

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO ÁLVARO
BELTRÁN PINZÓN**

**MARLON ANDRÉS COTES RINCONES
INGRID JOHANA HOYOS LUNA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BUCARAMANGA**

2016

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO ÁLVARO
BELTRÁN PINZÓN**

MARLON ANDRÉS COTES RINCONES

INGRID JOHANA HOYOS LUNA

**Trabajo de Monografía para optar al título de
Especialistas en Estructuras**

Director:

ALVARO VIVIESCAS JAIMES

Ingeniero civil, Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerzas en los momentos difíciles, a mis padres por apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado, a toda mi familia por creer en mí, a mis amigos por ayudarme en el momento en que más lo necesite, a mi compañera de grado, sin ella esto no hubiera sido posible, a esa persona que ya no está conmigo, pero siempre estará presente de corazón, y a todos los que de alguna u otra manera hicieron este sueño posible.

Marlon Andrés Cotes Rincones

A mis padres y mis hermanos que son el motor de mi vida, a mis sobrinos Emily Gabriela y Andrés Felipe, a mis amigos que han sido incondicionales en mi vida.

Ingrid Johana Hoyos Luna

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de monografía PhD. ALVARO VIVIESCAS JAIMES por aportar su conocimiento, por su apoyo y hacer todo lo que estuvo a su alcance, para la realización de esta monografía.

AA LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por su incansable lucha de formar profesionales íntegros, con espíritu crítico y fuertes antes las adversidades, cualidades que se necesitan para la construcción de un mejor país.

A TODOS LOS FAMILIARES y AMIGOS, por su permanente colaboración y apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

Marlon Andrés Cotes Rincones

Quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones que me brinda día a día, por darme la fuerza suficiente para salir adelante y poder ser una mejor persona, a mi padre quiero agradecer ese amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a mi familia por llenarme de amor y nuestro director el ingeniero Álvaro Viviescas

Ingrid Johana Hoyos Luna

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1.3 ALCANCE	15
2. MARCO TEORICO.....	16
2.1 DEFINICIONES.....	16
2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO	20
2.2.1 Análisis estático Lineal	20
2.2.2 Análisis Dinámico lineal.....	21
3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	22
4. INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	23
5. VERIFICACIÓN SECCIONES GEOMETRICAS Y UBICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	31
6. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN.	33
7. ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE ACUERDO A LA NORMA SISMO-RESISTENTE NSR-10.....	35
7.1 MÉTODO DE ANÁLISIS	35
7.2 MÉTODO DE DISEÑO	35
7.3 PARAMETROS DE DISEÑO	36
7.3.1 Amenaza sísmica.....	36
7.3.2 Coeficiente de importancia.....	37
7.3.3 Capacidad de disipación de energía requerida.....	38

7.3.4	Determinación del valor del coeficiente de capacidad de dissipación de energía (r).....	39
7.3.5	parámetros geotécnicos del suelo	42
7.4	ESPECTRO DE DISEÑO (BUCARAMANGA, SANTANDER).....	44
7.5	CARGAS CONSIDERADAS DE DISEÑO.....	47
7.6	COMBINACIONES DE CARGAS.....	49
7.7	ANALISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA	50
7.8	FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE	53
7.9	MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	54
7.9.2	SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	57
7.9.3	ANALISIS DE COLUMNAS	60
7.9.4	ANALISIS DE VIGAS PRINCIPALES	81
7.9.5	DEFLEXIÓN PRESENTADA EN VOLADIZOS N+4.90	91
8.	DERIVAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA	95
9.	CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
10.	CONCLUSIONES.....	100
	BIBLIOGRAFIA	101
	ANEXOS	102

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de aceleración A_a y A_v	36
Tabla 2. Valores del coeficiente de importancia.....	37
Tabla 3. Coeficiente de disipación de energía básico R_o y coeficiente de sobre resistencia Ω_o	39
Tabla 4. Irregularidad en planta	39
Tabla 5. Irregularidad en altura	40
Tabla 6. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos F_a	43
Tabla 7. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios F_v	43
Tabla 8. Cálculo del periodo V_s aceleración espectral de diseño.....	45
Tabla 9. Resumen de datos para espectro de diseño.....	46
Tabla 10. Tabla de cargas muertas (Educativo).	47
Tabla 11. Tabla de cargas vivas (Educativo).	48
Tabla 12. Combinaciones de cargas.....	49
Tabla 13. Refuerzo de columnas existentes según planos.....	68
Tabla 14. Índices de sobrefuerzos vigas 101-103-104.....	81
Tabla 15. Índices de sobrefuerzos vigas 105-106.....	82
Tabla 16. Índices de sobrefuerzos vigas 107-107'1-107'2	84
Tabla 17. Índices de sobrefuerzos vigas 201-1/201-2/202.....	85
Tabla 18. Índices de sobrefuerzos vigas 203-204.....	86
Tabla 19. Índices de sobrefuerzos vigas 205-206.....	87
Tabla 20. Índices de sobrefuerzos vigas 207-1/207-2/207'1/207'-2/208-1/208-2.....	89
Tabla 21. Índices de sobrefuerzos vigas 20F-20I (Voladizos).....	90
Tabla 22. Alturas mínimas requeridas para el control de deflexiones.....	93
Tabla 23. Derivas presentadas en la estructura.....	97

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del edificio Álvaro Beltrán Pinzón.....	22
Figura 2. Fachada principal edificio Álvaro Beltrán Pinzón	23
Figura 3. Fachada posterior edificio Álvaro Beltrán Pinzón	24
Figura 4. Fachada oriental edificio Álvaro Beltrán Pinzón.....	24
Figura 5. Fachada occidental edificio Álvaro Beltrán Pinzón	24
Figura 6. Planta arquitectónica sub-sótano N-4.90	25
Figura 7. Planta arquitectónica primer piso N+0.00	25
Figura 8. Planta arquitectónica segundo piso N+4.90	26
Figura 9. Planta arquitectónica planta de cubiertas N+8.30.....	26
Figura 10. Planta arquitectónica Sección A-A.....	27
Figura 11. Planta arquitectónica Sección B-B.....	27
Figura 12. Planta arquitectónica Sección C-C	28
Figura 13. Planta arquitectónica Sección D-D	28
Figura 14. Planta estructural-cimentación N-5.90.....	29
Figura 15. Planta estructural primer nivel N+0.00.....	29
Figura 16. Planta estructural segundo nivel N+4.90	30
Figura 17. Planta estructural cubiertas nivel N+8.30	30
Figura 18. Planta estructural puente grúa N+10.30	31
Figura 19. Equipo de medición-Distanciómetro laser.....	31
Figura 20. Verificación de medidas No.1	32
Figura 21. Parámetros de diseño según planos.....	33
Figura 22. Calculo de carga muerta placa aligerada.....	34
Figura 23. Calculo del coeficiente de capacidad de disipación de energía...	42
Figura 24. Características geotécnicas utilizadas	44
Figura 25. Espectro elástico de aceleraciones de Diseño	45
Figura 26. Espectro elástico de aceleraciones Bucaramanga	46
Figura 27. Calculo de cargas muertas en la estructura.....	50
Figura 28. Definición de niveles y alturas de entrepisos	51
Figura 29. Calculo de áreas por niveles.....	51

Figura 30. Calculo de carga muerta (D)	52
Figura 31. Calculo de carga viva (L)	52
Figura 32. Carga viva y muerta total	53
Figura 33. Método de la fuerza horizontal equivalente	53
Figura 34. Fuerzas sísmicas	54
Figura 35. Modelo tridimensional	54
Figura 36. Modelo planta estructural Nivel N+0.00	55
Figura 37. Modelo planta estructural Nivel N+4.90	55
Figura 38. Modelo planta estructural Nivel N+8.30	56
Figura 39. Modelo planta estructural Nivel N+10.30	56
Figura 40. Definición de las propiedades del concreto	57
Figura 41. Definición de las propiedades del acero	57
Figura 42. Sección de vigas 0.40x0.40 m	58
Figura 43. Sección de columnas 0.40x0.40 m	58
Figura 44. Sección de muro espesor $e=0.25$ m	59
Figura 45. Sección de muro espesor $e=0.30$ m	59
Figura 46. Indices de capacidad de demanda en columnas	60
Figura 47. Indices de capacidad de demanda por ejes de columnas	61
Figura 48. Despiece de columnas D8, G8, H8 y K8.....	69
Figura 49. Refuerzo requerido en los ejes de columnas D, G, H y K.....	70
Figura 50. Despiece de columnas A1, B1, E3.....	72
Figura 51. Refuerzo requerido en el eje de columna E3.....	73
Figura 52. Despiece de columnas F2, F3, I2, I3	73
Figura 53. Refuerzo requerido en el eje de columna I y F	74
Figura 54. Despiece de columnas G7 y H7	76
Figura 55. Refuerzo requerido en el eje de columna G y H	76
Figura 56. Despiece de columnas J3 y J5	78
Figura 57. Refuerzo requerido en el eje de columna J	78
Figura 58. Despiece de columnas L6.....	79
Figura 59. Refuerzo requerido en el eje de columna L	80
Figura 60. Despiece de columnas J3'	80

Figura 61. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 101-103-104.....	82
Figura 62. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 105-106.....	83
Figura 63. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 107-107'/1-107'/2	84
Figura 64. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 201-1/201-2/-202.....	85
Figura 65. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 203-204.....	86
Figura 66. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 205-206.....	88
Figura 67. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 207-1/207-2/207'1/207'- 2/208-1/208-2.....	90
Figura 68. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 20F-20I (Voladizos).....	91
Figura 69. Planta de voladizos nivel N+4.90	92
Figura 70. Calculo de altura mínima para voladizos	94
Figura 71. Deflexión presentada en voladizo nivel N+4.90	94
Figura 72. Proyección muro de contención.....	95
Figura 73. Despiece muro de contención	96

RESUMEN

TITULO:

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO ÁLVARO BELTRÁN PINZÓN*

AUTORES:

COTES RINCONES, Marlon Andrés **

HOYOS LUNA, Ingrid Johana **

PALABRAS CLAVES:

Vulnerabilidad, Reforzamiento Estructural, Fuerza Sísmica, Confinamiento, Desplazamiento, Derivas, Pórtico Especial Resistente a Momento, Índices por Flexibilidad, Índices de sobre-esfuerzo, capacidad.

CONTENIDO:

El presente proyecto se realiza con la necesidad de implementar un análisis de vulnerabilidad y Reforzamiento para un edificio con sistema tipo pórtico y muros resistentes a momentos, el cual fue construido hace más de 10 años y durante este periodo de tiempo ha resistido las cargas gravitacionales y sísmicas de alta intensidad causando daños visibles en su fachada. Por esto debido a la antigüedad de la construcción es de esperar que el sistema estructural no cumpla con los requisitos exigidos por la nueva normatividad estructural, NSR-10.

Para el análisis, se realizaron en campo las actividades necesarias para comprobar lo establecido en los planos de construcción. Todos los datos preliminares tales como: Geometría de los elementos, levantamiento geométrico de la estructura, profundidad de cimentación y la resistencia de los materiales empleados en el proceso constructivo fueron tomados de los planos de construcción, memorias de diseño y estudios realizados por los propietarios del proyecto.

Se procede a realizar el estudio de la vulnerabilidad sísmica de la edificación de acuerdo a lo establecido en la Norma Sismo Resistente Colombiana vigente, NSR-2010, y más concretamente lo contenido en el capítulo A-10, denominado “Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento”, el cual contiene los requisitos a emplear en la evaluación, adición, modificación y remodelación del sistema estructural; cabe aclarar que el alcance del proyecto contempla la evaluación de los índices de flexibilidad y sobre resistencia de los elementos que componen la estructura, para una zona de amenaza sísmica alta, mas no proponer un reforzamiento estructural que solucione los problemas de la edificación.

*Proyecto de grado. Modalidad Monografía

**Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas – Escuela de Ingeniería Civil
Director: PhD. Ing. Álvaro Viviescas

ABSTRACT

TITLE:

STUDY OF SEISMIC VULNERABILITY OF BUILDING ÁLVARO BELTRÁN FINCH *

AUTHORS:

COTES RINCONES, Marlon Andrés **

HOYOS LUNA, Ingrid Johana **

KEYWORDS:

Vulnerability, structural reinforcement, seismic force, Confinement, Displacement, Drifts, Portico resistant Special Moment, Indices by Flexibility Indexes overexertion, capacity.

CONTENT:

This project is realized with the need to implement a vulnerability analysis and reinforcement for a building with gantry system and resistant walls at times, which was built over 10 years ago and during this period has resisted the gravitational loads and high intensity seismic causing visible damage to the facade. For this due to the age of the building is expected that the structural system does not meet the requirements of the new structural regulations, NSR-10.

For analysis necessary to check the provisions of the construction plans activities were carried out in the field. All preliminary data such as geometry elements, geometric lifting of the structure, foundation depth and strength of the materials used in the construction process were taken from the building plans, reports design and studies by owners draft.

We proceed to the study of the seismic vulnerability of the building in accordance with the provisions of Rule Earthquake Resistant current Colombian, NSR-2010 and more specifically contained in Chapter A-10, entitled "Evaluation and intervention of buildings constructed before the effective date of this version of the rules ", which contains the requirements to be used in the evaluation, addition, modification and remodeling of the structural system; it is clear that the scope of the project includes the assessment rates flexibility and strength of the elements of the structure to an area of high seismic hazard, but not proposing a structural reinforcement to solve the problems of the building.

* Degree Work. Type monograph

**Faculty of physical engineering mechanics - school of Civil Engineering
Director: PhD. Eng. Ricardo Alfredo Cruz Hernández

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre ha buscado explicaciones ante los fenómenos naturales para poder entenderlos, interpretarlos y solucionarlos con el fin de disminuir las pérdidas de vidas humanas durante la ocurrencia de dichos fenómenos.

En las muchas ramas que contempla la ingeniería civil, las estructuras y los eventos sísmicos que pueden afectar su comportamiento son materia de continua investigación, principalmente en nuestro país, ya que muchas ciudades se encuentran ubicadas en zonas de alta sismicidad. Por esto ante la ocurrencia de terremotos específicos el reglamento sobre este tema ha sufrido varios cambios.

Antes del terremoto de Popayán (del 31 de marzo de 1.983), en el país no existía ninguna norma que reglamentaba el diseño, la construcción y la supervisión de las estructuras en el territorio nacional. Los ingenieros tomaban primordialmente las normas del Instituto Americano del Concreto – ACI. Pero ante la ocurrencia de este sismo se aceleró la aprobación de la ley 1400 de 1984, conocida como Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes.

Entre la aprobación de la ley 1400 de 1.984 y la aprobación de la ley 400 de 1.997, ocurrieron en el país varios sismos de gran magnitud, uno de ellos, fue el registrado el 6 de junio de 1.996 en el corregimiento de Páez – Cauca, donde 800 personas perdieron la vida. La nueva ley, conocida como la Norma Sismo Resistente o NSR-98, tuvo grandes cambios, en especial en cuanto al diseño sísmico de edificaciones.

Actualmente la Norma Sismo Resistente vigente es el decreto 926 de 2.010, más conocida como NSR-2010. Esta ley será la base para el desarrollo de la presente monografía el cual tiene por objeto el estudio de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural

Muchas de las edificaciones antiguas realizadas en Colombia se diseñaron para soportar solamente cargas verticales, pero ante cargas laterales, como las producidas por un sismo la estructura resulta bastante vulnerable, aun mas en zonas de alta sismicidad.

Este trabajo va enfocado principalmente a determinar las deficiencias en la estructura sismo resistente del edificio Álvaro Beltrán Pinzón ubicado en las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander, comparándolo con los requisitos mínimos estipulados en la Norma NSR-10, estas deficiencias se mediaran por un estudio de vulnerabilidad sísmica bajo los índices de sobreesfuerzos y flexibilidad.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica al edificio Álvaro Beltrán Pinzón, evaluando los índices de flexibilidad y sobre resistencia para una estructura con sistema de pórticos y muros resistentes a momentos localizado en zona de amenaza sísmica alta.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el levantamiento y/o verificación de los elementos estructurales existentes de la edificación.
- Realizar la evaluación, calificación y análisis de vulnerabilidad del edificio ABP, de acuerdo con lo establecido en la NSR-2010.
- Determinar los daños estructurales que se presentan en la estructura, basado en los resultados obtenidos del análisis de vulnerabilidad sísmica.

1.3 ALCANCE

Se realizara un levantamiento y/o verificación de los elementos estructurales según la información contendida en los planos estructurales entregados por planta física, donde se comprobara la ubicación de los elementos estructurales, así como la geométrica de los mismos. Se realizara un modelo numérico de la estructura para analizar su comportamiento estático y dinámico determinando si presenta algún daño estructural.

2. MARCO TEORICO

2.1 DEFINICIONES

- **Falla geológica:** Una falla es una grieta en la corteza terrestre. Estas forman, los límites entre las placas tectónicas de la Tierra. En una falla activa, las piezas de la corteza de la Tierra a lo largo de la falla, se mueven con el transcurrir del tiempo, este movimiento ocasiona sismos en la superficie terrestre.
- **Sismo:** Son vibraciones producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación brusca de la energía acumulada en el interior de la Tierra. Principalmente se producen por la actividad de fallas geológicas, pero también ocurren por la fricción en el borde de placas tectónicas, procesos volcánicos o por el hombre debido a detonaciones de explosivos subterráneos.

La energía liberada se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones, que llegan a afectar de manera directa las edificaciones. El punto en que se origina el terremoto se llama foco o hipocentro; este punto se puede situar a un máximo de unos 700 km. hacia el interior terrestre. Las vibraciones pueden oscilar desde las que apenas son apreciables hasta las que alcanzan carácter catastrófico.

Dependiendo de su intensidad y origen, un terremoto puede causar desplazamientos de la corteza terrestre, corrimientos de tierras, maremotos o la actividad volcánica. Para medir la energía liberada por un terremoto se emplean diversas escalas, entre ellas, la escala de Richter es la más conocida y utilizada en los medios de comunicación.

- **Sismicidad en Colombia:** La zona andina colombiana es la más propensa a la actividad sísmica, pues en ella interactúan la placa de Nazca, la Suramericana y la del Caribe las cuales se mueven a velocidades diferentes y en sentidos contrarios. Como consecuencia de los movimientos, roces y choques entre estas placas, se han desarrollado variadas grietas subterráneas que acumulan y liberan energía constantemente.
- **Pórticos Especiales Resistentes a Momento:** Se conforman principalmente por dos elementos importantes que son columnas y vigas, cuando el pórtico es afectado por una fuerza horizontal que actúa en la misma dirección, este tiende a distorsionar el marco, produciendo rotaciones en las uniones de los elementos. El desplazamiento de un elemento depende de la rotación y la longitud, produciendo fuerzas internas que se denominan cortantes y momentos flectores.
- **Cortante Basal:** Es la carga horizontal acumulada de todos los niveles N, en el nivel de la cimentación, depende directamente de la masa y la altura. Es definida como el producto entre la masa y un coeficiente que equivale a un porcentaje de la aceleración.
- **Diafragma:** Es la conformación de vigas y placa de entrepiso las cuales se suponen de una infinita rigidez, la función de un diafragma rígido es transmitir las cargas horizontales a los elementos de resistencia sísmica (pórticos o muros).
- **Fuerza Sísmica:** Es la representación de las excitaciones de las ondas sísmicas a cargas estáticas laterales en el análisis y diseño de estructuras sismo resistentes, también generan ondas verticales las cuales no se tienen en cuenta ya que el peso de la estructura contrarresta este fenómeno.

- **Análisis Estático lineal:** Este tipo de análisis contempla el cálculo de las fuerzas sísmicas, su distribución en altura y la respuesta en cuanto a fuerzas internas y desplazamientos de la estructura mediante la formulación planteada por la estática, considerando comportamiento lineal en los materiales de los elementos que la componen, es decir, las deformaciones internas aumentan proporcionalmente a los esfuerzos. Dicho análisis contempla el modelamiento de la estructura como un sistema equivalente de uno o varios grados de libertad con matriz de amortiguamiento viscoso. La acción sísmica es modelada mediante una fuerza horizontal equivalente, la cual causara los efectos en cuanto a esfuerzos y deformación para el sismo de diseño contemplado y basándose en el modo de vibración fundamental de la edificación.
- **Respuestas del Edificio:** la característica principal de respuesta en una edificación es el período fundamental de vibración el cual está directamente relacionado con el tipo de material, geometría, masa y altura de la edificación.
- **Vulnerabilidad Sísmica:** Vulnerabilidad sísmica es un término relacionado con la predisposición de una estructura a ser susceptible a daños o sufrir colapso debido a un sismo. Se determina que un edificio es sísmicamente vulnerable si no cumple con los reglamentos vigentes para construcciones sismo resistentes y con los criterios actuales de ingeniería sismo resistente, o si un análisis determina que el sistema estructural no es apto para resistir las acciones sísmicas y es susceptible de sufrir daño severo o aún de colapsar debido a un evento destructivo.

El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico, y para la mitigación de desastres por terremotos.

Se entiende por riesgo sísmico el grado de pérdidas de elementos estructurales que sufren las edificaciones durante el tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica. A dicho tiempo se le denomina periodo de exposición o periodo de vida útil de la estructura. Por otra parte, la mitigación de los desastres, en el ámbito de la ingeniería, corresponde a la totalidad de las acciones que tienen como objetivo la mejora del comportamiento sísmico de los edificios de una zona, a fin de reducir los daños en su estructura y así salvaguardar las vidas humanas en su interior.

- **Daño Sísmico:** Es la degradación no destrucción de una estructura causada por un sismo, normalmente se relaciona con deformaciones irreversibles (inelásticas), por lo tanto, cualquier variable debe ser referida a una cantidad de deformación. En estructuras de concreto reforzado la función más empleada para representación del daño corresponde al índice propuesto por Park y Ang (1958), este índice expresa el daño en función de la ductilidad de deformación y de energía elástica disipada.
- **Índice de Sobre-Esfuerzo:** Es el cociente que hay entre las solicitaciones de carga y la resistencia efectiva de un elemento o conjunto. Los índices se deben calcular inicialmente para cada uno de los elementos en forma individual, a esto se les denomina índice de sobre esfuerzo de los elementos, posteriormente se calcularán los índices de sobreesfuerzo de toda la estructura tomando los mayores índices de sobre esfuerzo individual y su importancia en la resistencia general de la estructura.
- **Índice de Flexibilidad:** El índice de flexibilidad se define como la relación entre las derivas que la estructura presenta y las que la normativa sismo-resistente permite.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO

La realización de un análisis lineal de la estructura, contempla que las propiedades de los elementos que la componen tales como la rigidez y el amortiguamiento permanecen constantes, es decir, no varían con el tiempo por tanto los resultados en cuanto a desplazamientos, esfuerzos, reacciones son directamente proporcionales a la magnitud de las cargas aplicadas, mientras que en un análisis no lineal dichas propiedades pueden variar con respecto al tiempo, la carga aplicada y las deformaciones generadas por la aplicación de estas cargas, por ende la respuesta no es proporcional a las cargas aplicadas.

2.2.1 Análisis estático Lineal

Este tipo de análisis contempla el cálculo de las fuerzas sísmicas, su distribución en altura y la respuesta en cuanto a fuerzas internas y desplazamientos de la estructura mediante la formulación planteada por la estática, considerando comportamiento lineal en los materiales de los elementos que la componen, es decir, las deformaciones internas aumentan proporcionalmente a los esfuerzos. Dicho análisis contempla el modelamiento de la estructura como un sistema equivalente de uno o varios grados de libertad con matriz de amortiguamiento viscoso. La acción sísmica es modelada mediante una fuerza horizontal equivalente, la cual causara los efectos en cuanto a esfuerzos y deformación para el sismo de diseño contemplado y basándose en el modo de vibración fundamental de la edificación.

Los resultados obtenidos mediante este método no son representativos puesto que se plantea controlar los valores de deformaciones y los esfuerzos a tensión y compresión con los de resistencia del material, obteniendo zonas con esfuerzos elevados poco aceptables teniendo en cuenta que en ocasiones la estructura responde inelásticamente al sismo de diseño y estos esfuerzos se

distribuyen con el tiempo en las zonas más críticas de la estructura. Sin embargo aunque los resultados no sean muy confiables este método no deja de ser una alternativa a la solución de este tipo de problemas pues se cumplen condiciones tanto de equilibrio como de compatibilidad que pueden acercarse a los esfuerzos promedios a los cuales este sometida la estructura, teniendo en cuenta que los códigos de diseño reglamentan su uso a ciertas características de la estructura (RIOS, 2012).

2.2.2 Análisis Dinámico lineal

Consiste en el modelamiento de una estructura como un sistema de uno o varios grados de libertad con matriz de amortiguamiento viscoso equivalente y matriz de rigidez elástica lineal. La acción sísmica es modelada mediante el uso de un análisis modal, usando el espectro de respuesta elástico lineal y plantea que la respuesta dinámica de la estructura puede ser estimada a partir del comportamiento independiente de cada modo natural de vibración y en la mayoría de códigos este número de modos vibración depende de un porcentaje de masa que se pretende desplazar (LESMEZ, 2015).

3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

NOMBRE: EDIFICIO ALVARO BELTRAN PINZÓN.

PROYECTO: CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

UBICACIÓN: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA, SANTANDER, COLOMBIA.

Figura 1. Ubicación del edificio Álvaro Beltrán Pinzón



Fuente: Google Maps

NORMA DE DISEÑO UTILIZADA: Norma colombiana Sismo-Resistente NSR-98.

DESCRIPCIÓN: La edificación consiste en una estructura de tres (3) niveles. Esta edificación fue diseñada con un sistema estructural de pórtico resistente a momentos en concreto reforzado, diseñado para soportar las solicitaciones sísmicas y las cargas gravitacionales generadas por el uso de la estructura.

USO DE LA ESTRUCTURA: Laboratorio de caracterización de materiales.

4. INFORMACIÓN EXISTENTE SOBRE EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

Planta física de la Universidad Industrial de Santander, proporciono los planos estructurales y arquitectónicos AS-BUILT del edificio Álvaro Beltrán Pinzón, sin embargo no se encontró ninguna información referente a las memorias de calculo que sustentan el diseño estructural plasmado en los planos estructurales.

Figura 2. Fachada principal edificio Álvaro Beltrán Pinzón



Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 3. Fachada posterior edificio Álvaro Beltrán Pinzón



Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 4. Fachada oriental edificio Álvaro Beltrán Pinzón



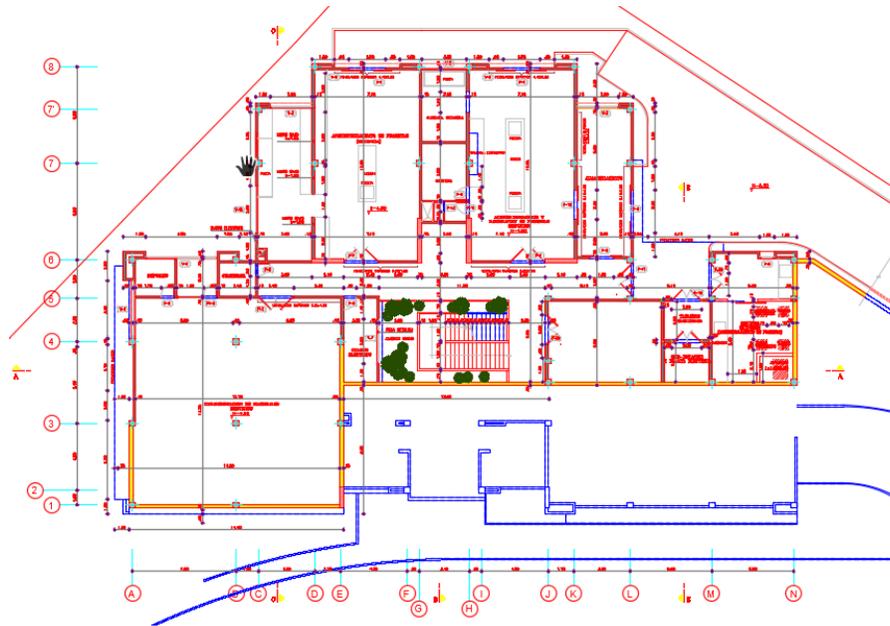
Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 5. Fachada occidental edificio Álvaro Beltrán Pinzón



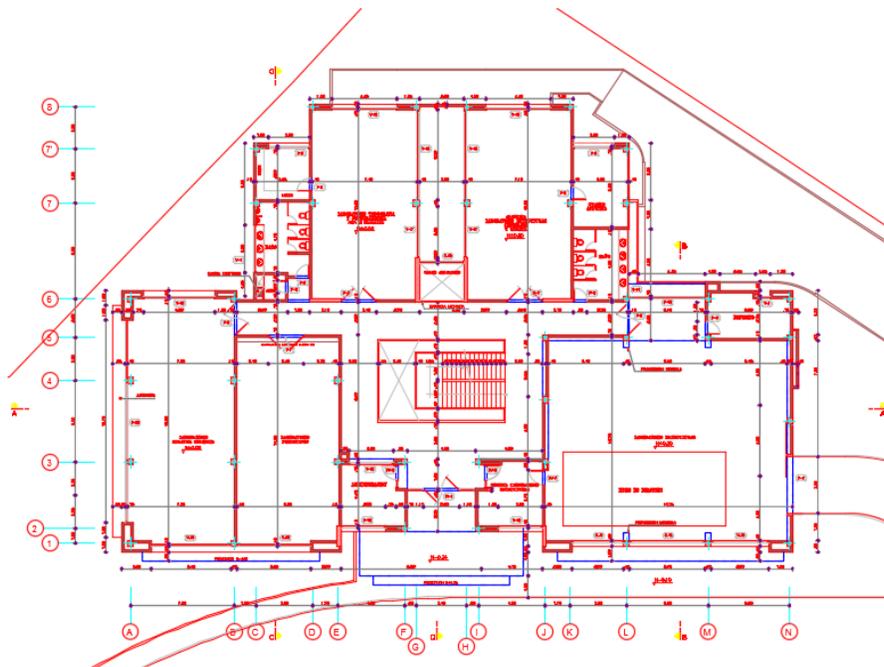
Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 6. Planta arquitectónica sub-sótano N-4.90



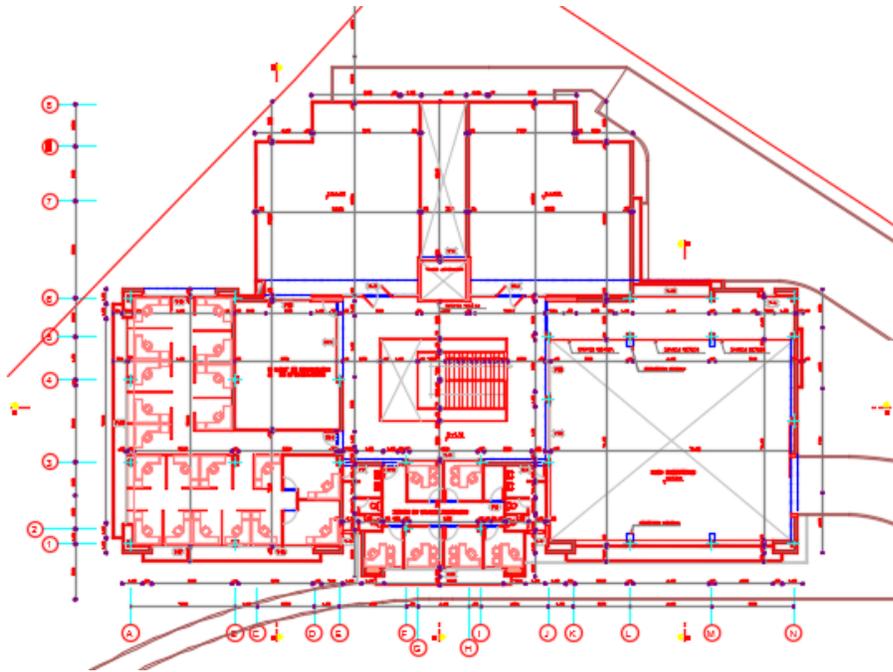
Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 7. Planta arquitectónica primer piso N+0.00



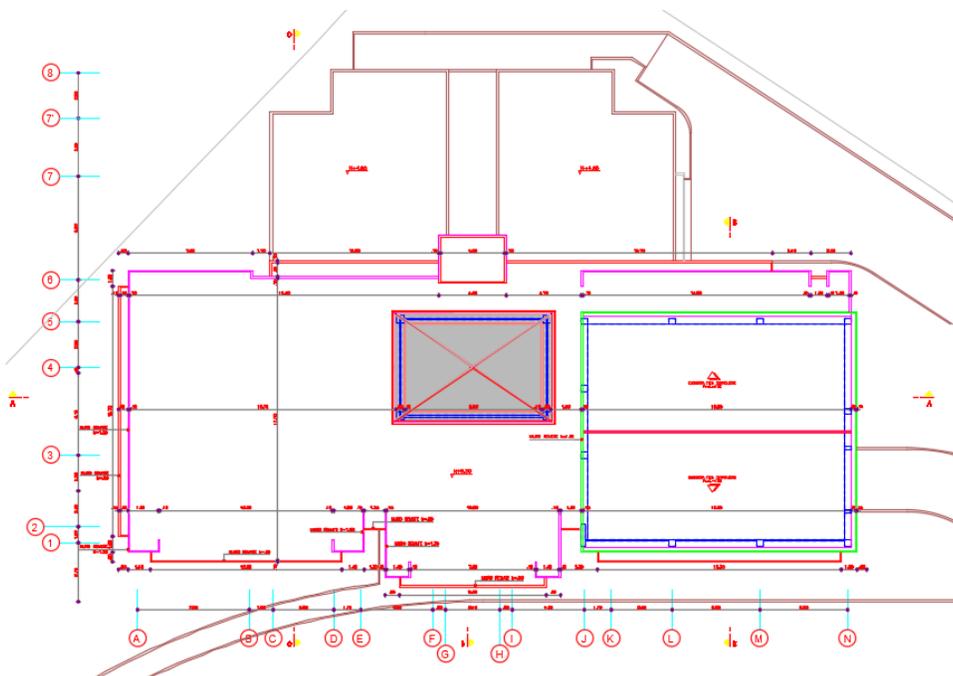
Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 8. Planta arquitectónica segundo piso N+4.90



Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 9. Planta arquitectónica planta de cubiertas N+8.30



Fuente: Planos arquitectónicos existentes

Figura 12. Planta arquitectónica Sección C-C

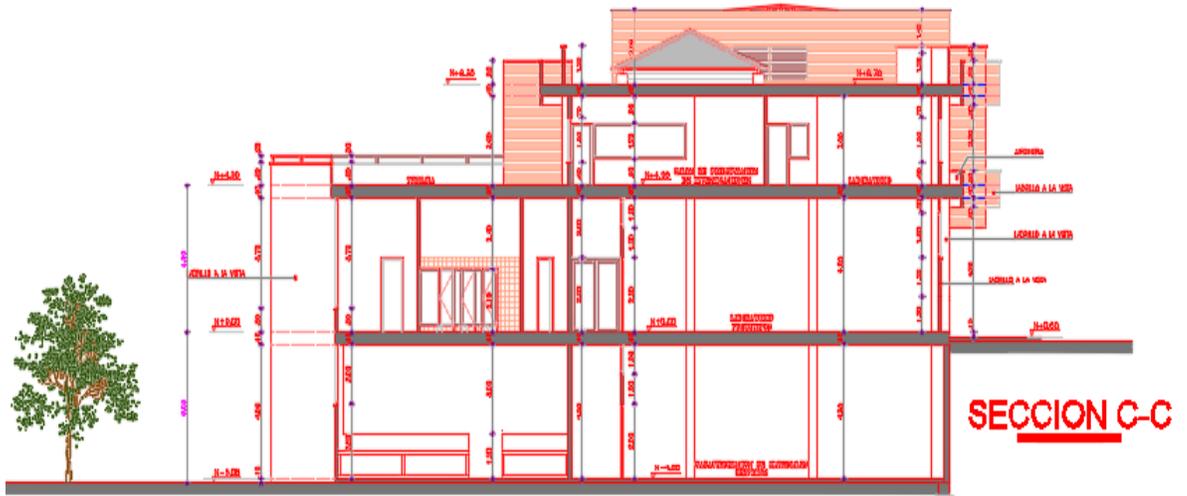
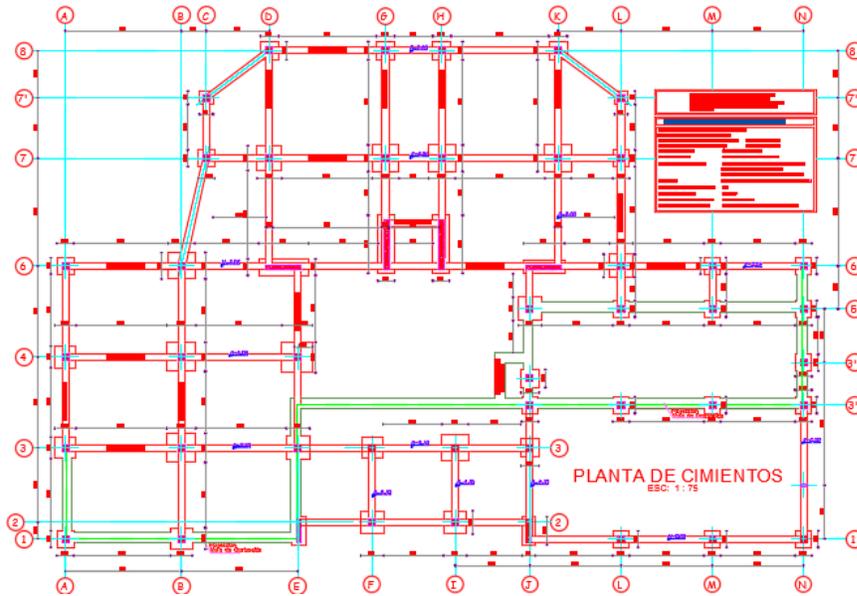
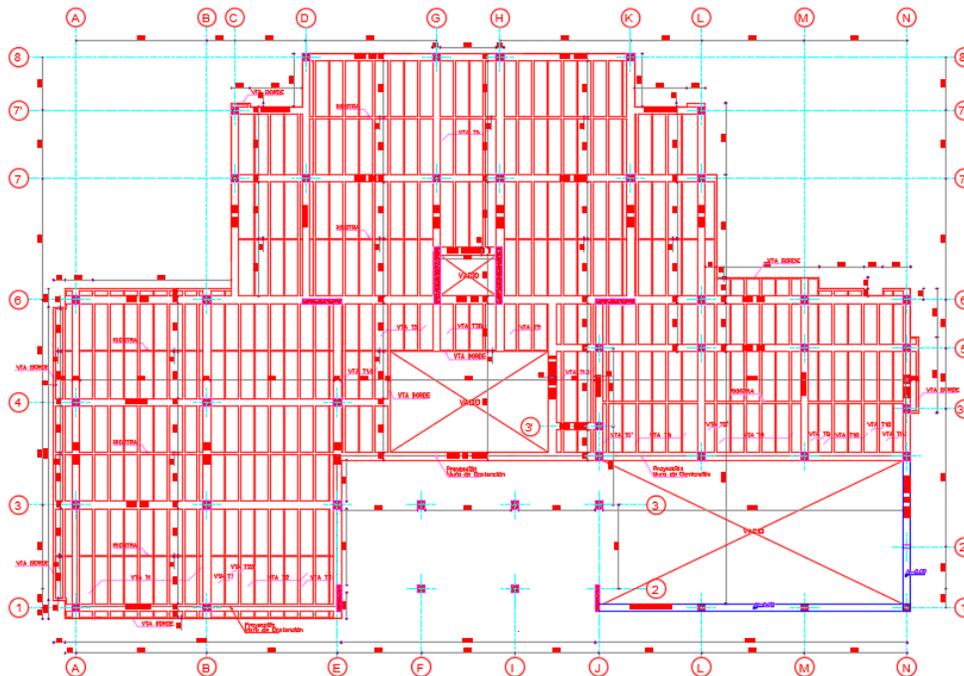


Figura 14. Planta estructural-cimentación N-5.90



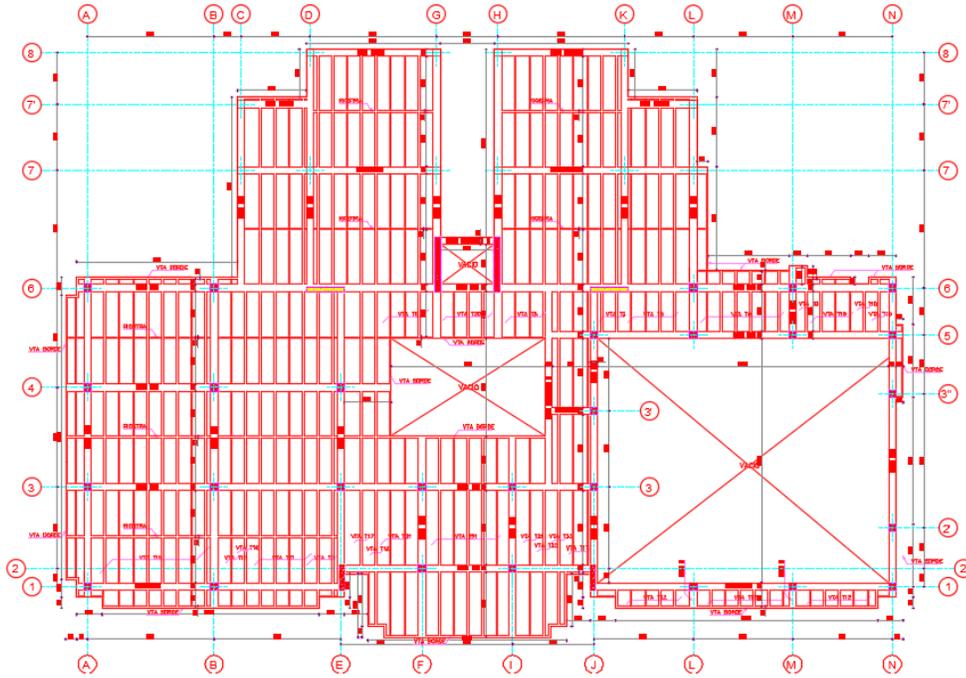
Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 15. Planta estructural primer nivel N+0.00



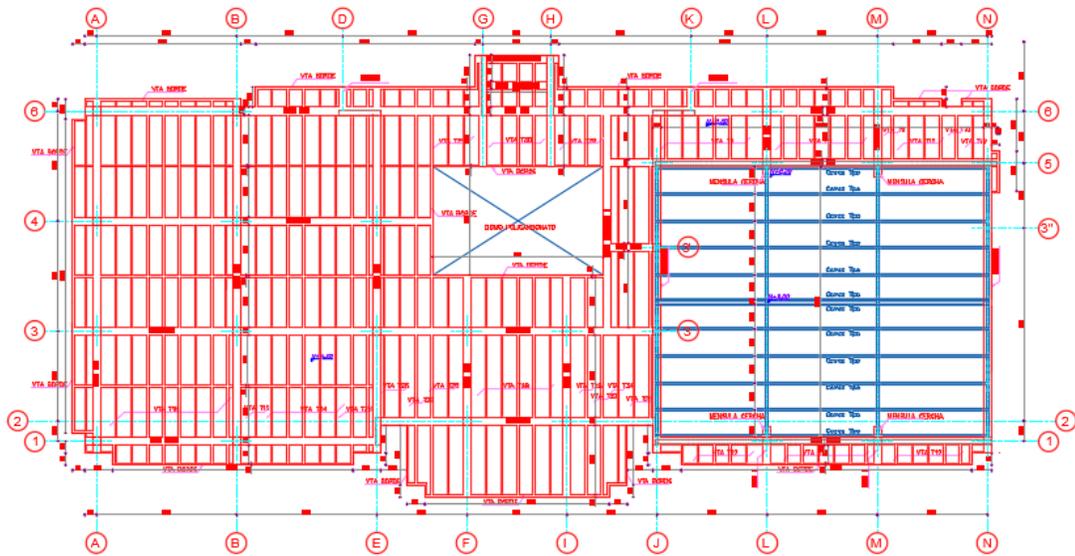
Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 16. Planta estructural segundo nivel N+4.90



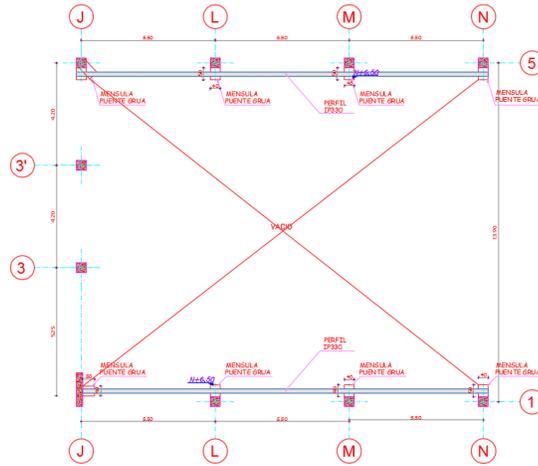
Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 17. Planta estructural cubiertas nivel N+8.30



Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 18. Planta estructural puente grúa N+10.30



Fuente: Planos estructurales existentes

5. VERIFICACIÓN SECCIONES GEOMETRICAS Y UBICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Debido a que se cuenta con planos (estructurales) existentes, se realizó un levantamiento estructural con la finalidad de verificar la ubicación de los elementos estructurales y sus respectivas secciones geométricas.

Figura 19. Equipo de medición-Distanciómetro laser.



Fuente: Autores, 2016

Utilizando un distanciómetro láser de mano, se pudo realizar el levantamiento de manera rápida y fácil, se tomaron distancias entre columnas y/o pantallas y se midió la distancia libre entre entrepisos, de igual manera la altura de las vigas, concluyendo que los planos entregados por planta física, efectivamente corresponden a los planos AS-BUILT. Por tanto se trabajara con las secciones y distancias mostradas en los planos estructurales.

Figura 20.Verificación de medidas No.1





Fuente: Autores, 2016

6. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN.

Según se encuentra plasmado en los planos estructurales, el diseño inicialmente se realizó con base a las siguientes consideraciones:

Figura 21. Parámetros de diseño según planos

<p>EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL PRIVADA, NO PODRÁ SER COPIADO, O ALTERADO EN SU CONTENIDO SIN ATORIZACION PREVIA Y AUTENTICA POR PARTE DEL INGENIERO CALCULISTA. LEY 23 DE 1982.</p>	
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES	
<p>NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO-RESISTENTE NSR-98. LEY 400 DE 1997.</p>	
CONCRETO: CIMIENTOS Y MURO DE CONTENCIÓN	$f_c=21$ MPA (210 Kg/cm ²)
VIGAS, COLUMNAS Y PLACAS	$f_c=28$ MPA (280 Kg/cm ²)
ACERO DE REFUERZO:	$f_y=420$ MPA (4200 Kg/cm ²)
MORTERO DE PEGA:	DOSIFICACION POR VOLUMEN $\geq 1:4$
UNIDADES DE MAMPOSTERIA:	RESISTENCIA A LA COMPRESION >3 MPA (30 Kg/cm ²) ABSORCION DEL 12 AL 20% (LADRILLO) ABSORCION DEL 8 AL 12% (BLOQUE DE CONCRETO)
ACABADOS:	RESISTENCIA A LA COMPRESION $>1,20$ MPA (120 Kg/cm ²)
GRADO DE DISIPACIÓN DE ENERGIA	DES
CARGA VIVA DE DISEÑO	250 Kg/m ²
CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO	40 Tn/m ² REQUERIDA
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	HASTA ENCONTRAR SUELO FIRME. SEGÚN E. D. S

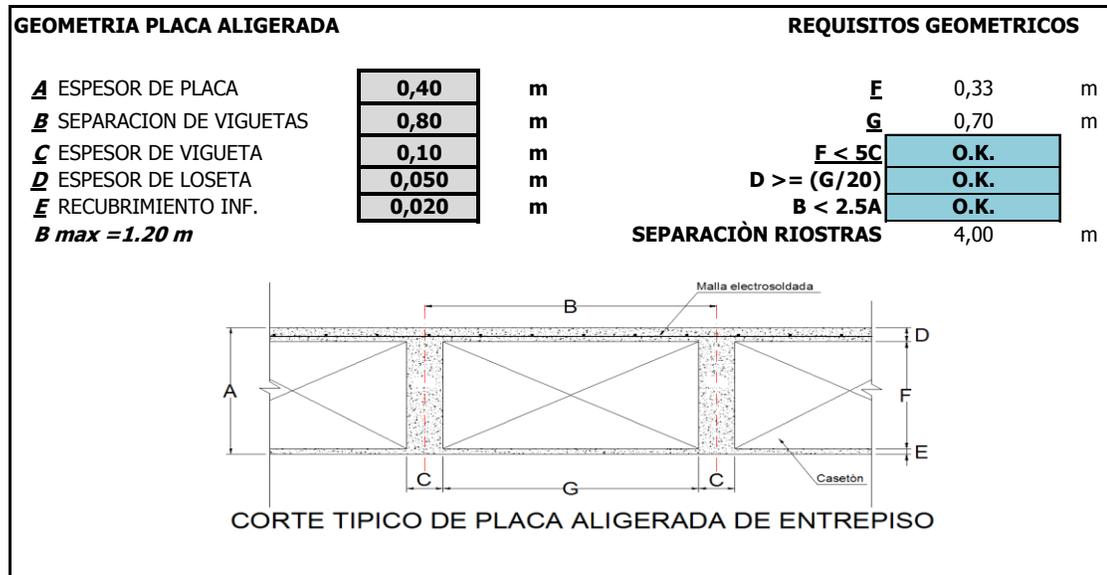
Fuente: Planos estructurales existentes

NORMA DE DISEÑO: Norma sismo-resistente NSR-98. Ley 400 de 1997.

CARGA VIVA: 250 Kg/m²

CARGA MUERTA: Según datos extraídos 643 Kg/m²

Figura 22. Calculo de carga muerta placa aligerada



PESO DE PLACA		
LOSETA	1,20	<u>KN/m²</u>
RECUBRIMIENTO:	0,44	<u>KN/m²</u>
ALMA VIGUETA	0,99	<u>KN/m²</u>
ACABADOS	1,50	<u>KN/m²</u>
CASETON	0,30	<u>KN/m²</u>
MUROS DIVISORI	2,00	<u>KN/m²</u>
D=	6,43	<u>KN/m²</u>

Fuente: Autores, 2016

- **CAPACIDAD DE DISIPACIÓN ENERGIA:** ESPECIAL (DES)
- **RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO:**

CIMENTOS Y MURO DE CONTENCIÓN $f_c=21$ MPA (210 Kg/cm²)

VIGAS, COLUMNAS Y PLACAS $f_c=28$ MPA (280 Kg/cm²)

- **ACERO DE REFUERZO:** $f_y=420$ MPA (4200 Kg/cm)
- **ESTUDIO DE SUELOS:** No se encontró el estudio de suelos, se sabe que la capacidad portante es de 40 Ton/m² hasta alcanzar suelo firme (Ver Plano estructural de cimentación).

7. ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE ACUERDO A LA NORMA SISMO-RESISTENTE NSR-10

7.1 MÉTODO DE ANÁLISIS

Se analizará la estructura por métodos matriciales de tal manera que incluya las fuerzas internas adicionales generadas por deformaciones de los diversos elementos modelados por medio de un software. Se utilizó el Programa ETABS 2015 como herramienta para hacer un análisis estático de la estructura.

El modelo se elaboró con las cargas gravitacionales definidas en la Norma Sismo Resistente NSR-10 y el espectro correspondiente al estudio de respuesta local.

7.2 MÉTODO DE DISEÑO

Método de los estados límites: Es un método para diseñar estructuras de tal manera que la probabilidad de falla para ciertos estados límites considerados importantes, este dentro de valores aceptables. Por lo general se estudian los estados límites de servicio y resistencia. Este último caso se le conoce también como método de la resistencia. (Tomado NSR-10)

Este diseño se rige por las exigencias de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente título C y D. específicamente C-21 de estructuras con Capacidad de Disipación de Energía Especial (DES).

7.3 PARAMETROS DE DISEÑO

7.3.1 Amenaza sísmica

La edificación debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica que se definen en la norma sismo-resistente NSR-10, siendo la zona sísmica alta el conjunto de lugares en donde **A_a** o **A_v**, o ambos, son mayores que 0.20.

- Bucaramanga se encuentra en una zona sísmica **ALTA**.

Tabla 1. Coeficientes de aceleración A_a y A_v

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

7.3.2 Coeficiente de importancia.

El Coeficiente de Importancia (I), es un valor adimensional que modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño, de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la edificación para tomar en cuenta que para edificaciones de los grupos II, III y IV deben considerarse valores de aceleración con una probabilidad menor de ser excedidos que aquella del diez por ciento en un lapso de cincuenta años.

Tabla 2. Valores del coeficiente de importancia.

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

El coeficiente de importancia depende del tipo de uso que tenga la estructura, por consiguiente se define que el edificio en análisis pertenece al grupo de uso III, definido en el **título A** de la norma sismo-resistente NSR-10 de la siguiente manera:

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

7.3.3 Capacidad de disipación de energía requerida.

Dependiendo del tipo de material estructural y de las características del sistema de resistencia sísmica se establecen los grados de capacidad de disipación de energía mínimos (DES, DMO, o DMI) que debe cumplir el material estructural en las diferentes zonas de amenaza sísmica definidas en el Capítulo A.2 de la norma sismo-resistente NSR-10.

La estructura se define con grado de capacidad de disipación de energía ESPECIAL (DES) debido a que la edificación se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta y sus sistema estructural comprende pórticos en concreto reforzado resistentes a momentos.

Tabla 3. Coeficiente de disipación de energía básico R_0 y coeficiente de sobre resistencia Ω_0 .

Tabla A.3-3
Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
		uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.		
1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite

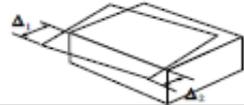
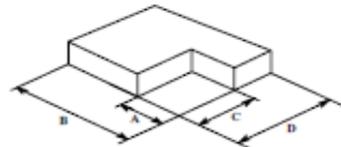
Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

7.3.4 Determinación del valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía (r).

Las estructuras se pueden clasificar como regulares e irregulares dependiendo de condiciones especiales que se cumplen según se indica en la norma sismo-resistente NSR-10, se analizaron las principales características que permiten determinar las irregularidades que se presentan en las estructuras.

CONFIGURACIÓN EN PLANTA — La edificación se considera irregular en planta cuando ocurra alguna de las siguientes condiciones:

Tabla 4. Irregularidad en planta

<p>Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right) \geq \Delta_1 > 1.2\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$</p>	<p>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$</p>
	
<p>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> 	

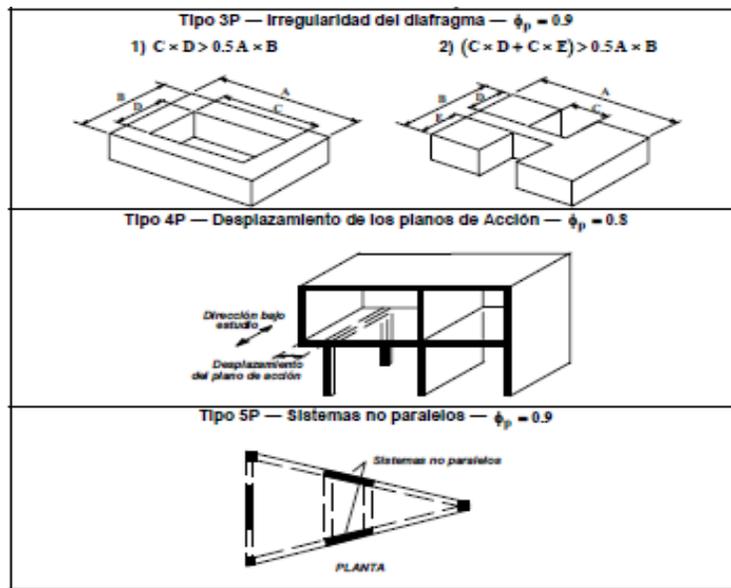


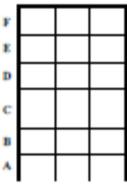
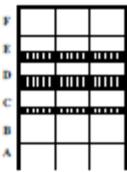
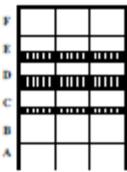
Figura A.3-1 — Irregularidades en planta

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

IRREGULARIDADES EN PLANTA $\Phi_p = 0.90$

CONFIGURACIÓN EN LA ALTURA — Una edificación se clasifica como irregular en altura cuando ocurra alguna de las siguientes condiciones:

Tabla 5. Irregularidad en altura

<p>Tipo 1aA — Piso flexible $\phi_a = 0.9$ $0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C < 0.70 \text{ Rigidez } K_D$ o $0.70 (K_D + K_C + K_E) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C < 0.80 (K_D + K_C + K_E) / 3$</p>	
<p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo $\phi_a = 0.8$ $\text{Rigidez } K_C < 0.60 \text{ Rigidez } K_D$ o $\text{Rigidez } K_C < 0.70 (K_D + K_C + K_E) / 3$</p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — $\phi_a = 0.9$</p> <p>$m_D > 1.50 m_E$ o $m_D > 1.50 m_C$</p>	

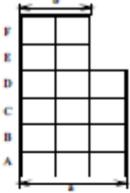
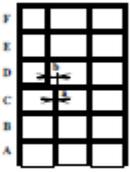
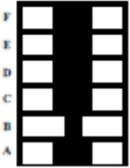
<p>Tipo 3A — Geométrica — $\phi_A = 0.9$</p> <p>$a > 1.30 b$</p>	
<p>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — $\phi_A = 0.8$</p> <p>$b > a$</p>	
<p>Tipo 5aA — Piso débil $\phi_A = 0.9$</p> <p>$0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} < 0.80 \text{ Resist. Piso C}$</p>	
<p>Tipo 5bA — Piso débil extremo $\phi_A = 0.8$</p> <p>Resistencia Piso B < 0.65 Resistencia Piso C</p>	

Figura A.3-2 — Irregularidades en la altura

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

PRESENTA IRREGULARIDADES EN ALTURA $\Phi_A = 0.90$

AUSENCIA DE REDUNDANCIA EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE RESISTENCIA SÍSMICA: Debe asignarse un factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, Φ_r en las dos direcciones principales en planta de la siguiente manera:

- *En edificaciones con un sistema estructural con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) se dispone en la norma sismo-resistente NSR-10 lo siguiente:*

Para edificaciones cuyo sistema estructural es de un material que cumple los requisitos de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) o especial (DES) el valor del factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, Φ_r , se le puede asignar un valor de la unidad ($\Phi_r = 1.0$) cuando en todos los pisos que resistan

más del 35 por ciento del corte basal en la dirección bajo estudio el sistema estructural de resistencia sísmica.

COEFICIENTE DE REDUNDANCIA $\Phi_R = 1.00$

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA (R) —El coeficiente de capacidad de disipación de energía **R** debe reducirse multiplicándolo por Φ_P , debido a irregularidades en planta, por Φ_A debido a irregularidades en altura, y por Φ_R debido a ausencia de redundancia $R = \Phi_P \Phi_A \Phi_R R_0$ debido a que la edificación tiene varias .

Figura 23. Calculo del coeficiente de capacidad de disipación de energía

REDUCCIÓN DEL VALOR DE R			
R₀=	7	R=	5,67
φ_a=	0,9	ex=	2,32
φ_p=	0,9	ey=	1,63
φ_r=	1		
COEFICIENTE DE SOBRE-RESISTENCIA Ω_0			
Ω₀=	3		



ESCUELA DE
INGENIERIA
Civil

Fuente: Autores, 2016

7.3.5 parámetros geotécnicos del suelo

No se encontró información respecto al estudio de suelos que se realizó en su momento para diseño estructural de la edificación, solo se conoce que la capacidad portante del suelo tomada es de 40 Ton/m², según el plano de cimentación proporcionado por planta física.

- Se asume un perfil de suelo Tipo D, debido a que la edificación se encuentra cimentada sobre material suelto.
- Se conoce que A_a y A_v tienen un valor de 0.25

Tabla 6. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos F_a

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de períodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

Tabla 7. Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios F_v

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de períodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

- RESUMEN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Figura 24. Características geotécnicas utilizadas

CIUDAD	BUCARAMANGA	
COEFICIENTE QUE REPRESENTA LA ACELERACIÓN HORIZONTAL PICO EFECTIVA	Aa	0,25
COEFICIENTE DE ACELERACIÓN QUE REPRESENTA LA VELOCIDAD HORIZONTAL PICO EFECTIVA	Av	0,25
COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN QUE AFECTA LA ACELERACIÓN EN LA ZONA DE PERÍODOS CORTOS, DEBIDA A LOS EFECTOS DE SITIO	Fa	1,30
COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN QUE AFECTA LA ACELERACIÓN EN LA ZONA DE PERÍODOS INTERMEDIOS, DEBIDA A LOS EFECTOS DE SITIO	Fv	1,90
PERÍODO DE VIBRACIÓN AL CUAL INICIA LA ZONA DE ACELERACIONES CONSTANTES DEL ESPECTRO DE ACELERACIONES	To	0,15
PERÍODO DE VIBRACIÓN, EN SEGUNDOS, CORRESPONDIENTE A LA TRANSICIÓN ENTRE LA ZONA DE ACELERACIÓN CONSTANTE DEL ESPECTRO DE DISEÑO, PARA PERÍODOS CORTOS, Y LA PARTE DESCENDIENTE DEL MISMO	Tc	0,70
PERÍODO DE VIBRACIÓN, EN SEGUNDOS, CORRESPONDIENTE AL INICIO DE LA ZONA DE DESPLAZAMIENTO APROXIMADAMENTE CONSTANTE DEL ESPECTRO DE DISEÑO	TL	4,56
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	III	1,25
PERFIL DE SUELO	TIPO D	

Fuente: Autores, 2016

7.4 ESPECTRO DE DISEÑO (BUCARAMANGA, SANTANDER). ESPECTRO DE ACELERACIONES

La forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se da en la figura A.2.6-1 de la norma sismo-resistente NSR-10.

Figura 25. Espectro elástico de aceleraciones de Diseño

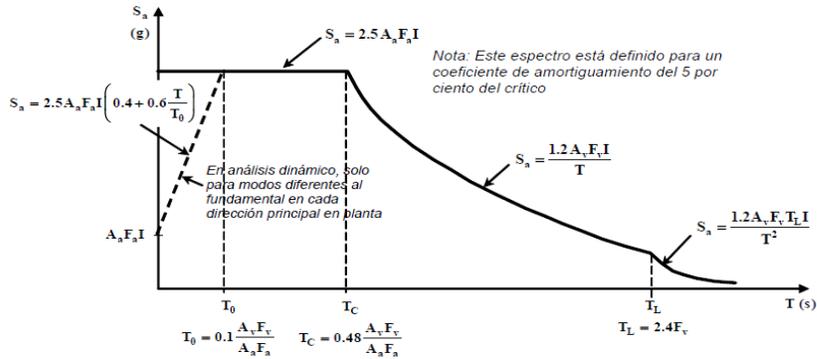


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

Tabla 8. Cálculo del periodo Vs aceleración espectral de diseño

T	Sa	T	Sa	T	Sa	T	Sa
0	1,01563	1,55	0,45968	3,1	0,22984	4,65	0,15026
0,05	1,01563	1,6	0,44531	3,15	0,22619	4,7	0,14708
0,1	1,01563	1,65	0,43182	3,2	0,22266	4,75	0,144
0,15	1,01563	1,7	0,41912	3,25	0,21923	4,8	0,14102
0,2	1,01563	1,75	0,40714	3,3	0,21591	4,85	0,13812
0,25	1,01563	1,8	0,39583	3,35	0,21269	4,9	0,13532
0,3	1,01563	1,85	0,38514	3,4	0,20956	4,95	0,1326
0,35	1,01563	1,9	0,375	3,45	0,20652	5	0,12996
0,4	1,01563	1,95	0,36538	3,5	0,20357	5,05	0,1274
0,45	1,01563	2	0,35625	3,55	0,2007	5,1	0,12491
0,5	1,01563	2,05	0,34756	3,6	0,19792	5,15	0,1225
0,55	1,01563	2,1	0,33929	3,65	0,19521	5,2	0,12016
0,6	1,01563	2,15	0,3314	3,7	0,19257	5,25	0,11788
0,65	1,01563	2,2	0,32386	3,75	0,19	5,28	0,11654
0,7	1,01563	2,25	0,31667	3,8	0,1875	5,3	0,11566
0,75	0,95	2,3	0,30978	3,85	0,18506	5,35	0,11351
0,8	0,89063	2,35	0,30319	3,9	0,18269	5,4	0,11142
0,85	0,83824	2,4	0,29688	3,95	0,18038	5,45	0,10938
0,9	0,79167	2,45	0,29082	4	0,17813	5,5	0,1074
0,95	0,75	2,5	0,285	4,05	0,17593	6,3	0,08186
1	0,7125	2,55	0,27941	4,1	0,17378	6,35	0,08058
1,05	0,67857	2,6	0,27404	4,15	0,17169	6,4	0,07932
1,1	0,64773	2,65	0,26887	4,2	0,16964	6,45	0,0781
1,15	0,61957	2,7	0,26389	4,25	0,16765	6,5	0,0769
1,2	0,59375	2,75	0,25909	4,3	0,1657	7,3	0,06097
1,25	0,57	2,8	0,25446	4,35	0,16379	7,35	0,06014
1,3	0,54808	2,85	0,25	4,4	0,16193	8,30	0,05
1,35	0,52778	2,9	0,24569	4,45	0,16011	8,35	0,05
1,4	0,50893	2,95	0,24153	4,5	0,15833	8,30	0,05
1,45	0,49138	3	0,2375	4,55	0,15659	8,35	0,05
1,5	0,475	3,05	0,23361	4,6	0,15354	9,30	0,04

Fuente: Autores, 2016.

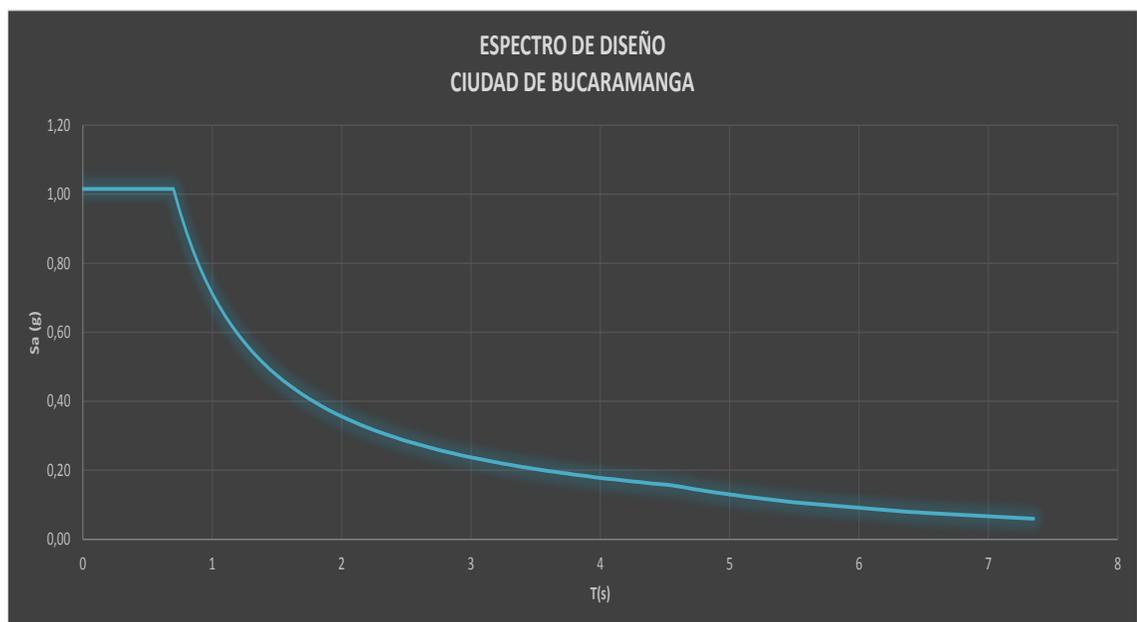
El espectro de diseño depende del coeficiente de importancia (I) que considera el tipo de uso de la estructura, los coeficientes Aa y Av que dependen de la zona de amenaza sísmica y los coeficientes Fa y Fv que dependen de las características de suelo.

Tabla 9. Resumen de datos para espectro de diseño.

Aa	0,25
Av	0,25
Fa	1,30
Fv	1,90
To	0,15
Tc	0,70
TL	4,56
III	1,25

Fuente: Autores, 2016.

Figura 26. Espectro elástico de aceleraciones Bucaramanga



Fuente: Autores, 2016

7.5 CARGAS CONSIDERADAS DE DISEÑO.

Carga Muerta (D): La carga muerta corresponde al peso propio de la estructura y al peso de todos los materiales permanentes en la edificación. El peso de los materiales se toma según lo especificado en la NSR-10, Capítulo B y es considerado por el software ETABS 2015.

Educativos-Salones de clases: se toma Fachada y particiones (2.0 KN/m²) según norma NSR-10.

Tabla 10. Tabla de cargas muertas (Educativo).

Tabla B.3.4.3-1
Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado

Ocupación		Fachada y particiones (kN/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m ²) m ² de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
Educativos	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
Fábricas	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
Institucional	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías.	2.0	1.6	200	160
Comercio	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
Residencial	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.6	300	160
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
Almacenamiento	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
Garajes	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

Carga Viva (L): El análisis de cargas vivas se realizará tomando según se indica en el título B de la norma sismo-resistente NSR-10.

Tabla 11. Tabla de cargas vivas (Educativo).

Tabla B.4.2.1-1
Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta	
<i>Reunión</i>	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestíbulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
<i>Oficinas</i>	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
<i>Educativos</i>	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
<i>Fábricas</i>	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
<i>Institucional</i>	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
<i>Comercio</i>	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
<i>Residencial</i>	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
<i>Almacenamiento</i>	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
<i>Garajes</i>	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
<i>Coliseos y Estadios</i>	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

Carga de sismo (E): La NSR-10, describe la construcción del espectro elástico de aceleraciones de diseño, representado en fracción de la aceleración de la gravedad. La construcción del espectro se realizará tomando los parámetros del estudio de suelos.

Carga de viento (W): De acuerdo con el código Colombiano de construcciones sismo-resistentes (NSR-10), la edificación está ubicada en la ciudad de Bucaramanga. Según el mapa eólico de Colombia (Figura B.6.4 1). Las características del viento para emplear el procedimiento analítico (B.6.5), son los siguientes:

- Velocidad Básica de viento: zona 1, $V= 17$ m/s (60.0 km/h)
- Categoría de exposición: B
- Grupo de uso (Edificaciones indispensables): III
- Factor de importancia de viento: $I_w= 1.15$
- Factor de direccionalidad de viento: $K_d=$ Tabla B.6.5-4/NSR-10
- Factor de Efecto Ráfaga: $G=0.85$ de acuerdo a B.6.5.8/NSR-10.
- Coeficiente fuerza para estructuras: $C_f=$ Figura B.6.5-18/NSR-10

7.6 COMBINACIONES DE CARGAS

Los elementos estructurales, deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las siguientes combinaciones de carga por el método de la resistencia. Ver NSR-10, título B2.

Tabla 12. Combinaciones de cargas

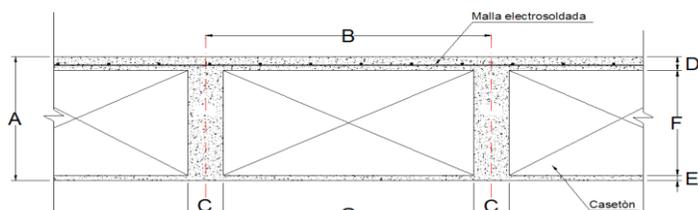
NOMBRE	COMBINACIONES DE CARGA
COMBO1	1,4D
COMBO2	1,2D+L
COMBO3	1,2D+1,6L+W
COMBO4	1,2D+L+Ex+0,3Ey
COMBO5	1,2D+L-Ex+0,3Ey
COMBO6	1,2D+L+Ex-0,3Ey
COMBO7	1,2D+L-Ex-0,3Ey
COMBO8	1,2D+L+0,3Ex+Ey
COMBO9	1,2D+L-0,3Ex+Ey
COMBO10	1,2D+L+0,3Ex-Ey
COMBO11	1,2D+L-0,3Ex-Ey
COMBO12	0,9D+1,6W
COMBO13	0,9D+Ex+0,3Ey
COMBO14	0,9D-Ex+0,3Ey
COMBO15	0,9D+Ex-0,3Ey
COMBO16	0,9D-Ex-0,3Ey
COMBO17	0,9D+0,3Ex+Ey
COMBO18	0,9D-0,3Ex+Ey
COMBO19	0,9D+0,3Ex-Ey
COMBO20	0,9D-0,3Ex-Ey

Fuente: Autores, 2016

7.7 ANALISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA

Con base a los planos estructurales suministrados por GEOMATICA, se procede a calcular la carga muerta (peso propio) de la placa aligerada, de igual manera se muestran las cargas vivas escogidas según lo indicado en la norma sismo-resistente NSR-10.

Figura 27. Calculo de cargas muertas en la estructura

DEIMENSIONAMIENTO DE VIGAS NSR-10						
			ESPESOR SEGÚN C.9.5(a)	ESPESOR SEGÚN C.9.5(b)	ESPESOR CALCULADO	
		LONGITUD				
		SIMPLEMENTE APOYADO	0,00 m	0,00	0,00	0,00
		UN APOYO CONTINUO VIGA	5,15 m	0,28	0,43	0,35
		AMBOS APOYOS CONTINUOS	4,20 m	0,20	0,30	0,25
VOLADIZOS	3,60 m	0,45	0,72	0,59		
ALTURA ESCOGIDA				0,40 m		
GEOMETRIA PLACA ALIGERADA			REQUISITOS GEOMETRICOS			
A ESPESOR DE PLACA	0,40 m		F	0,33 m		
B SEPARACION DE VIGUETAS	0,80 m		G	0,70 m		
C ESPESOR DE VIGUETA	0,10 m		F < 5C	O.K.		
D ESPESOR DE LOSETA	0,050 m		D >= (G/20)	O.K.		
E RECUBRIMIENTO INF.	0,020 m		B < 2.5A	O.K.		
B max = 1.20 m			SEPARACION RIOSTRAS	4,00 m		
						
CORTE TIPICO DE PLACA ALIGERADA DE ENTREPISO						
PLACA ALIGERADA						
PESO DE PLACA (CARGA MUERTA)			CARGAS VIVAS			
LOSETA	1,20	KN/m ²	SALONES	2,00 KN/m ²		
RECUBRIMIENTO:	0,44	KN/m ²	CORREDORES	5,00 KN/m ²		
ALMA VIGUETA	0,99	KN/m ²	VOLADIZOS	5,00 KN/m ²		
ACABADOS	1,50	KN/m ²	ESCALERAS	5,00 KN/m ²		
CASETÓN	0,30	KN/m ²	PLACA CUBIERTA	1,80 KN/m ²		
MUROS DIVISORI	2,00	KN/m ²				
D=	6,43	KN/m²				

Fuente: Autores, 2016

Se definen las alturas libres entre placas de entrepiso y altura de la misma (altura de 0.40 metros).

Figura 28. Definición de niveles y alturas de entrepisos

PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA ESTRUCTURA				
CARACTERISTICAS				
NOMENCLATURA DE PISOS	NIVEL DE PISOS		ALTURA DE COLUMNAS (m)	ALTURA DE PLACA (m)
CUBIERTA LAB ESTRUCTURAS	N+	10,30	2,00	0,40
CUBIERTA GENERAL	N+	8,30	3,40	0,40
SEGUNDO NIVEL	N+	4,90	4,90	0,40
PRIMER NIVEL	N+	0,00	5,90	0,40
CIMENTACIÓN	N-	5,90		

Fuente: Autores, 2016

Con base a los planos estructurales se realiza la discretización de las áreas que participan en el cálculo del peso de la estructura. Es de suma importancia realizar un análisis detallado de las áreas, para así obtener valores cercanos a la realidad de la estructura. Se debe tener en cuenta que las áreas pueden ser cargadas con diferentes valores según la ocupación del espacio.

Figura 29. Calculo de áreas por niveles

CALCULO DE AREAS Y CARGA MUERTA POR m ²												
AREA TOTAL DEL NIVEL (m ²)	AREAS m ²								CARGA MUERTA POR m ²			
	AREA DE PLACA ALIGERADA NO BALCONES (m ²)	AREA DE PLACA ALIGERADA BALCONES (m ²)	AREA DE PLACA MACIZA (m ²)	AREA DE CUBIERTA (m ²)	AREA DE ESCALERAS (m ²)	AREA DE VACIOS (m ²)	AREA COLUMNAS (m ²)	AREA DE VIGAS (m ²)	CARGA MUERTA POR (m ²)/ PLACA ALIGERADA	CARGA MUERTA POR (m ²)/ PLACA MACIZA	CARGA MUERTA POR (m ²)/ CUBIERTA	CARGA MUERTA POR (m ²)/ ESCALERA
241,67	0,00	0,00	0,00	227,64	0,00	0,00	1,79	12,24	0,00	0,00	0,30	0,00
872,58	314,08	174,66	0,00	45,90	0,00	211,75	8,51	117,68	4,43	0,00	0,15	0,00
1122,94	533,3	158,88	0,00	0,00	12,20	257,65	10,43	150,48	6,43	0,00	0,00	5,00
858,54	586,78	75,14	0,00	0,00	24,40	28,10	8,80	135,32	6,43	0,00	0,00	5,00

Fuente: Autores, 2016

Teniendo las áreas definidas y la carga muerta por metro cuadrado según su uso, se procede a calcular la carga muerta total de la edificación.

Figura 30. Calculo de carga muerta (D)

ANALISIS DE CARGA						
CARGA MUERTA TOTAL (KN)						
CARGA POR PLACA ALIGERADA (KN)	CARGA POR PLACA MACIZA (KN)	PESO POR CUBIERTA (KN)	PESO POR ESCALERA (KN)	PESO POR COLUMNAS (KN)	PESO POR VIGAS (KN)	
0,00	0,00	68,00	0,00	85,92	117,50	
2165,12	0,00	6,89	0,00	694,42	1129,73	
4450,72	0,00	0,00	61,00	1226,57	1444,63	
4256,15	0,00	0,00	122,00	1246,08	1299,07	
TOTAL CARGA MUERTA (D)						18373,79

Fuente: Autores, 2016

De igual manera se obtiene la carga viva por metro cuadrado según el área de uso, se procede a calcular la carga viva total de la edificación.

Figura 31. Calculo de carga viva (L)

ANALISIS DE CARGA									
CARGA VIVA TOTAL (KN)									
CARGA PLACA ALIGERADA - NO BALCONES (KN/m ²)	CARGA PLACA ALIGERADA - BALCONES (KN/m ²)	CARGA PLACA MACIZA (KN/m ²)	CARGA EN ESCALERAS (KN/m ²)	CARGA CUBIERTA (KN/m ²)	CARGA POR PLACA ALIGERADA NO BALCONES (KN)	CARGA POR PLACA ALIGERADA BALCONES (KN)	CARGA POR PLACA MACIZA (KN)	CARGA EN ESCALERAS (KN)	CARGA CUBIERTA (KN)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	79,67
1,80	5,00	0,00	0,00	0,35	565,34	873,30	0,00	0,00	16,07
2,00	5,00	0,00	5,00	0,00	1066,60	794,40	0,00	61,00	0,00
2,00	5,00	0,00	5,00	0,00	1173,56	375,70	0,00	122,00	0,00
TOTAL CARGA VIVA (L)									5127,64

Fuente: Autores, 2016

- RESUMEN DE CARGA MUERTA Y CARGA VIVA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN.

Figura 32. Carga viva y muerta total

CARGA MUERTA TOTAL (D)	18373,79	KN
CARGA VIVA TOTAL (L)	5127,64	KN
CARGA MAYORADA 1,2D+1,6L	30252,77	KN

Fuente: Autores, 2016

7.8 FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Figura 33. Método de la fuerza horizontal equivalente

METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE			
Altura total del edificio	Hn	14,2	m
Numero de pisos	N	3	
Longitud en X	Lx	46,3	m
Longitud en Y	Ly	32,5	m
coeficiente utilizado para calcular el período de la estructura	Ct	0,047	
exponente para ser utilizado en el cálculo del período aproximado Ta	α	0,9	
período de vibración fundamental aproximado	Ta	0,51	S
coeficiente utilizado para calcular el período máximo permisible la estructura	Cu	1,18	
Periodo maximos	Tmax	0,60	S
aceleración espectral de diseño	Sa	1,016	
Cortante Vasal	Vs	18661	KN
exponente relacionado con el período fundamental de la edificación	K	1,052	

Fuente: Autores, 2016

Se calculan las fuerzas sísmicas:

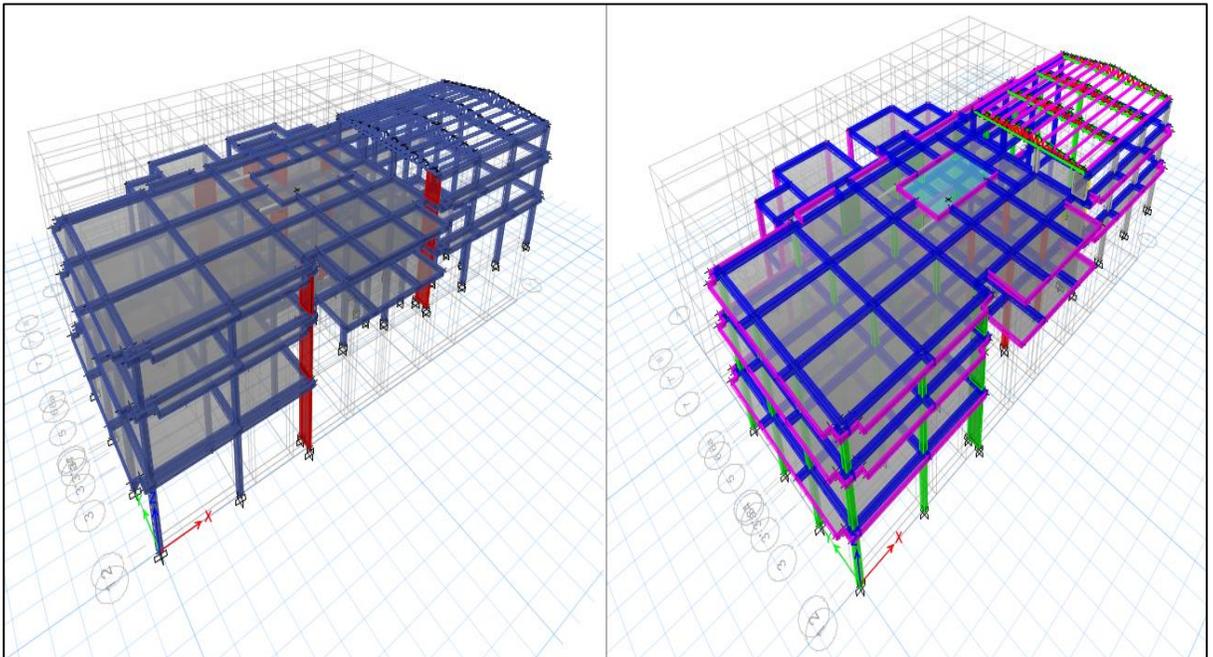
Figura 34. Fuerzas sísmicas

NOMENCLATURA DE PISO	NIVEL DE PISOS		hi (m)	mi (KN)	mi*hi ^k	Cv	Fi KN	Ei KN	Maix KN-m	Maiy KN-m	Eio KN
CUBIERTA LAB ESTRUCTURAS	N+	10,30	16,20	271,72	5088	0,03	468	83	134,2	191,1	248
CUBIERTA GENERAL	N+	8,30	14,20	3996,15	65140	0,32	5993	1057	1717,7	2447,1	3178
SEGUNDO NIVEL	N+	4,90	10,80	7182,92	87794	0,43	8078	1425	2315,1	3298,1	4286
PRIMER NIVEL	N+	0,00	5,90	6923,30	44797	0,22	4122	727	1181,3	1682,9	2192
CIMENTACIÓN	N	-5,90	0,00	18374,08	202819	1,00	18661	3291	5348,2	7619,2	9903

Fuente: Autores, 2016

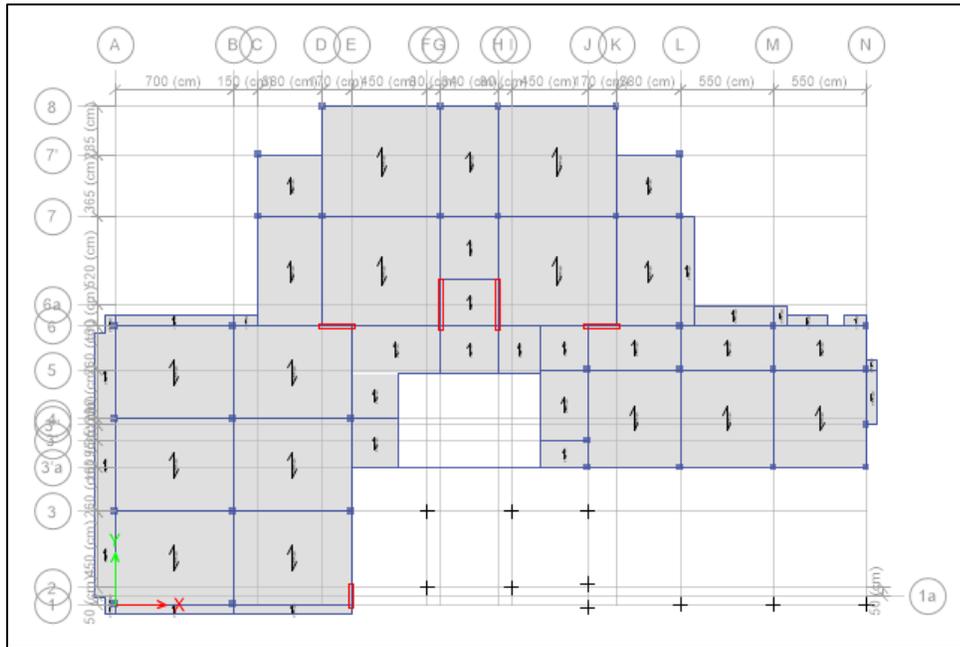
7.9 MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Figura 35. Modelo tridimensional



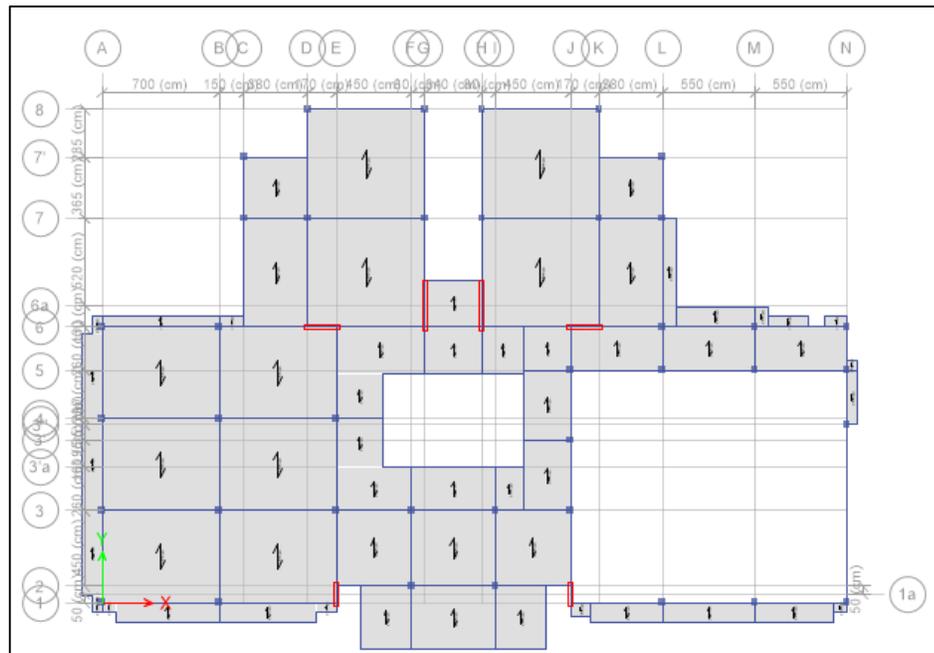
Fuente: ETABS 2015

Figura 36. Modelo planta estructural Nivel N+0.00



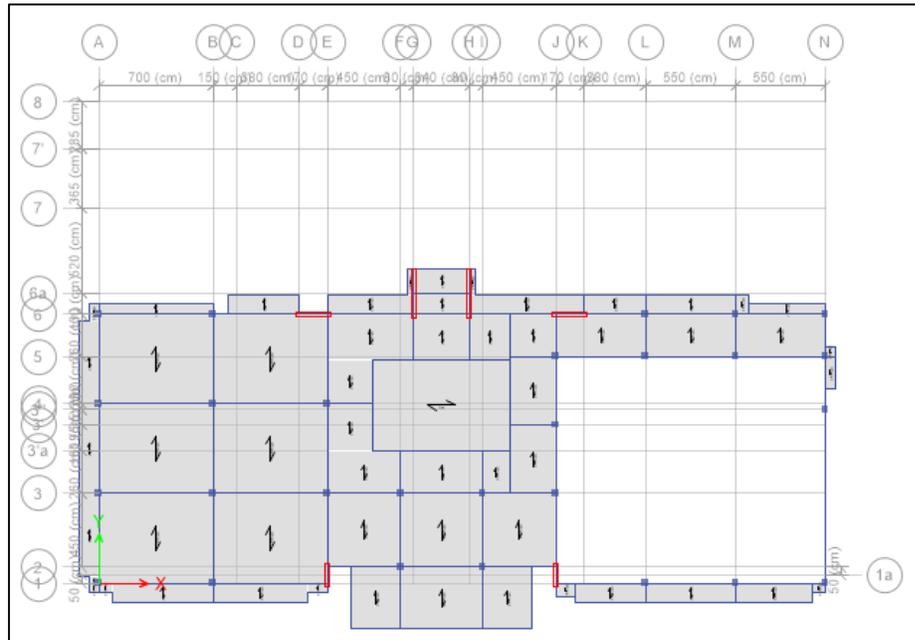
Fuente: ETABS 2015

Figura 37. Modelo planta estructural Nivel N+4.90



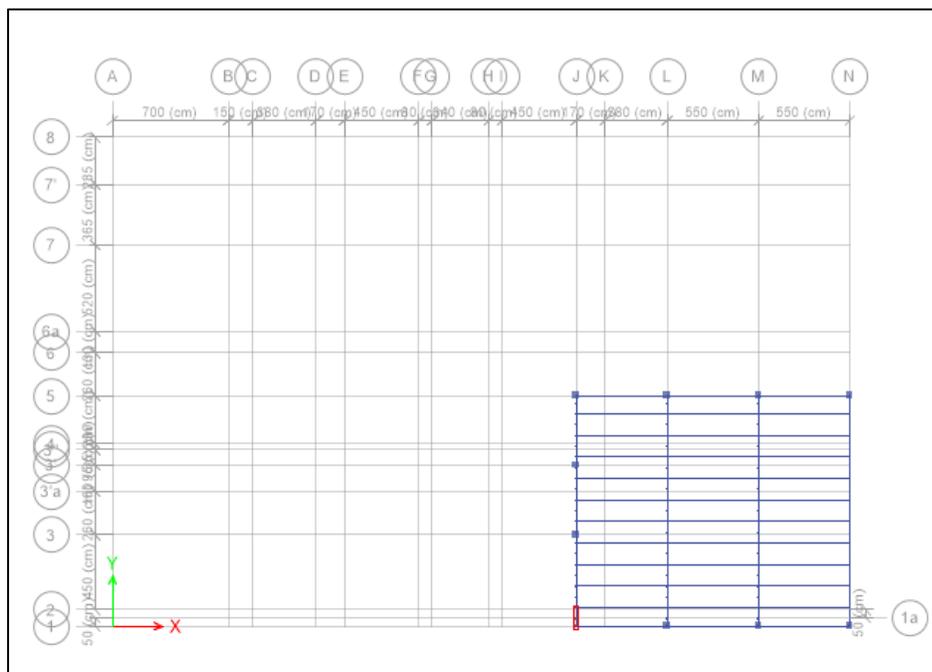
Fuente: ETABS 2015

Figura 38. Modelo planta estructural Nivel N+8.30



Fuente: ETABS 2015

Figura 39. Modelo planta estructural Nivel N+10.30



Fuente: ETABS 2015

7.9.2 SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Figura 40. Definición de las propiedades del concreto

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog for concrete. It is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: CONC28; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: (blue swatch); Material Notes: (empty).
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density; Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 24 kN/m³; Mass per Unit Volume: 2.4 kN-s²/m⁴.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 20636860 kN/m²; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; Shear Modulus, G: 8598691.67 kN/m².
- Design Property Data:** (empty)
- Advanced Material Property Data:** (empty)

Buttons at the bottom include 'OK' and 'Cancel'.

Fuente: ETABS 2015

Figura 41. Definición de las propiedades del acero

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog for steel. It is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: A615Gr60; Material Type: Rebar; Directional Symmetry Type: Uniaxial; Material Display Color: (yellow swatch); Material Notes: (empty).
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density; Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 76.9729 kN/m³; Mass per Unit Volume: 7.849047 kN-s²/m⁴.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 199947979 kN/m²; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C.
- Design Property Data:** (empty)
- Advanced Material Property Data:** (empty)

Buttons at the bottom include 'OK' and 'Cancel'.

Fuente: ETABS 2015

Figura 42. Sección de vigas 0.40x0.40 m

General Data

Property Name: VIGAS40X40

Material: CONC28

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0,4 m

Width: 0,4 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Fuente: ETABS 2015

Figura 43. Sección de columnas 0.40x0.40 m

General Data

Property Name: COL40/B3-B4-B6-L6-M6-N6-E4

Material: CONC28

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0,4 m

Width: 0,4 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Show Section Properties...

Fuente: ETABS 2015

Figura 44. Sección de muro espesor $e=0.25$ m

The screenshot shows a dialog box for defining a wall property. It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: M-E1-25CM
- Property Type: Specified
- Wall Material: CONC28
- Modeling Type: Shell-Thick
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A bright green color swatch with a Change... button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

- Thickness: 0,25 m

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: ETABS 2015

Figura 45. Sección de muro espesor $e=0.30$ m

The screenshot shows a dialog box for defining a wall property. It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: MUROE30CM
- Property Type: Specified
- Wall Material: CONC28
- Modeling Type: Shell-Thick
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A bright green color swatch with a Change... button.
- Property Notes: Modify/Show...

Property Data:

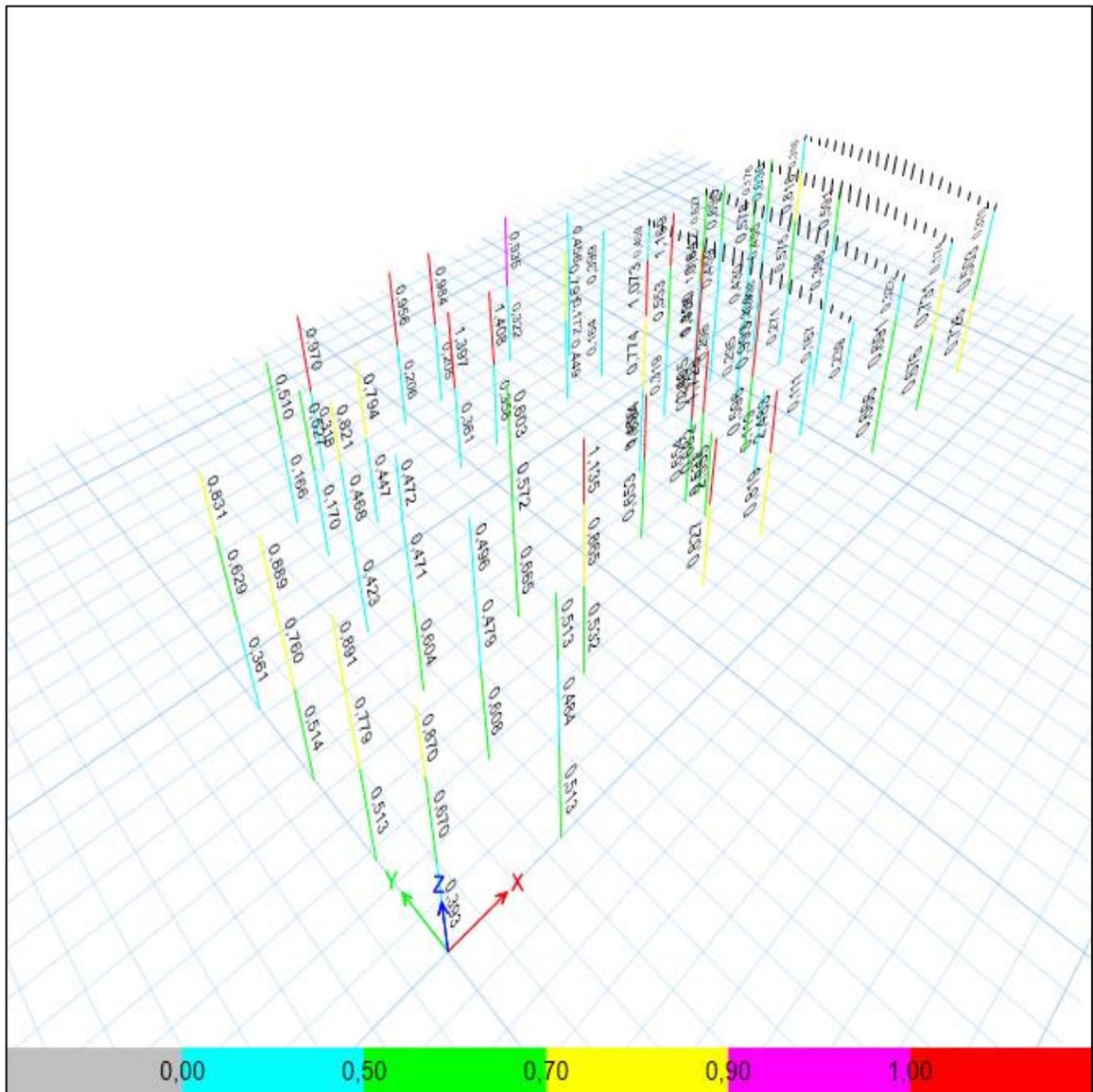
- Thickness: 0,3 m

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: ETABS 2015

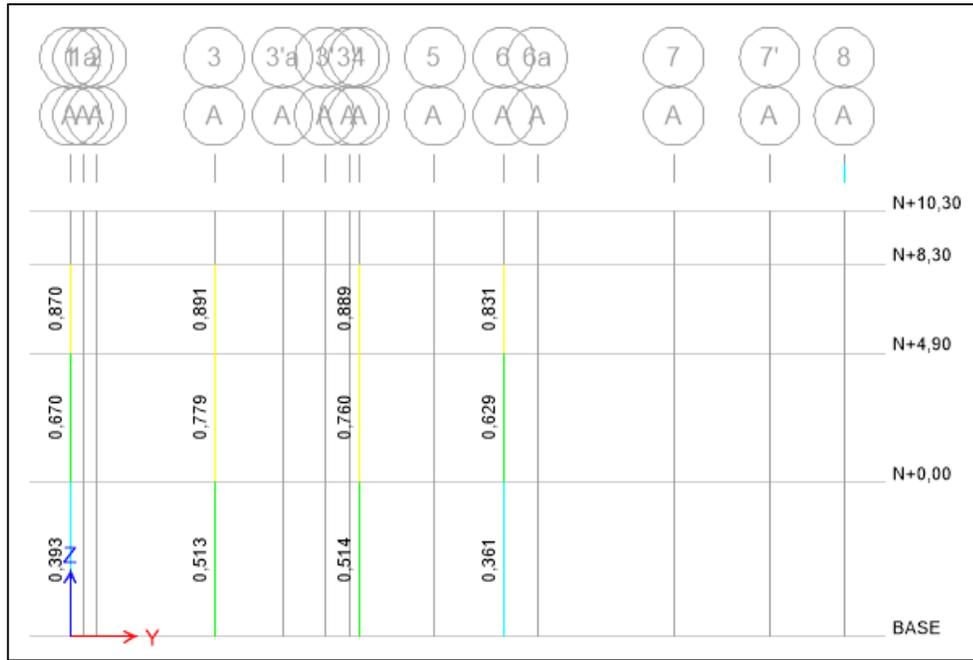
7.9.3 ANALISIS DE COLUMNAS

Figura 46. Indices de capacidad de demanda en columnas

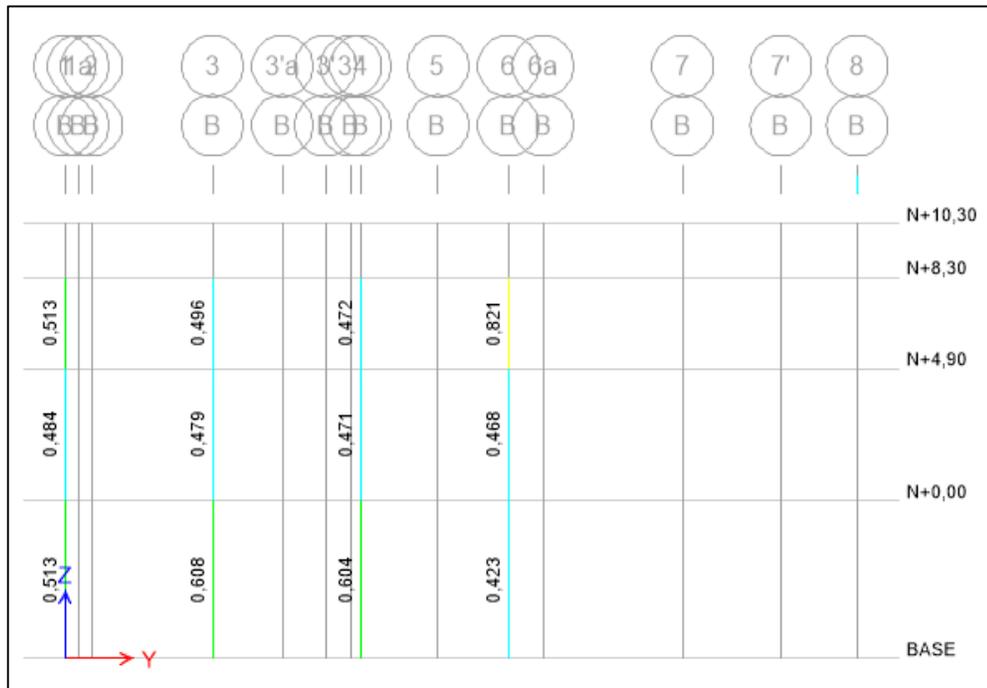


Fuente: ETABS 2015

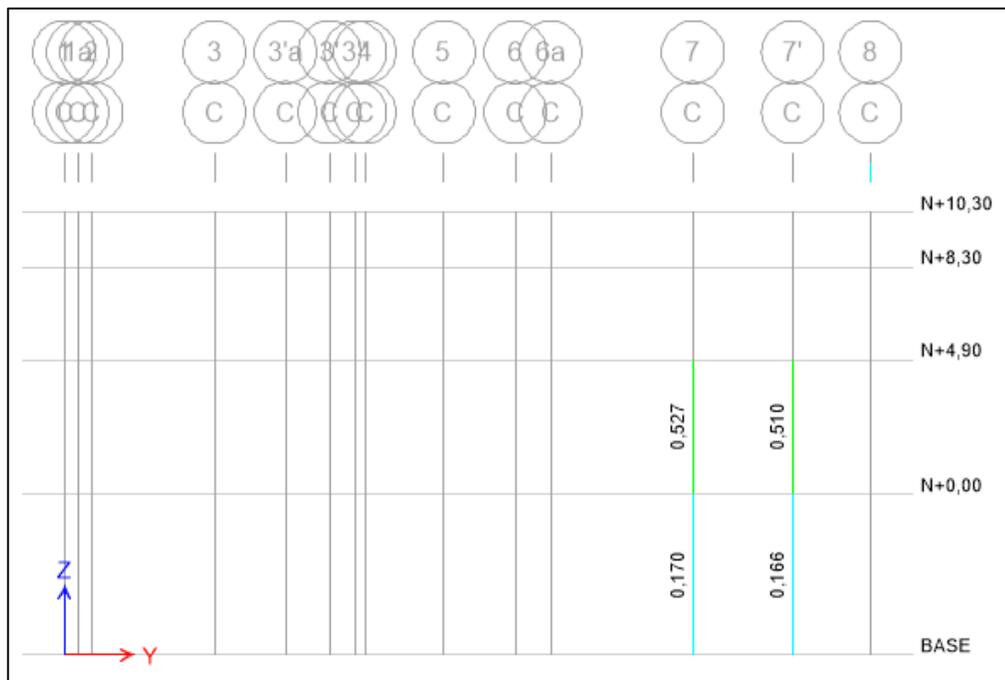
Figura 47. Índices de capacidad de demanda por ejes de columnas



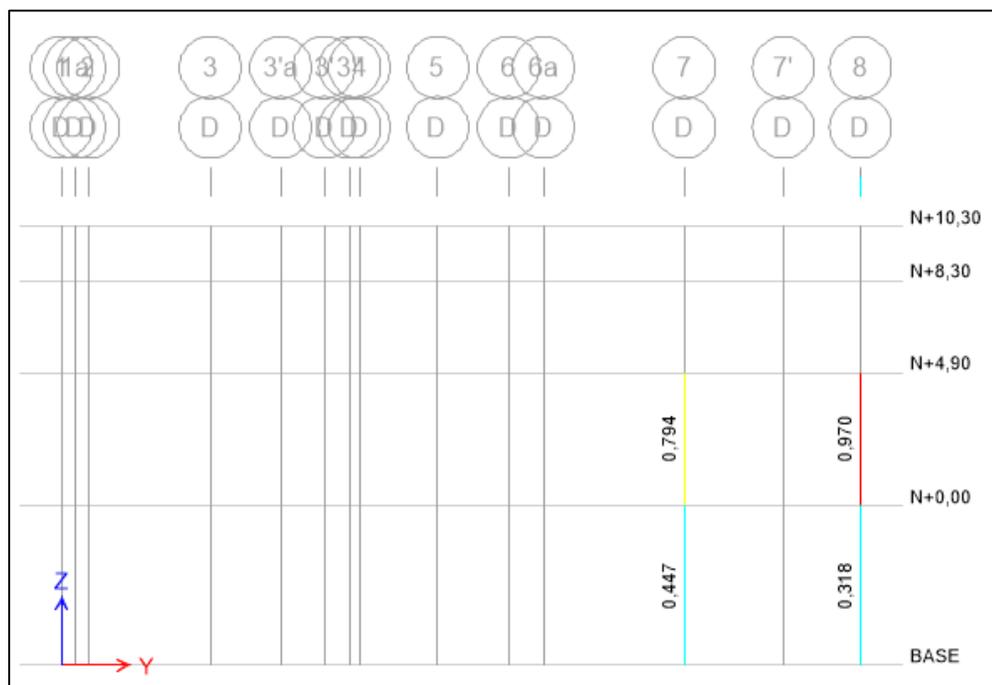
Índices en columnas eje A



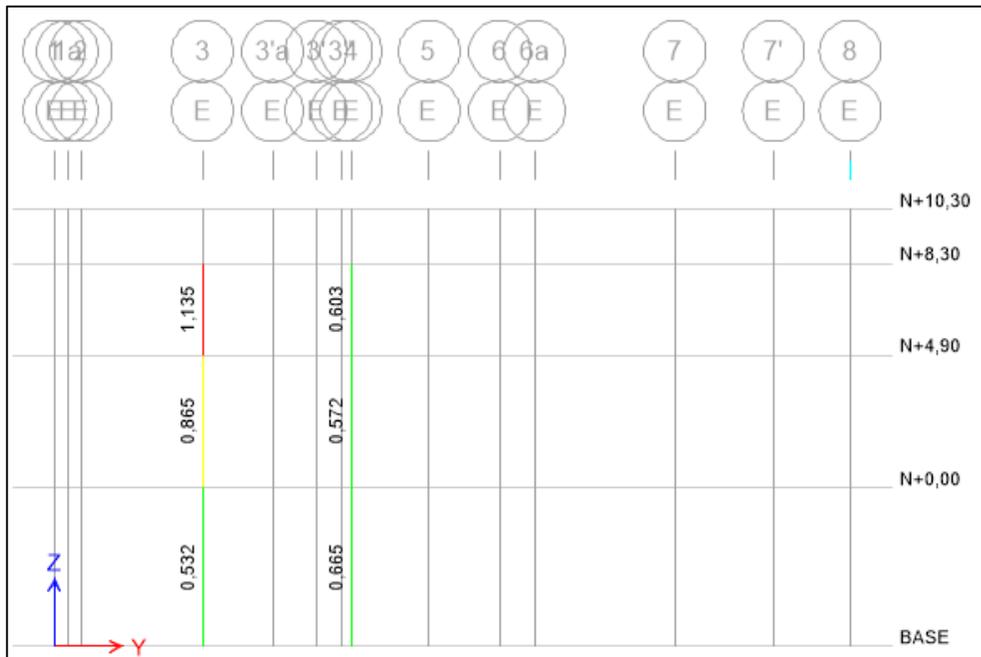
Índices en columnas eje B



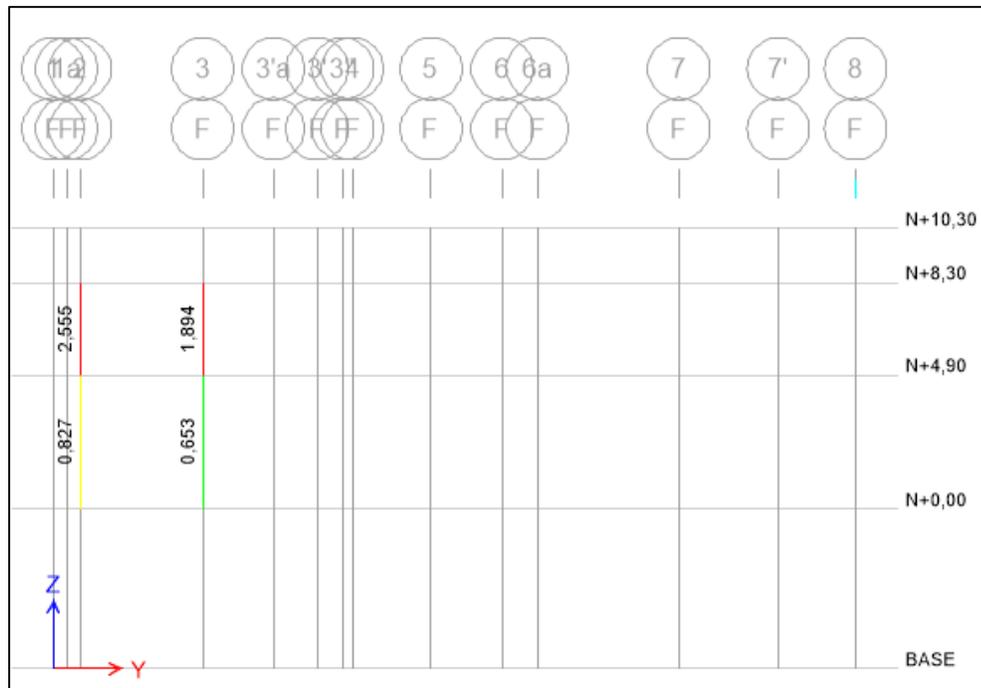
Índices en columnas eje C



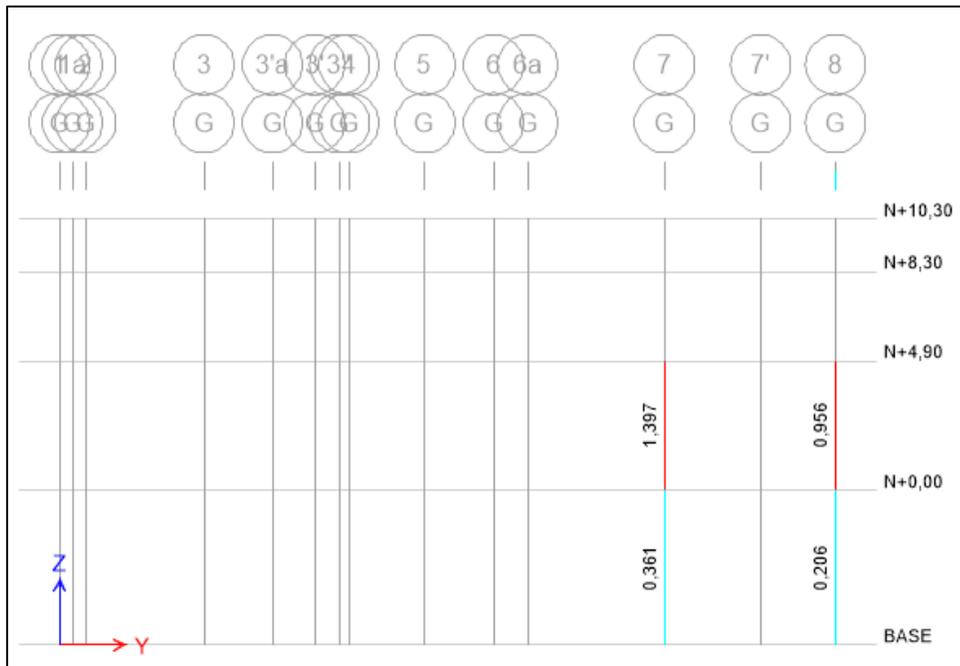
Índices en columnas eje D



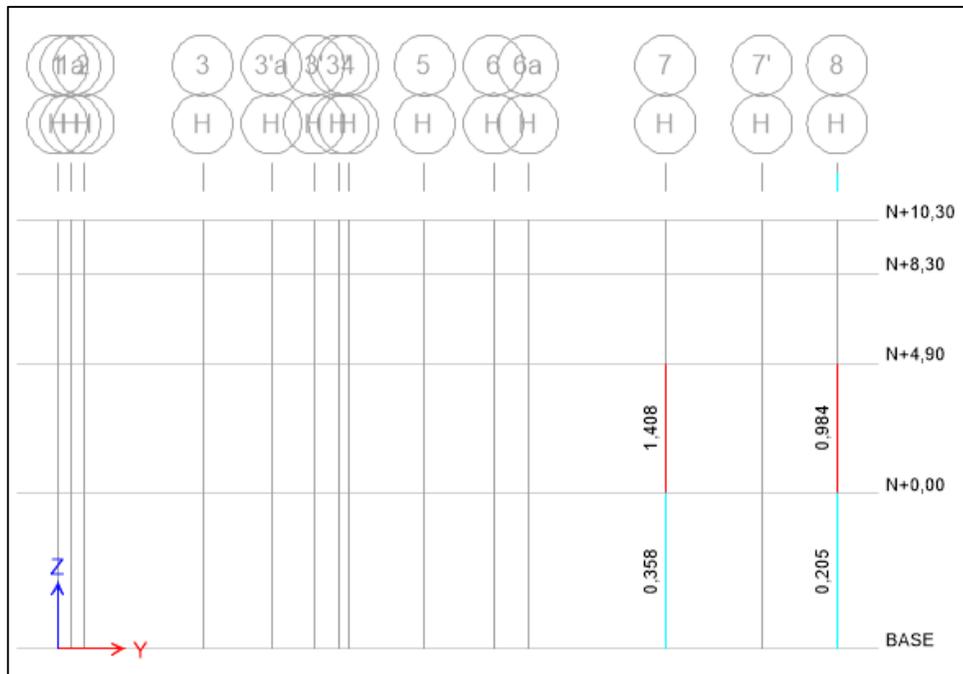
Índices en columnas eje E



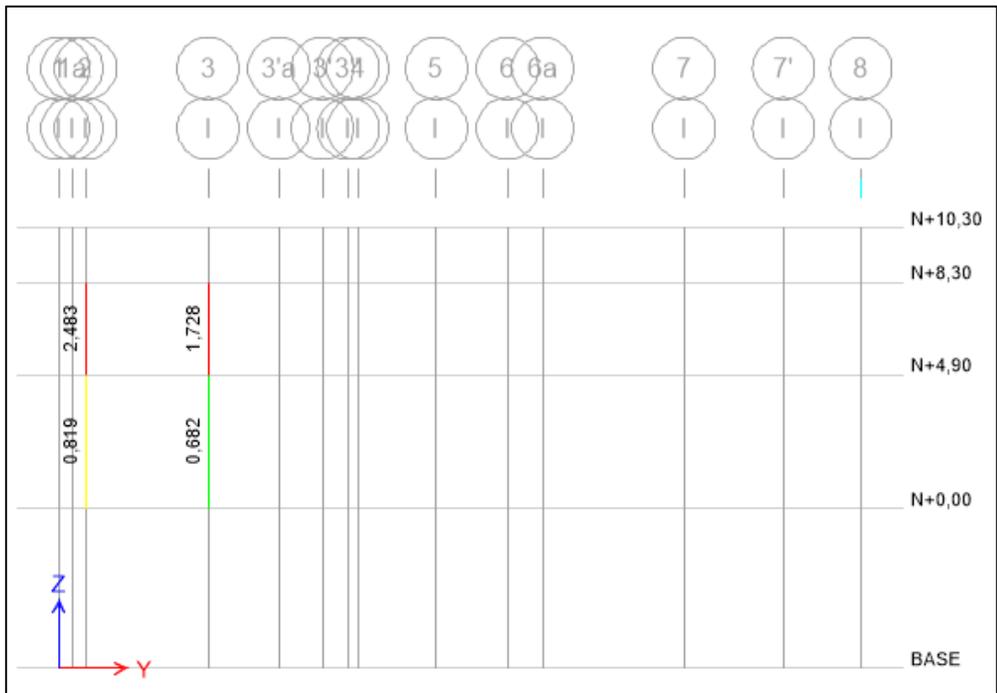
Índices en columnas eje F



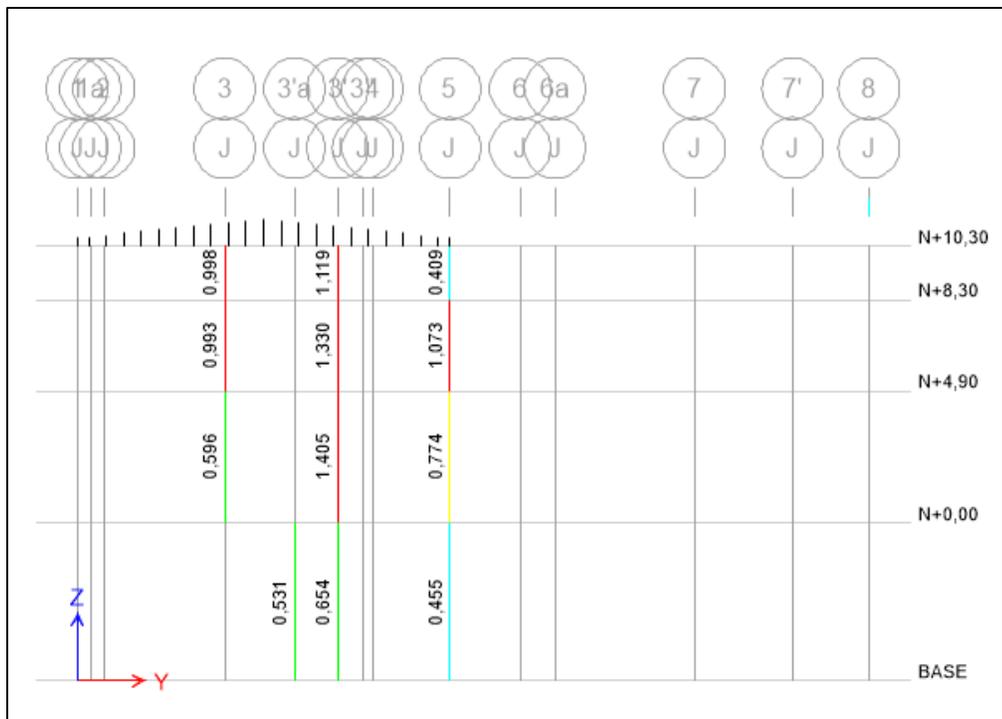
Índices en columnas eje G



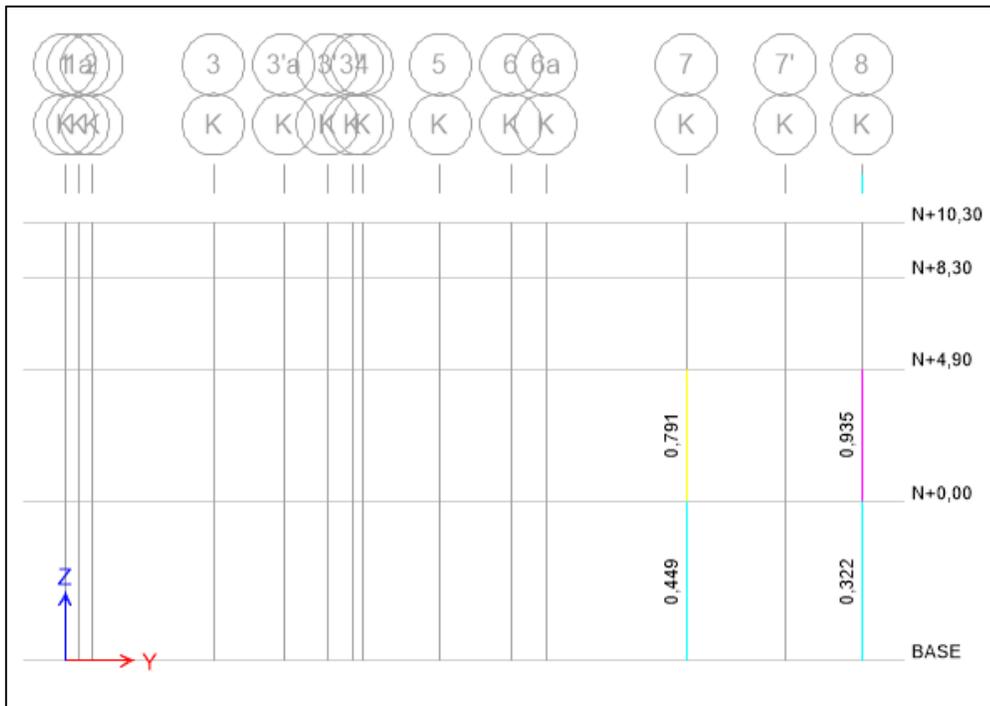
Índices en columnas eje H



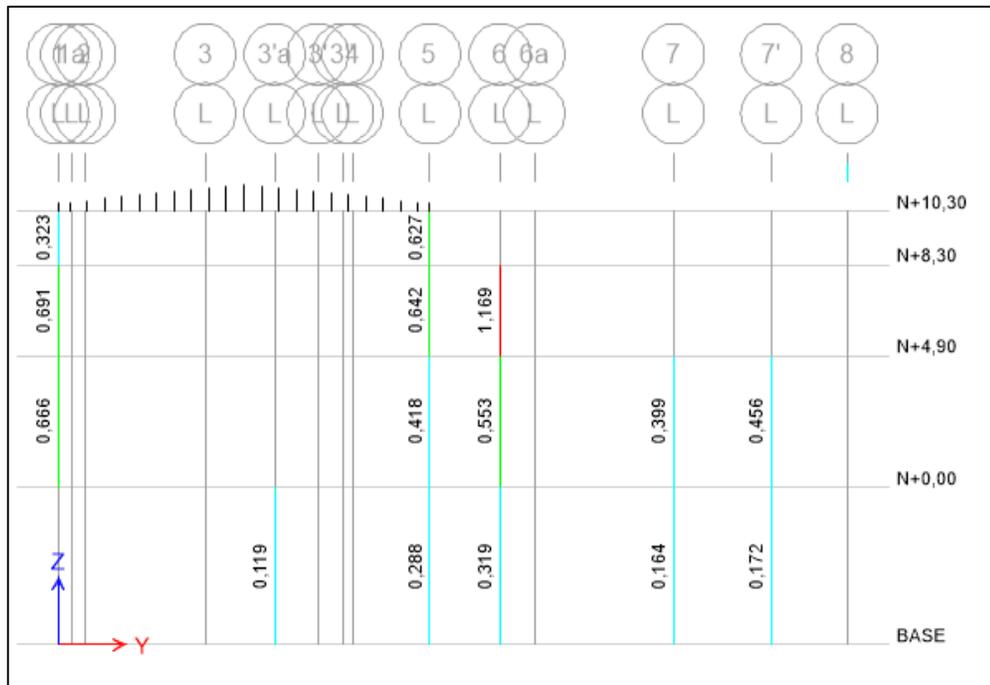
Índices en columnas eje I



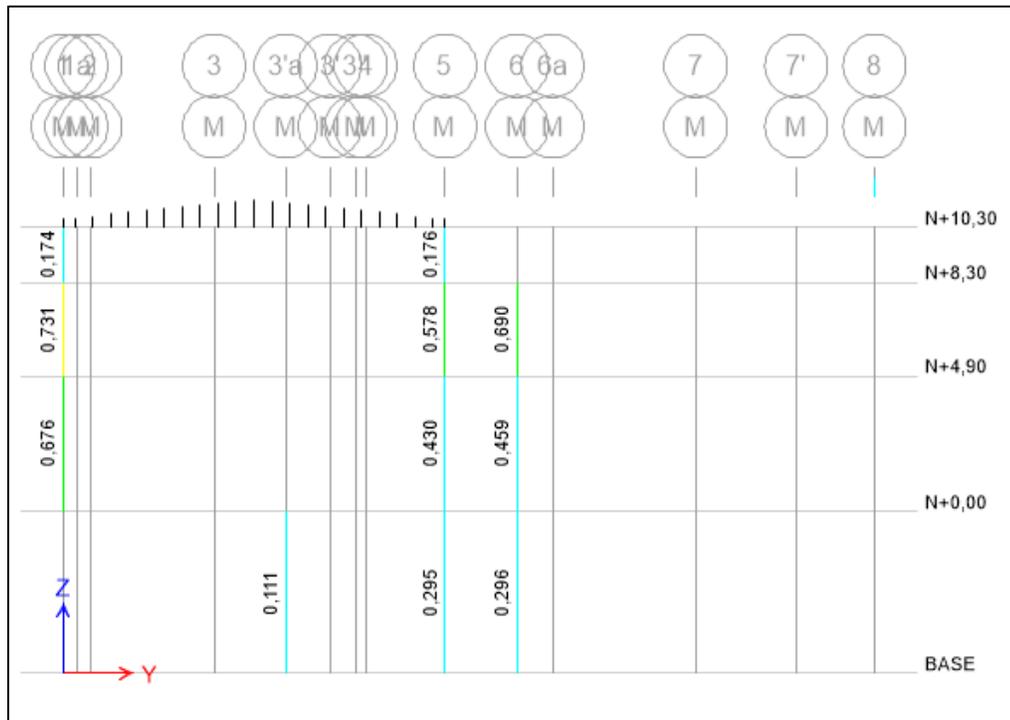
Índices en columnas eje J



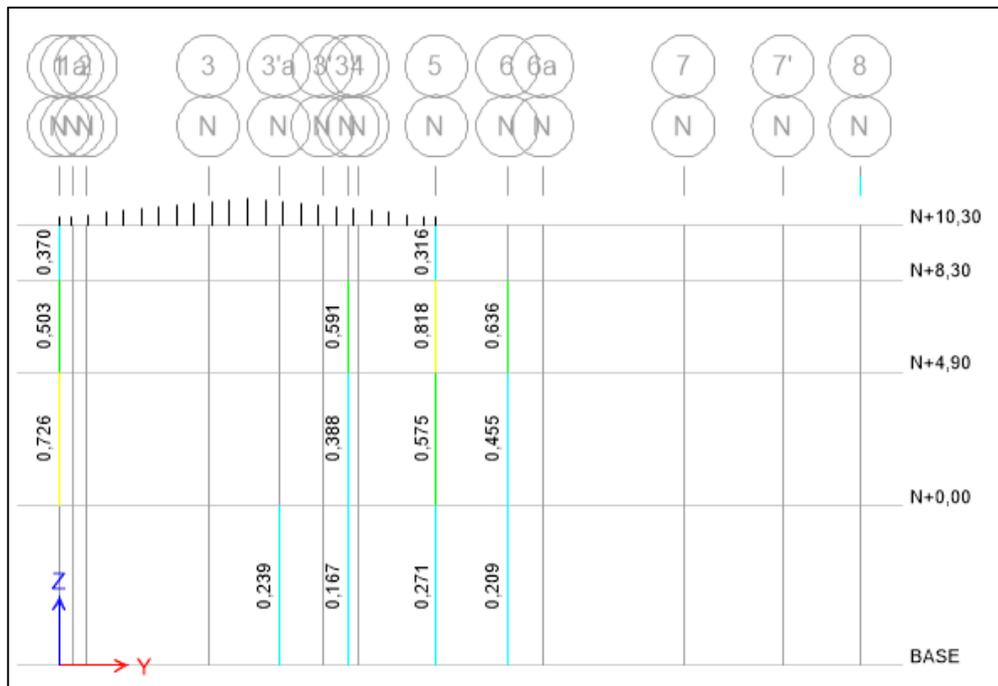
Índices en columnas eje K



Índices en columnas eje L



Índices en columnas eje M



Índices en columnas eje N

Fuente: ETABS 2015

Todas las columnas tienen refuerzo continuo de ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas, las cuales equivalen a un área de acero de 15.92 cm², sin embargo algunas columnas tienen un refuerzo adicional en su último nivel según lo indicado en planos, en la siguiente tabla se resume el refuerzo de las columnas:

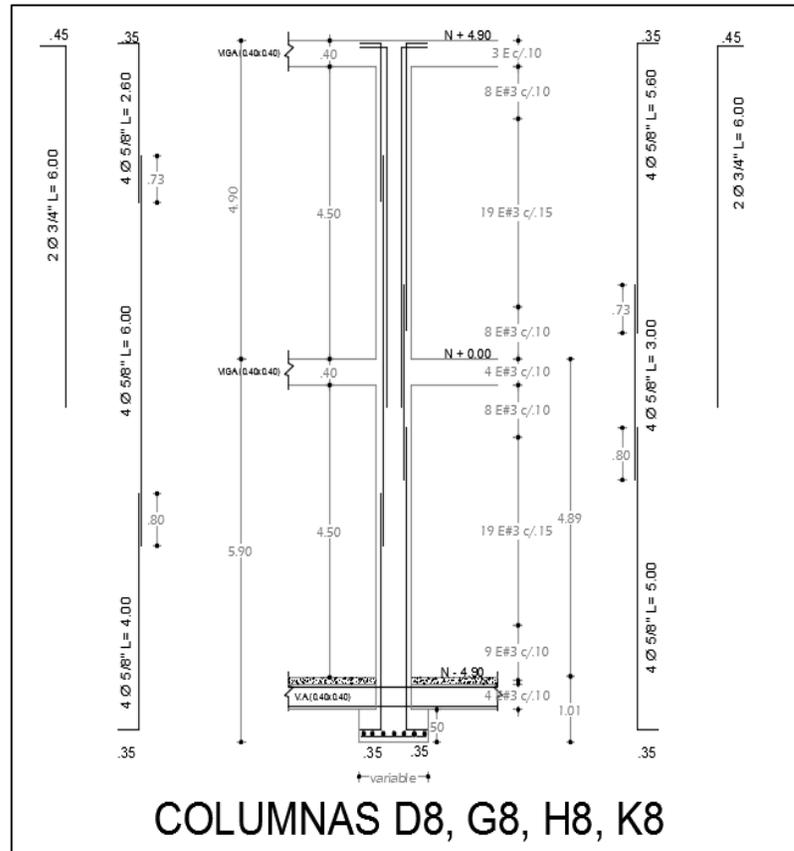
Tabla 13. Refuerzo de columnas existentes según planos

COLUMNAS	CANTIDAD	NIVEL	ALTURA TOTAL	SECCIÓN		REFUERZO CONTINUO	REFUERZO ADICIONAL	f'c
D8-G8-H8-K8	4	N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	4N6	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
C7'-L7'-C7-D7-K7-L7	6	N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
G7-H7	2	N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	8N6	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
A3-A6	2	N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	4N5	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
B6-L6-M6-N6-B3-B4-E4-N3'	8	N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
A4	1	N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	8N5	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
L1-M1-N1	3	N+8,30 a N+10,30	2,00	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
F2-F3-I2-I3	4	N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	4N6	28
		N+0,00 a N+4,90	5,80	0,4	0,4	8N5	N/A	28
J3'a,L3'a,M3'a,N3a	4	N+0,00 a N+4,90	5,80	0,4	0,4	8N5	N/A	28
A1-B1-E3	3	N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
J5,L5,M5,N5	4	N+8,30 a N+10,30	2,00	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
J3''	1	N+8,30 a N+9,90	1,60	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
J3, J3'	2	N+8,30 a N+9,90	1,60	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+4,90 a N+8,30	3,40	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N+0,00 a N+4,90	4,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28
		N-4,90 a N+0,00	5,90	0,4	0,4	8N5	N/A	28

Fuente: Autores, 2016.

- Columna D8,G8, H8 y K8

Figura 48. Despiece de columnas D8, G8, H8 y K8

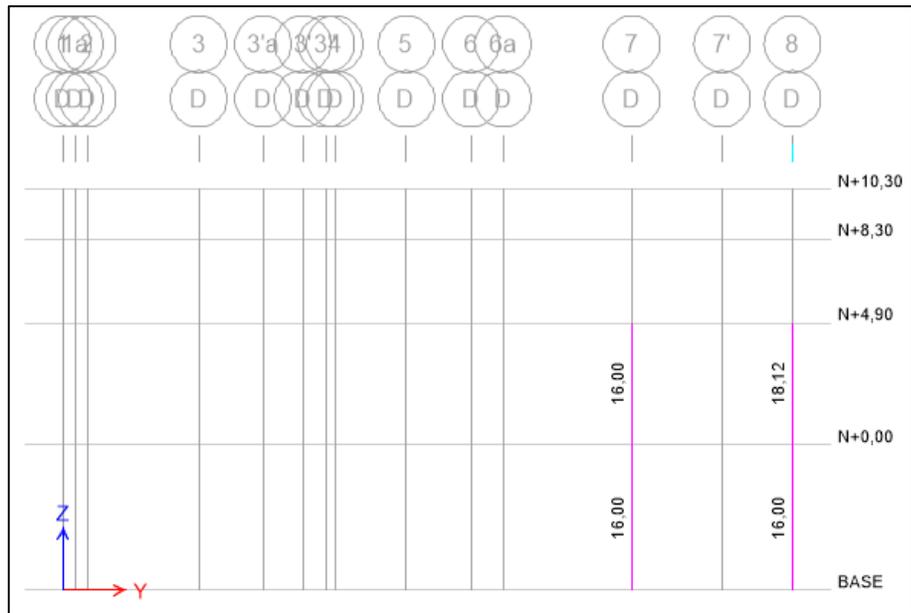


Fuente: Planos estructurales existentes

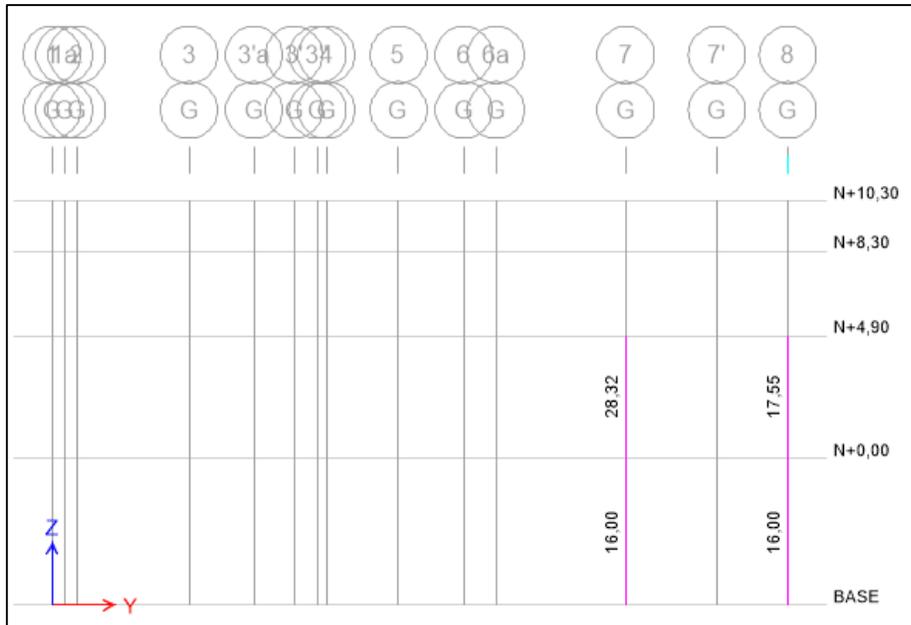
El modelo solo permite colocar refuerzo continuo en la sección de las columnas, considerando solo las ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas, por lo cual el refuerzo adicional de cuatro (4) varillas de 3/4" de pulgadas no se tienen en cuenta en el modelamiento de la columna.

En la figura 51 se aprecia que desde el nivel N+0.00 hasta el nivel N+4.90 se requiere un refuerzo adicional que la columna posee satisfactoriamente según lo indicado en planos.

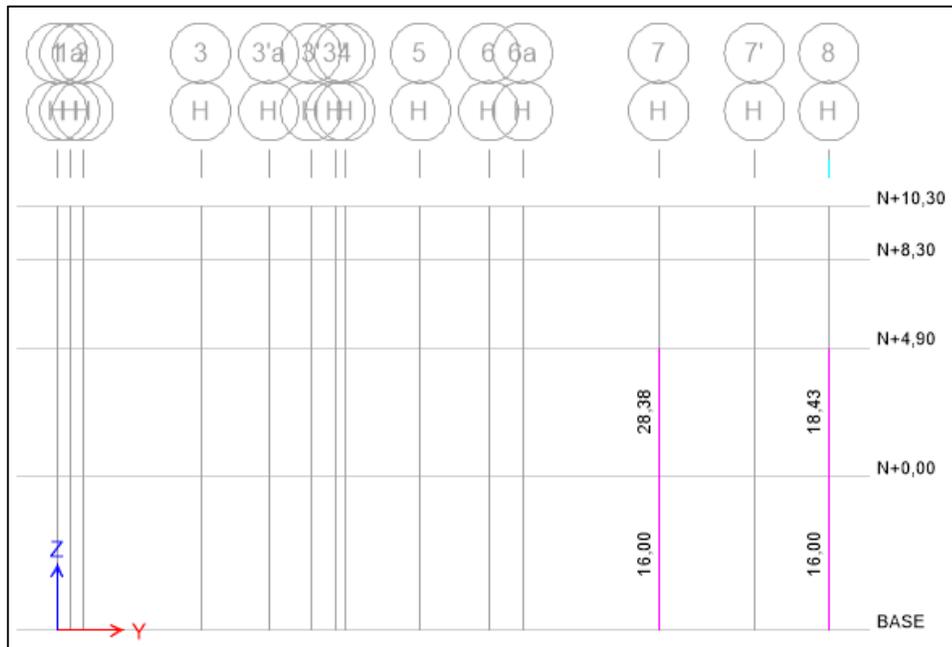
Figura 49. Refuerzo requerido en los ejes de columnas D, G, H y K



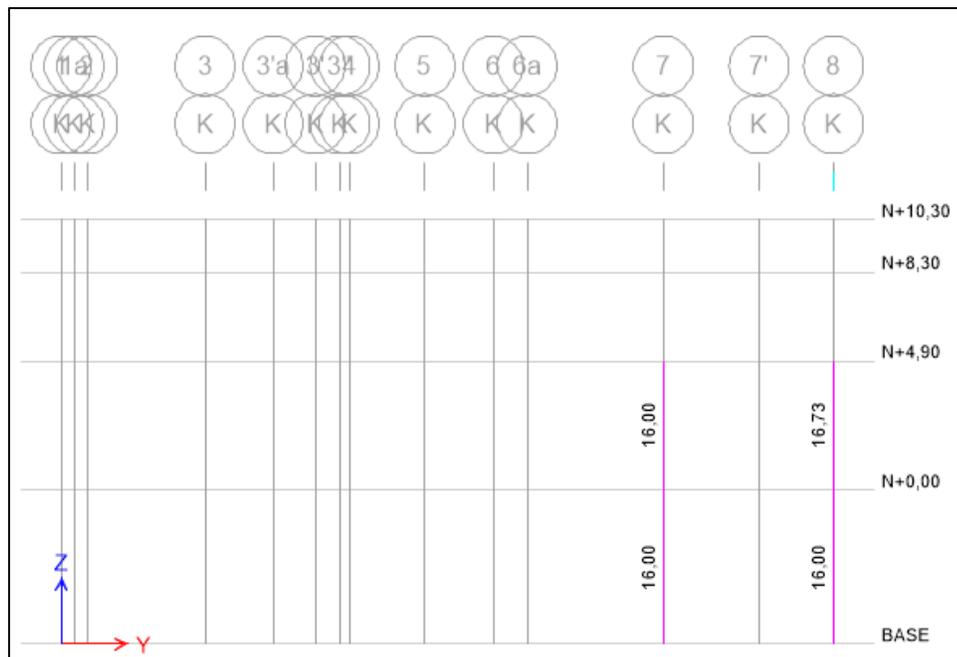
Refuerzo de columnas eje D



Refuerzo de columnas eje G



Refuerzo de columnas eje H

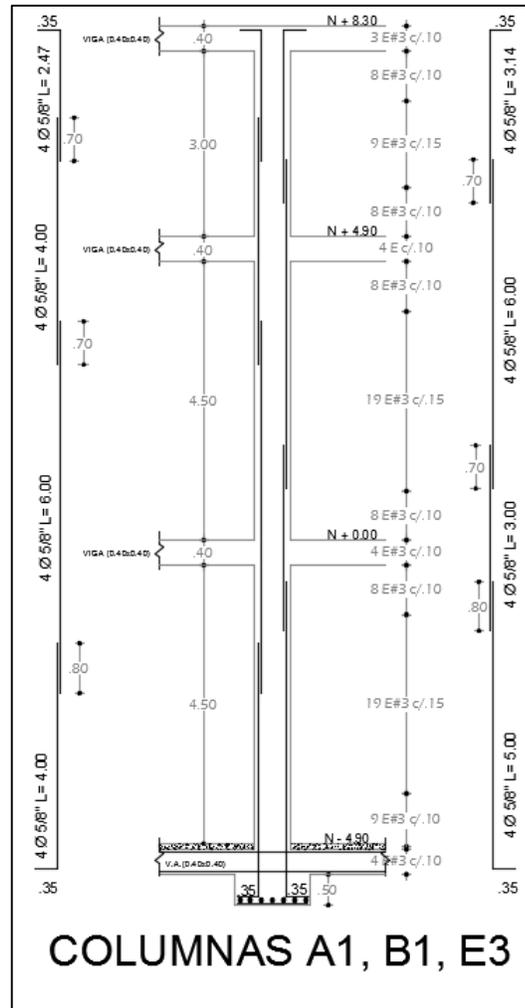


Refuerzo de columnas eje K

Fuente: ETABS 2015

- Columna E3

Figura 50. Despiece de columnas A1, B1, E3

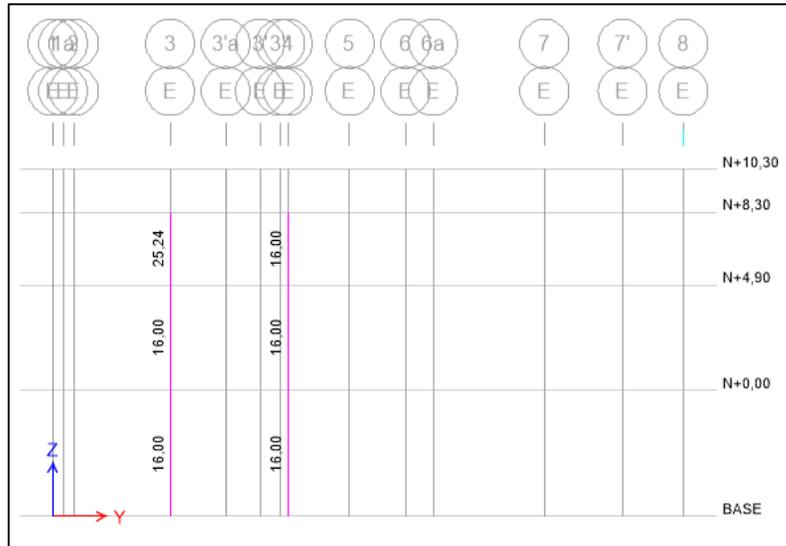


Fuente: Planos estructurales existentes

La columna tiene un refuerzo continuo en toda la sección de ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas que se muestran en la figura anterior, esta no posee refuerzo adicional según lo indicado en planos.

En la figura 53 se aprecia que desde el nivel N+4.90 hasta el nivel N+8.30 se requiere un refuerzo longitudinal adicional que la columna no tiene.

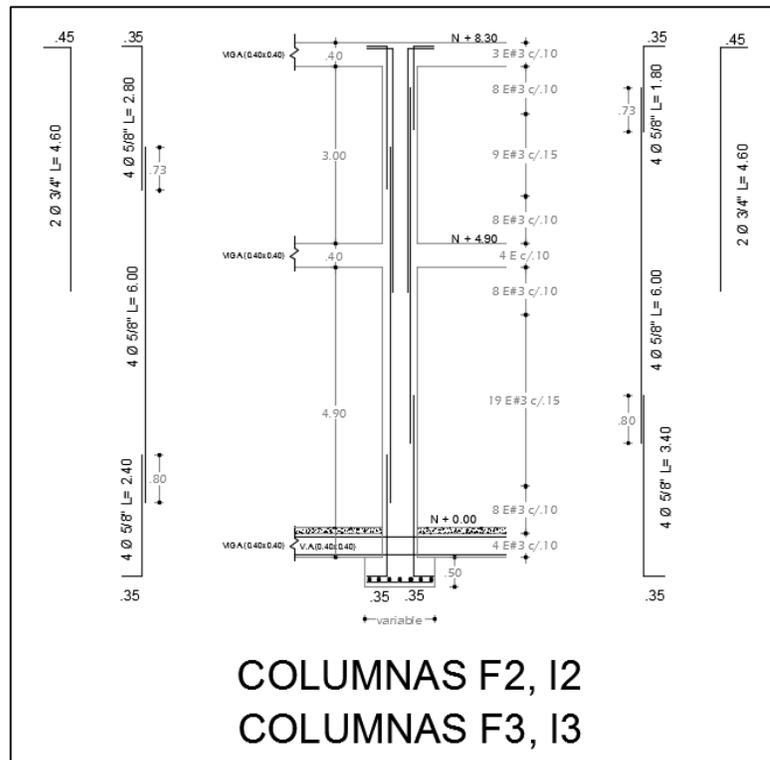
Figura 51. Refuerzo requerido en el eje de columna E3



Fuente: ETABS 2015

- Columna F2,I2,F3 y I3

Figura 52. Despiece de columnas F2, F3, I2, I3

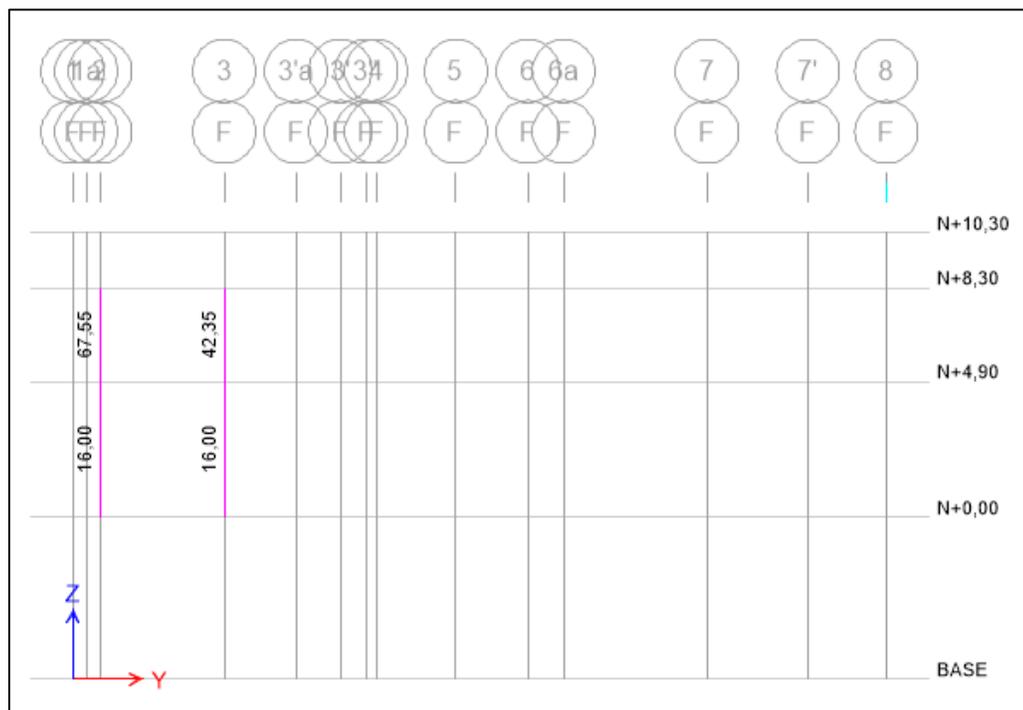


Fuente: Planos estructurales existentes

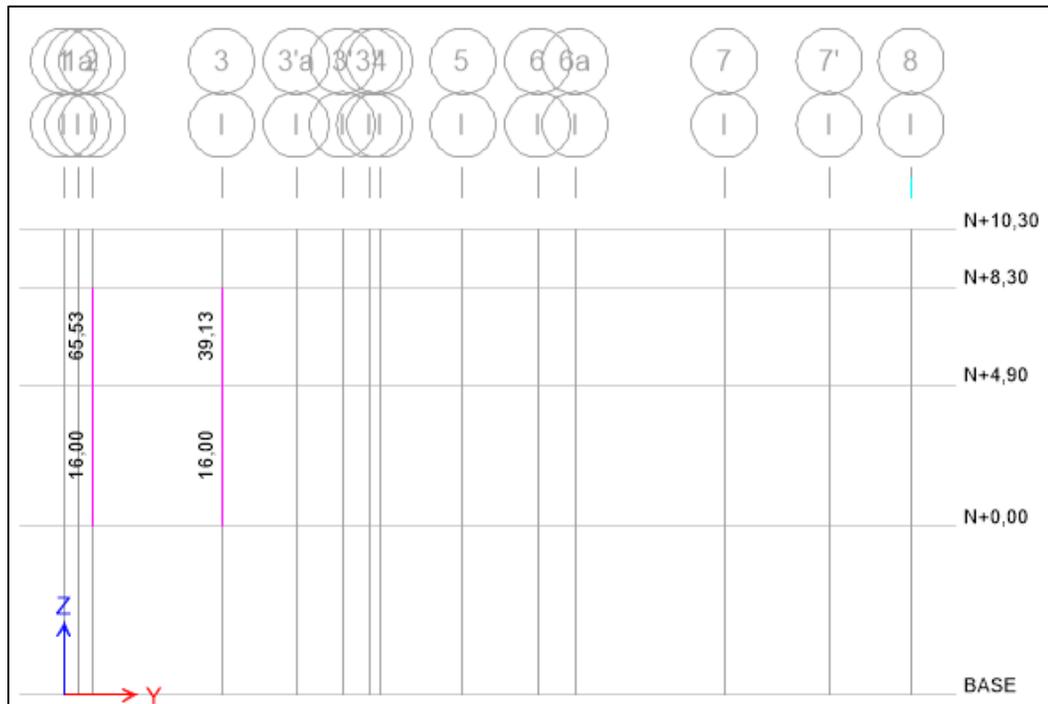
El modelo solo permite colocar refuerzo continuo en la sección de las columnas, considerando solo las ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas, por lo cual el refuerzo adicional de cuatro (4) varillas de 3/4" de pulgadas no se tienen en cuenta en el modelamiento de la columna.

En la figura 55 se aprecia que desde el nivel N+4.90 hasta el nivel N+8.30 se requiere un refuerzo adicional obtenido por el modelamiento de la estructura; según los planos estructurales estas columnas tiene un refuerzo adicional de 11.36 cm² que sin embargo no cumplen satisfactoriamente la solicitud.

Figura 53. Refuerzo requerido en el eje de columna I y F



Refuerzo de columnas eje F



Refuerzo de columnas eje I

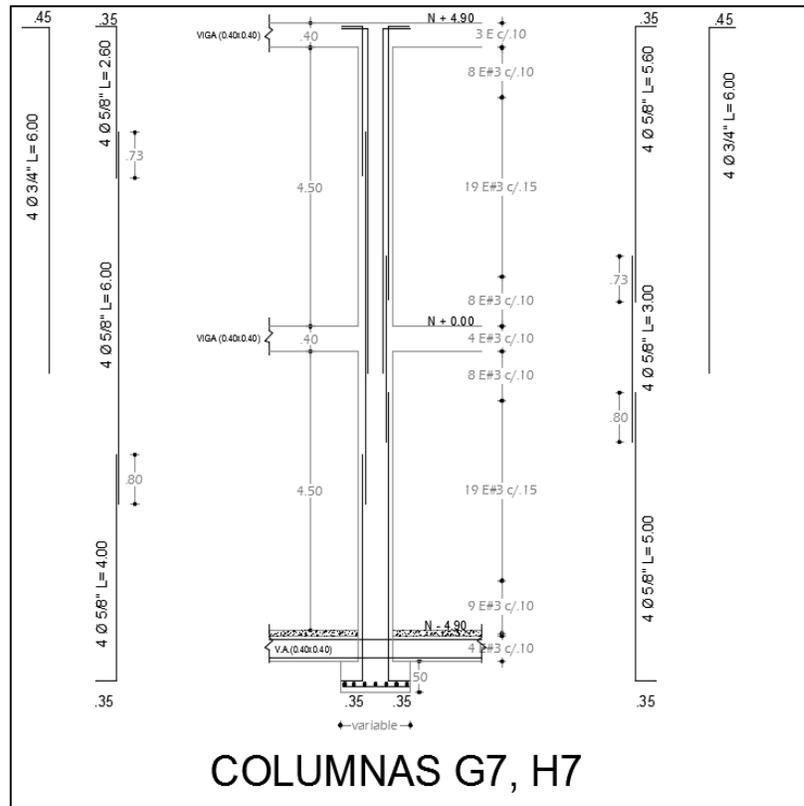
Fuente: ETABS 2015

- Columna G7 y H7

El modelo permite solo colocar refuerzo continuo en la sección de las columnas, considerando solo las ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas, por lo cual el refuerzo adicional de cuatro (8) varillas de 3/4" de pulgadas no se tienen en cuenta en el modelamiento de la columna.

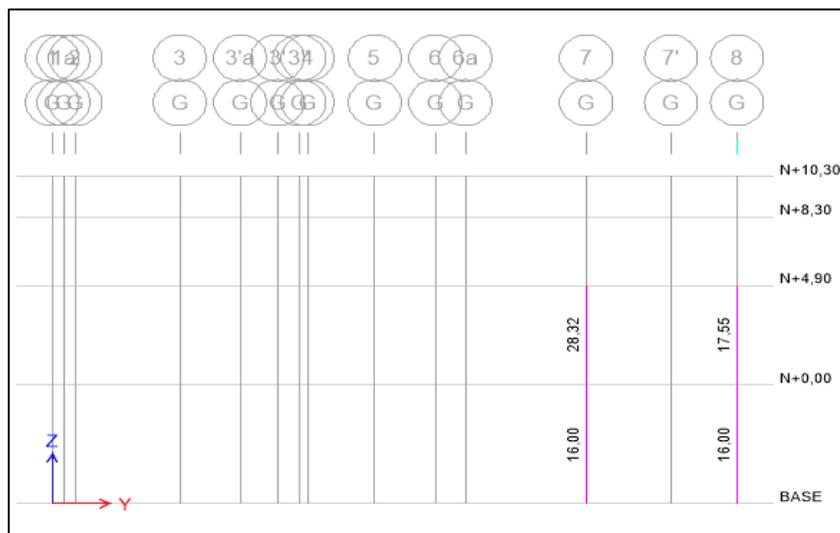
En la figura 57 se aprecia que desde el nivel N+0.00 hasta el nivel N+4.90 se requiere un refuerzo adicional que la columna posee satisfactoriamente.

Figura 54. Despiece de columnas G7 y H7

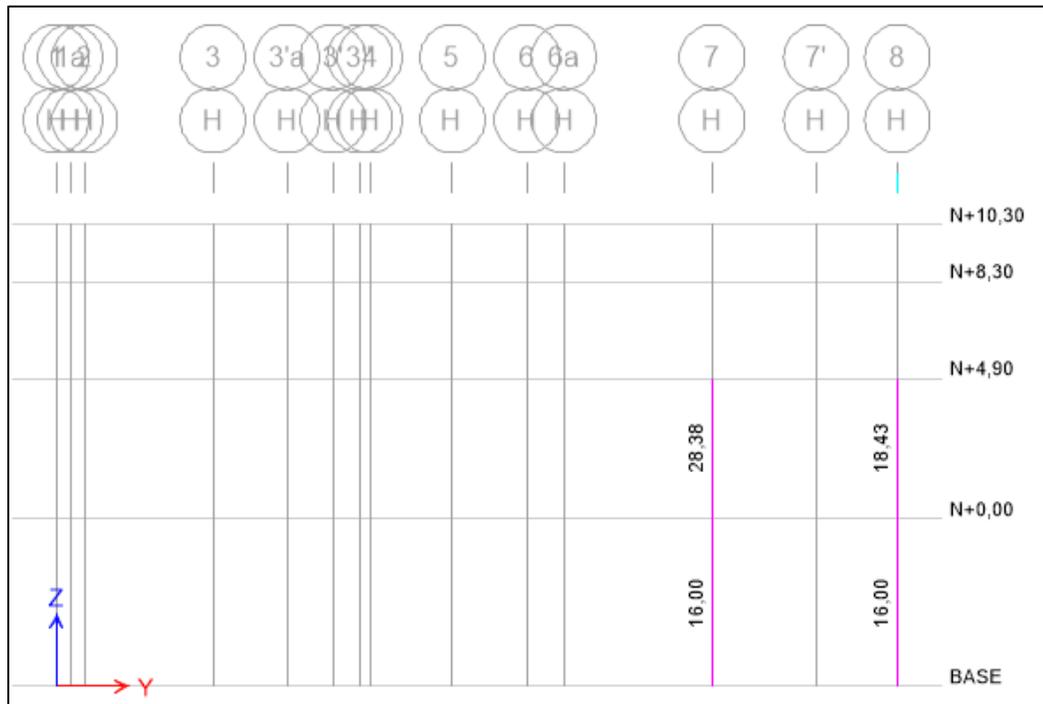


Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 55. Refuerzo requerido en el eje de columna G y H



Refuerzo de columnas eje G



Refuerzo de columnas eje H

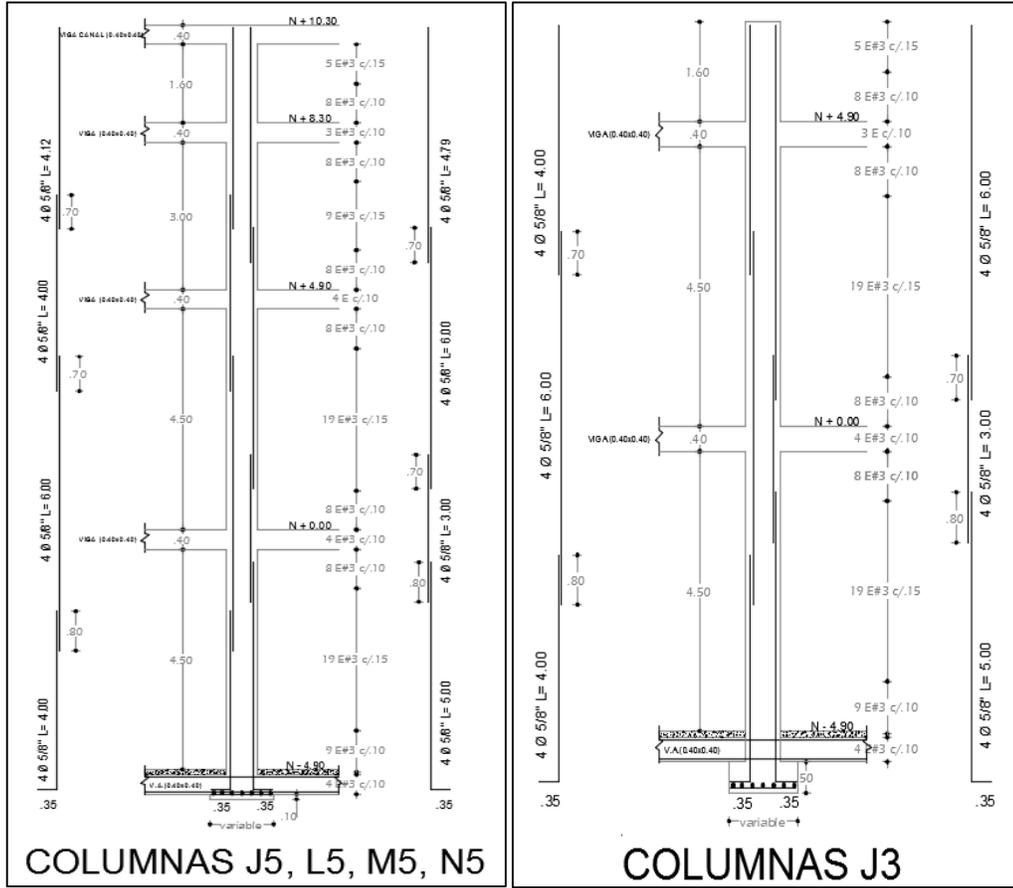
Fuente: ETABS 2015

- Columna J3 y J5.

La columna tiene un refuerzo continuo en toda la sección de ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas, esta no posee refuerzo adicional según lo indicado en planos.

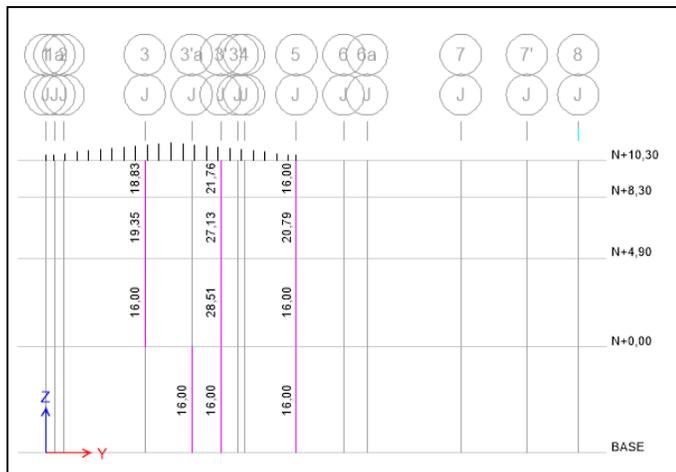
En la figura 58 se aprecia que desde el nivel N+4.90 hasta el nivel N+10.30 se requiere un refuerzo longitudinal adicional que la columna no tiene.

Figura 56. Despiece de columnas J3 y J5



Fuente: Planos estructurales existentes

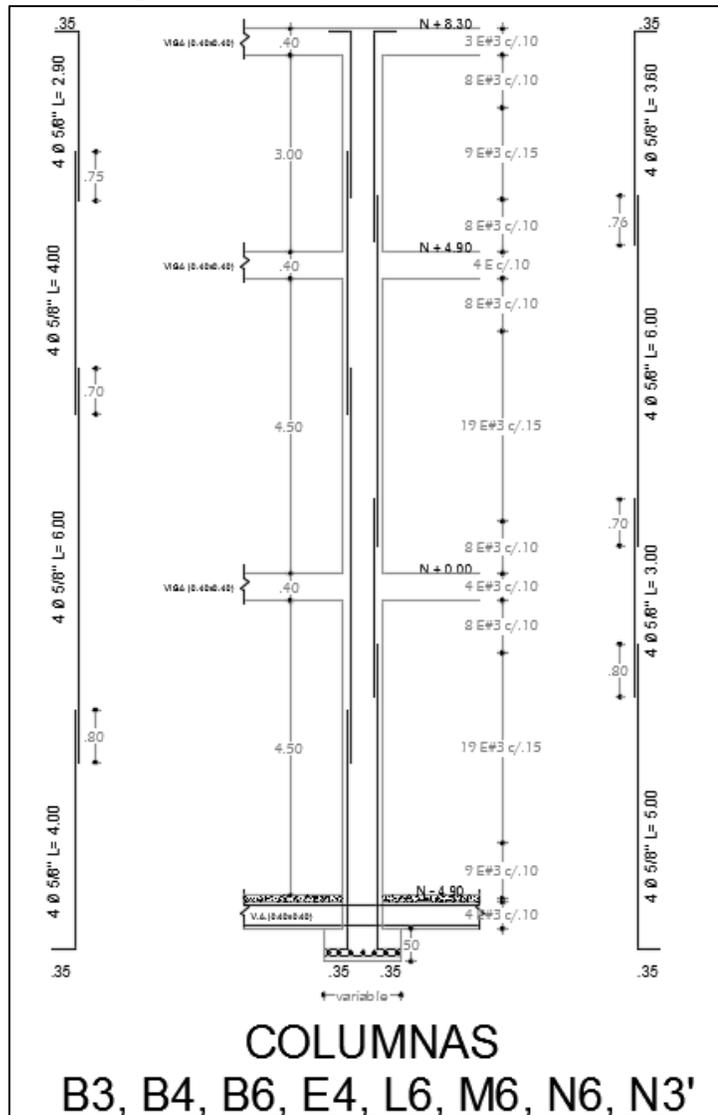
Figura 57. Refuerzo requerido en el eje de columna J



Fuente: ETABS 2015

- Columna L6

Figura 58. Despiece de columnas L6

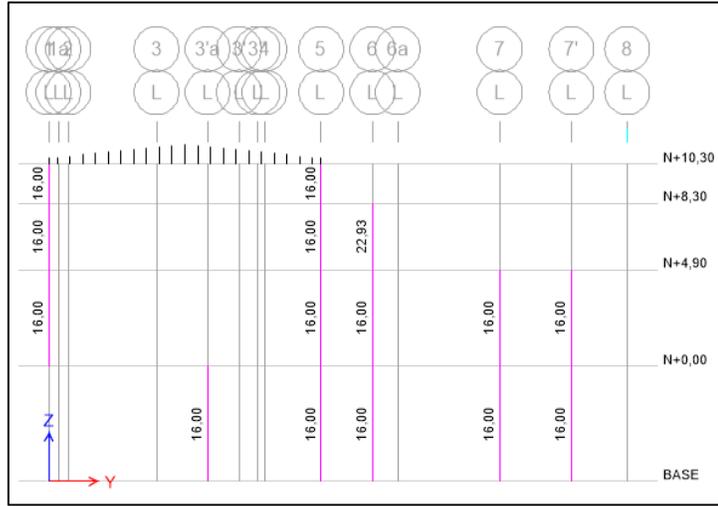


Fuente: Planos estructurales existentes

La columna tiene un refuerzo continuo en toda la sección de ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas que se muestran en la figura anterior, esta no posee refuerzo adicional según lo indicado en planos.

En la figura 61 se aprecia que desde el nivel N+4.90 hasta el nivel N+8.30 se requiere un refuerzo longitudinal adicional que la columna no tiene.

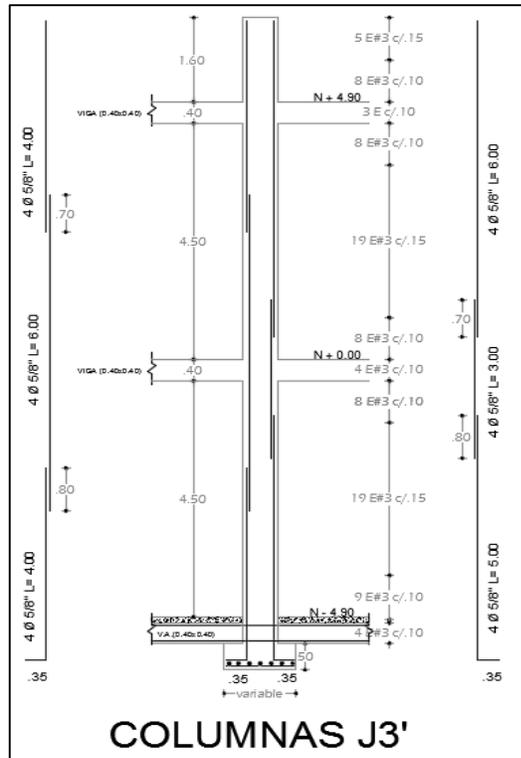
Figura 59. Refuerzo requerido en el eje de columna L



Fuente: ETABS 2015

- Columna J3'

Figura 60. Despiece de columnas J3'



Fuente: Planos estructurales existentes

La columna tiene un refuerzo continuo en toda la sección de ocho (8) varillas de 5/8" de pulgadas que se muestran en la figura anterior, esta no posee refuerzo adicional según lo indicado en planos.

En la figura 59 se aprecia que desde el nivel N+0.00 hasta el nivel N+10.30 se requiere un refuerzo longitudinal adicional que la columna no tiene.

7.9.4 ANALISIS DE VIGAS PRINCIPALES

- VIGAS 101-103-104

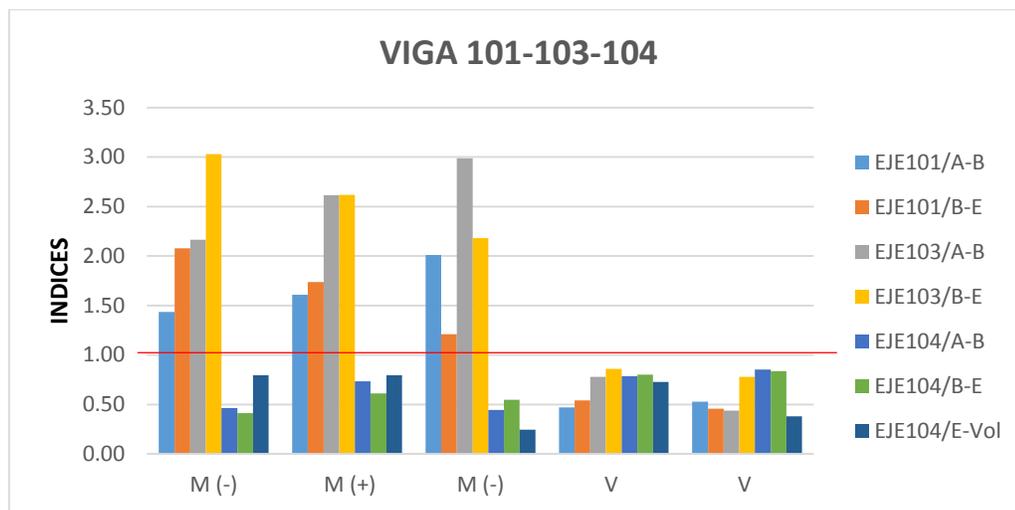
Tabla 14. Índices de sobrefuerzos vigas 101-103-104

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION			CORTANTE		
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ramas
		[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
101	EJE101/A-B	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE101/B-E	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
103	EJE103/A-B	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE103/B-E	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
104	EJE104/A-B	40	40	37,5	28	420	260	20,4	15,48	30,6	8	0,71	2
	EJE104/B-E	40	40	37,5	28	420	260	30,6	15,48	25,5	8	0,71	2
	EJE104/E-Vol	40	40	37,5	28	420	260	25,5	11,61	10,2	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M(+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
55,10	55,10	55,10	231,00	79,01	88,60	110,72	108,40	121,74	1,43	1,61	2,01	0,47	0,53
55,10	55,10	55,10	231,00	114,45	95,73	66,55	124,99	105,15	2,08	1,74	1,21	0,54	0,46
55,10	55,10	55,10	231,00	119,32	143,98	164,63	180,07	100,83	2,17	2,61	2,99	0,78	0,44
55,10	55,10	55,10	231,00	166,97	144,16	120,12	198,71	179,46	3,03	2,62	2,18	0,86	0,78
254,47	199,45	355,68	231,00	117,83	146,05	157,91	181,33	196,84	0,46	0,73	0,44	0,78	0,85
355,68	199,45	307,24	231,00	146,63	122,02	168,30	184,66	193,51	0,41	0,61	0,55	0,80	0,84
307,24	153,33	135,91	231,00	243,84	121,94	33,05	168,15	87,94	0,79	0,80	0,24	0,73	0,38

Fuente: Autores, 2016.

Figura 61. Grafica índices de sobreesfuerzo vigas 101-103-104



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 105-106

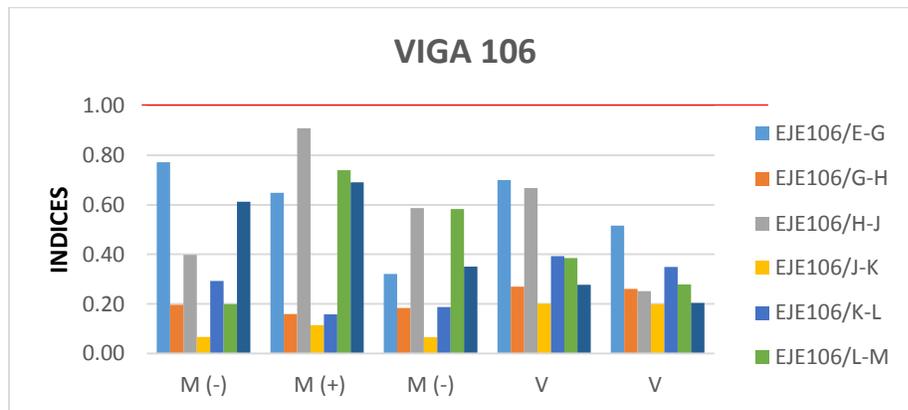
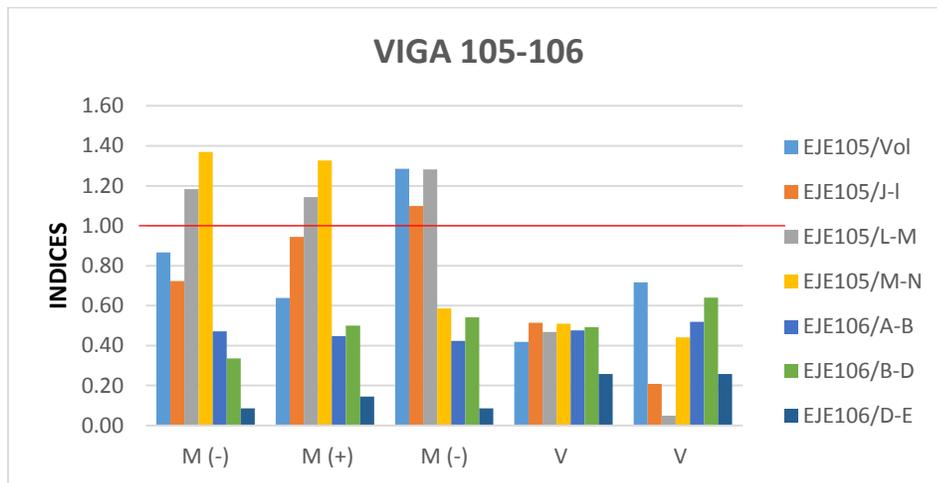
Tabla 15. Índices de sobreesfuerzos vigas 105-106

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION			CORTANTE		
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ramas
105	EJE105/Vol	40	40	37,5	28	420	260	3,98	5,97	9,95	8	0,71	2
	EJE105/J-I	40	40	37,5	28	420	260	9,95	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE105/L-M	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE105/M-N	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	5,97	8	0,71	2
106	EJE106/A-B	40	40	37,5	28	420	260	11,61	7,96	17,94	8	0,71	2
	EJE106/B-D	40	40	37,5	28	420	260	17,94	9,95	15,48	8	0,71	2
	EJE106/D-E	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	15,48	8	0,71	2
	EJE106/E-G	40	40	37,5	28	420	260	15,48	7,96	15,48	8	0,71	2
	EJE106/E-G	40	40	37,5	28	420	260	15,48	5,97	15,48	8	0,71	2
	EJE106/H-J	40	40	37,5	28	420	260	15,48	9,95	15,48	8	0,71	2
	EJE106/J-K	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	15,48	8	0,71	2
	EJE106/K-L	40	40	37,5	28	420	260	15,48	14,18	15,48	8	0,71	2
	EJE106/L-M	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	5,68	8	0,71	2
	EJE106/M-N	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO		CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M(+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
55,10	81,65	132,79	231,00	47,74	52,13	170,66	96,75	165,59	0,87	0,64	1,29	0,42	0,72
132,79	55,10	55,10	231,00	96,03	52,03	60,54	118,96	48,22	0,72	0,94	1,10	0,51	0,21
55,10	55,10	55,10	231,00	65,21	63,01	70,63	108,25	11,23	1,18	1,14	1,28	0,47	0,05
55,10	55,10	81,65	231,00	75,48	73,05	47,87	117,60	101,86	1,37	1,33	0,59	0,51	0,44
153,33	107,55	227,46	231,00	72,33	48,10	96,39	110,14	120,00	0,47	0,45	0,42	0,48	0,52
227,46	132,79	199,45	231,00	76,61	66,50	107,90	113,76	148,02	0,34	0,50	0,54	0,49	0,64
199,45	55,10	199,45	231,00	17,08	8,00	17,08	59,58	59,57	0,09	0,15	0,09	0,26	0,26
199,45	107,55	199,45	231,00	153,88	69,67	63,86	161,72	119,26	0,77	0,65	0,32	0,70	0,52
199,45	81,65	199,45	231,00	39,14	13,00	36,50	62,19	60,04	0,20	0,16	0,18	0,27	0,26
199,45	132,79	199,45	231,00	79,47	120,75	116,98	154,11	58,06	0,40	0,91	0,59	0,67	0,25
199,45	55,10	199,45	231,00	13,23	6,30	13,12	46,25	46,01	0,07	0,11	0,07	0,20	0,20
199,45	184,24	199,45	231,00	58,35	29,13	37,45	90,61	80,48	0,29	0,16	0,19	0,39	0,35
199,45	55,10	77,82	231,00	39,57	40,74	45,37	88,96	64,33	0,20	0,74	0,58	0,39	0,28
77,82	55,10	77,82	231,00	47,69	38,04	27,27	64,01	47,08	0,61	0,69	0,35	0,28	0,20

Fuente: Autores, 2016.

Figura 62. Grafica índices de sobreesfuerzo vigas 105-106



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 107-107'/1-107'/2

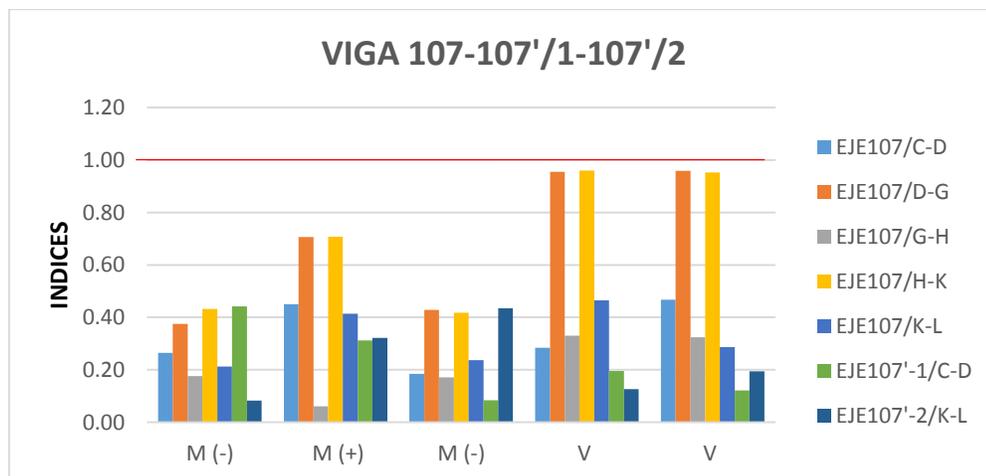
Tabla 16. Índices de sobrefuerzos vigas 107-107'/1-107'/2

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION		CORTANTE			
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ramas
		[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
107	EJE107/C-D	40	40	37,5	28	420	260	7,74	5,68	35,7	8	0,71	2
	EJE107/D-G	40	40	37,5	28	420	260	35,7	19,35	30,6	8	0,71	2
	EJE107/G-H	40	40	37,5	28	420	260	30,6	15,48	30,6	8	0,71	2
	EJE107/H-K	40	40	37,5	28	420	260	30,6	19,35	30,6	8	0,71	2
	EJE107/K-L	40	40	37,5	28	420	260	30,6	5,68	7,74	8	0,71	2
107'-1	EJE107'-1/C-D	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2
107'-2	EJE107'-2/K-L	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
104,72	77,82	399,78	231,00	27,75	35,07	73,85	65,72	107,96	0,26	0,45	0,18	0,28	0,47
399,78	243,07	355,68	231,00	149,73	171,73	152,31	220,57	221,46	0,37	0,71	0,43	0,95	0,96
355,68	199,45	355,68	231,00	62,41	12,05	60,94	76,12	74,80	0,18	0,06	0,17	0,33	0,32
355,68	243,07	355,68	231,00	153,51	172,05	148,35	221,90	220,14	0,43	0,71	0,42	0,96	0,95
355,68	77,82	104,72	231,00	75,30	32,17	24,75	107,41	66,20	0,21	0,41	0,24	0,46	0,29
77,82	55,10	77,82	231,00	34,35	17,18	6,50	44,99	27,91	0,44	0,31	0,08	0,19	0,12
77,82	55,10	77,82	231,00	6,43	17,70	33,77	28,99	44,70	0,08	0,32	0,43	0,13	0,19

Fuente: Autores, 2016.

Figura 63. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 107-107'/1-107'/2



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 201-1/201-2/202

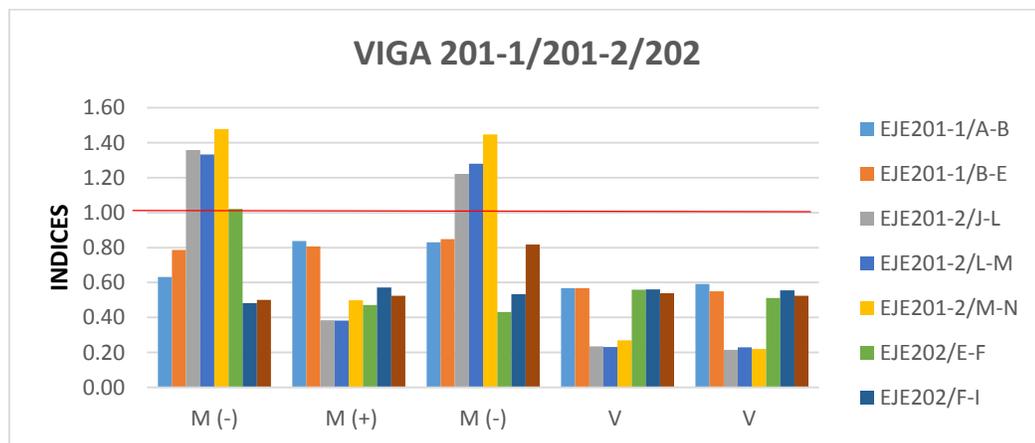
Tabla 17. Índices de sobrefuerzos vigas 201-1/201-2/202

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION		CORTANTE			
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ram
		[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
201-1	EJE201-1/A-B	40	40	37,5	28	420	260	17,04	8,52	13,42	8	0,71	2
	EJE201-1/B-E	40	40	37,5	28	420	260	13,42	8,52	11,36	8	0,71	2
201-2	EJE201-2/J-L	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE201-2/L-M	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
	EJE201-2/M-N	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	8	0,71	2
202	EJE202/E-F	40	40	37,5	28	420	260	7,74	8,52	16,26	8	0,71	2
	EJE202/F-I	40	40	37,5	28	420	260	16,26	8,52	14,2	8	0,71	2
	EJE202/I-J	40	40	37,5	28	420	260	14,2	8,52	7,74	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					ÍNDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
217,33	114,72	175,21	231,00	137,34	96,11	145,36	131,07	136,69	0,63	0,84	0,83	0,57	0,59
175,21	114,72	150,27	231,00	137,66	92,46	127,57	131,29	126,94	0,79	0,81	0,85	0,57	0,55
55,10	55,10	55,10	231,00	74,79	21,15	67,26	54,49	49,73	1,36	0,38	1,22	0,24	0,22
55,10	55,10	55,10	231,00	73,37	21,08	70,49	53,53	53,15	1,33	0,38	1,28	0,23	0,23
55,10	55,10	55,10	231,00	81,40	27,45	79,76	62,46	51,08	1,48	0,50	1,45	0,27	0,22
104,72	114,72	208,44	231,00	107,03	54,02	89,85	129,16	118,22	1,02	0,47	0,43	0,56	0,51
208,44	114,72	184,47	231,00	100,51	65,56	98,36	129,68	128,23	0,48	0,57	0,53	0,56	0,56
184,47	114,72	104,72	231,00	92,32	60,10	85,66	124,56	121,23	0,50	0,52	0,82	0,54	0,52

Fuente: Autores, 2016.

Figura 64. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 201-1/201-2/202



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 203-204

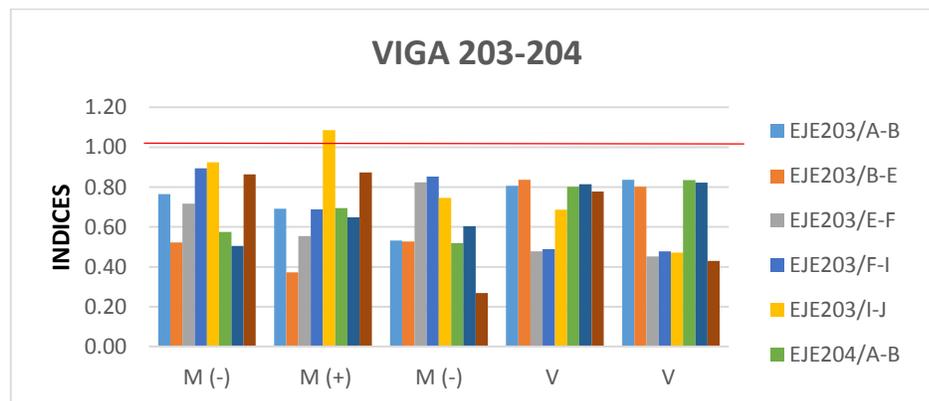
Tabla 18. Índices de sobrefuerzos vigas 203-204

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION		CORTANTE			
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ram
		[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
203	EJE203/A-B	40	40	37,5	28	420	260	17,94	15,48	30,6	8	0,71	2
	EJE203/B-E	40	40	37,5	28	420	260	30,6	15,48	25,5	8	0,71	2
	EJE203/E-F	40	40	37,5	28	420	260	10,2	5,68	7,74	8	0,71	2
	EJE203/F-I	40	40	37,5	28	420	260	7,74	5,68	7,74	8	0,71	2
	EJE203/I-J	40	40	37,5	28	420	260	7,74	5,68	7,74	8	0,71	2
204	EJE204/A-B	40	40	37,5	28	420	260	24,27	15,48	30,6	8	0,71	2
	EJE204/B-E	40	40	37,5	28	420	260	30,6	15,48	25,5	8	0,71	2
	EJE204/E-Vol	40	40	37,5	28	420	260	25,5	11,61	10,2	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
227,46	199,45	355,68	231,00	173,89	138,02	188,96	186,15	193,34	0,76	0,69	0,53	0,81	0,84
355,68	199,45	307,24	231,00	185,80	74,11	161,98	193,12	185,05	0,52	0,37	0,53	0,84	0,80
135,91	77,82	104,72	231,00	97,42	43,07	86,19	110,25	104,43	0,72	0,55	0,82	0,48	0,45
104,72	77,82	104,72	231,00	93,70	53,61	89,20	112,75	110,45	0,89	0,69	0,85	0,49	0,48
104,72	77,82	104,72	231,00	96,80	84,43	78,15	158,46	108,66	0,92	1,08	0,75	0,69	0,47
294,91	199,45	355,68	231,00	169,56	138,43	184,30	185,24	192,94	0,57	0,69	0,52	0,80	0,84
355,68	199,45	307,24	231,00	179,51	129,39	185,29	188,21	189,96	0,50	0,65	0,60	0,81	0,82
307,24	153,33	135,91	231,00	265,20	133,85	36,47	179,58	99,37	0,86	0,87	0,27	0,78	0,43

Fuente: Autores, 2016.

Figura 65. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 203-204



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 205-206

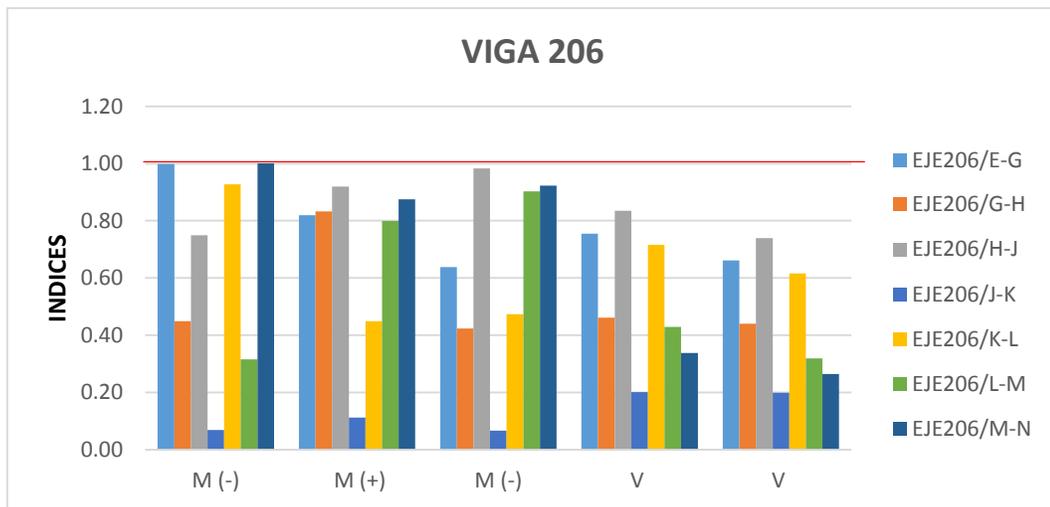
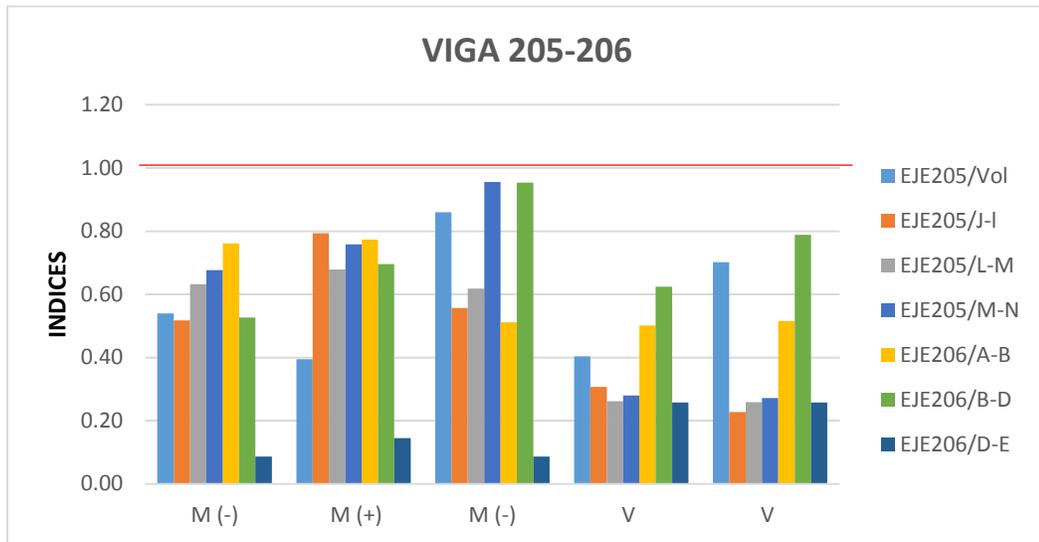
Tabla 19. Índices de sobrefuerzos vigas 205-206

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION			CORTANTE		
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ram
	[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]		
205	EJE205/Vol	40	40	37,5	28	420	260	9,95	5,97	15,92	8	0,71	2
	EJE205/J-I	40	40	37,5	28	420	260	15,92	3,98	7,96	8	0,71	2
	EJE205/L-M	40	40	37,5	28	420	260	7,96	3,98	7,96	8	0,71	2
	EJE205/M-N	40	40	37,5	28	420	260	7,96	3,98	5,97	8	0,71	2
206	EJE206/A-B	40	40	37,5	28	420	260	11,61	7,96	17,94	8	0,71	2
	EJE206/B-D	40	40	37,5	28	420	260	17,94	9,95	15,48	8	0,71	2
	EJE206/D-E	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	15,48	8	0,71	2
	EJE206/E-G	40	40	37,5	28	420	260	15,48	7,96	15,48	8	0,71	2
	EJE206/G-H	40	40	37,5	28	420	260	15,48	5,97	15,48	8	0,71	2
	EJE206/H-J	40	40	37,5	28	420	260	15,48	9,95	15,48	8	0,71	2
	EJE206/J-K	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	15,48	8	0,71	2
	EJE206/K-L	40	40	37,5	28	420	260	15,48	14,18	15,48	8	0,71	2
	EJE206/L-M	40	40	37,5	28	420	260	15,48	3,98	5,68	8	0,71	2
	EJE206/M-N	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
132,79	81,65	204,53	231,00	71,69	32,24	175,96	93,30	162,15	0,54	0,39	0,86	0,40	0,70
204,53	55,10	107,55	231,00	105,83	43,73	59,93	70,84	52,46	0,52	0,79	0,56	0,31	0,23
107,55	55,10	107,55	231,00	68,05	37,39	66,53	60,35	59,71	0,63	0,68	0,62	0,26	0,26
107,55	55,10	81,65	231,00	72,81	41,79	78,00	64,62	62,89	0,68	0,76	0,96	0,28	0,27
153,33	107,55	227,46	231,00	116,75	83,23	116,37	115,74	119,01	0,76	0,77	0,51	0,50	0,52
227,46	132,79	199,45	231,00	119,72	92,41	190,24	144,23	182,21	0,53	0,70	0,95	0,62	0,79
199,45	55,10	199,45	231,00	17,31	8,00	17,24	59,62	59,55	0,09	0,15	0,09	0,26	0,26
199,45	107,55	199,45	231,00	199,10	88,09	127,17	174,37	152,78	1,00	0,82	0,64	0,75	0,66
199,45	81,65	199,45	231,00	89,65	68,00	84,41	106,41	101,78	0,45	0,83	0,42	0,46	0,44
199,45	132,79	199,45	231,00	149,40	122,02	196,07	192,93	170,75	0,75	0,92	0,98	0,84	0,74
199,45	55,10	199,45	231,00	13,62	6,18	13,17	46,39	45,87	0,07	0,11	0,07	0,20	0,20
199,45	184,24	199,45	231,00	184,95	82,64	94,50	165,40	142,27	0,93	0,45	0,47	0,72	0,62
199,45	55,10	77,82	231,00	63,02	44,05	70,27	98,99	73,74	0,32	0,80	0,90	0,43	0,32
77,82	55,10	77,82	231,00	77,90	48,21	71,83	78,03	61,14	1,00	0,88	0,92	0,34	0,26

Fuente: Autores, 2016.

Figura 66. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 205-206



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 207-1/207-2/207'1/207'-2/208-1/208-2

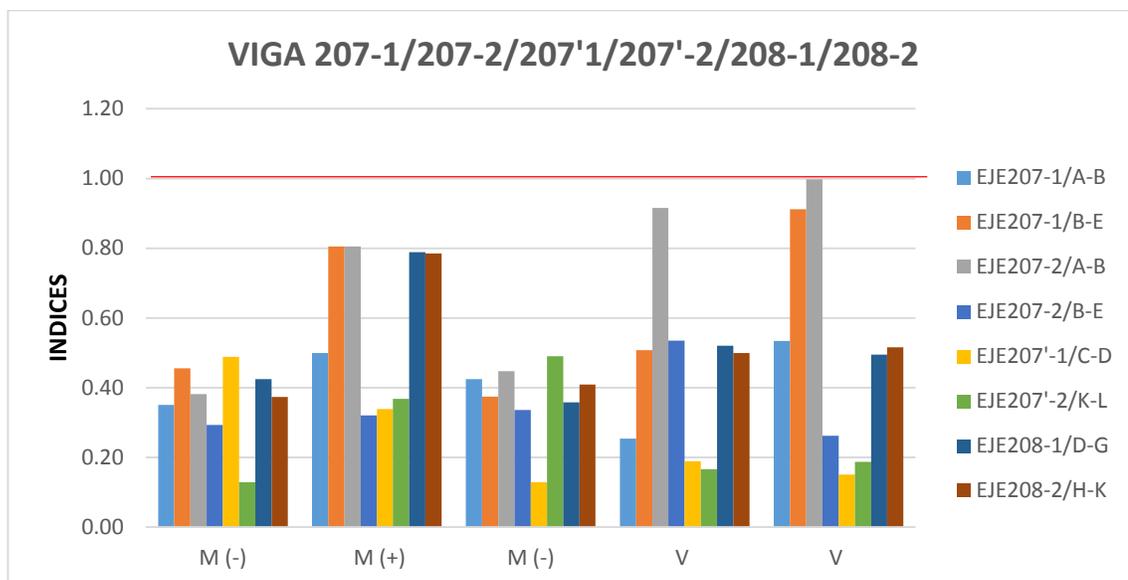
Tabla 20. Índices de sobreesfuerzos vigas 207-1/207-2/207'1/207'-2/208-1/208-2

VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
		BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION		CORTANTE			
		b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ram
		[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
207-1	EJE207-1/A-B	40	40	37,5	28	420	260	7,74	5,68	30,6	8	0,71	2
	EJE207-1/B-E	40	40	37,5	28	420	260	30,6	19,35	25,5	8	0,71	2
207-2	EJE207-2/A-B	40	40	37,5	28	420	260	25,5	19,35	30,6	8	0,71	2
	EJE207-2/B-E	40	40	37,5	28	420	260	30,6	8,52	7,74	8	0,71	2
207'-1	EJE207'-1/C-D	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2
207'-2	EJE207'-2/K-L	40	40	37,5	28	420	260	5,68	3,98	5,68	8	0,71	2
208-1	EJE208-1/D-G	40	40	37,5	28	420	260	14,2	11,36	14,2	8	0,71	2
208-2	EJE208-2/H-K	40	40	37,5	28	420	260	14,2	11,36	14,2	8	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
104,72	77,82	355,68	231,00	36,68	38,89	151,10	58,68	123,48	0,35	0,50	0,42	0,25	0,53
355,68	243,07	307,24	231,00	162,14	195,66	114,92	117,17	210,57	0,46	0,80	0,37	0,51	0,91
307,24	243,07	355,68	231,00	117,20	195,81	159,27	211,53	230,51	0,38	0,81	0,45	0,92	1,00
355,68	114,72	104,72	231,00	104,31	36,78	35,23	123,56	60,51	0,29	0,32	0,34	0,53	0,26
77,82	55,10	77,82	231,00	38,01	18,64	10,00	43,71	34,84	0,49	0,34	0,13	0,19	0,15
77,82	55,10	77,82	231,00	10,00	20,25	38,13	38,50	43,32	0,13	0,37	0,49	0,17	0,19
184,47	150,27	184,47	231,00	78,25	118,55	66,03	120,12	114,37	0,42	0,79	0,36	0,52	0,50
184,47	150,27	184,47	231,00	68,82	118,03	75,53	115,38	119,11	0,37	0,79	0,41	0,50	0,52

Fuente: Autores, 2016.

Figura 67. Grafica índices de sobrefuerzo vigas 207-1/207-2/207'1/207'-2/208-1/208-2



Fuente: Autores, 2016.

- VIGAS 20F-20I (Voladizos)

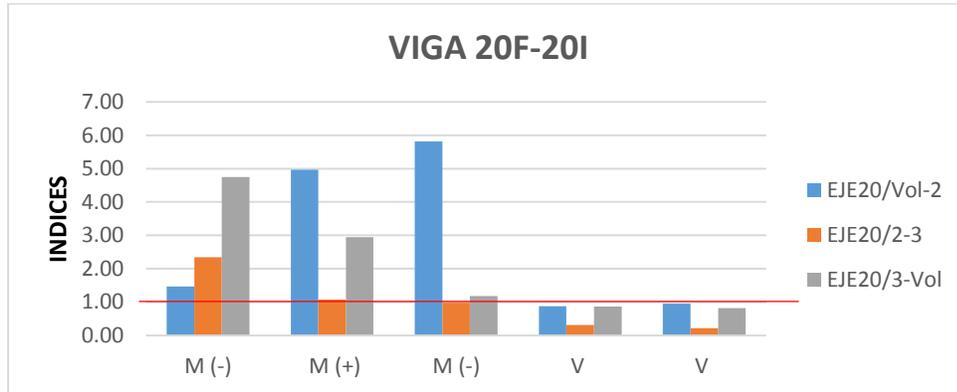
Tabla 21. Índices de sobrefuerzos vigas 20F-20I (Voladizos)

NIVEL	VIGA	TRAMO	GEOMETRÍA			MATERIALES			ACERO REFUERZO					
			BASE	ALTURA		CONCR	ACERO		FLEXION		CORTANTE			
			b	h	d	f'c	fy Flexion	fy Cortante	As (-)	As (+)	As (-)	S	At	Nº Ram
			[cm]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm2]	
N+4,90	20F-20I	EJE20/Vol-2	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	5,97	17	0,71	2
		EJE20/2-3	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	17	0,71	2
		EJE20/3-Vol	40	40	37,5	28	420	260	3,98	3,98	3,98	17	0,71	2

RESISTENTE				ACTUANTE					INDICES DE SOBRESFUERZO (ACTUANTE/RESISTENTE)				
MOMENTO			CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE	MOMENTO			CORTANTE	CORTANTE
M (-)	M (+)	M (-)	V	M (-)	M(+)	M (-)	V	V	M (-)	M (+)	M (-)	V	V
[KN*m]	[KN*m]		[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]	[KN*m]	[KN*m]	[KN*m]	[KN]	[KN]
55,10	55,10	81,65	162,28	80,95	273,97	475,10	142,63	154,85	1,47	4,97	5,82	0,88	0,95
55,10	55,10	55,10	162,28	129,05	59,13	54,06	50,76	35,33	2,34	1,07	0,98	0,31	0,22
55,10	55,10	55,10	162,28	261,80	162,32	65,01	140,00	132,38	4,75	2,95	1,18	0,86	0,82

Fuente: Autores, 2016.

Figura 68. Grafica índices de sobreesfuerzo vigas 20F-20I (Voladizos)



Fuente: Autores, 2016.

7.9.5 DEFLEXIÓN PRESENTADA EN VOLADIZOS N+4.90

- Carga Viva 5.0 KN/m²
- Carga Muerta 6.43 KN/m²

Las vigas de análisis para deflexión corresponden a la VIGA 20F y VIGA 20I, que presentan dos voladizos en sus extremos, con luces 3.60 metros y 2.60 metros según se puede identificar en la figura 71.

Tabla 22. Alturas mínimas requeridas para el control de deflexiones

TABLA C.9.5(a) — Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones				
	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Tabla C.9.5(a) Para control de deflexiones

TABLA CR.9.5 — Alturas o espesores mínimos recomendados para vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección que soporten muros divisorios y particiones frágiles susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes, a menos que se calculen las deflexiones				
	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{19}$	$\frac{\ell}{7}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{11}$	$\frac{\ell}{12}$	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{5}$

La Notas son las mismas de la Tabla C.9.5(a) del Reglamento.:

Tabla CR.9.5 Para control de deflexiones

Fuente: Norma Colombiana sismo-resistente NSR-10

Teniendo en cuenta que las luces de los voladizos son de 3.60 metros y 2.60 metros respectivamente, se calcula la altura mínima requerida para los voladizos:

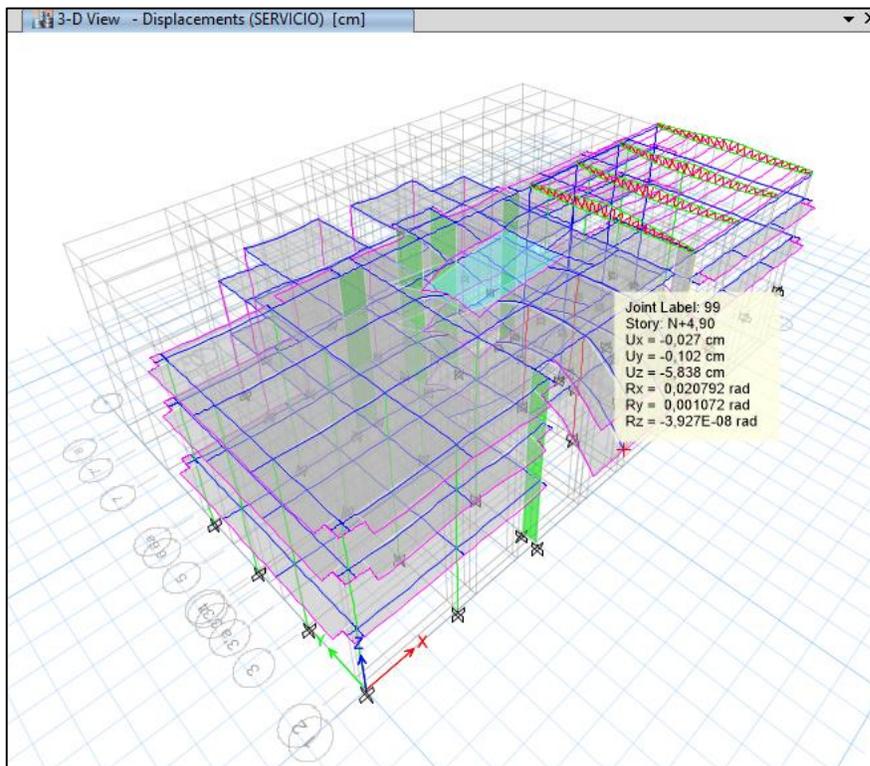
Figura 70. Calculo de altura mínima para voladizos

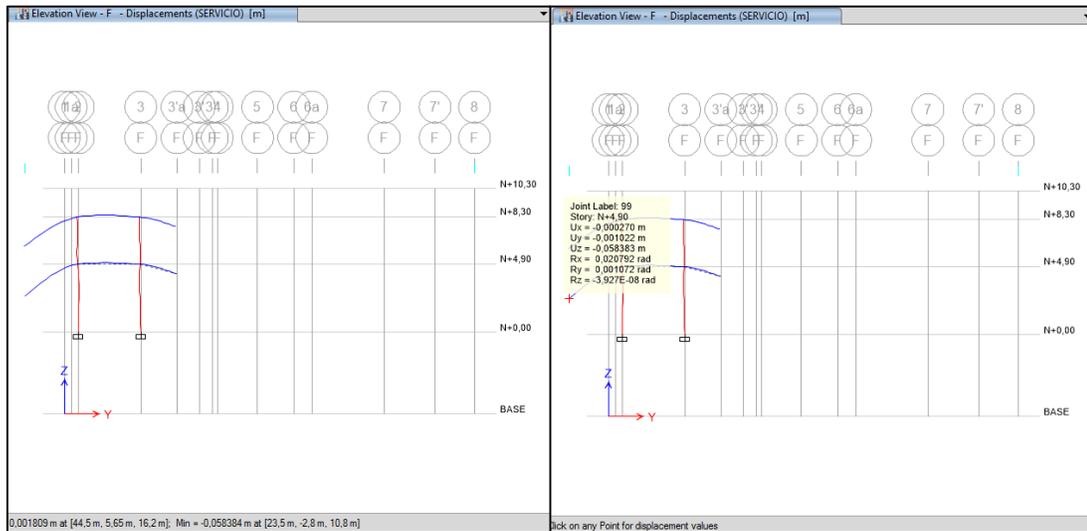
DEIMENSIONAMIENTO DE VIGAS NSR-10					
			ESPESOR SEGÚN C.9.5(a)	ESPESOR SEGÚN C.9.5(b)	ESPESOR CALCULADO
	LONGITUD				
VOLADIZOS	2,60	m	0,33	0,52	0,42
VOLADIZOS	3,60	m	0,45	0,72	0,59

Fuente: Autores, 2016.

Como se aprecia en la figura 72, el voladizo de 3.60 metros no cumple con la altura mínima exigida por la norma NSR-10, por tal razón se ha presentado una deflexión por cargas de servicio en la estructura de 5.838 centímetros, superando el máximo permito de L/300.

Figura 71. Deflexión presentada en voladizo nivel N+4.90



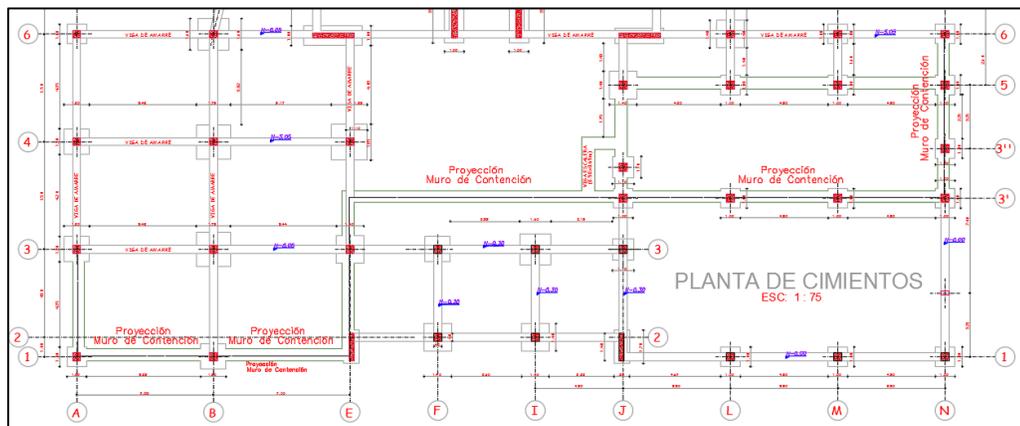


Fuente: Planos estructurales existentes

8. DERIVAS PRESENTADAS EN LA ESTRUCTURA

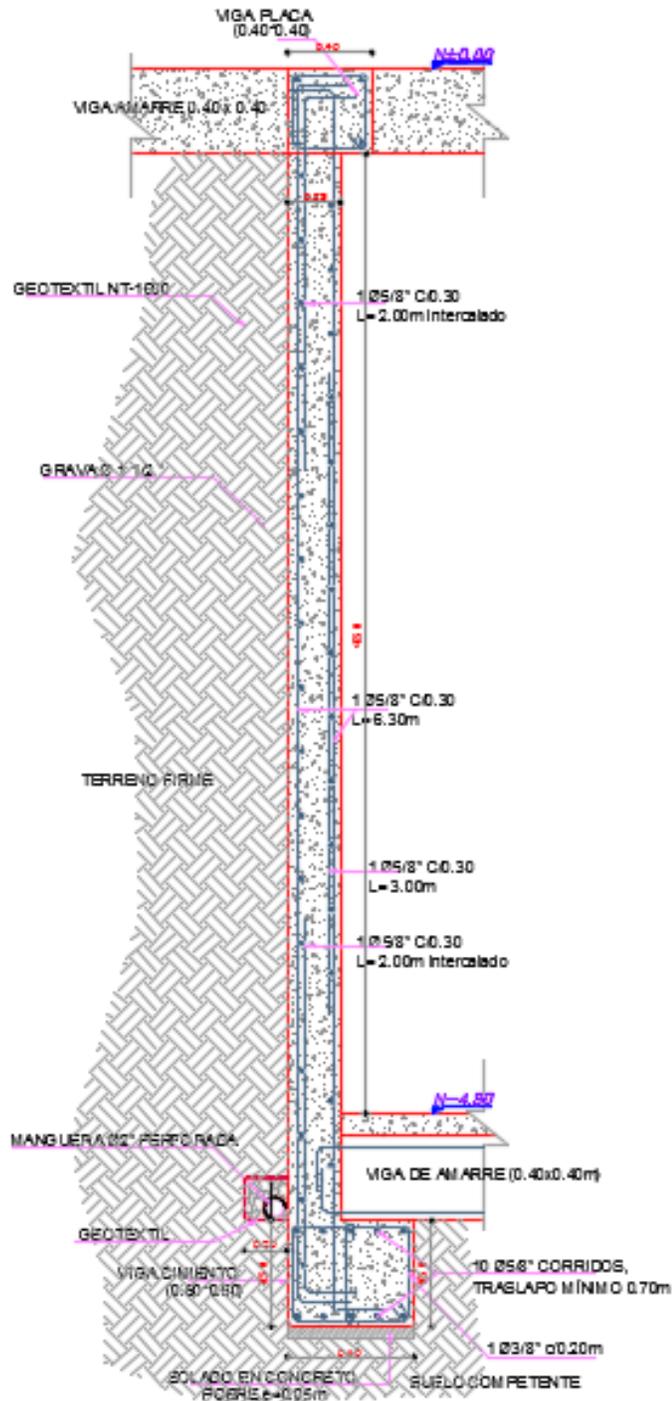
La estructura excede las derivas máximas permitidas por la NSR10 en cada una de las direcciones ortogonales. Según la tabla 23 de derivas, se observa que en la dirección X la estructura presenta menor rigidez que en la dirección Y. Se debe tener en cuenta que el modelamiento de la estructura, no contempló el muro de contención en concreto reforzado que va desde la base N-4.90 hasta el nivel N+0.00. En la figura 72 se aprecia la ubicación del muro de contención.

Figura 72. Proyección muro de contención



Fuente: Planos estructurales existentes

Figura 73. Despiece muro de contención



**MURO DE CONTENCION
(e=0.25)**

Fuente: Planos estructurales existentes

Tabla 23. Derivas presentadas en la estructura

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Label	Item	Drift	X	Y	Z
					m	m	m
N+10,30	Z1	43	Max Drift X	2,729%	28	5,5	16,2
N+10,30	Z1	29	Max Drift Y	0,608%	33,5	13,9	16,2
N+10,30	Z2	31	Max Drift X	3,090%	28	9,7	16,2
N+10,30	Z2	42	Max Drift Y	0,628%	33,5	0	16,2
N+10,30	Z3	31	Max Drift X	3,090%	28	9,7	16,2
N+10,30	Z3	42	Max Drift Y	0,628%	33,5	0	16,2
N+10,30	Z4	43	Max Drift X	2,729%	28	5,5	16,2
N+10,30	Z4	29	Max Drift Y	0,608%	33,5	13,9	16,2
N+10,30	Z5	43	Max Drift X	1,830%	28	5,5	16,2
N+10,30	Z5	42	Max Drift Y	1,633%	33,5	0	16,2
N+10,30	Z6	31	Max Drift X	2,344%	28	9,7	16,2
N+10,30	Z6	42	Max Drift Y	1,710%	33,5	0	16,2
N+10,30	Z7	31	Max Drift X	2,344%	28	9,7	16,2
N+10,30	Z7	42	Max Drift Y	1,710%	33,5	0	16,2
N+10,30	Z8	43	Max Drift X	1,830%	28	5,5	16,2
N+10,30	Z8	42	Max Drift Y	1,633%	33,5	0	16,2
N+8,30	Z1	95	Max Drift X	1,449%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z1	95	Max Drift Y	0,521%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z2	95	Max Drift X	1,403%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z2	122	Max Drift Y	0,441%	-1,2	0,4	14,2
N+8,30	Z3	95	Max Drift X	1,403%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z3	122	Max Drift Y	0,441%	-1,2	0,4	14,2
N+8,30	Z4	95	Max Drift X	1,449%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z4	95	Max Drift Y	0,521%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z5	95	Max Drift X	0,505%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z5	95	Max Drift Y	1,141%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z6	54	Max Drift X	0,422%	22,7	19,3	14,2
N+8,30	Z6	95	Max Drift Y	1,023%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z7	54	Max Drift X	0,422%	22,7	19,3	14,2
N+8,30	Z7	95	Max Drift Y	1,023%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z8	95	Max Drift X	0,505%	44,5	-0,6	14,2
N+8,30	Z8	95	Max Drift Y	1,141%	44,5	-0,6	14,2
N+4,90	Z1	49	Max Drift X	1,431%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z1	81	Max Drift Y	0,805%	44,5	17,1	10,8
N+4,90	Z2	49	Max Drift X	1,377%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z2	122	Max Drift Y	0,707%	-1,2	0,4	10,8
N+4,90	Z3	49	Max Drift X	1,377%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z3	122	Max Drift Y	0,707%	-1,2	0,4	10,8
N+4,90	Z4	49	Max Drift X	1,431%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z4	81	Max Drift Y	0,805%	44,5	17,1	10,8
N+4,90	Z5	49	Max Drift X	0,513%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z5	81	Max Drift Y	0,946%	44,5	17,1	10,8
N+4,90	Z6	49	Max Drift X	0,330%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z6	122	Max Drift Y	0,654%	-1,2	0,4	10,8
N+4,90	Z7	49	Max Drift X	0,330%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z7	122	Max Drift Y	0,654%	-1,2	0,4	10,8
N+4,90	Z8	49	Max Drift X	0,513%	28	-0,2	10,8
N+4,90	Z8	81	Max Drift Y	0,946%	44,5	17,1	10,8

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Label	Item	Drift	X	Y	Z
					m	m	m
N+0,00	Z1	49	Max Drift X	0,695%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z1	81	Max Drift Y	1,267%	44,5	19,3	5,9
N+0,00	Z2	49	Max Drift X	0,597%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z2	122	Max Drift Y	1,267%	-1,2	19,3	5,9
N+0,00	Z3	49	Max Drift X	0,597%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z3	122	Max Drift Y	1,321%	-1,2	19,3	5,9
N+0,00	Z4	49	Max Drift X	0,695%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z4	81	Max Drift Y	0,403%	44,5	19,3	5,9
N+0,00	Z5	49	Max Drift X	0,836%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z5	81	Max Drift Y	0,220%	44,5	19,3	5,9
N+0,00	Z6	49	Max Drift X	0,544%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z6	122	Max Drift Y	0,220%	-1,2	19,3	5,9
N+0,00	Z7	49	Max Drift X	0,544%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z7	122	Max Drift Y	0,403%	-1,2	19,3	5,9
N+0,00	Z8	49	Max Drift X	0,836%	28	19,3	5,9
N+0,00	Z8	81	Max Drift Y	0,585%	44,5	19,3	5,9

Fuente: Autores, 2016.

Las derivas superan el valor de 1% que permite la norma colombiana sismo-resistente.

9. CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES

El modelamiento de la estructura se realizó con base a los planos estructurales y arquitectónicos proporcionados por planta física de la Universidad Industrial de Santander.

Se verifico la ubicación y sección de los elementos estructurales principales de la estructura.

Se recomienda realizar ensayos no destructivos que permitan verificar las características y distribución de los materiales utilizados en la construcción del edificio Álvaro Beltrán Pinzón

Los parámetros geotécnicos se determinaron con la información existente en los planos estructurales y de acuerdo a la experiencia del ingeniero Wilfredo del Toro, quien avalo los datos utilizados.

La estructura fue diseñada con la norma sismo-resistente NSR-98. El presente estudio se rige bajo la actual norma sismo-resistente NSR-10.

El diseño contemplo las cargas descritas en el titulo B de la norma colombiana sismo-resistente NSR-10.

En caso que se realice el reforzamiento de la estructura, se recomienda verificar la información y datos plasmados en este documento.

10. CONCLUSIONES

- El análisis realizado muestra que la estructura presenta fallas locales en varios de sus elementos estructurales, estos resultados se pueden atribuir a la normativa utilizada en el diseño estructural de la edificación, cuyas consideraciones de diseño difieren considerablemente con la norma vigente.
- La estructura presenta un buen comportamiento ante cargas gravitacionales, a excepción de los voladizos que presentan falencias considerables debido a la alta carga viva a la que se encuentran sometidos.
- Se presentan grandes deflexiones en los voladizos, es importante realizar un reforzamiento estructural a las vigas en las que se está presentado estas deflexiones. Se debe tener en cuenta el dimensionamiento de los elementos estructurales según las luces entre apoyos.
- La estructura no cumple con la deriva máxima permitida establecida por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se debe mejorar el comportamiento de la edificación.
- Los elementos que se deben reforzar según el análisis estructural realizado son los siguientes:

VIGAS: 101, 103, 103', AUXILIAR 1, 201-2, 202, 203, 20F, 20I

COLUMNAS: J3, J3', J5, L6, F2, F3, I2, I3, E3.

- Si se pretende realizar un reforzamiento estructural, es importante verificar las características de los materiales que fueron considerados en el presente análisis.

BIBLIOGRAFIA

ALFARO, Rogelio, JEREZ, Sergio Alfredo. Estudio de Vulnerabilidad y Reforzamiento estructural edificio sede Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado Especialista en Estructuras. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2015. 87 p.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Bogota D.C, 2010.

CALDERÓN, Ernesto, LUNA, Luz consuelo. Estudio de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de un edificio aporticado ubicado en zona de amenaza sísmica alta. Trabajo de grado Especialista en Estructuras. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil, 2012.

ETABS® de CSI®. Computers and Structure.CSI. Manual de Aplicación del Programa Etabs 2015. Análisis Tridimensional Extendido para Edificaciones. INESA C.A. Venezuela.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. NTC 3692: Ingeniería civil y Arquitectura, método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido. Bogota D.C, 2002.

ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. 2 ed. Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2012.

UIS, 2015 "Infraestructura física de la Universidad Industrial de Santander". Página Oficial [Online]. Disponible en internet: < <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/acercaUis/infraestructuraFisica.html>>.

ANEXOS

Anexo A. PLANOS ARQUITECTÓNICOS EDIFICIO ALVARO BELTRAN PINZÓN

Anexo B. PLANOS ESTRUCTURALES EDIFICIO ALVARO BELTRAN PINZÓN

Anexo C. MODELO MATEMATICO EQUIVALENTE DE LA ESTRUCTURA

Anexo D. HOJAS DE CALCULO INDICES DE FLEXIBILIDAD VIGAS.