23	0.59	1.23	0.98	0.3	0.92
5	SUP	X	X	1.16	0.4	1.01	1.38	0.58	1.35	1.1	0.34	1.12
	INF	X	X	1.18	0.41	0.96	1.23	0.59	1.25	1.16	0.37	1.04
4	SUP	X	X	1.36	0.43	1.32	1.41	0.6	1.36	1.4	0.42	1.45
	INF	X	X	1.41	0.45	1.23	1.26	0.6	1.27	1.44	0.43	1.38
3	SUP	X	X	1.51	0.46	1.51	1.31	0.56	1.27	1.53	0.47	1.58
	INF	X	X	1.54	0.48	1.44	0.17	0.56	1.16	1.55	0.46	1.53
2	SUP	X	X	1.6	0.36	1.62	1.15	0.49	1.14	1.63	0.5	1.52
	INF	X	X	1.64	0.36	1.55	1.03	0.5	1.03	1.64	0.51	1.58
1	SUP	0.31	0.65	1.16	0.3	1.27	0.44	0.44	0.79	1.19	0.36	1.22
	INF	0.34	0.62	1.19	0.3	1.2	0.43	0.44	0.74	1.2	0.36	1.18

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD SIN MUROS												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	1.05	0.28	0.87	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.51	0.28	0.58	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	1.05	0.35	0.31	1.54	2.23	1.76	0.52	0.80	0.87
	INF	X	X	0.54	0.28	0.29	1.20	1.07	1.67	0.57	0.49	0.21
10	SUP	X	X	1.15	0.56	0.29	0.57	1.19	1.22	0.19	0.80	1.40
	INF	X	X	0.70	0.33	0.29	0.52	0.63	1.39	0.49	0.27	0.45
9	SUP	X	X	1.24	0.84	0.42	1.42	1.06	1.32	0.44	1.01	1.59
	INF	X	X	0.91	0.51	0.27	0.72	0.60	0.71	0.36	0.51	0.95
8	SUP	X	X	0.76	1.05	0.60	1.57	1.18	1.49	0.66	1.05	1.13
	INF	X	X	0.82	0.70	0.37	0.80	0.65	0.79	0.48	0.68	1.35
7	SUP	X	X	0.94	1.08	0.79	1.67	1.25	1.59	0.86	1.05	1.33
	INF	X	X	1.08	0.70	0.46	0.09	0.69	0.85	0.57	0.70	1.70
6	SUP	X	X	0.89	0.57	0.76	1.26	1.36	1.25	0.86	0.49	1.12
	INF	X	X	1.19	0.57	0.45	0.71	0.75	0.71	0.56	0.49	1.21
5	SUP	X	X	1.05	0.65	0.94	1.28	1.36	1.25	1.02	0.55	1.24
	INF	X	X	1.43	0.66	0.55	0.71	0.75	0.72	0.67	0.60	1.37
4	SUP	X	X	1.01	0.70	1.03	1.10	1.41	1.92	1.97	0.68	1.61
	INF	X	X	1.43	0.73	0.56	0.57	0.77	0.63	0.71	0.70	1.54
3	SUP	X	X	1.12	0.74	1.18	1.02	1.32	1.79	2.15	0.76	1.76
	INF	X	X	1.56	0.78	0.66	0.08	0.72	0.57	0.77	0.74	1.70
2	SUP	X	X	1.36	0.58	1.33	0.94	1.15	1.06	1.51	0.81	1.48
	INF	X	X	1.82	0.58	0.77	0.51	0.64	0.59	0.94	0.82	1.92
1	SUP	1.08	0.86	1.54	1.05	2.22	0.77	1.54	1.84	2.77	1.26	2.84
	INF	0.61	0.56	1.07	0.54	2.16	0.77	0.79	1.33	2.16	0.65	2.13

ACERO REQUERIDO CON MUROS												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.2	0.05	0.16	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.14	0.08	0.16	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.19	0.06	0.17	0.77	0.3	0.55	0.12	0.11	0.19
	INF	X	X	0.14	0.07	0.18	0.68	0.38	0.6	0.28	0.19	0.1
10	SUP	X	X	0.29	0.11	0.13	0.34	0.25	0.47	0.1	0.18	0.3
	INF	X	X	0.17	0.08	0.21	0.31	0.3	0.51	0.28	0.12	0.21
9	SUP	X	X	0.3	0.15	0.22	0.64	0.27	0.53	0.29	0.2	0.42
	INF	X	X	0.28	0.12	0.27	0.47	0.28	0.5	0.33	0.14	0.3
8	SUP	X	X	0.34	0.18	0.29	0.66	0.28	0.58	0.3	0.21	0.45
	INF	X	X	0.3	0.16	0.3	0.51	0.29	0.53	0.38	0.17	0.32
7	SUP	X	X	0.4	0.21	0.3	0.68	0.28	0.6	0.34	0.22	0.49
	INF	X	X	0.35	0.19	0.3	0.52	0.29	0.54	0.41	0.19	0.38
6	SUP	X	X	0.46	0.22	0.37	0.72	0.3	0.66	0.46	0.22	0.53
	INF	X	X	0.44	0.23	0.36	0.57	0.3	0.6	0.51	0.22	0.45
5	SUP	X	X	0.5	0.26	0.45	0.71	0.3	0.65	0.52	0.23	0.55
	INF	X	X	0.51	0.26	0.41	0.55	0.29	0.59	0.56	0.26	0.49
4	SUP	X	X	0.56	0.25	0.57	0.71	0.3	0.64	0.62	0.27	0.67
	INF	X	X	0.6	0.28	0.51	0.55	0.31	0.58	0.65	0.29	0.6
3	SUP	X	X	0.58	0.25	0.6	0.63	0.27	0.57	0.63	0.28	0.67
	INF	X	X	0.61	0.28	0.54	0.49	0.27	0.5	0.65	0.28	0.62
2	SUP	X	X	0.55	0.18	0.58	0.51	0.27	0.48	0.59	0.25	0.6
	INF	X	X	0.58	0.18	0.52	0.39	0.27	0.41	0.6	0.27	0.57
1	SUP	0.15	0.3	0.33	0.12	0.38	0.23	0.22	0.3	0.37	0.16	0.39
	INF	0.2	0.3	0.35	0.12	0.34	0.21	0.22	0.3	0.36	0.17	0.37

RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD CON MUROS												
PORTICO 4-5												
NIVEL	EJE		A			B			C			D
12	SUP	X	X	0.70	0.17	0.56	X	X	X	X	X	X
	INF	X	X	0.33	0.19	0.37	X	X	X	X	X	X
11	SUP	X	X	0.66	0.21	0.20	0.90	1.05	0.96	0.21	0.38	0.66
	INF	X	X	0.33	0.16	0.17	0.65	0.61	0.97	0.45	0.31	0.16
10	SUP	X	X	1.01	0.38	0.13	0.35	0.87	0.67	0.14	0.63	1.05
	INF	X	X	0.40	0.19	0.20	0.30	0.49	0.82	0.45	0.19	0.34
9	SUP	X	X	0.79	0.52	0.30	0.86	0.64	0.71	0.39	0.70	1.11
	INF	X	X	0.65	0.28	0.21	0.37	0.36	0.39	0.26	0.33	0.70
8	SUP	X	X	0.40	0.63	0.39	0.89	0.66	0.78	0.40	0.73	0.69
	INF	X	X	0.42	0.37	0.24	0.40	0.37	0.42	0.30	0.40	0.75
7	SUP	X	X	0.47	0.73	0.40	0.91	0.66	0.81	0.46	0.77	0.75
	INF	X	X	0.49	0.44	0.24	0.41	0.37	0.42	0.32	0.44	0.88
6	SUP	X	X	0.42	0.36	0.34	0.67	0.71	0.61	0.43	0.36	0.59
	INF	X	X	0.53	0.37	0.21	0.33	0.38	0.34	0.29	0.36	0.59
5	SUP	X	X	0.45	0.42	0.42	0.66	0.71	0.60	0.48	0.37	0.61
	INF	X	X	0.62	0.42	0.24	0.32	0.37	0.34	0.32	0.42	0.64
4	SUP	X	X	0.41	0.40	0.44	0.55	0.71	0.90	0.87	0.44	0.75
	INF	X	X	0.61	0.45	0.23	0.25	0.40	0.29	0.32	0.47	0.67
3	SUP	X	X	0.43	0.40	0.47	0.49	0.64	0.80	0.89	0.45	0.75
	INF	X	X	0.62	0.45	0.25	0.22	0.35	0.25	0.32	0.45	0.69
2	SUP	X	X	0.47	0.29	0.48	0.42	0.64	0.45	0.55	0.40	0.58
	INF	X	X	0.65	0.29	0.26	0.19	0.35	0.24	0.34	0.44	0.69
1	SUP	0.52	0.40	0.44	0.42	0.66	0.40	0.77	0.70	0.86	0.56	0.91
	INF	0.36	0.27	0.32	0.22	0.61	0.38	0.40	0.54	0.65	0.31	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Tabla comparativa de la edificación.

TABLA COMPARATIVA DE LA EDIFICACIÓN			
	ACTUAL	**CON MUROS**	**% DE VARIACIÓN**
Nivel de diseño	ND1	ND2	N/A
Período	0.874	0.78	-11%
Deriva máx.	0.004302	0.002049	-52%
Desplazamiento máx .(cm)	9.87	4.82	-51%
CP (Ton)	1984	2383	20%
CV (Ton)	422	422	0%
CORTANTE X	400.86	336.12	-16%
CORTANTE Y	450.54	329.02	-27%
Columnas con problemas			
Sótano (20 columnas)	15	0	-100%
N1 (14 columnas)	9	0	-100%
N2 (14 columnas)	6	0	-100%
N3 (14 columnas)	3	0	-100%
N4 (14 columnas)	2	0	-100%
N5 (14 columnas)	0	0	N/A
N6 (14 columnas)	0	0	N/A
N7 (14 columnas)	0	0	N/A
N8 (14 columnas)	0	0	N/A
N9 (14 columnas)	0	0	N/A
N10 (8 columnas)	2	0	-100%
N11 (4 columnas)	2	0	-100%
Vigas con problemas			
Pórtico A (32 vigas)	9	6	-33%
Pórtico B (32 vigas)	3	0	-100%
Pórtico C (31 vigas)	3	1	-67%
Pórtico D (31 vigas)	28	3	-89%
Pórtico 1 (22 vigas)	21	12	-43%
Pórtico 2-3 (35 vigas)	34	5	-85%
Pórtico 4-5 (35 vigas)	34	4	-88%

Fuente: Elaboración propia.

IV.8 Análisis de resultados.

Luego de comparar los resultados obtenidos de la estructura, al considerar la implementación de los muros, se observó que la estructura resultante es más rígida y por eso su período disminuyó al mismo tiempo que su deriva máxima y desplazamiento total, el peso de los muros incrementó considerablemente el peso total, al incrementar el nivel de diseño las aceleraciones a ser esperadas disminuyeron por lo que el cortante basal también.

Gran parte de las columnas ubicadas entre el sótano y cuarto nivel, no cumplían con el parámetro seleccionado, por lo que estas podrían ocasionar un mecanismo de falla progresiva el cual terminaría colapsando la estructura. Al colocar los muros, el problema fue resuelto en su totalidad y quedaron con una considerable capacidad de absorber fuerzas excedentes provenientes de alguna que llegase a presentar problemas.

Si bien es cierto, que para el caso de las vigas no se obtuvo un 100 % de disminución del problema, la mayoría de las que no cumplieron con el parámetro, quedaron en valores muy cercanos a él y se cuenta con suficientes elementos a sus alrededores capaces de absorber las fuerzas excedentes sin presentar algún peligro para la estructura.

De forma general, los muros mejoran el comportamiento de la estructura significativamente y son una solución al problema presente.

CAPITULO V

V.1 CONCLUSIONES

Se seleccionó una edificación, a la cual se le realizó un análisis y evaluación estructural. Debido al incumplimiento de gran cantidad de puntos exigidos por la norma, se determinó que esta debía ser analizada como ND1.

Al evaluar el modelado de la estructura, se observó que esta cumplía con el cortante basal y deriva, al mismo tiempo se detectó una gran cantidad de vigas y columnas incapaces de resistir las fuerzas sísmicas, y se determinó que es necesario reforzar la estructura para menguar el elevado riesgo sísmico existente.

Se seleccionó como método constructivo los muros cortantes ya que estos cumplen los déficits estructurales actuales, como ductilidad y rigidez, al mismo tiempo que su construcción exterior no representa una perturbación al uso de la estructura.

Se pre dimensionaron muros capaces de resistir el 75% de cortante basal existente, se colocaron cuatro muros de forma simétrica en la parte exterior del edificio a fin de mantener una cercanía entre el centro de masa y el centro de rigidez evitando posibles efectos torsionales. Se modeló nuevamente la estructura, al analizar los resultados se observó que la totalidad de las columnas eran capaces de resistir las fuerzas actuantes para las diferentes combinaciones de carga, se cumple con el cortante basal y deriva establecida en la norma, solo algunas vigas puntualmente tenían riesgo de rotularse al momento de disipar la energía, lo cual no representa una amenaza a la estabilidad de la estructura ya que se mantiene el criterio de columna fuerte viga débil.

Se concluyó que efectivamente los muros son una solución al problema existente en la estructura y mejoran muy efectivamente el comportamiento de esta, aportándole rigidez y ductilidad a la edificación, de tal manera, cuando se manifieste algún fenómeno sísmico, esta pueda disipar la energía de ella en los muros, sin afectar la estabilidad estructural.

En el detallado del proyecto final se deberá cuidar que la conexión entre las pantallas y la estructura existente sea la adecuada y se pueda garantizar la trasmisión de esfuerzo de forma segura, los muros deberán estar correctamente arriostrados a la estructura a fin de que ambos tengan un comportamiento de conjunto y no independiente.

V.2 RECOMENDACIONES

Realizar un análisis no lineal del edificio con el fin de obtener valores más reales del comportamiento estructural de este y poder determinar más precisamente el requerimiento real de refuerzo.

Evaluar el edificio con los nuevos criterios de la norma de concreto FONDONORMA 1753, en proceso de actualización al momento de la ejecución del presente trabajo especial de grado.

De efectuarse el diseño adecuado de los muros, garantizar que este cuente con un detallado minucioso, ya que este influirá en la correcta construcción del mismo.

Finalmente, se recomienda explorar con mayor detalle la propuesta de los muros como solución, evaluando su aceptación en la comunidad y analizando adicionalmente la factibilidad técnica y económica que representa.

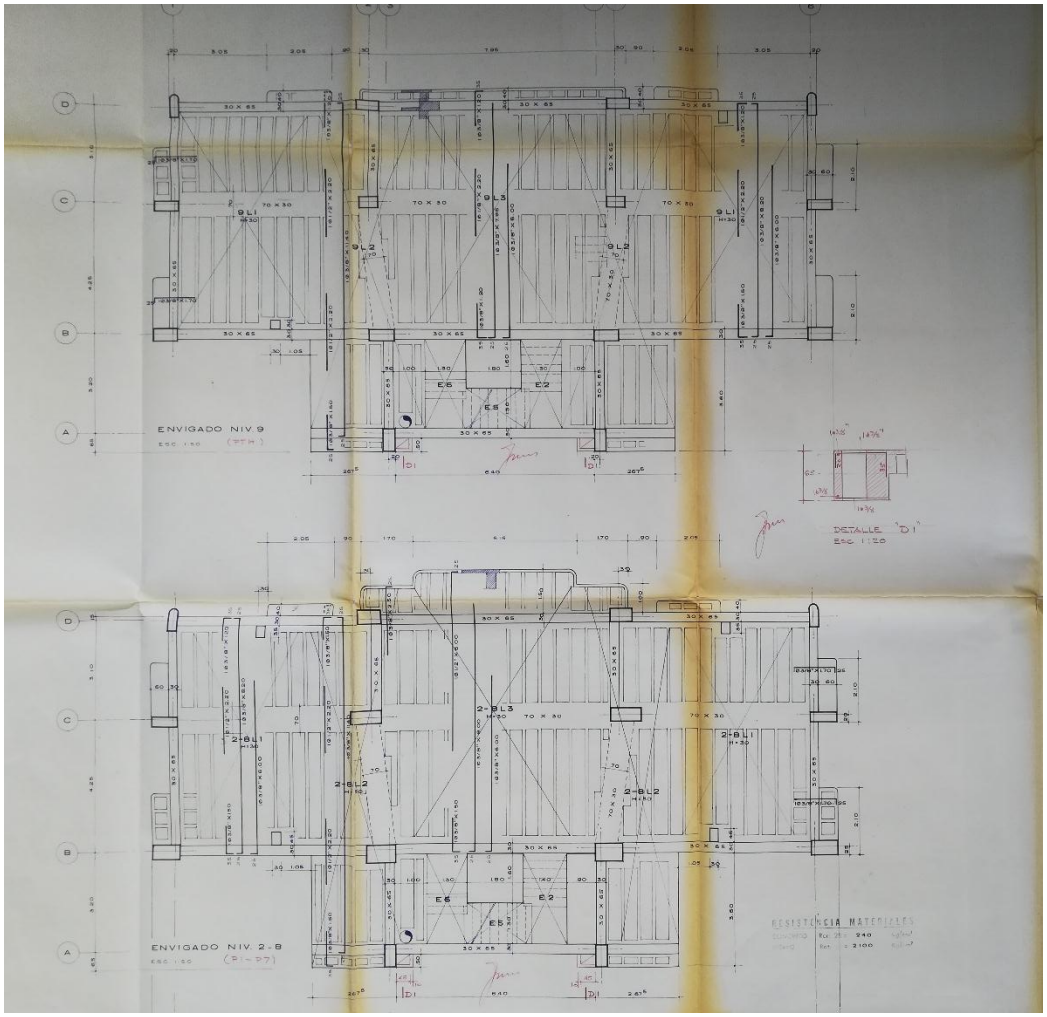
BIBLIOGRAFÍA

- Acerosarequipa. (2019). *acerosarequipa*. Obtenido de: http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_21/mucho-ojo-al-reglamento-importancia-del-diafragma-rigido.html
- Bank, L. (2006). *Composites for Construction: Structural Design with FRP Materials.* New Jersey: John Wiley&Sons.
- Cabrera, J. (21 de Agosto de 2011). *civilgeeks.com*. Obtenido de: https://civilgeeks.com/2011/08/21/diferencias-y-comportamientos-de-diafragmas-rigidos-y-flexibles/
- Cabrera, J. (30 de Enero de 2012). *civilgeeks.com*. Obtenido de: https://civilgeeks.com/2012/01/30/que-es-la-ductilidad-ii/
- Cabrera, J. (23 de Enero de 2012). *civilgeeks.com*. Obtenido de: https://civilgeeks.com/2012/01/23/caracteristicas-del-amortiguamiento-en-las-edificaciones-ii/
- *CEC Universidad de Chile*. (1 de Noviembre de 2010). Recuperado el 18 de Agosto de 2018, de https://www.cec.uchile.cl/~dicesco/aislacion.html
- Computers and Structures, I. (2019). *CSI Spain*. Obtenido de: http://www.csiespana.com/software/5/etabs

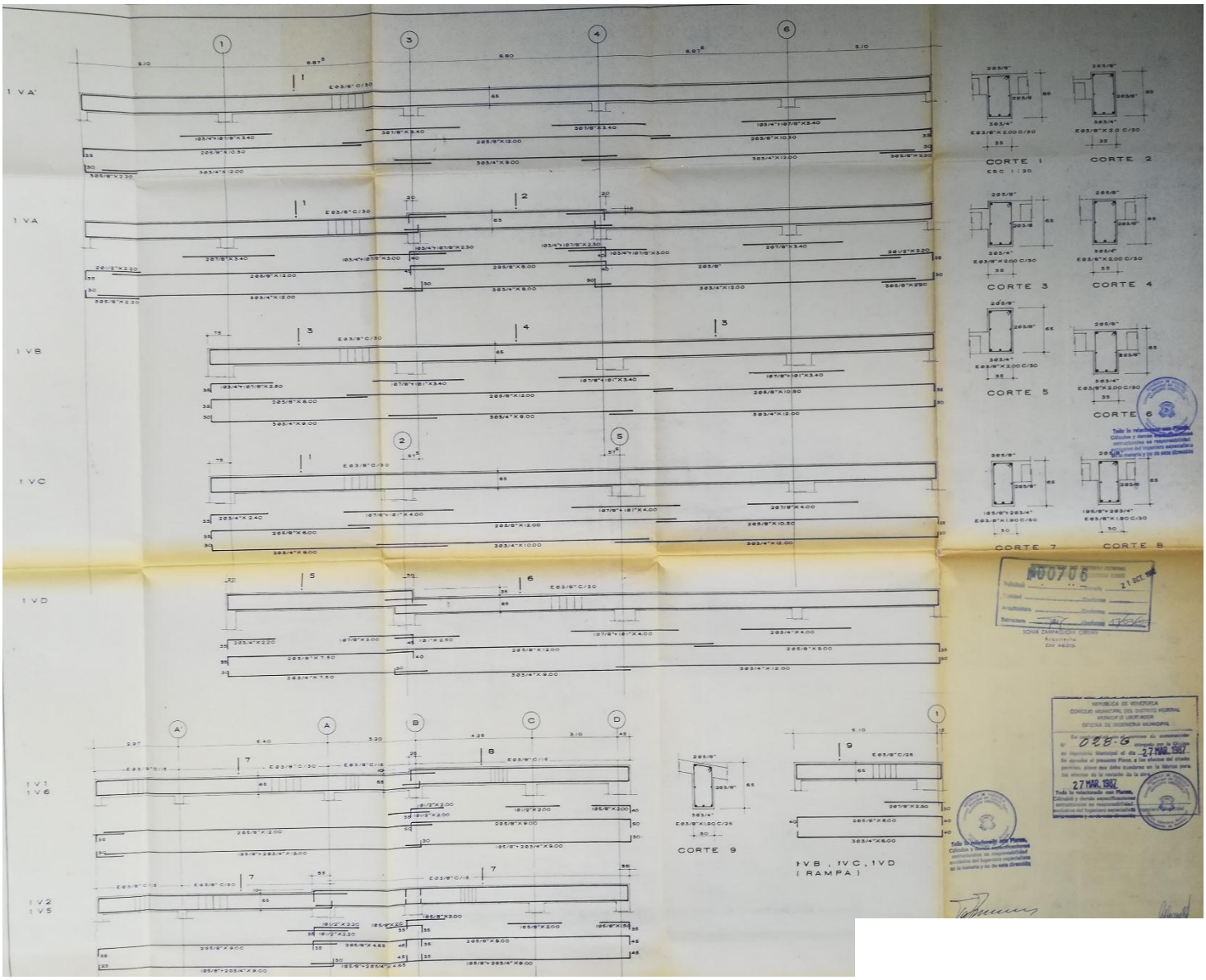
- Dussan, Y. (2010). *REFORZAMIENTOS DE ESTRUCTURAS*. Obtenido de Universidad Laica, Colombia: https://es.slideshare.net/dussanyagual/reforzamientos-de-estructuras
- Fernández, M.; Montes, L. (2008). *Diseño de muros estructurales según el capítulo 14 de la norma venezolana 1753-2006, asistidos por el programa ETABS* (Tesis de pregrado). Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- *FUNVISIS*. (Febrero de 2019). Obtenido de: http://www.funvisis.gob.ve/old/microzonas/
- González, W.; Malabet, J. (2017). *Evaluar propiedades mecánicas de miembros cortos de concreto estructural sometidos a tensiones de compresión al estar envueltos en mantos de fibra de carbono* (Tesis de pregrado). Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- Lago, A.;Rey, L. (2017). *Evaluación estructural del edificio R.R. P.P.. jesuitas de la Universidad Católica Andrés Bello con base en las normas COVENIN 1756-01 y COVENIN 1753-06* (Tesis de pregrado). Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- López, E. (26 de Febrero de 2019). *Metodo de elementos finitos*. (A. Martínez, Entrevistador)
- Norma Venezolana FONDONORMA 1753:2006 (2006, agosto). *Proyecto y construcción de obras en concreto estructural.* Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad FONDONORMA. Obtenido de: http://www.funvisis.gob.ve/descargas.php
- Norma Venezolana COVENIN 1756:2001-1 (2001, marzo). *Edificaciones sismorresistentes. Parte 1. Requisitos. (1ra Revisión).* Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad FONDONORMA. Obtenido de: http://www.funvisis.gob.ve/descargas.php

- Porrero, J.; Ramos, C.; Grases, J. (2008). *Manual del Concreto Estructural*. Caracas: 2da Edición.
- Quiñones, N.; Acuña, F. (2018). *Evaluación estructural del edificio centro loyola de la Universidad Católica Andrés Bello con base en las normas COVENIN 1756-01, 1618-98 y FONDONORMA 1753-06.* (Tesis de pregrado). Caracas: Universidad Católica Andres Bello.
- Singer, F. (1994). *Resistencia de materiales.* Oxford, New York: Editorial Alfaomega.

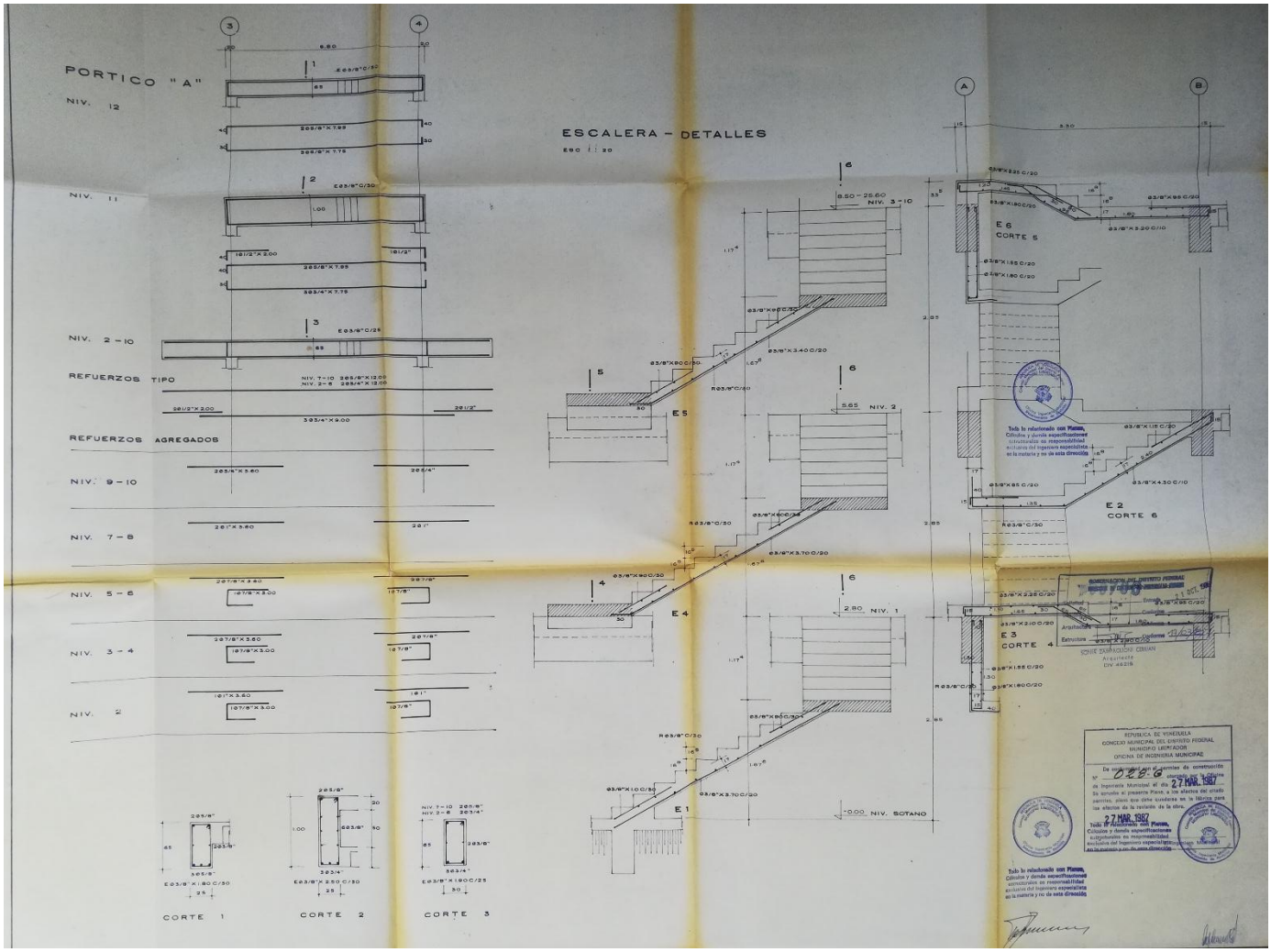
ANEXOS



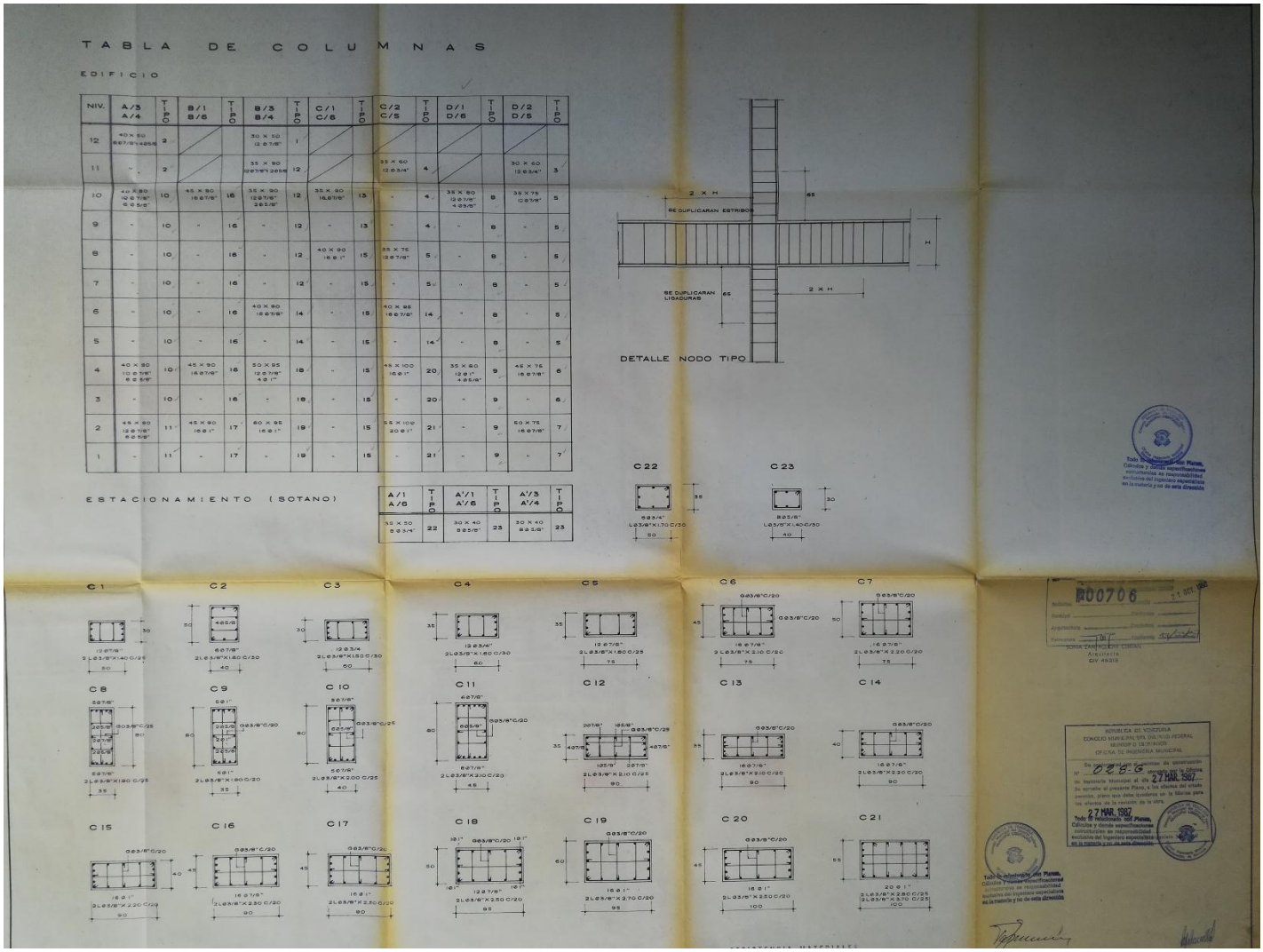
Anexo 1: Plano de envigado planta tipo.



Anexo 2: Plano de vigas niel 1.



Anexo 3: Plano del detallado de la escalera y del pórtico “A”



Anexo 4: Plano de tabla de columnas y sus respectivos detallados.

DESCRIPCIÒN	CUMPLIMIENTO
La longitud de anclaje para barras traccionadas, Ldh, no será menor que 8db ni 15 cm para cumplirse en las vigas.	Si
La longitud de desarrollo del acero de refuerzo a tracción, debe ser mayor o igual a 30 cm.	Si
Empalmes en el tercio central de la columna	No

Anexo 5: Tabla de cumplimiento según el capítulo 12 de la norma 1753-06.

DESCRIPCIÒN	CUMPLIMIENTO
El ancho mínimo de las vigas es de 25 cm	Si
La luz libre, Ln, debe ser mayor o igual a 4 veces la altura de la viga	Si
Prohibido los empalmes por solapes en los nodos y a una distancia igual a la Lcf medida desde la cara.	No
La longitud de solape, se debe colocar acero de refuerzo transversal formado por estribos cerrados, con una separación no mayor a 10 cm o d/4.	No
Se descartan recubrimientos menores a 4 cm en las vigas.	No
La dimensión minina de columna en cualquier sentido debe ser de 30 cm	Si
El acero de refuerzo transversal debe confinar zonas con una longitud, Lcf	Si
El acero de refuerzo longitudinal, cuantía geométrica ρ debe estar entre el 1% y 6% de su valor.	Si
Presencia de estribos dentro del detalle del nodo	No

Anexo 6: Tabla de cumplimiento según el capítulo 18 de la norma 1753-06.