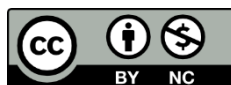


**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA
DISEÑO ESTRUCTURAL DE BIBLIOTECA EN LA COMUNA 8, BARRIO LA
MADRID DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO**



Por:

**Ana Alejandra Beltrán López
Angie Lorena Quevedo Torres**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA
DISEÑO ESTRUCTURAL DE BIBLIOTECA EN LA COMUNA 8, BARRIO LA
MADRID DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO**



Por:
Ana Alejandra Beltrán López
Angie Lorena Quevedo Torres

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Oscar Felipe Sáenz Pardo, Esp.
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón
Decano Facultad de Ingeniería Civil

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con cariño a mis padres, por su apoyo y acompañamiento incondicional, su amor, paciencia, esfuerzos y consejos brindados que me han acompañado en diferentes experiencias hasta este momento de mi vida.

Angie Quevedo Torres.

Dedico este trabajo de grado a todas las personas que me apoyaron incondicionalmente en este proceso. A mis padres y a mi abuelita por acompañarme y motivarme siempre, especialmente en los momentos más difíciles.

Ana Alejandra Beltrán López.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por la vida que nos da para permitirnos llevar a cabo este proyecto.

Agradecemos a nuestros padres y familiares que nos alentaron durante todo el transcurso de nuestra carrera, que se esforzaron para permitirnos tener una buena educación y darnos bases para ser mejores como personas y profesionales.

Reconocemos la colaboración del Ingeniero Oscar Felipe Sáenz Pardo por su acompañamiento y dirección en este trabajo, al señor Javier Osso Fajardo por depositar su confianza en nosotras para la elaboración del proyecto, y todos los docentes e ingenieros que nos ofrecieron sus conocimientos y experiencias durante nuestros estudios.

Expresamos nuestro agradecimiento a aquellas amistades cercanas que siempre estuvieron ofreciéndonos su ayuda y apoyo en todas las complicaciones tanto personales como académicas que se presentaban, trayendo alegría y una mano amiga para superar y disfrutar distintos momentos de nuestra vida universitaria.

RESUMEN

Este proyecto surge a partir de la gestión de la Universidad Santo Tomás (U.S.T.A.) por aportar a través de un proyecto social, a la comunidad del barrio la Madrid, un espacio donde puedan llevar a cabo actividades sociales y académicas de manera segura y confortable. Sumado a esto, se tiene en cuenta la necesidad de la población del barrio por no contar con un establecimiento cercano al cual puedan recurrir para ejecutar conferencias o reuniones sociales e incluso para adquirir recursos académicos y la problemática de ocupaciones ilegales del terreno que generan inseguridad.

Para la elaboración del diseño de este proyecto se tuvo principalmente lo constituido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente vigente (NSR-10), una vez reconocida la zona de ejecución del proyecto y el levantamiento topográfico del terreno propuesto, se configura el diseño arquitectónico de acuerdo a lo propuesto por el arquitecto y líder de la comunidad de la Madrid Etapa 4, Javier Osso y el plan de ordenamiento territorial (POT) de la ciudad de Villavicencio, en el cual se tiene en cuenta las dimensiones del terreno y requerimientos de la comunidad. Posterior a esto se lleva a cabo el diseño estructural de los elementos que contiene la biblioteca (vigas y columnas) utilizando el método de fuerza horizontal equivalente y resistencia última. Además, la propuesta y diseño de las zapatas.

A través de este trabajo de grado, se realiza la entrega de detalles estructurales y planos arquitectónicos de la propuesta del diseño estructural de la biblioteca, cumpliendo con los requisitos exigidos el reglamento colombiano NSR-10. Se implementaron programas especializados como ETABS y Revit para el diseño y revisión del diseño estructural del proyecto y la modelación del diseño arquitectónico en 3D.

Palabras Clave: *Proyecto social, Biblioteca, Diseño Estructural, Elementos Estructurales.*

ABSTRACT

This project arises from the management of the Santo Tomás University (USTA) for contributing through a social project to the community of the Madrid neighborhood, proposing a space where they can carry out social and academic activities safely and comfortably. In addition to this, the need of the neighborhood population is taken into account for not having a nearby establishment to which they can resort to run conferences or social gatherings and even to acquire academic resources and the problem of illegal occupations of the land that generate insecurity.

For the elaboration of the design of this project, what was established in the Colombian Regulations for Construction of the Resistant Earthquake in force (NSR-10) was taken into account, once the project execution area and the topographic survey of the proposed land were recognized, the architectural design was configured according to what was proposed by the architect and leader of the Madrid Etapa 4 community, Javier Osso, which takes into account the dimensions of the land and the community's requirements, after which the structural design of the elements that will make up the library (beams and columns) using the horizontal forces method, the proposal and design of footings, hydrosanitary networks and electrical networks.

Through this undergraduate work, the delivery of the structural plans, architectural plans and work budget of the proposal for the structural design of the library is carried out, complying with the parameters or requirements demanded by the Colombian regulation NSR-10. Specialized software such as ETABS and Revit were implemented for the design and revision of the structural design of the project and the modeling of the 3D design.

Key Word: *Social project, Library, Structural Design, Structural Elements.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	14
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3.	JUSTIFICACIÓN.....	16
4.	OBJETIVOS.....	17
4.1.	OBJETIVO GENERAL	17
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
5.	ALCANCE.....	18
6.	MARCO DE REFERENCIA	19
6.1.	MARCO TEÓRICO	19
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	23
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	25
6.4.	MARCO NORMATIVO	26
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	27
7.	METODOLOGÍA	29
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	29
7.1.1	Etapa de planteamiento	29
7.1.2	Etapa de estudio	30
7.1.3	Etapa de diseño	30
8.	ETAPA DE ESTUDIO	34
8.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	36
8.2.	MODELO ARQUITECTÓNICO	37
8.2.1	Modelos arquitectónicos propuestos	40
8.3.	PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES...	42
8.3.1	Predimensionamiento de la losa	42
8.3.2	Predimensionamiento elemento viga	43
8.3.3	Predimensionamiento elemento columna	44
9.	ETAPA DE DISEÑO	45
9.1.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE AMENAZA SÍSMICA.....	45
9.1.1	Nivel de amenaza sísmica de la zona del proyecto.....	45
9.1.2	Movimiento sísmico (espectro de diseño)	45
9.2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	47
9.2.1	CARGAS	47
9.2.2	Coeficiente de capacidad disipación de energía, R (Irregularidades)	52
9.2.3	Fuerzas horizontales equivalentes	53
9.2.4	Derivas	54
9.3.	DISEÑO DE VIGAS	56
9.3.1	Diseño de vigas.....	57
9.4.	DISEÑO DE COLUMNAS	60
9.4.1	Diseño de columna circular	60
9.4.2	Diseño columna cuadrada.....	66
9.5.	DISEÑO DE CIMENTACIÓN	72

9.5.1	Dimensionamiento de la sección de la zapata	73
9.5.1.1	Verificación por punzonamiento o cortante bidireccional (NSR-10,	74
9.5.2	Verificación por cortante en una dirección	77
9.5.3	Diseño por flexión.....	80
9.5.4	Resultados de las zapatas de cimentación para la biblioteca:	84
9.6.	DISEÑO VIGAS DE CIMENTACIÓN	86
9.6.1	Fuerza de diseño de la viga de amarre de la cimentación	87
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	89
11.	RESULTADOS E IMPACTOS	92
11.1.	RESULTADOS	92
11.2.	IMPACTOS	92
12.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	93
12.1.	CONCLUSIONES	93
12.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	93
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	97
	ANEXO A	97
	ANEXO B	99
	ANEXO C	104
	ANEXO D	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1. Clasificación según escala poblacional de los equipamientos urbanos	19
Tabla 6-2. Clasificación de equipamientos	19
Tabla 6-3 Equipamientos básicos	20
Tabla 6-4. Marco normativo.....	26
Tabla 7-1. Consideraciones de diseño	30
Tabla 7-2. Aspectos para determinar el nivel de amenaza sísmica.	31
Tabla 7-3. Características geotécnicas para el espectro de diseño	31
Tabla 8-1. Predimensionamiento de la losa.	43
Tabla 8-2. Dimensiones de la losa	43
Tabla 9-1. Caracterización de la estructura.....	45
Tabla 9-2. Recopilación de datos para el nivel de amenaza sísmica de la zona del proyecto.....	45
Tabla 9-3. Espectro de diseño del proyecto	46
Tabla 9-4. Verificación del periodo de diseño fundamental	46
Tabla 9-5. Cargas vivas de la estructura.	47
Tabla 9-6. Carga de la cubierta en la sección 1	48
Tabla 9-7. Carga de la cubierta en la sección 2	48
Tabla 9-8. Carga de tanque de almacenamiento en la sección 1.....	48
Tabla 9-9. Carga del tanque de almacenamiento, sección 2.....	48
Tabla 9-10. Carga en la losa de la sección 1 de la estructura.....	49
Tabla 9-11. Carga en la losa de la sección 2 de la estructura.....	49
Tabla 9-12. Carga del muro en la sección 1.....	49
Tabla 9-13. Carga del muro en la sección 2.....	49
Tabla 9-14. Carga en las vigas de la sección 1 de la estructura.	50
Tabla 9-15. Carga en las columnas de la sección 1 de la estructura.	50
Tabla 9-16. Carga en las columnas circulares de la sección 1 de la estructura. ...	50
Tabla 9-17. Carga en las vigas de la sección 2 de la estructura.	50
Tabla 9-18. Carga en las columnas cuadradas de la sección 2 de la estructura... 51	
Tabla 9-19. Carga en las columnas circulares, sección 2.	51
Tabla 9-20. Coeficientes y combinaciones de carga empleados en el análisis de la estructura.	51
Tabla 9-21. Coeficientes de capacidad de disipación de la energía, sección 1....	52
Tabla 9-22. Coeficientes de capacidad de disipación de la energía, sección 2....	52
Tabla 9-23. Datos para calcular las fuerzas horizontales equivalentes, sección 1.53	
Tabla 9-24. Fuerzas horizontales equivalentes, sección 1.	53
Tabla 9-25. Datos para calcular las fuerzas horizontales equivalentes, sección 2.54	
Tabla 9-26. Fuerzas horizontales equivalentes, sección 2.	54
Tabla 9-27. Valores de diseño de vigas,	57
Tabla 9-28. Cuantía para diseño del refuerzo inferior en las vigas	57
Tabla 9-29. Refuerzo inferior en las vigas	57
Tabla 9-30. Cuantía para diseño del refuerzo superior en las vigas:	58
Tabla 9-31. Refuerzo superior en las vigas:.....	58
Tabla 9-32. Diseño a cortante de las vigas	58
Tabla 9-33. Diseño a torsión de las vigas.....	59

Tabla 9-34. Valores para el diseño de columna circular.....	60
Tabla 9-35. Reacciones para el diagrama de interacción de columna circular.....	62
Tabla 9-36. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión.....	62
Tabla 9-37. Separación de estribos en la longitud de confinamiento	64
Tabla 9-38. Separación de estribos en la longitud no confinada.....	64
Tabla 9-39. Longitud de confinamiento	64
Tabla 9-40. Verificación por esbeltez de la columna circular.....	66
Tabla 9-41. Valores para el diseño de columna cuadrada	66
Tabla 9-42. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión en el eje Y...	68
Tabla 9-43. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión en el eje X...	69
Tabla 9-44. Separación de estribos en la longitud de confinamiento	70
Tabla 9-45. Separación de estribos en la longitud no confinada.....	70
Tabla 9-46. Longitud de confinamiento	70
Tabla 9-47. Verificación por esbeltez de la columna cuadrada	72
Tabla 9-48. Datos generales de diseño de la zapata aislada.	72
Tabla 9-49. Cargas en la zapata	74
Tabla 9-50. Presentación de datos para dimensionamiento de la zapata	74
Tabla 9-51. Esfuerzos en las esquinas de la zapata	75
Tabla 9-52. Esfuerzos en el área crítica de la zapata	76
Tabla 9-53. Valor de ϕV_c para verificación por punzonamiento.....	77
Tabla 9-54. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido L.....	78
Tabla 9-55. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido B	79
Tabla 9-56. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido Longitudinal para diseño a flexión.....	80
Tabla 9-57. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido Transversal para diseño a flexión.....	81
Tabla 9-58-Dimensiones y acero de refuerzo de las zapatas.....	84
Tabla 9-59. Datos generales para diseño de viga de cimentación	86
Tabla 9-60. Dimensiones de la viga de cimentación	87
Tabla 9-61. Fuerza a compresión que soporta la viga de cimentación	88
Tabla 9-62. Fuerza a tracción que soporta la viga de cimentación	88
Tabla 10-1. Resultados	92
Tabla 10-2. Impactos.....	92

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6-1. Ubicación de la ciudad del proyecto.	28
Ilustración 6-2. Área del proyecto.....	28
Ilustración 7-1. Metodología del proyecto.....	29
Ilustración 8-1. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.	34
Ilustración 8-2. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.	35
Ilustración 8-3. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.	35
Ilustración 8-4. Plano de levantamiento topográfico con las curvas de nivel de la zona del proyecto.	36
Ilustración 8-5 plano arquitectónico de la biblioteca en vista vertical desde diferentes frentes.	37
Ilustración 8-6. Plano arquitectónico de la biblioteca.....	38
Ilustración 8-7. Modelo arquitectónico en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.....	38
Ilustración 8-8. Implantación del plano arquitectónico de la biblioteca en la zona establecida para el proyecto.....	39
Ilustración 8-9. Implantación del plano arquitectónico de la biblioteca en la zona establecida para el proyecto modelado en 3D con Revit.....	39
Ilustración 8-10. Modelo arquitectónico #1 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	40
Ilustración 8-11. Modelo arquitectónico #1 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	40
Ilustración 8-12. Modelo arquitectónico #2 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	41
Ilustración 8-13. . Modelo arquitectónico #3 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	41
Ilustración 8-14. . Modelo arquitectónico #4 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	41
Ilustración 8-15. . Modelo arquitectónico #4 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.	42
Ilustración 8-16. Altura mínima de las viguetas	42
Ilustración 8-17. Altura mínima de las vigas.	43
Ilustración 9-1. Modelo en ETABS de la sección 1 de la estructura.	55
Ilustración 9-2. Modelo en ETABS de la sección 1 de la estructura.	55
Ilustración 9-3. Modelo en ETABS de la sección 2 de la estructura.	56
Ilustración 9-4. Modelo en ETABS de la sección 2 de la estructura.	56
Ilustración 9-5. Detalle de viga aérea	58
Ilustración 9-6. Presentación de distribución refuerzo transversal en la viga.	60
Ilustración 9-7. Detalle de la columna circular.	61
Ilustración 9-8. Diagrama de interacción para columnas circulares	62
Ilustración 9-9. Diagrama de evaluación de solicitaciones.	63
Ilustración 9-10. Diagrama de interacción para columnas cuadradas en el eje Y.	67
Ilustración 9-11. Diagrama de interacción para columnas cuadradas en el eje X.	67
Ilustración 9-12. Diagrama de evaluación de solicitaciones en el eje Y	68
Ilustración 9-13. Diagrama de evaluación de solicitaciones en el eje X	69
Ilustración 9-14. Detalle de la columna cuadrada.....	71

Ilustración 9-14. Vista longitudinal Zapata ZT1	85
Ilustración 9-15. Vista longitudinal Zapata ZT2	85
Ilustración 9-16. Vista longitudinal Zapata ZT3	85
Ilustración 9-17. Vista longitudinal Zapata ZT4	86
Ilustración 9-18. Vista longitudinal Zapata ZT5	86

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que permite el crecimiento de la ciudad e implícitamente el desarrollo social es la asignación de edificaciones y equipamientos urbanos, por lo cual son indispensables los espacios donde se proveen servicios necesarios para la población y el funcionamiento de la ciudad. Por ello se plantea la generación de zonas de uso común y seguras (cumpliendo con el plan de ordenamiento territorial POT y El Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10) para las personas en su cotidianidad.

Establecimientos como las bibliotecas, hoy en día son estructuras que no se limitan al simple préstamo de libros, sino que a su vez disponen de recursos físicos y tecnológicos (virtuales) en un ambiente cómodo para que las personas puedan congregarse y responder a sus necesidades particulares o comunitarias.

Al implementar el diseño de una biblioteca en el barrio la Madrid de la ciudad de Villavicencio, se concibe el planteamiento de un espacio para esta comunidad donde las personas puedan generar eventos sociales como reuniones, conferencias o capacitaciones y encontrar recursos académicos para adquirir conocimiento.

Este trabajo de grado presenta una propuesta de diseño estructural de una biblioteca junto con detalles estructurales, planos arquitectónicos y presupuesto de obra, teniendo en cuenta que cumpla con los parámetros exigidos el reglamento colombiano NSR-10 y empleando programas especializados como ETABS y Revit para el diseño y revisión del diseño estructural del proyecto y la modelación del diseño arquitectónico en 3D respectivamente.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La comunidad de la Madrid presenta un gradual desarrollo urbano, por lo cual es esencial el poder acceder a zonas de equipamiento donde se implementen estructuras que cumplan con las normativas pertinentes para salvaguardar la seguridad de la población. Una biblioteca es un espacio público donde las personas podrán llevar a cabo reuniones, conferencias o eventos de carácter académico. Sin embargo, se presenta que la comunidad de la Madrid no cuenta con este tipo de estructura planteada y poseen además la problemática de inundación que se genera en el terreno por frecuentes precipitaciones y por el crecimiento del cauce que cruza cerca a este.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo solucionar la falta de espacios adecuados y seguros para eventos tanto sociales como académicos para los habitantes del sector de la Madrid de la Comuna 8?

3. JUSTIFICACIÓN

A partir de una convocatoria que realizó la Facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, se identificaron las necesidades de las comunidades de la ciudad a través de sus líderes. El barrio La Madrid solicitó colaboración con la elaboración de un diseño preliminar de una biblioteca dentro de un lote que les fue asignado por la Alcaldía de Villavicencio. El proyecto mínimo debe contar con las especificaciones técnicas de diseño para un proyecto de consultoría que se entrega a curaduría urbana.

Por lo tanto, se hace necesario realizar:

- Diseño arquitectónico que cumpla con los requisitos urbanísticos del POT.
- Diseño estructural que cumpla como mínimo lo establecido en el Reglamento NSR-10.

Para el desarrollo y progreso de la comunidad de la Madrid, uno de los factores fundamentales es la presencia de zonas de equipamiento, espacios para la sociedad a los que el componente urbano del plan de ordenamiento territorial de Villavicencio hace referencia en su capítulo V. Debido al aumento de la urbanización en este sector de la comuna ocho, es ideal implementar lugares que fomenten la integración y prestación de servicios a la comunidad.

Ante el interés de la Universidad Santo Tomás por apoyar la formación a nivel académico y social en las personas se denota el valor de realizar un proyecto que responda a gestionar el diseño de una estructura o establecimiento que sea viable de realizar a nivel normativo y económico para los residentes del sector de la Madrid e implementar conocimientos específicos de la ingeniería civil para el diseño estructural y las especificaciones constructivas pertinentes para los elementos que componen la estructura.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño estructural de una biblioteca pública con base en los parámetros de la NSR-10 ubicada en el barrio La Madrid de la comuna 8 en Villavicencio, Meta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el área de ubicación de la estructura de la biblioteca dentro del lote asignado, teniendo en cuenta el plan de ordenamiento territorial de Villavicencio.
- Realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico por medio del método de triangulación del terreno para definir los niveles arquitectónicos del proyecto
- Plantear el diseño estructural de la biblioteca cumpliendo los parámetros establecidos en el reglamento colombiano NSR-10.
- Definir una alternativa de cimentación para el establecimiento de la estructura de la biblioteca.
- Elaborar despiece con especificaciones técnicas de construcción de los elementos estructurales.

5. ALCANCE

El proyecto se ejecutará en dos etapas; la primera etapa recopilará la información necesaria para realizar el diseño estructural, dicha información consta del levantamiento topográfico, delimitación del área de construcción, estudio geotécnico, definición de la cimentación pertinente, normas urbanísticas vigentes y revisión de la norma sismo resistente aplicable a estructuras de uso comunitario.

La segunda etapa del proyecto consiste en la realización del diseño estructural, la modelación en 3D de la arquitectura del proyecto y las especificaciones técnicas de diseño de los elementos estructurales. Los productos de la segunda etapa serán compilados para entregar al líder comunitario del barrio la Madrid y serán adjuntados en el documento de proyecto de grado.

El trabajo de grado no constituye un diseño estructural completo. Pretende analizar y dimensionar todos los elementos estructurales, pero se presenta un diseño tipo de cada elemento en particular.

Adicional a la propuesta realizada, el líder de la junta de acción comunal durante el desarrollo del proyecto solicitó el valor de la construcción. Por tal razón se realizó un presupuesto de obra por el método de análisis de precios unitarios. En este presupuesto se tuvo en cuenta un prediseño realizado a redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias con datos normalmente utilizados en este tipo de obras.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

Los espacios dispuestos para el desarrollo integral de las personas son de gran importancia, estos permiten el crecimiento cultural, físico, intelectual y ambiental de los individuos. Por lo cual el diseño de una biblioteca comprende un rasgo importante para el bienestar de las personas y la satisfacción de sus necesidades de desarrollo personal y colectivo.

Este diseño tiene en cuenta diversos aspectos, como: la adecuación de un terreno asignado a partir del estudio del relieve que comprende este espacio, la configuración estructural adecuada, eficiente y segura con base en el reglamento colombiano NSR-10 y las normas de urbanización (P.O.T) del departamento, el análisis de los diversos elementos estructurales que complementan la edificación y la evaluación de los factores o fenómenos naturales que inciden en la estructura

Equipamientos: dentro del componente urbano del plan de ordenamiento territorial de Villavicencio (formulado en el 2015) los equipamientos se clasifican (Tabla 6-1) a partir de: la escala de habitantes a los que beneficia, y de la naturaleza del servicio para el cual van a funcionar y destinarse (Tabla 6-2).

Tabla 6-1. Clasificación según escala poblacional de los equipamientos urbanos

Rango	Escala (No. habitantes)
Vecinal	500
Local	5000
Zonal	50000
Urbana o regional	500000

Fuente: Componente urbano del P.O.T de Villavicencio, Capítulo V [1]

Tabla 6-2. Clasificación de equipamientos

Clasificación	Tipos	Clasificación	Tipos
Básicos	Educativo	Movilidad	Terminales de Transporte
	Salud		Puntos de intermodalidad
	Bienestar social		Funcionamiento vial
	Deportivo y Recreativo	Especiales	Cementerios y Servicios Funerarios
	Cultural		Centros de abastecimiento
	Culto		Residuos Sólidos
Soporte de Ciudad	Defensa, Justicia y Seguridad ciudadana.	Servicios públicos	Domiciliarios
	Recintos feriales		
	Administrativos		

Fuente: Componente urbano del P.O.T de Villavicencio, Capítulo V [1]

Dentro de los equipamientos básicos existen dos tipos de ellos que son importantes a considerar para la elaboración de este pro, estos se presentan con sus respectivas infraestructuras en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Equipamientos básicos

Tipo	Infraestructura	Categoría ¹	Cobertura ²	Observaciones
Bienestar social	Salones comunitarios	<u>Compatible</u> (en áreas residenciales)	<u>Local</u> (servicios básicos a poblaciones aledañas a la vivienda).	Tienen bajo impacto físico, ambiental y social. No generan usos complementarios.
	Polifuncionales			
	Guarderías infantiles			
	Sala cunas			
	Hogares comunitarios			
	Orfanatos	<u>Moderadamente compatible</u> (en áreas moderadas e intensivas)	<u>Comunal</u> (servicios básicos a la población de una determinada zona de la ciudad).	Generan un impacto medio en lo físico, ambiental y social. Tienen afluencia concentrada de usuarios, general tráfico y usos complementarios. Requieren de articularse con el espacio público y el sistema de movilidad.
	Centros de desarrollo Infantil			
	Hogares de paso			
	Hogares Geriátricos			
	Centros de atención a niños y jóvenes con medidas de protección legal asociados.			
	Centros de atención a adulto mayor en abandono.	<u>Moderadamente compatible</u> (en áreas moderadas e intensivas)	<u>Municipal</u> (servicios a la población del territorio municipal)	Tienen un alto impacto físico, ambiental y social, con alta afluencia y concentración de usuarios, altos volúmenes de tráfico, generan contaminación auditiva y usos complementarios, requieren articularse con el espacio público y el sistema de movilidad.
	Centros de atención para habitantes de calle.			
	Centros de atención a la mujer y la niñez.			
	Centros de atención a personas con discapacidad física y mental.			
	Centros de rehabilitación.			

¹ Categoría de localización de equipamientos de acuerdo a la valoración del componente urbano del P.O.T de Villavicencio en su título 5.1.2, cuadro 29.

² Cobertura que se tiene de los equipamientos según la necesidad poblacional de acuerdo a la valoración del componente urbano del P.O.T de Villavicencio en su título 5.1.2, cuadro 30.

Tipo	Infraestructura	Categoría ¹	Cobertura ²	Observaciones
Cultural	Centros culturales	<u>Moderadamente compatible</u> (en áreas moderadas e intensivas)	<u>Comunal/Municipal</u> (servicios básicos a la población de una determinada zona de la ciudad o/y del municipio)	Pueden llegar a tener un medio o alto impacto físico, ambiental y social, altos volúmenes de tráfico, generan contaminación auditiva y usos complementarios, requieren articularse con el espacio público y el sistema de movilidad.
	Salas de conciertos			
	Casa de Cultura			
	Salas de Cine			
	Centros interactivos			
	Bibliotecas y archivos	<u>Moderadamente compatible</u> (en áreas moderadas e intensivas)	<u>Municipal/Regional</u> (servicios a la población del territorio municipal e intermunicipal)	Tienen un alto impacto físico, ambiental y social, con alta concentración de usuarios, altos volúmenes de tráfico, generan contaminación auditiva y usos complementarios.
	Museos			
	Teatros			
	Auditorios			
	Centros de convenciones			
	Salas de exposición			
	Hemeroteca			
	Cinemateca			
	Planetarios			
	Observatorios			
	Conservatorios			

Fuente: Componente urbano del P.O.T de Villavicencio, Capítulo V [1]

Con relación al proyecto es importante denotar que dentro del componente urbano de Villavicencio se valoran 28 equipamientos representativos, de los cuales sólo se hace referencia a una biblioteca, la biblioteca Germán Arciniegas, ubicada aproximadamente a 8,5 Km del barrio La Madrid.

Método de resistencia última: conocido también como el método de la resistencia, permite analizar el comportamiento de la estructura en el momento de falla de sus elementos, con el fin de que se obtenga un diseño estructural con factores de seguridad pertinentes, logrando que se presente un momento de falla mayor al del trabajo que tiene la estructura para soportar las cargas. [2]

Dentro del método de resistencia ultima se contempla que en el momento de falla los elementos del concreto reforzado que se han diseñado a flexión el elemento fallará cuando el acero a tracción alcanza su límite elástico.

En el método de resistencia se ven vinculados los estados límites, estados en los cuales el elemento estructural llega al tope de su uso estipulado; estos estados límite son:

- a. *Estado límite de falla*: colapso parcial o total de la estructura, dado por pérdida de equilibrio, rotura de elementos principales o básicos de la estructura que deriven en el colapso, por la formación de mecanismo plásticos y por fatiga del material. [2]
- b. *Estado límite de servicio*: entendido cuando no se hace uso de la estructura debido a grietas, fisuras, o deflexiones excesivas.
- c. *Estado límite especial*: presente cuando las fallas o el colapso de la estructura se genera por escenarios especiales como la ocurrencia movimientos sísmicos, incendios, explosiones o deterioros no previstos al diseñar la estructura.

Al considerar los posibles estados de falla se determinan los factores de seguridad pertinentes para cada posible falla, por ello es posible identificar el método de la resistencia dentro de cada uno.

Método de la fuerza horizontal equivalente:

Este método comprende los siguientes procesos:

- a. Determinación del espectro de diseño de acuerdo con las características geotectónicas del lugar de emplazamiento de la estructura.
- b. Cálculo aproximado del período fundamental de vibración.
- c. Determinación del cortante de base con los resultados de los pasos anteriores.
- d. Distribución en altura del cortante de base.
- e. Aplicación de las fuerzas sísmicas y verificación de que los índices de deriva no sobrepasen el valor permitido.

Es indispensable dentro del análisis estructural establecer correctamente las cargas que se van a aplicar en la vida útil de la estructura para su apropiado dimensionamiento. [3]

El reglamento colombiano NSR-10 define que este método se puede emplear en edificaciones como:

- Las edificaciones, regulares e irregulares ubicados en zonas de amenaza baja.
- Las edificaciones tanto regulares como irregulares que se definen en el grupo de uso uno (I) y se ubican en zona de amenaza sísmica intermedia.
- Edificaciones regulares con un número de niveles igual o menor a 20 y con una altura no superior a los 60 metros medidos desde la base en cualquiera

de las zonas de amenaza sísmica, se excluye cuando los suelos de la ubicación de la edificación son de perfil tipo D, E o F.

- Edificaciones irregulares con 6 niveles o menos, y con altura menor a los 18 metros de altura medida desde la base.
- Estructuras flexibles que se apoyan en estructuras más rígidas.

Dentro de este método el análisis de la estructura parte del efecto que tienen las fuerzas sísmicas (que se evalúan a partir de un modelo matemático lineal) y debe generar como mínimo resultados sobre: los desplazamientos horizontales que tiene la estructura (teniendo en cuenta los efectos verticales), los efectos que se tienen en la cimentación generados por las fuerzas sísmicas, y las fuerzas internas de cada elemento de la estructura, es decir, las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes y tanto los momentos flectores como los momentos de torsión. [4]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Altimetría: resulta en la representación del relieve del terreno (representación vertical), dado que determina las elevaciones (cotas) entre los distintos puntos del terreno en base a un plano de referencia. [5]

- **Cota:** a diferencia de la “altura” no se mide a partir de la distancia vertical teniendo en cuenta el nivel medio del mar, se mide es teniendo como referencia un punto o plano determinado. [6]

Cimentación: es la base de la estructura la cual es la composición de elementos estructurales cuyo fin es transmitir las cargas provenientes de la estructura al subsuelo que tiene como apoyo.

Columna: elemento estructural sometido a cargas axiales de compresión, a flexión o a compresión y flexión, e incluyendo o no efectos de torsión o esfuerzos cortantes. [2].

Concreto reforzado: material estructural al cual se le ha dado refuerzo por medio de la adición de acero (barras de acero, mallas electro soldadas, fibras de acero y pernos con cabeza).

Concreto: material utilizado en las estructuras, compuesto por agregados finos, agregados gruesos, agua y un ligante, y puede o no contener aditivos. [2]

Dinámica fluvial: analiza las diversas variaciones que se tienen en un cauce activo desde su lecho mayor, se considera su movilidad, estabilidad y la manifestación de islas fluviales. Este permite zonificar la movilidad y estabilidad del cauce por medio de registros fotográficos, satélites y cartográficos del cuerpo hídrico en estudio en un tiempo determinado mayor a 30 años. [7]

Diseño arquitectónico: es la configuración de los espacios físicos en un proyecto, en la cual interviene el diseño estructural, el diseño de interior, la distribución de muebles y diferentes factores estéticos, constructivos y geométrico-espaciales.

Diseño estructural: definición de la geometría de la estructura y dimensión de los elementos que la componen, partiendo del evalúo de estos últimos ante la presencia de cargas y diversas condiciones de servicio. Se realiza de manera que la estructura planteada sea segura, eficiente, funcional, cómoda y económicamente viable.

Diseño sismo-resistente: es el planteamiento de una edificación que posee una estructura con dimensiones, resistencia, materiales y características adecuadas y eficientes para soportar la manifestación de fuerzas resultantes de fenómenos sísmicos.

Edificaciones y equipamientos urbanos: zonas destinadas como uso público o privado que prestan los servicios pertinentes para el funcionamiento y desarrollo de la ciudad, se generan a partir de la autorización de los entes gubernamentales. En el plan de ordenamiento territorial se denota el uso de suelos para fines colectivos o institucionales que van directamente relacionados al desarrollo social y el de la ciudad en sí misma. Dentro de estos se tienen edificaciones definidas para: la administración pública, la seguridad pública y protección, la salud, la educación, la cultura y religión, el deporte y ocio, la asistencia social, la circulación y transporte, el abastecimiento de agua y saneamiento y la iluminación. [8]

Estudio geotécnico: *“comprende el estudio y el conocimiento del origen geológico, la exploración del subsuelo (apiques, trincheras, perforación y sondeo, y otros), los ensayos y pruebas de campo y laboratorio necesarios para identificar y clasificar los diferentes suelos y rocas y cuantificar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería oportunos para el diseño y construcción de las obras en contacto con el sueño, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas”.* [4]

Levantamiento topográfico: es el resultante de diversas operaciones de ubicación y medición realizados a través de instrumentos establecidos para estas funciones, que determina un plano o representación gráfica del relieve, la localización de puntos o detalles naturales o artificiales de un área de interés.

Losa: placa de hormigón que tiene su apoyo sobre el terreno, cuya función consiste en repartir las cargas de la estructura sobre la superficie de apoyo. [9]

Modelación numérica: es la representación del comportamiento de diversos elementos en una estructura a través de un conjunto de comandos que provienen de formulaciones matemáticas, se pueden ejecutar en diversos programas o softwares. Esta permite de concebir una visualización más clara del comportamiento de la edificación y lo que será el resultado del diseño planteado en la vida real.

Módulo de balasto: el coeficiente de balasto, K , es la constante de proporción de la relación que existe entre las presiones y los asentamientos para cada tipo de terreno. [10]

Planimetría: permite determinar las dimensiones de un terreno a partir de la representación horizontal (vista en planta) que resulta los datos obtenidos al evaluar el área del terreno.

Topografía: permite determinar la ubicación de un punto sobre la superficie terrestre a través de distancia, una elevación, y una dirección, y se basa principalmente en la geometría, trigonometría y las matemáticas. [11]

Viga: elemento arquitectónico, resistente y rígido, generalmente horizontal, cuya función es transmitir hacia los apoyos las cargas transversales a las que está sometida. [9]

6.3. ESTADO DEL ARTE

- A partir del *Informe final de estudio de suelos para proyecto de urbanización en la Madrid en Villavicencio-Meta* realizado en mayo del 2010 por los laboratorios INGEAR INGENIERÍA E.U. ante el interés de Villa vivienda, se obtiene que en el terreno se pueden identificar dos tipos de suelos: arcillas inorgánicas de plasticidad media-color café y gravas arcillosas con algo de arenas color café claro con betas rojizas, y se hallan partículas de conglomerado de bolos de un tamaño considerablemente grande de origen aluvial a una profundidad promedio de 6,2 m.

El estudio también revela que es indispensable para construcciones en el sector, implementar un sistema para que el suelo pueda compensar la carga de las estructuras, por lo cual al cargar la superestructura de alguna edificación se debe asegurar que la presión de la carga sea uniforme sobre el área tomada para la cimentación. Debido a la fuerte presencia de agua en épocas de invierno, se recomienda que en pro a disminuir los efectos del agua se deben tener en cuenta obras de drenaje con el fin de evitar la saturación del suelo aledaño a fuentes hídricas y que deben aplicarse aditivos impermeabilizantes en los concretos que se empleen en la fundación. [12]

- El artículo *Las bibliotecas públicas como escenarios de participación ciudadana e inclusión social* publicado el 2013, evidencia la importancia de estructuras públicas como lo son las bibliotecas en los contextos de desarrollo social y participación en las comunidades, pues son un escenario valioso para la gestión de estos procesos. Además, a través de la investigación evidenciada en el artículo, es recomendable que estas

edificaciones cuenten con espacios que no sean solo para lectura y el conocimiento, sino para el libre esparcimiento, la socialización, y el desarrollo comunitario. [13]

- En la *Propuesta arquitectónica de un hogar infantil para el barrio comuneros de Bucaramanga*, generada por Julián Manuel Montt en el 2016, se observa la importancia en un diseño arquitectónico y la consolidación de un proyecto de ser determinado por las normas urbanísticas, las cuales son indispensables ante este tipo de proyectos, así mismo la magnitud de las visitas de campo para determinar y evidenciar las necesidades de la población del proyecto y así mismo generar un proyecto social pertinente y adecuado para la creación de espacios o estructuras seguras y legales las cuales carecen en ciertas zonas de las ciudades. [14]
- El proyecto realizado por Axel Bencomo y Daniel Moreno denominado *Centro cultural para la ciudad de Barrancabermeja* demuestra uno de los efectos en el desarrollo urbano y social en las ciudades al carecer de infraestructuras proyectadas para ofrecer servicios a las personas, tal como sucedía en la ciudad de Barrancabermeja ante la deficiencia de espacios para actividades culturales. La importancia de tener zonas de equipamiento suficientes para proveer de bienes en preferencia públicos a la sociedad se evidencia dentro del plan de ordenamiento territorial, las edificaciones y equipamientos urbanos son cimientos que permiten disminuir problemas de atrasos sociales y urbanos, y establecer estructuras legales y seguras que forjaran la educación, la cultura, mejores sistemas de tránsito y adecuadas instalaciones para la prestación de servicios. [15]

6.4. MARCO NORMATIVO

Para la regulación y cumplimiento de las reglamentaciones que condicionan el óptimo desarrollo del proyecto, en la Tabla 6-4 se indican las normas implementadas.

Tabla 6-4. Marco normativo

NORMA	MINISTERIO REGULADOR	DESCRIPCIÓN
NSR-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Creada a partir de la Ley 400 de 1997, establecida como el reglamento colombiano de construcción sismo resistente.
		TITULO A Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente.
		TITULO B Cargas en la estructura.
		TITULO C Disposiciones para el concreto estructural.
		TITULO H Estudios geotécnicos.
Decreto No. 229 de 2017	Alcaldía de Villavicencio.	Determina los parámetros urbanísticos y arquitectónicos que deben cumplir las edificaciones denominadas como equipamiento y que son de carácter público en el municipio de Villavicencio.

NORMA	MINISTERIO REGULADOR	DESCRIPCIÓN
Decreto No. 353 de 2000	Alcaldía de Villavicencio	Adopción del plan de ordenamiento territorial para el municipio de Villavicencio, y donde se da directrices sobre la administración y orientación el desarrollo físico del territorio, en el cual se implementa y regula las estructuras a nivel general lo cual incluye la regularizaciones para zonas de equipamiento.
P.O.T	Alcaldía de Villavicencio, aprobado por el Consejo Municipal de Villavicencio.	Plan de ordenamiento territorial de Villavicencio, estipulado a partir del año 2015, en el cual se establecen normas urbanísticas estructurales, normas urbanísticas generales, y aspectos, procesos y programas para la administración del municipio.

Fuente: Autores

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

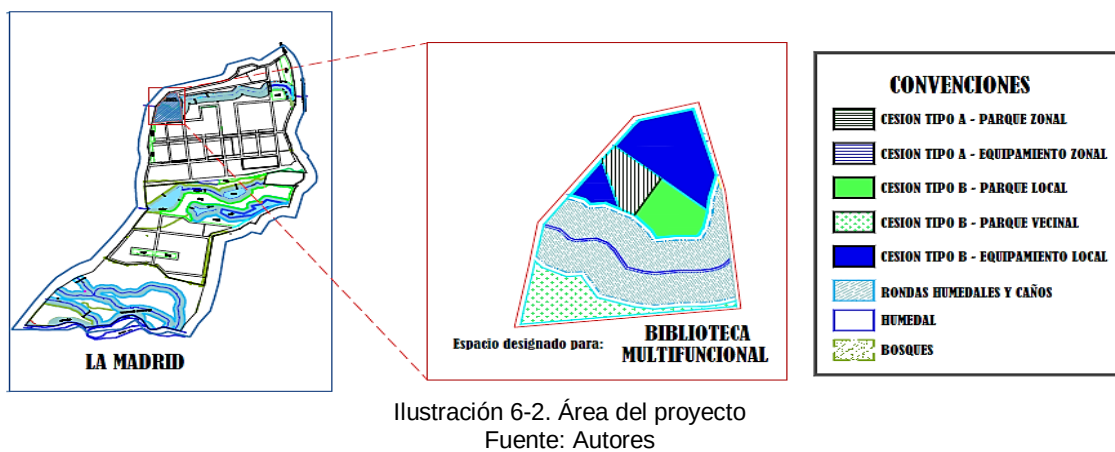
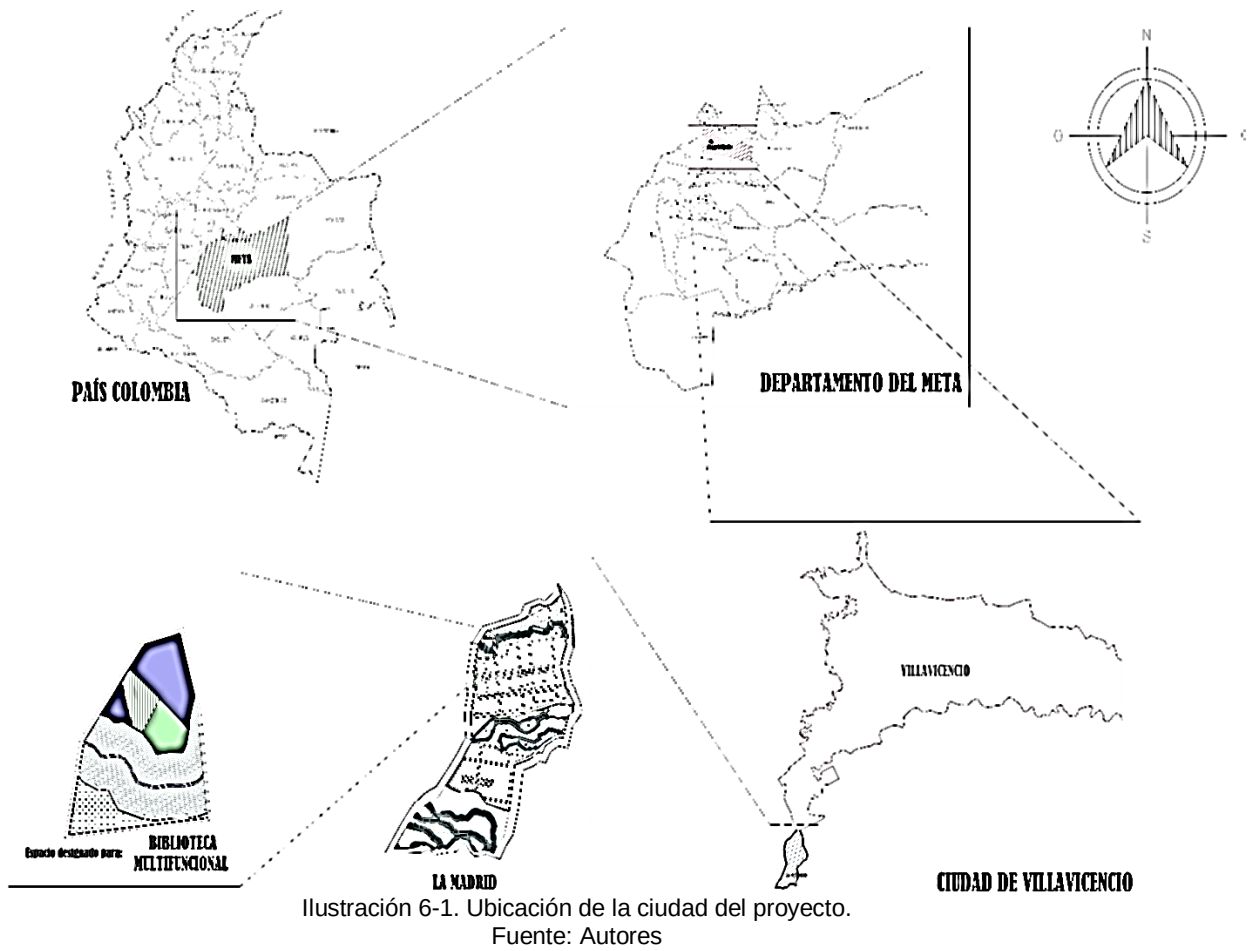
El proyecto se plantea a desarrollar en el departamento del Meta en la ciudad de Villavicencio (en la Ilustración 6-1) se presenta la ubicación de la zona del proyecto, a nivel regional, departamental y municipal) perteneciente al país Colombia en la región denominada la Orinoquia. Villavicencio se localiza en 04°09 N 73°38 O a una altitud de 467msnm con una temperatura en promedio de 27°C, su población actual está alrededor de 516.831 habitantes, y con una distancia de 86 km desde Bogotá, la ciudad capital de Colombia.

En el municipio se compone de dos grandes regiones: una montañosa ubicada al occidente y noroccidente, formada por el costado de la Cordillera Oriental; y la otra, una planicie inclinada ligeramente hacia el oriente y el nororiente, correspondiente al piedemonte de la cordillera, bordeada al Norte por el río Guayuriba, en la parte central de esta planicie cruzan los ríos Ocoa y Negro, además de numerosos caños y afluentes menores. [16]

Villavicencio a nivel municipal limita en el norte con los municipios de Restrepo y El Calvario, en el oriente con Puerto López, en el sur con Acacias y San Carlos de Guaroa, y en el occidente con Acacias y el Departamento de Cundinamarca.

El área de desarrollo del proyecto está situada en la comuna 8 de Villavicencio en el barrio la Madrid Etapa 4. La comuna 8 conformada por los barrios Ariguanery, Porfía, Las Américas, Playa Rica, Catumare, Guatape, Alamos Santa Rosa, Montecarlo, La Rochela, Villa Carola, Villa Lorena, El Refugio, Guaicáramo, San Jorge, la Madrid y Ciudadela San Antonio, está localizada al sur de la ciudad de Villavicencio y se conoce por ser una de las comunas con mayor ocupación en el municipio. [16]

La zona asignada para el estudio e implementación del proyecto por la alcaldía está separada por la cesión tipo B (parque local, parque vecinal y equipamiento local) y la cesión tipo A (parque zonal y equipamiento zonal) con un área aproximada de 8791m² como se observa en Ilustración 6-2.



7. METODOLOGÍA

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

La metodología propuesta para el desarrollo y elaboración del proyecto se generaliza en la Ilustración 7-1.

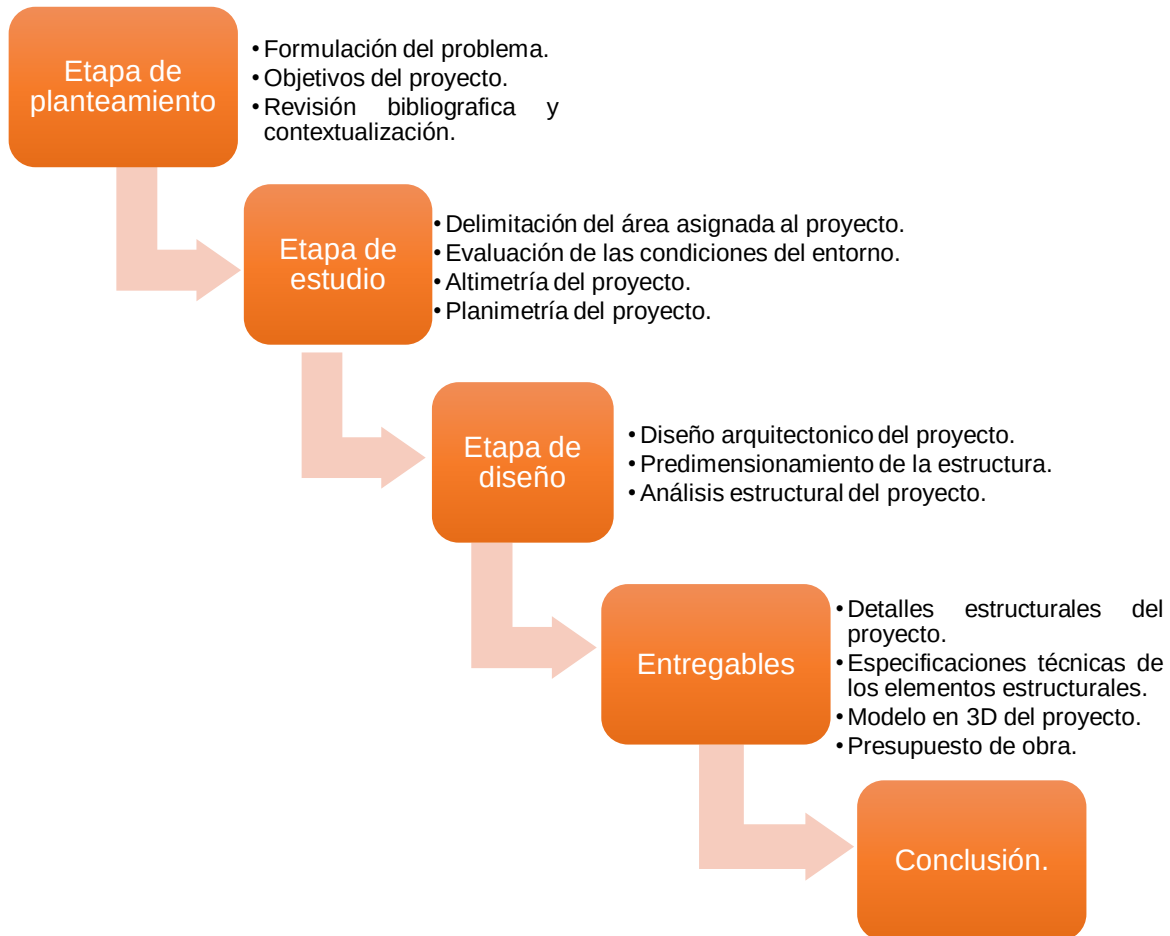


Ilustración 7-1. Metodología del proyecto.
Fuente: Autores

7.1.1 Etapa de planteamiento

Durante la revisión bibliográfica y recolección de información de los habitantes de la Madrid para la elaboración de proyecto, se busca dimensionar la magnitud del proyecto y las implicaciones que este tiene a partir de estudios realizados en la zona de estudio e informes o artículos de investigación relacionados con la temática.

Esta recopilación de información se observa en el título 6, el cual contiene todas las referencias estipuladas para la contextualización del proyecto.

7.1.2 Etapa de estudio

La elaboración del proyecto tiene establecido diversos miramientos para su diseño, encontrados en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1. Consideraciones de diseño

CONSIDERACIÓN DE DISEÑO	HERRAMIENTA DE DISEÑO
Método de análisis	Fuerzas horizontales equivalentes
Método de diseño	Resistencia última
Software de dibujo	AutoCAD
Software de simulación/análisis	ETABS
Software de modelación arquitectónica.	Revit

Fuente: Autores.

7.1.2.1 Condiciones del entorno

Para determinar las condiciones del entorno en el cual se desarrolla el proyecto se lleva a cabo una visita de campo para observación de la zona, y para recolectar la información suministrada por algunas personas de la comunidad.

7.1.2.2 Altimetría y planimetría (levantamiento topográfico).

Para determinar la planimetría y altimetría del área de aplicación del proyecto se implementa el siguiente procedimiento:

- Determinar el área de la ubicación del proyecto a través del método de triangulación para levantamiento topográfico.
- Importar los datos obtenidos a un software de información geográfica, (SIG).
- Seleccionar el área neta de aplicación del proyecto.

7.1.3 Etapa de diseño

7.1.3.1 Diseño arquitectónico y predimensionamiento

La realización del diseño arquitectónico y el predimensionamiento de los elementos tiene en cuenta las dimensiones establecidas en el terreno para situar el proyecto, sus aspectos urbanísticos y reglamentarios referentes a una biblioteca.

7.1.3.2 Diseño estructural

Para la realización del diseño de la estructura se tiene como base la definición de medidas tentativas (predimensionamiento) y la evaluación de diferentes aspectos como:

- a. El nivel de amenaza sísmica donde se localiza el proyecto.
- b. Movimientos sísmicos de diseño
- c. Características de la estructuración y del material estructural empleado

- d. Efecto de las cargas que soporta la estructura
- e. Combinación de cargas y elementos de la estructura.
- f. Desplazamientos horizontales
- g. Verificación de las derivas

Una vez estimado los anteriores aspectos, se procede al cálculo de los refuerzos que son necesarios para la estabilidad (rigidez) de la estructura.

7.1.3.2.1 Evaluación del nivel de amenaza sísmica y los movimientos sísmicos de diseño

Al determinar la localización del proyecto, por medio del Título A de la NSR-10, (C.A.2), se determina el nivel de amenaza sísmica al que se verá expuesta la estructura, teniendo en cuenta el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva (A_a) y el coeficiente de velocidad horizontal efectiva (A_v) tomando como referencia los mapas de amenaza y cuadros de nivel de amenaza estipulados en el Capítulo A.2.3.2 y otras características (Tabla 7-2).

Tabla 7-2. Aspectos para determinar el nivel de amenaza sísmica.

CARACTERÍSTICA	NORMA
Tipo de perfil del suelo	Tabla A.2.4-1
Grupo de Uso de Edificación	Capítulo A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	Tabla A.4.2-1
Zona de amenaza sísmica	APÉNDICE A-4
Coeficiente de Aceleración (A_a)	APÉNDICE A-4
Coeficiente de Velocidad (A_v)	APÉNDICE A-4

Fuente: Autores.

7.1.3.2.2 Movimientos sísmicos

El espectro de diseño (movimientos sísmicos) se determina a partir de las características geotécnicas del lugar de aplicación del proyecto, características cuyos valores se hallan en el título A (Tabla 7-3).

Tabla 7-3. Características geotécnicas para el espectro de diseño

CARACTERÍSTICA	NORMA
Coeficiente de aceleración pico efectiva para el diseño con seguridad limitada (A_e).	APÉNDICE 4-A
Coeficiente de aceleración pico efectiva para el umbral de daño (A_d).	APÉNDICE 4-A
(F_a)	Tabla A.2.4-3
(F_v)	Tabla A.2.4-4
Coeficiente de importancia (I)	Capítulo A.2.5.1

Fuente: Autores.

Elaborar el gráfico del espectro de diseño permite relacionar las aceleraciones de diseño para determinados periodos de vibración (periodo de vibración inicial T_0 ,

periodo de vibración corto T_c y periodo de vibración largo T_L) e identificar el valor máximo del espectro de aceleración horizontal de diseño y el periodo de vibración del sistema elástico, valores que se emplean en el método de la fuerza horizontal equivalente, para determinar los desplazamientos horizontales.

7.1.3.2.3 Características de la estructuración y del material estructural empleado

La estructura se define a partir de los sistemas estructurales estipulados en el capítulo A.3.2 del reglamento NSR-10. Una vez definido el sistema estructural general a emplear y el material a emplear (concreto estructural, estructura metálica, mampostería estructural o madera) se especifica la capacidad de disipación de energía requerida por la estructura según corresponda en la Tabla A.3-1, A.3-2, A.3-3 o A.3-4.

7.1.3.2.4 Efecto de las cargas que soporta la estructura

Para que el sistema estructural se ajuste adecuadamente a los movimientos sísmicos se debe definir las limitaciones que tiene el mismo según su ubicación, tipo de material, capacidades de disipación de energía (especial, moderada y mínima), de la altura y de su grado de irregularidad; una vez establecido estos parámetros se debe analizar el comportamiento de la edificación ante las cargas vivas (Capítulo B.4 de la NSR-10) y cargas muertas (Capítulo B.3 de la NSR-10) que le afectan.

7.1.3.2.5 Combinación de cargas y elementos de la estructura.

Para el respectivo análisis y diseño de la estructura según el Título B (Capítulo B.2) de la NSR-10, sus elementos estructurales y cimentaciones deben hacerse de tal manera que sus resistencias de diseño iguallen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas, para ello se tienen en cuenta las combinaciones de carga.

7.1.3.2.6 Desplazamientos horizontales

El cálculo de las fuerzas horizontales se realiza por piso, y se tiene en cuenta tanto los valores del espectro de diseño como el evaluó de cargas. También se tiene en cuenta la altura de la edificación.

7.1.3.2.7 Verificación de las derivas

Para conocer las derivas se implementa el programa ETABS, donde se importan o programan todos los elementos estructurales (columnas, vigas, etc.) y las cargas, de este modo se ejecuta para que determine las modelaciones y se puedan obtener las derivas. Se comprueba que las derivas de diseño obtenidas no excedan los

límites y si es así es obligatorio rigidizar la estructura hasta que cumpla la comprobación de derivas.

Se debe tener en cuenta las fuerzas internas de la estructura según los requisitos del capítulo B.2 de la NSR-10, teniendo en cuenta también la capacidad de disipación de la energía del sistema estructural que permitirá a la estructura responder en su rango inelástico ante la presencia de un sismo y logre cumplir con los objetivos de las normas sismo resistentes.

7.1.3.2.8 Verificación de los elementos estructurales

Se realiza la verificación de los elementos estructurales por los parámetros determinados en el título C de la NSR-10, donde se considera los esfuerzos de cortante y torsión a los que se verán sometidos los elementos, y además la evaluación del refuerzo necesario para cada elemento.

8. ETAPA DE ESTUDIO

Para realizar el estudio de la zona donde se realizará el proyecto se contó con el apoyo de la comunidad y del líder de la comunidad, a través del líder tuvimos acceso al plano y el modelo de la urbanización del barrio La Madrid³ (provenientes del proyecto de vivienda para el sector de la Madrid), lo que nos permitió situar la zona de ejecución del proyecto. Además, se visitó la zona para llevar a cabo un reconocimiento de la zona y tener un primer contacto con algunas personas de la comunidad. Durante el recorrido y reconocimiento de la zona se observa que:

- El sector se encuentra rodeado por una gran porción de vegetación, desde árboles de al menos tres metros y pasto.
- El suelo demuestra estar constituido en gran parte por suelo arcilloso.
- La zona puede llegar a inundarse debido a la aproximación que tiene con el ramal de un río.
- Se frecuenta el hecho de ocupación de manera ilegal de algunas partes del terreno destinado al proyecto.
- El terreno no presenta grandes cambios en la topografía y no tiene grandes variaciones de nivel.



Ilustración 8-1. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.
Fuente: Autores.

³ Los planos de la urbanización de la Madrid obtenidos se pueden observar en el ANEXO A del presente documento.



Ilustración 8-2. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.
Fuente: Autores.



Ilustración 8-3. Terreno de la zona de ubicación del proyecto.
Fuente: Autores.

8.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Luego de llevar a cabo la recolección de información de la zona de ubicación del proyecto por medio de la observación y delimitar cual va a ser el área exacta donde se planea establecer la biblioteca, se visita de nuevo el lugar para realizar el levantamiento topográfico y tener mayor claridad de la altimetría y planimetría del terreno, para ejecutar el levantamiento topográfico se contó con el acampamiento de se emplearon instrumentos la estación, la estación topográfica, el prisma, estacas, puntillas e hilo, y se emplea la metodología de levantamiento topográfico por triangulación.

Una vez tomadas las coordenadas y datos pertinentes se proyecta el plano del levantamiento topográfico empleando el software de AutoCAD, del levantamiento se obtiene que la variación en el nivel del terreno es de aproximadamente 160cm, y así mismo se establece que el área permitida para la ejecución del proyecto es de 3702,18 m², sin embargo, la variación el nivel del terreno en el área donde se hace la implantación de la estructura es de 50cm. Para mayor detalles e información del levantamiento se puede visualizar el plano anexo a los documentos.

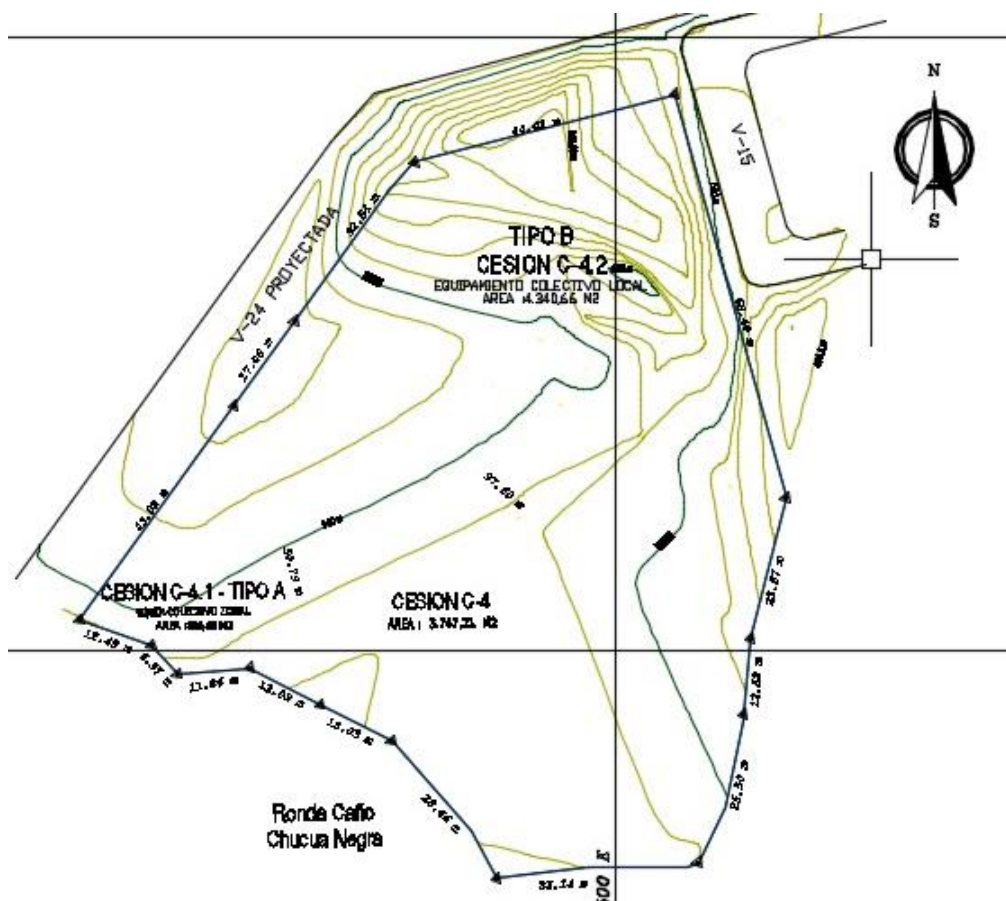


Ilustración 8-4. Plano de levantamiento topográfico con las curvas de nivel de la zona del proyecto.
Fuente: Autores.

8.2. MODELO ARQUITECTÓNICO

Para el modelo arquitectónico se tuvieron en cuenta aspectos como la simetría y la funcionalidad de la edificación, que contara con espacios amplios y con la capacidad de iluminar el lugar sin emplear constantemente la energía eléctrica, es decir, que durante horas del día estuviera la posibilidad de utilizar la luz solar. Además, para la realización del diseño arquitectónico se tuvo en cuenta las recomendaciones y consideraciones de la comunidad a través de la comunicación con el líder de la comunidad.

El diseño arquitectónico propuesto contempla usar un área de 1064,14m², en la cual se tiene una sala de lectura, una sala de exposición, cuatro oficinas (sala de juntas, oficina de la secretaria, oficina de contabilidad y oficina del director), una salón de archivos, una sección para la sala de internet o computo, la hemeroteca y la fototeca, una sala para los infantes, una sección de baños aledaña a la sala infantil (que cuenta con dos baños) y una sección de baños aledaña a la sala de exposición (que cuenta con ocho baños). Este plano se puede visualizar en la Ilustración 8-6, y en la Ilustración 8-5.

Luego de diseñar el modelo arquitectónico se hace la implantación del proyecto tomando como referencia el plano del levantamiento topográfico, con el fin de conocer la distribución y ordenación de la biblioteca en el espacio seleccionado para el proyecto (Ilustración 8-8 Ilustración 8-6). El plano arquitectónico se visualiza con mayor detalle e información en el plano anexo al documento del trabajo. El modelo en 3D de la biblioteca con el diseño planteado se modelo en el programa REVIT y se puede apreciar en la Ilustración 8-7.

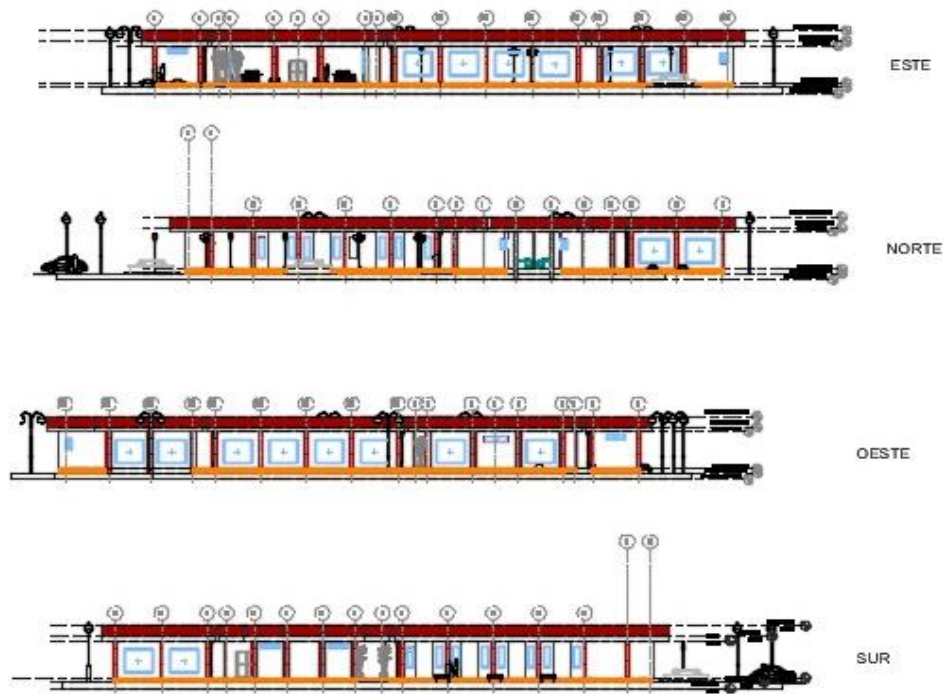


Ilustración 8-5 plano arquitectónico de la biblioteca en vista vertical desde diferentes frentes.

Fuente: Autores.



Ilustración 8-6. Plano arquitectónico de la biblioteca.
Fuente: Autores.



Ilustración 8-7. Modelo arquitectónico en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.

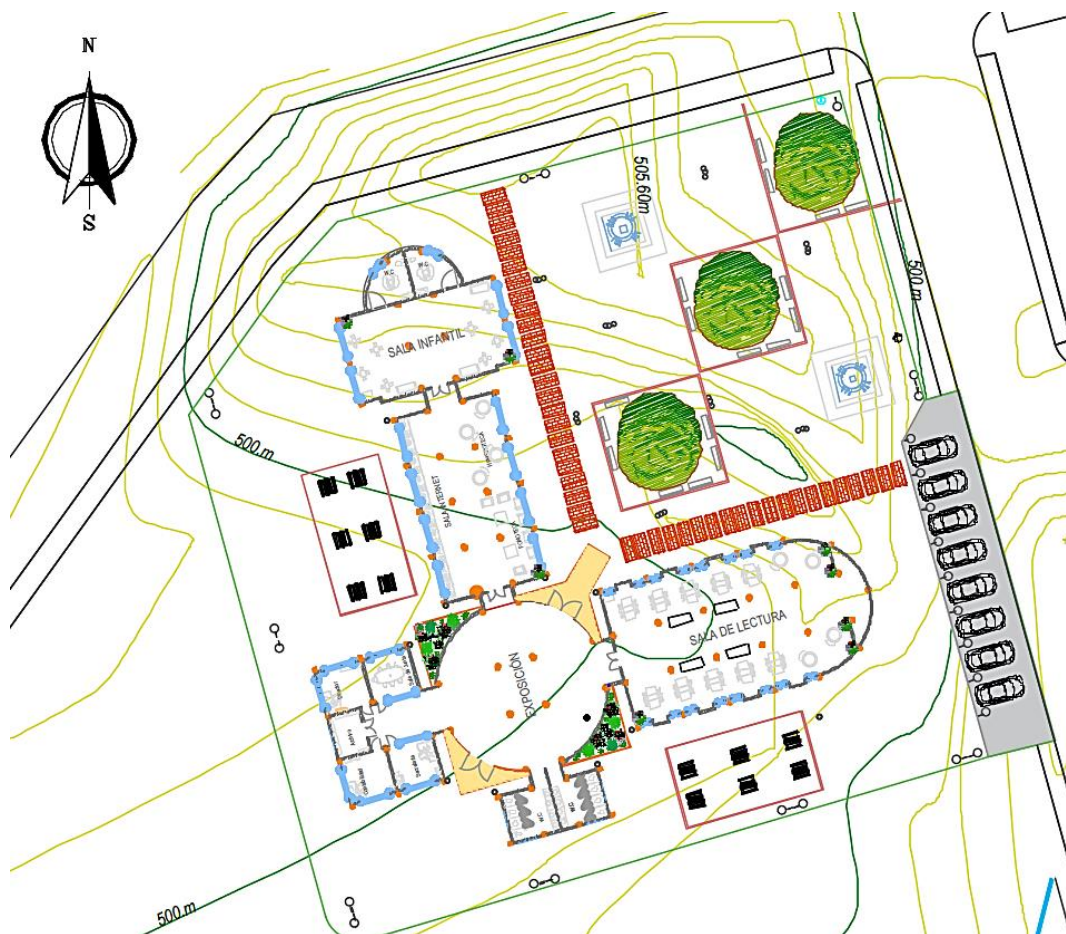


Ilustración 8-8. Implantación del plano arquitectónico de la biblioteca en la zona establecida para el proyecto.
Fuente: Autores.



Ilustración 8-9. Implantación del plano arquitectónico de la biblioteca en la zona establecida para el proyecto modelado en 3D con Revit.
Fuente: Autores.

8.2.1 Modelos arquitectónicos propuestos

El diseño arquitectónico y así mismo las dimensiones preliminares de la biblioteca y los elementos que la componen se tuvo que reconsiderar distintos modelos hasta determinar un modelo que cumpliera con los parámetros de urbanización, los requisitos de la NSR y los espacios necesarios en una biblioteca, atendiendo también a las necesidades de los habitantes de la Madrid. Se tuvieron cuatro modelos, siendo el cuarto de estos el seleccionado como modelo final a evaluar.

El modelo arquitectónico número uno (Ilustración 8-10 e Ilustración 8-11) y número dos (Ilustración 8-12) no se seleccionó debido a que no cumplía con los espacios necesarios a tener en cuenta en una biblioteca, carecían de varios de ellos que eran importantes a considerar y su diseño no fue lo esperado. Para el tercer modelo (



Ilustración 8-13) generado, aunque se tuvieron en cuenta la distribución y espacios dentro de la biblioteca el diseño arquitectónico presentaba algunos aspectos que podían mejorarse, de forma tal que la biblioteca contará con más de los elementos y espacios requeridos por la comunidad y que al mismo tiempo optimizará la distribución de sus habitaciones y en el terreno. Estas últimos cambios y correcciones se establecieron en el modelo cuatro (Ilustración 8-14 e Ilustración 8-15), el cual es el modelo estudiado para el proyecto.



Ilustración 8-10. Modelo arquitectónico #1 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.

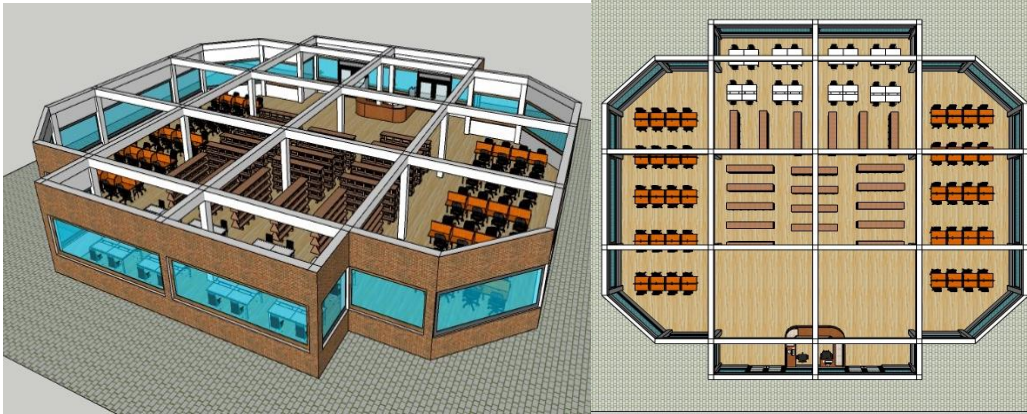


Ilustración 8-11. Modelo arquitectónico #1 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.

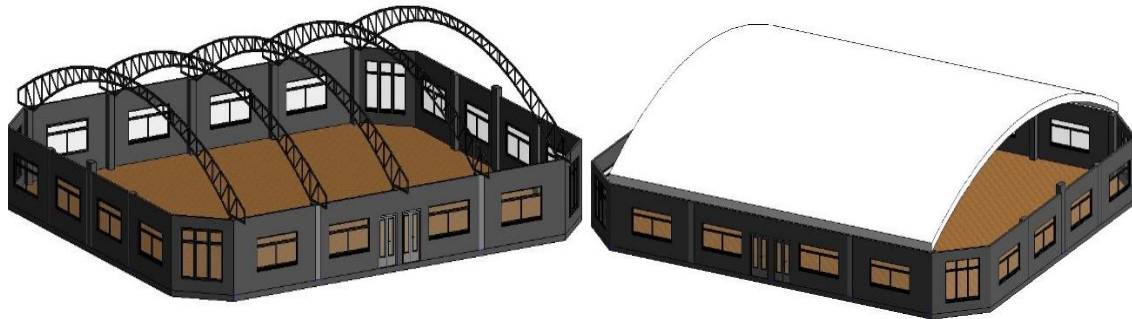


Ilustración 8-12. Modelo arquitectónico #2 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.



Ilustración 8-13. . Modelo arquitectónico #3 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.



Ilustración 8-14. . Modelo arquitectónico #4 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.

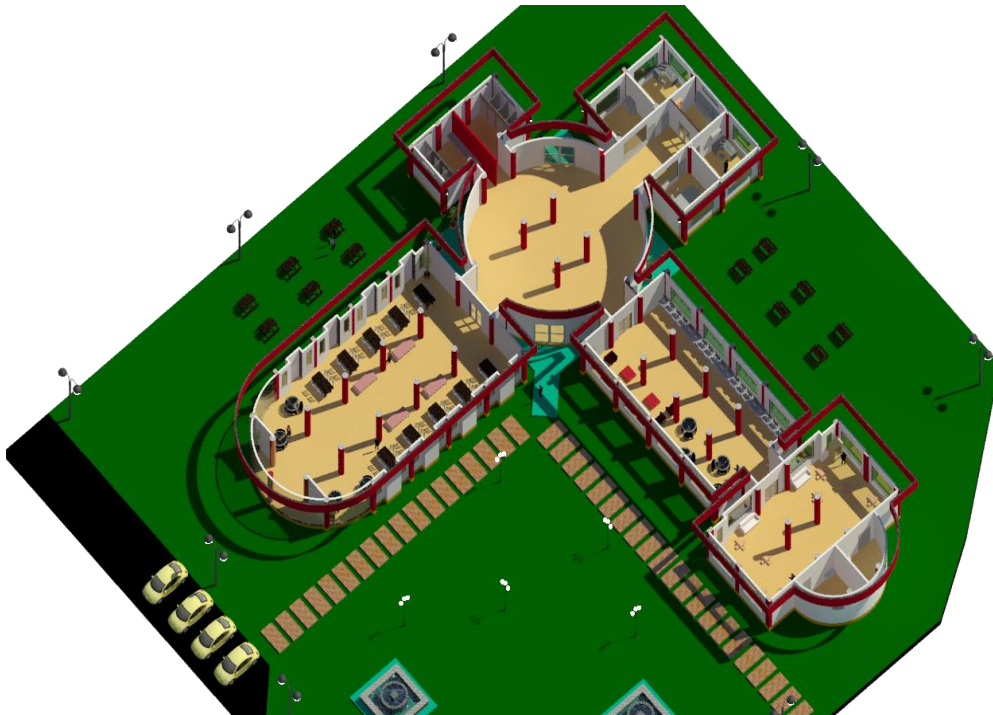


Ilustración 8-15. . Modelo arquitectónico #4 en 3D de la biblioteca, modelado en Revit.
Fuente: Autores.

8.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

8.3.1 Predimensionamiento de la losa

El Predimensionamiento de la losa se efectúa con base en los requisitos de la sección C.8.13 y la sección C.9.5.2 del título C de la NSR-10.

Antes de iniciar el predimensionamiento de la losa se identifica la dirección o el sentido donde la luz es más corta entre los apoyos, en el caso del proyecto esto se presenta en el sentido Y, donde las luces no son mayores a 4 metros, en cambio en la dirección X se presentan luces hasta de 5,25 metros.

Una vez identificada la dirección donde las luces son más cortas se procede a determinar la altura (h) de las viguetas, empleando la tabla C.9.5(a) de la NSR-10, obteniendo lo siguiente:

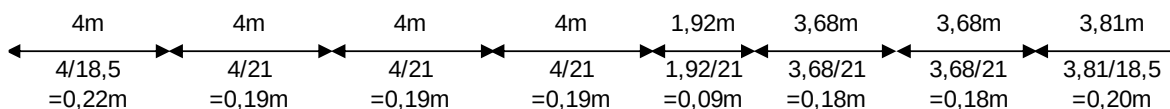


Ilustración 8-16. Altura mínima de las viguetas

Fuente: Autores.

Por los resultados presentados en la Ilustración 8-16 se tiene que la altura mínima de la vigueta es $0,22m \approx 0,25m$. Teniendo esto en consideración se proponen viguetas de $0,40m$ del alto.

Además de la altura de las viguetas se determinan otras características a partir de lo estipulado en la sección C.8.13, estas características se presentan en la Tabla 8-1 con los valores asumidos para el proyecto.

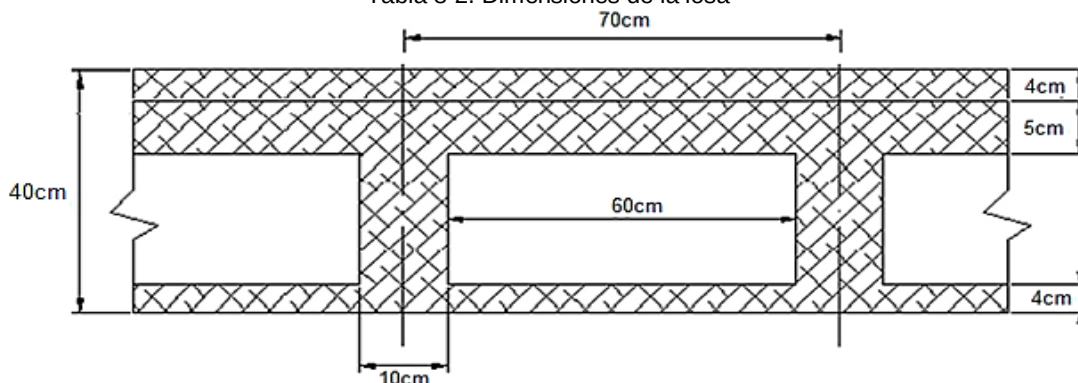
Tabla 8-1. Predimensionamiento de la losa.

Característica	Criterio-NSR-10	Valor asumido
Espesor de la loseta superior, e_{loseta}	$\geq 0,04m$	$0,05m$
Ancho de la vigueta, b	$\geq 0,10m$	$0,10m$
Separación entre viguetas, s	$\leq 2,5 \cdot h = \leq 1m$ $\leq 1,20m$	$0,70m$
Espesor alistado	$\geq 0,04m$	$0,04m$
Espesor torta	$\geq 0,04m$	$0,04m$

Fuente: Autores.

Al determinar lo anterior se obtiene como resultado:

Tabla 8-2. Dimensiones de la losa



Fuente: Autores.

8.3.2 Predimensionamiento elemento viga

Para el predimensionamiento de la viga se tiene en cuenta la sección C.9.5.2 y la sección C.21.5.1 de la NSR-10. En primera instancia para el predimensionamiento

de la viga tipo se procede a determinar el eje de las vigas con las luces más críticas, el eje correspondiente en el proyecto es el eje 8 (ver anexo *Planos estructurales-biblioteca*). Una vez establecido el eje se establece la altura mínima de la viga teniendo en cuenta la tabla C.9.5(a) de la NSR-10, y se resuelve lo siguiente:

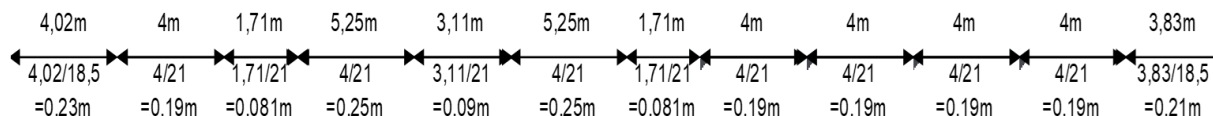


Ilustración 8-17. Altura mínima de las vigas.

Fuente: Autores.

Con los resultados presentados en la Ilustración 8-17 se tiene que la altura mínima de la viga tipo es $0,25m \approx 0,3m$. Teniendo esto en consideración se proponen vigas de 0,40 del alto.

El ancho de la viga se acuerda según los parámetros de la sección C.21.5.1.3 donde establece que el ancho debe ser mayor a 0.3 veces la altura ($0.3h$) y mayor a 0,25m. Como la altura propuesta para la viga es de 0,4m, se tiene que $0,3h$ es igual a 0,12m. De lo anterior se resuelve que el ancho de la viga debe ser mayor que 0,25m por lo cual se propone un ancho de la viga de 0,30m, es decir, la sección de la viga tipo es de 30x40cm.

8.3.3 Predimensionamiento elemento columna

El Predimensionamiento de la columna tipo rectangular y las columnas tipo circular se obtiene considerando la sección C.21.6.1 de la NSR-10, donde se contempla que las dimensiones de las columnas deben ser mayores o iguales a 0.30m cuando en estructuras de capacidad de disipación de energía especial, deben tener un área mayor o igual a $0,09m^2$ y que la relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular a esta sea mayor a 0.4.

Considerando lo anterior se establece que las dimensiones de la sección transversal de la columna tipo rectangular serán de 40x40 centímetros y de la columna tipo circular será de 40cm de diámetro, lo que equivale a un área de $0,16m^2$ y una relación entre la sección transversal menor y la dimensión perpendicular igual a 1, lo cual cumple con los requisitos mencionados en el párrafo anterior.

9. ETAPA DE DISEÑO

9.1. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE AMENAZA SÍSMICA

9.1.1 Nivel de amenaza sísmica de la zona del proyecto

Para determinar el tipo de perfil del suelo se parte de los datos obtenidos por los laboratorios INGEGAR INGENIERÍA E.U en el informe final estudios de suelos para el proyecto de urbanización La Madrid en Villavicencio, en el cual se determina (ver título 6.4 del informe) que el suelo de la zona está conformado por materiales con una velocidad de la onda cortante (V_s) con valores entre 270m/s y 400m/s, por lo cual este rango de la velocidad de onda cortante entra en una de las características que define un tipo de perfil del suelo D tal como lo presenta el reglamento NSR-10 en su título A en la tabla A.2.4.1. La estructura del proyecto se contempla como una “Estructura de ocupación especial”, por lo cual pertenece al grupo de uso II (capítulo A.2.5.1 de la NSR-10), en la Tabla 9-1 se presentan la caracterización de la estructura.

Tabla 9-1. Caracterización de la estructura

Datos	Unidad	NSR-10
Ubicación de la Estructura	Villavicencio	
Departamento	Meta	
Altura del edificio	4,9	[m] Título A
Número de Pisos	1,00	
Tipo de Perfil del Suelo	D	Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación	II	A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	1 ⁴	Tabla A.4.2-1

Fuente: Autores.

9.1.2 Movimiento sísmico (espectro de diseño)

Villavicencio se localiza en una zona de alto riesgo de amenaza sísmica, como se observa en la figura A.2.3-1 de la NSR-10, los valores del coeficiente de aceleración horizontal máxima efectiva y el coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva se presentan en la Tabla 9-2. (con base en la tabla A.2.3-2 del título A de la NSR-10), tabla que contiene también la recopilación de otros datos que permiten obtener el espectro de diseño.

Tabla 9-2. Recopilación de datos para el nivel de amenaza sísmica de la zona del proyecto

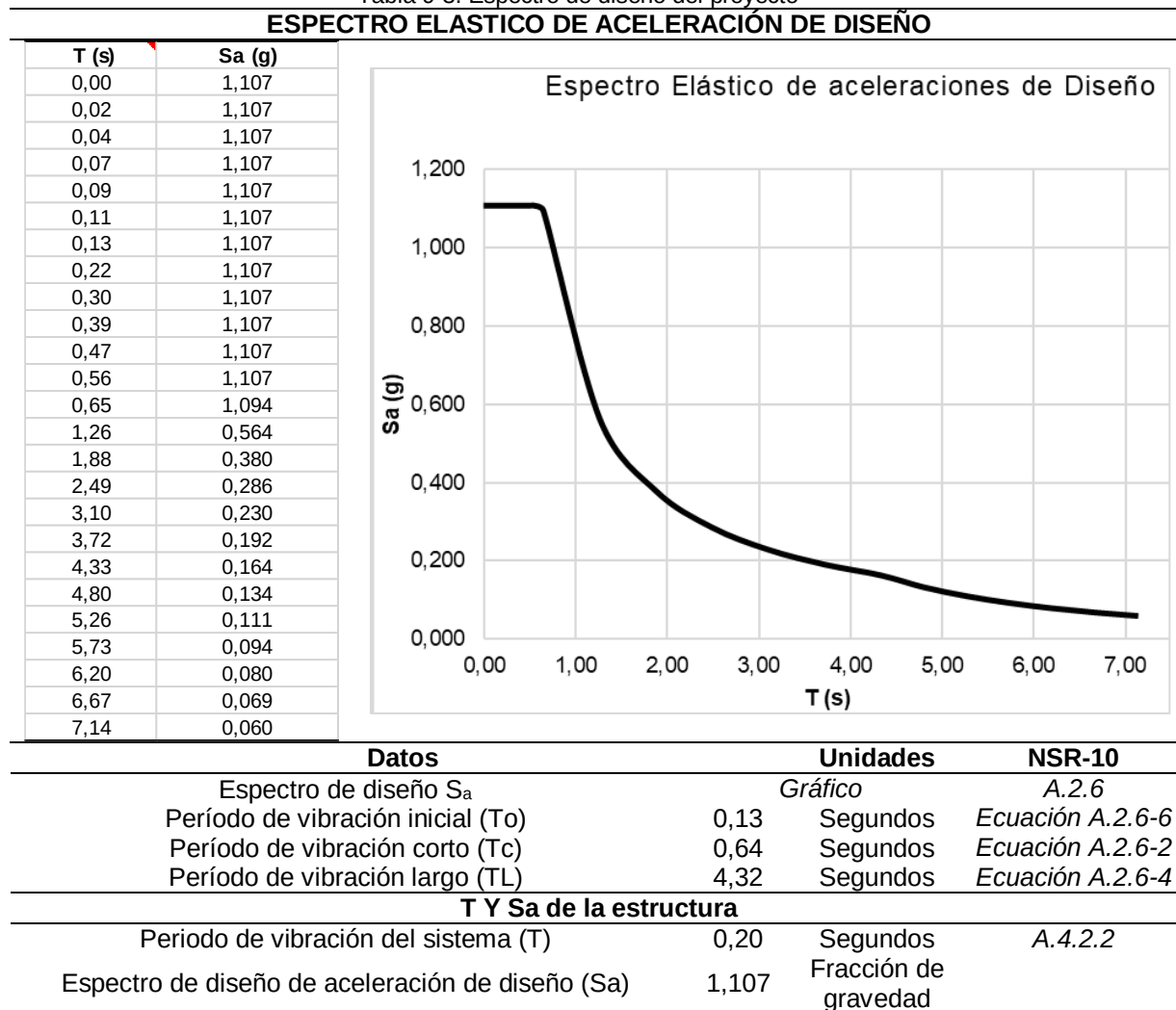
Datos	NSR-10
Zona de Amenaza Sísmica	Alta Tabla A.2.3-2
Coeficiente de Aceleración (A_a)	0,35 Tabla A.2.3-2
Coeficiente de Velocidad (A_v)	0,30 Tabla A.2.3-2
Coeficiente de Amplificación de Sitio (F_a)	1,15 Tabla A.2.4-3
Coeficiente de Amplificación de Sitio (F_v)	1,80 Tabla A.2.4-4
Coeficiente de Importancia (II)	1,10 A.2.5.1

Fuente: Autores.

⁴ Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitadas o adheridas a componentes más rígidos estructurales o no estructurales que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas (Capítulo A.4.2. tabla A.4.2-1 de la NSR-10)

Bajo las condiciones estipuladas anteriormente se obtiene el espectro de diseño (atendiendo a la sección A.2.6 del título A de la NSR-10) que genera el gráfico del espectro de aceleraciones, el cual permite identificar la aceleración máxima horizontal de diseño y los periodos de vibración, éstos se indican en Tabla 9-3.

Tabla 9-3. Espectro de diseño del proyecto



Fuente: Autores.

El período fundamental de la estructura se obtiene con base a las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, y este se verifica de modo que no exceda el período máximo de vibración permitido para la edificación, esta verificación se presenta en la Tabla 9-4 y de identifica que el valor cumple con el parámetro.

Tabla 9-4. Verificación del periodo de diseño fundamental

VERIFICACIÓN DEL PERIODO DE DISEÑO FUNDAMENTAL			
Datos		Unidades	NSR-10
Coefficiente (C_t):	0,047		Tabla A.4.2-1
Exponente (α):	0,9		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ($T_a = C_t h^\alpha$):	0,20	Segundos	Ecuación A.4.2-3
Coefficiente (C_u):	1,20		Ecuación A.4.2-2

VERIFICACIÓN DEL PERIODO DE DISEÑO FUNDAMENTAL			
Datos		Unidades	NSR-10
$T_{m\acute{a}x} = C_u \cdot T_a$	0,24	Segundos	Ecuación A.4.2-2
K (Exponente relacionado con el periodo de diseño fundamental, T)	1,00		A.4.3.2
$T < T_{m\acute{a}x}$ (NSR-10, A.4.2.1)	$0,20 < 0,24$	Segundos	CUMPLE

Fuente: Autores.

9.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el análisis estructural y el diseño de los elementos estructurales del proyecto, la biblioteca se dividió en dos secciones o bloques, la primera sección contempla la sala infantil, los baños aledaños a la sala infantil, y el salón donde se encuentra la sala de computo, la fototeca y la hemeroteca; la segunda sección se compone de la sala de exposiciones, la sala de lectura, los baños aledaños a la sala de exposiciones y el cubo de las oficinas y salón de archivos. Esta división estructural permite entender que estructuralmente se analizan dos estructuras que se tienen como una edificación completa al unirse arquitectónicamente.

9.2.1 CARGAS

9.2.1.1 Cargas vivas

Las cargas vivas dentro del proyecto consisten en las cargas por ocupación o uso de la estructura y por la cubierta (ver Título B sección B.4.2 de la NSR-10), estas cargas se distribuyen de manera uniforme y se presentan en la Tabla 9-5. Con respecto a las cargas por ocupación o uso en el caso del proyecto no se consideraron dentro de la modelación debido a que sólo se contempla un primer piso, sin embargo, en caso de contemplar una ampliación o un segundo piso en la edificación si se tendrían que considerar.

Tabla 9-5. Cargas vivas de la estructura.

CARGAS VIVAS, CL				
Dato		Valor	Unidades	NSR-10
Cargas vivas para bibliotecas	Cubierta	0,50	KN/m ²	Tabla B.4.2.1-2
	Salones de lectura	2,00	KN/m ²	Tabla B.4.2.1-1
	Estanterías	7,00	KN/m ²	Tabla B.4.2.1-1

Fuente: NSR-10, TITULO B.

Para determinar la carga puntual de la cubierta que se tendrá en cuenta al hallar las fuerzas horizontales equivalentes se tuvo en consideración el producto de la carga cubierta de manera uniforme por el área de la losa de cada sección. La Tabla 9-6 y la Tabla 9-7 muestran la carga de la cubierta en la sección 1 y la sección 2 respectivamente.

Tabla 9-6. Carga de la cubierta en la sección 1

CARGA DE LA CUBIERTA, SECCIÓN 1		
Dato	Valor	Unidades
Carga cubierta (uniformemente distribuida)	0,50	KN/m ²
Área losa	277,70	m ²
Carga cubierta (puntual)	138,85	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-7. Carga de la cubierta en la sección 2

CARGA DE LA CUBIERTA, SECCIÓN 2		
Dato	Valor	Unidades
Carga cubierta (uniformemente distribuida)	0,50	KN/m ²
Área losa	584,94	m ²
Carga cubierta (puntual)	292,47	KN

Fuente: Autores.

Además, dentro de la sección uno y sección dos se contempla un tanque elevado de almacenamiento de agua ubicado en los baños, por lo tanto, en la modelación esta carga viva sólo se contempló distribuida uniformemente en determinada área de la losa que correspondía al área donde se apoya el tanque en cada sección. En la Tabla 9-8 y la Tabla 9-9 se data esta carga para cada sección.

Tabla 9-8. Carga de tanque de almacenamiento en la sección 1

CARGA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO, SECCIÓN 1		
Dato	Valor	Unidades
Carga del tanque de almacenamiento (uniformemente distribuida)	5,00	KN/m ²
Área losa de apoyo	11,40	m ²
Carga tanque de almacenamiento (puntual)	57,00	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-9. Carga del tanque de almacenamiento, sección 2

CARGA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO, SECCIÓN 2		
Dato	Valor	Unidades
Carga del tanque de almacenamiento (uniformemente distribuida)	5,00	KN/m ²
Área losa de apoyo	11,87	m ²
Carga tanque de almacenamiento (puntual)	59,35	KN

Fuente: Autores.

- Cargas muertas

Las cargas muertas consisten en las cargas de los elementos estructurales: vigas, columnas y la losa, y elementos no estructurales como el muro de un metro de altura sobre la cubierta, se consideran tanto para los elementos comprendidos en la sección 1, como los comprendidos en la sección 2 de la estructura. Para la modelación de la estructura en el software ETABS se contemplan como carga muerta (uniformemente distribuida) la carga del muro y la carga de la losa, dado que sólo se tiene un primer piso. Las cargas muertas de la sección 1 se presentan en la Tabla 9-10, en la Tabla 9-12, la Tabla 9-14, la Tabla 9-15 y la Tabla 9-16, y las cargas muertas de la sección 2 se presentan en la Tabla 9-11, la Tabla 9-13, la Tabla 9-17, la Tabla 9-18 y la Tabla 9-19.

Para determinar la carga de losa se tiene en cuenta las dimensiones estipuladas en el título 8.3.1 del presente documento y que el peso específico del concreto, γ_c , es de 24KN/m³.

Tabla 9-10. Carga en la losa de la sección 1 de la estructura.

CARGA DE LA LOSA, SECCIÓN 1			
Característica		Valor	Unidad
Peso loseta	(0,05m x 24KN/m ³)	1,20	KN/m ²
Peso vigueta ($h*b*\gamma_c/s$)	$0,35m \times 0,10m \frac{x24KN}{m^3}$ <u>0.70m</u>	1,20	KN/m ²
Peso Losa		2,40	KN/m ²
Alistado	(0,04m x 24KN/m ³)	0,96	KN/m ²
Torta	(0,04m x 24KN/m ³)	0,96	KN/m ²
C. Muerta de la losa (distribuida uniformemente)		4,32	KN/m ²
Área total de la losa		277,70	m ²
C. Muerta de la losa (puntual)		933,07	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-11. Carga en la losa de la sección 2 de la estructura.

CARGA DE LA LOSA, SECCIÓN 2			
Característica		Valor	Unidad
Peso loseta	(0,05m x 24KN/m ³)	1,20	KN/m ²
Peso vigueta ($h*b*\gamma_c/s$)	$0,35m \times 0,10m \frac{x24KN}{m^3}$ <u>0.70m</u>	1,20	KN/m ²
Peso Losa		2,40	KN/m ²
Alistado	(0,04m x 24KN/m ³)	0,96	KN/m ²
Torta	(0,04m x 24KN/m ³)	0,96	KN/m ²
C. Muerta de la losa (distribuida uniformemente)		4,32	KN/m ²
Área total de la losa		584,94	m ²
C. Muerta de la losa (puntual)		1965,40	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-12. Carga del muro en la sección 1.

CARGA DEL MURO, SECCIÓN 1		
Característica	Valor	Unidad
Carga del muro (distribuida uniformemente)	2,00	KN/m ²
Altura de muro	1,00	m
Longitud del muro	100,19	m
Carga puntual muro	200,38	KN

Tabla 9-13. Carga del muro en la sección 2.

CARGA DEL MURO, SECCIÓN 2		
Característica	Valor	Unidad
Carga del muro (distribuida uniformemente)	2,00	KN/m ²
Altura de muro	1,00	m
Longitud del muro	155,37	m
Carga puntual muro	310,74	KN

Fuente: Autores.

Para determinar la carga de las vigas y las columnas se tiene en cuenta las dimensiones estipuladas en el título 8.3.2 y el título 8.3.3 respectivamente del presente documento.

Tabla 9-14. Carga en las vigas de la sección 1 de la estructura.

VIGAS, SECCIÓN 1 (30X40)		
Característica	Valor	Unidad
Base de la sección	0,3	m
Altura de la sección	0,4	m
Longitud, eje y	100,50	m
Longitud, eje x	83,26	m
Longitud total	183,76	m
Peso específico del concreto, γ_c	24	KN/m ³
Peso vigas	529,23	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-15. Carga en las columnas de la sección 1 de la estructura.

COLUMNAS CUADRADAS SECCIÓN 1		
Característica	Valor	Unidad
Base de la sección	0,40	m
Altura de la sección	0,40	m
Área Columna	0,16	m ²
Altura de piso	3,70	m
Peso específico del concreto, γ_c	24,00	KN/m ³
Cantidad de Columnas rectangulares	16,00	Columnas
Peso total columnas rectangulares	215,04	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-16. Carga en las columnas circulares de la sección 1 de la estructura.

COLUMNAS CIRCULARES, SECCIÓN 1		
Característica	Valor	Unidad
Radio sección	0,20	m
Diámetro sección	0,40	m
Área Columna	0,13	m ²
Altura de piso	3,70	m
Peso específico del concreto, γ_c	24,00	KN/m ³
Cantidad de columnas circulares	18,00	Columnas
Peso total columnas circulares	190,00	KN
PESO TOTAL DE LAS COLUMNAS SECCIÓN 1		
Peso Total de las columnas, sección 1	405,04	KN

Tabla 9-17. Carga en las vigas de la sección 2 de la estructura.

VIGAS, SECCIÓN 2 (30X40)		
Característica	Valor	Unidad
Base de la sección	0,3	m
Altura de la sección	0,4	m
Longitud, eje y	171,94	m
Longitud, eje x	178,72	m
Longitud total	350,66	m
Peso específico del concreto, γ_c	24	KN/m ³
Peso vigas	1009,90	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-18. Carga en las columnas cuadradas de la sección 2 de la estructura.

COLUMNAS CUADRADAS SECCIÓN 2		
Característica	Valor	Unidad
Base de la sección	0,40	m
Altura de la sección	0,40	m
Área Columna	0,16	m ²
Altura de piso	3,70	m
Peso específico del concreto, Yc	24,00	KN/m ³
Cantidad de Columnas rectangulares	24,00	Columnas
Peso total columnas rectangulares	322,56	KN

Fuente: Autores.

Tabla 9-19. Carga en las columnas circulares, sección 2.

COLUMNAS CIRCULARES, SECCIÓN 2		
Característica	Valor	Unidad
Radio sección	0,20	m
Diámetro sección	0,40	m
Área Columna	0,13	m ²
Altura de piso	3,70	m
Peso específico del concreto, Yc	24,00	KN/m ³
Cantidad de columnas circulares	33,00	Columnas
Peso total columnas circulares	348,34	KN
Peso Total de las columnas, sección 2	670,90	KN

Fuente: Autores.

9.2.1.2 Combinaciones de carga

Las combinaciones empleadas en el análisis de la estructura en concreto para el método de diseño de resistencia última y los coeficientes utilizados en las combinaciones son los siguientes:

Tabla 9-20. Coeficientes y combinaciones de carga empleados en el análisis de la estructura.

Coeficientes empleados			Combinaciones de carga
D	Carga muerta	1,4D	0,9D
L	Carga viva	1,2D+1,6L+0,5Lr	0,9D+1,0Ex+0,3Ey
Lr	Carga viva de	1,2D+1,0L+0,5Lr	0,9D+1,0Ex+0,3Ey
	cubierta	1,2D+1,6Lr+1,0L	0,9D+1,0Ex-0,3Ey
Ex	Carga sísmica en	1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey	0,9D+1,0Ex-0,3Ey
	dirección x	1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey	0,9D-1,0Ex+0,3Ey
Ey	Carga sísmica en	1,2D+1,0L+1,0Ex-0,3Ey	0,9D-1,0Ex+0,3Ey
	dirección y	1,2D+1,0L+1,0Ex-0,3Ey	0,9D-1,0Ex-0,3Ey
		1,2D+1,0L-1,0Ex+0,3Ey	0,9D-1,0Ex-0,3Ey
		1,2D+1,0L-1,0Ex+0,3Ey	0,9D+1,0Ey+0,3Ex
		1,2D+1,0L-1,0Ex-0,3Ey	0,9D+1,0Ey+0,3Ex
		1,2D+1,0L-1,0Ex-0,3Ey	0,9D+1,0Ey-0,3Ex
		1,2D+1,0L+1,0Ey+0,3Ex	0,9D+1,0Ey-0,3Ex
		1,2D+1,0L+1,0Ey+0,3Ex	0,9D-1,0Ey+0,3Ex
		1,2D+1,0L+1,0Ey-0,3Ex	0,9D-1,0Ey+0,3Ex
		1,2D+1,0L+1,0Ey-0,3Ex	0,9D-1,0Ey-0,3Ex
		1,2D+1,0L-1,0Ey+0,3Ex	0,9D-1,0Ey-0,3Ex
		1,2D+1,0L-1,0Ey+0,3Ex	
		1,2D+1,0L-1,0Ey-0,3Ex	
		1,2D+1,0L-1,0Ey-0,3Ex	

Fuente: Autores.

9.2.2 Coeficiente de capacidad disipación de energía, R (Irregularidades)

El coeficiente de capacidad de disipación de energía, R, se obtiene a partir de los coeficientes obtenidos de las irregularidades en planta (Tabla A.3-6 del título A de la NSR-10) y altura (Tabla A.3-7 del título A de la NSR-10) que se puedan manifestar en la estructura, la ausencia de redundancia y la capacidad de disipación de energía básico, y este valor se halla para el cálculo de los efectos sísmicos que se generan en la edificación. El cálculo de las irregularidades torsionales e irregularidades torsionales extremas se encuentra en *memoria de cálculo de biblioteca*.

Tabla 9-21. Coeficientes de capacidad de disipación de la energía, sección 1.

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE ENERGÍA, R, EN LA SECCIÓN 1			
IRREGULARIDADES EN PLANTA			
			Øp
1aP	Irregularidad torsional	SI	0,9
1bP	Irregularidad torsional extrema	NO	1
2P	Retrocesos excesivos en las esquinas	NO	1
3P	Discontinuidades en el diafragma	SI	0,9
4P	Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales	NO	1
5P	Sistemas no paralelos	SI	0,9
IRREGULARIDADES EN ALTURA			
			Øa
1aA	Piso flexible (Irregularidad por rigidez)	NO	1
1bA	Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez)	NO	1
2A	Irregularidad en la distribución de las masas	NO	1
3A	Irregularidad geométrica	NO	1
4A	Desplazamientos dentro del plano de acción	NO	1
5aA	Piso débil, Discontinuidad en la resistencia	NO	1
5b A	Piso débil, Discontinuidad extrema en la resistencia	NO	1
AUSENCIA DE REDUNDANCIA			
			Ør
		NO	1
Capacidad de Disipación de la Energía			Especial
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía Básico (R_o)			7,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en planta (δp)			0,9
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en altura (δa)			1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades por ausencia de redundancia (δr)			1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía de Diseño ($R=R_o.\delta p.\delta a.\delta r$)			6,3

Fuente: Autores.

Tabla 9-22. Coeficientes de capacidad de disipación de la energía, sección 2.

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE ENERGÍA, R, EN LA SECCIÓN 2			
IRREGULARIDADES EN PLANTA			
			Øp
1aP	Irregularidad torsional	SI	1
1bP	Irregularidad torsional extrema	NO	1
2P	Retrocesos excesivos en las esquinas	NO	1
3P	Discontinuidades en el diafragma	SI	0,9
4P	Desplazamientos del plano de acción de elementos verticales	NO	1
5P	Sistemas no paralelos	SI	0,9

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE ENERGÍA, R, EN LA SECCIÓN 2			
IRREGULARIDADES EN ALTURA			
			ϕ_a
1aA	Piso flexible (Irregularidad por rigidez)	NO	1
1bA	Piso flexible (Irregularidad extrema en rigidez)	NO	1
2A	Irregularidad en la distribución de las masas	NO	1
3A	Irregularidad geométrica	NO	1
4A	Desplazamientos dentro del plano de acción	NO	1
5aA	Piso débil, Discontinuidad en la resistencia	NO	1
5b A	Piso débil, Discontinuidad extrema en la resistencia	NO	1
AUSENCIA DE REDUNDANCIA			
			ϕ_r
		NO	1
Capacidad de Disipación de la Energía			Especial
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía Básico (R_o)			7,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en planta (ϕ_p)			0,9
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades en altura (ϕ_a)			1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía por irregularidades por ausencia de redundancia (ϕ_r)			1,0
Coeficiente de capacidad de Disipación de la Energía de Diseño ($R=R_o.\phi_p.\phi_a.\phi_r$)			6,3

Fuente: Autores.

9.2.3 Fuerzas horizontales equivalentes

El cálculo de las fuerzas horizontales se realiza piso por piso, y se tiene en cuenta los valores del espectro (título 9.1.27.1.3.2.1) como el cálculo de cargas (título 9.2.1), se mostrarán los valores generados y empleados tanto para la sección 1 como para la sección 2 de la estructura.

Tabla 9-23. Datos para calcular las fuerzas horizontales equivalentes, sección 1.

DATOS PARA OBTENER LAS FUERZAS HORIZONTALES EQUIVALENTES				
Ítem	Valor	Unidad	NSR-10	
Ct	0,047		Tabla A.2-1	
α	0,90		Tabla A.2-1	
Altura total, h	4,90	m		
Periodo natural, T	0,20	seg		
Coeficiente de Aceleración, Aa	0,35		Tabla A.2.3-2	
Coeficiente de Amplificación de Sitio, Fa	1,15		Tabla A.2.4-3	
Coeficiente de importancia, I	1,10		Tabla A.2.5-1	
Peso total, sección 1	2263,57	KN		
Espectro de diseño de aceleración de diseño, Sa	1,107	g		
Cortante sísmico basal, Vs	2505,49	KN	A.4.3.1	
K	1,00		A.4.3.2	

Fuente: Autores.

Tabla 9-24. Fuerzas horizontales equivalentes, sección 1.

FUERZAS HORIZONTALES EQUIVALENTES					
Piso	Peso (KN)	Altura (m)	Wh^k	Cvx	Fx
1	2263,57	4,90	11091,51	1,00	2505,49
	SUMATORIA		11091,51	1,00	2505,49

Fuente: Autores.

Tabla 9-25. Datos para calcular las fuerzas horizontales equivalentes, sección 2.

DATOS PARA OBTENER LAS FUERZAS HORIZONTALES EQUIVALENTES				
Ítem	Valor	Unidad	NSR-10	
Ct	0,047		Tabla A.2-1	
α	0,90		Tabla A.2-1	
Altura total, h	4,90	m		
Periodo natural, T	0,20	seg		
Coeficiente de Aceleración, Aa	0,35		Tabla A.2.3-2	
Coeficiente de Amplificación de Sitio, Fa	1,15		Tabla A.2.4-3	
Coeficiente de importancia, I	1,10		Tabla A.2.5-1	
Peso total, sección 1	4308,76	KN		
Espectro de diseño de aceleración de diseño, Sa	1,107	g		
Cortante sísmico basal, Vs	4769,26	KN	A.4.3.1	
K	1,00		A.4.3.2	

Fuente: Autores.

Tabla 9-26. Fuerzas horizontales equivalentes, sección 2.

Piso	Peso (KN)	Altura piso (m)	Wh ^k	Cvx, (Ecuación A.4.3-3, NSR-10)	Fx (Ecuación A.4.3-2, NSR-10)
1	4308,76	4,90	21112,92	1,00	4769,26
	SUMATORIA		21112,92	1,00	4769,26

Fuente: Autores.

9.2.4 Derivas

Para conocer las derivas se determinó la modelación de la estructura en el programa *ETABS*, en el cual se ingresa la información de los elementos de la estructura, es decir, las columnas, vigas, las cargas en una losa de espesor equivalente, entre otros, con el fin de adquirir la modelación del comportamiento de la edificación ante los elementos que la componen y las fuerzas o cargas a las que se ve sometida y así adquirir las derivas tanto para el eje y como para el eje x. La modelación en *ETABS* se puede visualizar en la Ilustración 9-2, la Ilustración 9-1, la Ilustración 9-3 y la Ilustración 9-4.

Con el fin de verificar las derivas se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos en la tabla A.6.4-1 del título A del reglamento colombiano NSR-10, donde la deriva máxima se expresa en un porcentaje de altura del piso, la deriva máxima obtenida al modelar la estructura en *ETABS* fue de 0,64% (23,64mm) lo cual cumple dentro de la deriva límite, es decir 37mm (que corresponde al 1% de la altura del piso), estos cálculos se observan en el ANEXO B del presente documento y en *la memoria de cálculo de biblioteca*.

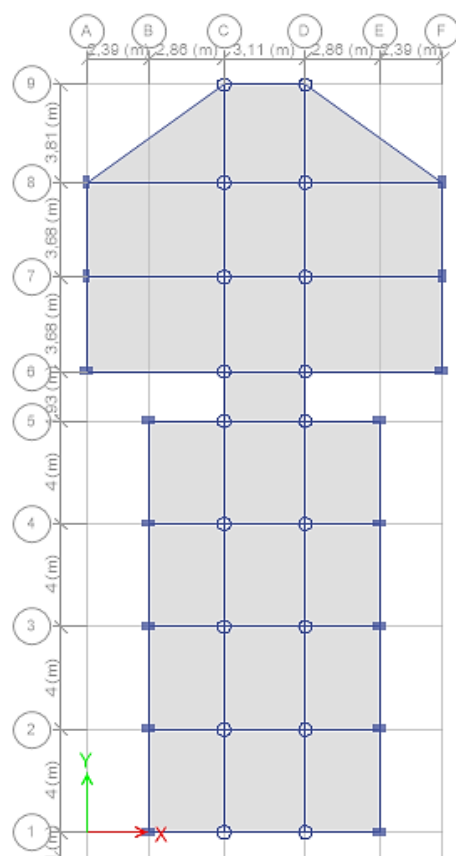


Ilustración 9-1. Modelo en ETABS de la sección 1 de la estructura.
Fuente: Autores.

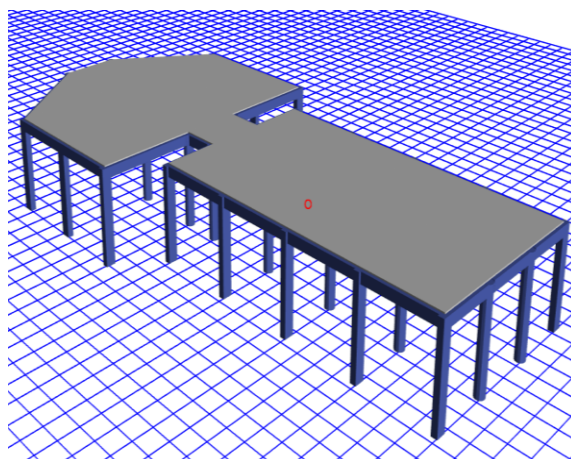


Ilustración 9-2. Modelo en ETABS de la sección 1 de la estructura.
Fuente: Autores.

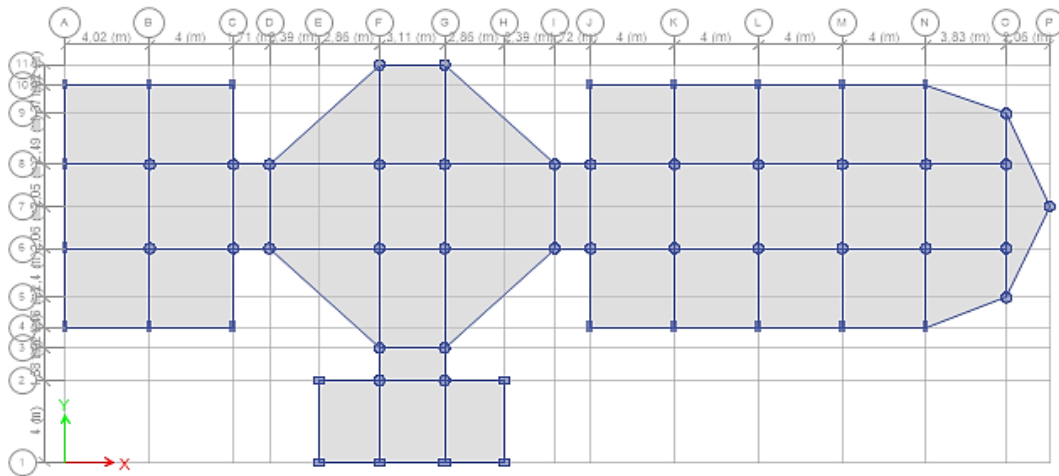


Ilustración 9-3. Modelo en ETABS de la sección 2 de la estructura.
Fuente: Autores.

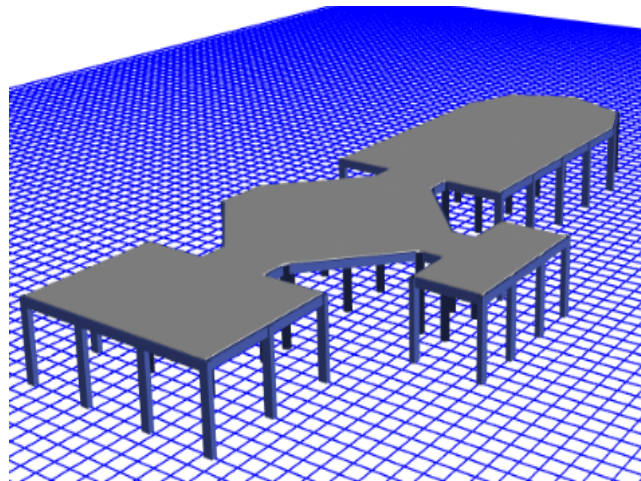


Ilustración 9-4. Modelo en ETABS de la sección 2 de la estructura.
Fuente: Autores.

9.3. DISEÑO DE VIGAS

Las vigas propuestas para la biblioteca son de 30cm de ancho y 40cm de altura, para el diseño de las vigas tanto en la sección 1 como en la sección 2 de la estructura, se extrajo del modelo de ETABS los momentos actuantes, las fuerzas de torsión y fuerzas de cortante a los que estaban sometidas cada viga (ver ANEXO C y *memoria de cálculo de biblioteca*). Además, se tuvo en cuenta la viga con mayores solicitudes (mayor luz, mayores momentos, mayores fuerzas de cortantes y torsión) como base para el diseño.

La verificación a cortante y a torsión de la viga tuvo en cuenta los parámetros establecidos en el capítulo C.11 del título C del reglamento colombiano NSR-10.

9.3.1 Diseño de vigas

9.3.1.1 Diseño vigas

Para el diseño de se consideró la viga con mayores solicitudes, estos datos se presentan en la Tabla 9-27, además se resolvió que el diseño estipulado cumplía para las vigas aéreas en la sección 1 y la sección 2, por lo cual se determinó que el diseño sería el mismo para las vigas en ambas secciones.

Tabla 9-27. Valores de diseño de vigas,

DATOS GENERALES DE DISEÑO, VIGAS		
Dato	Valor	Unidad
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420	MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	28	MPa
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420000	KPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	28000	KPa
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)	0,06	m
Ancho de la viga	0,3	m
Altura de la viga	0,4	m
Longitud de la viga	5,25	m
Momento (+), modelo en ETABS	13,35	KN*m
Momento (-), modelo en ETABS	18,12	KN*m
Cortante +, modelo en ETABS	21,54	KN
Cortante -, modelo en ETABS	21,54	KN
β (NSR-10, C.10.2.7.3)	0,85	
ϕ (NSR-10, C.9.3.2.3)	0,9	
Altura efectiva, d	0,34	m

Fuente: Autores.

Se selecciona la cuantía de diseño para el refuerzo inferior de la viga:

Tabla 9-28. Cuantía para diseño del refuerzo inferior en las vigas

CUANTIA PARA REFUERZO (INFERIOR)	
ρ_{req}	0,0010
ρ_{max}	0,0283
ρ_{min}	0,0033
$\rho_{elegida}$	0,0033

Fuente: Autores.

Selección del acero de refuerzo inferior para las vigas:

Tabla 9-29. Refuerzo inferior en las vigas

REFUERZO INFERIOR DE LA VIGA				
As (requerida) (cm²)	#Barra	Cantidad Barras	Área Barras (cm²)	CUMPLE/NO CUMPLE
3,40	6	2	5,70	El refuerzo cumple
	4	1	1,27	
Área de acero refuerzo superior, A_{st1}			6,97	

Fuente: Autores.

Se selecciona la cuantía de diseño para el refuerzo superior de la viga:

Tabla 9-30. Cuantía para diseño del refuerzo superior en las vigas:

CUANTIA PARA REFUERZO (SUPERIOR)	
ρ_{req}	0,0014
ρ_{max}	0,0283
ρ_{min}	0,0033
$\rho_{elegida}$	0,0033

Fuente: Autores.

Selección del acero de refuerzo superior para las vigas:

Tabla 9-31. Refuerzo superior en las vigas:

REFUERZO SUPERIOR DE LA VIGA				
As (requerida) (cm ²)	#Barra	Cantidad Barras	Área Barras (cm ²)	CUMPLE/NO CUMPLE
3,40	6	2	5,70	El refuerzo cumple
	4	1	1,27	
Área de acero refuerzo superior, A_{st1}			6,97 cm ²	

Fuente: Autores.

En la Ilustración 9-5 se puede apreciar el detalle de la viga con el refuerzo longitudinal. Esto se puede observar con mayor detalle en el anexo *Planos estructurales – biblioteca*.

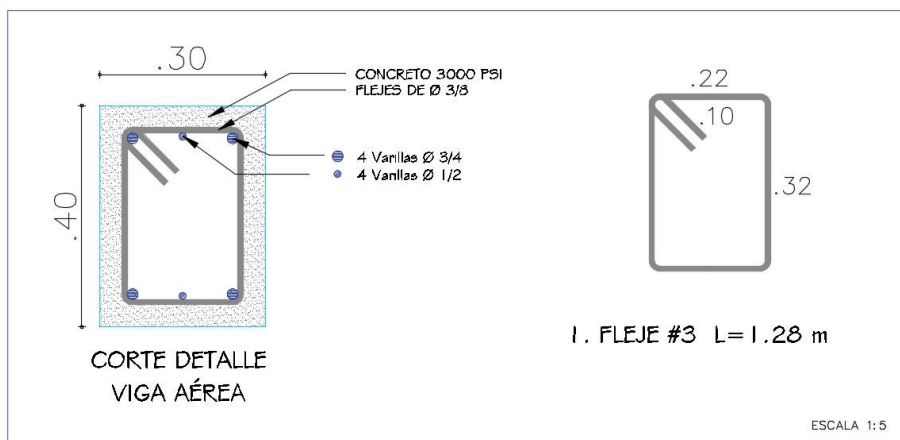


Ilustración 9-5. Detalle de viga aérea

Fuente: Autores.

9.3.1.2 Diseño para resistencia a la cortante de la viga:

Tabla 9-32. Diseño a cortante de las vigas

DISEÑO A CORTANTE				
Característica	Valor	Unidad	NSR-10	
Coefficiente de reducción, ϕ	0,75		C.9.3.2.3	
λ	1		C.8.6.1	
N° de estribo	3	Pulgadas		
Área estribo (cm ²)	0,71	cm ²		
Cantidad de ramas	2			
Resistencia última a la cortante, V_u	21,54	KN		
Resistencia a la cortante por el concreto, ϕV_c	68,82	KN	Ecuación C.11-3	

DISEÑO A CORTANTE			
Característica	Valor	Unidad	NSR-10
Resistencia a la cortante proporcionada por el acero ϕV_s	89,78	KN	Ecuación C.11-15
Resistencia a la cortante nominal, ϕV_n	158,60	KN	Ecuación C.11-2
Base de diseño a cortante $\phi V_n \geq V_u$	Se cumple		C.11.1.1

Fuente: Autores.

9.3.1.3 Diseño para resistencia a la torsión de la viga

Tabla 9-33. Diseño a torsión de las vigas

DISEÑO A TORSIÓN			
Dato	Valor	Unidad	
Coefficiente de reducción, ϕ	0,75		
T_{ud}	4,9123	KN*m	
V_c	91,7547	KN	
x	18,9525	cm	
y	30,2225	cm	
Área encerrada por el eje del refuerzo, A_{oh}	0,0573	m ²	
Perímetro del eje del refuerzo, P_h	0,9835	m	

Fuente: Autores.

Se verifica si deben considerarse los efectos de la torsión, teniendo en cuenta:

$$T_u < \phi 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad \text{Ecu. (1)}$$

Sección C.11.5.1. de la NSR-10

Se obtiene lo siguiente:

$$4,91 \text{ KN*m} > 3,388 \text{ KN*m}$$

Por lo tanto, se deben considerarse los efectos de la torsión, así que para el refuerzo considerando los efectos de la torsión se debe tener en cuenta que el área de acero longitudinal mínimo será de 6,35 cm² (ver ecuación C.11-24 de la sección C.11.5.5.3 del Título C de la NSR-10) y la separación entre estribos no será mayor a 12cm (teniendo en cuenta la sección C.11.5.6. del Título C de la NSR-10).

Se verifica si la sección de la viga es suficiente, teniendo en cuenta la Ecuación C.11-18, Sección C.11.5.3.1 de la NSR-10:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0.66 \sqrt{f'_c} \right) \quad \text{Ecu. (2)}$$

Y se resuelve que la sección es suficiente:

$$1097,94 \text{ KN/m}^2 \leq 3293,96 \text{ KN/m}^2$$

Por lo tanto, se considera que las vigas tanto en el eje X y el eje Y de la sección 1 y de la sección 2 tendrán un acero longitudinal de cuatro barras de #6 y dos barras de #4, con un refuerzo transversal de estribos #3 separados en la zona confinada a 9cm y en la zona no confinada de la viga a 18cm. La separación entre estribos para la zona confinada se determina a partir de la sección C.21.5.3.2 de la NSR-10 y la separación entre estribos en la zona no confinada se establece con base en la sección C.11.4.5.1 de la NSR-10). En la Ilustración 9-6 se presenta la distribución del refuerzo transversal en una de las vigas de la estructura. El detalle de todas las vigas de la estructura se puede apreciar en el anexo *Plano estructural-biblioteca*.

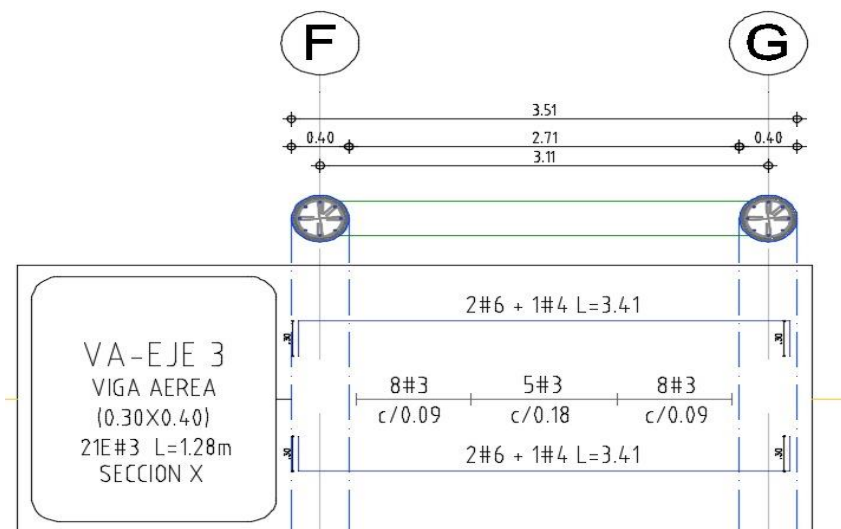


Ilustración 9-6. Presentación de distribución refuerzo transversal en la viga.
Fuente: Autores.

9.4. DISEÑO DE COLUMNAS

Dentro del proyecto se plantearon dos tipos de columnas, columnas circulares de 40cm de diámetro y columnas cuadradas de con dimensiones de 40x40cm en su sección, los diseños se realizaron a partir de la columna más cargada tanto en la sección 1 como en la sección 2, y se determina que el diseño planteado para las columnas circulares y cuadrada para la sección 1 cumplía también para la sección 2. Estos resultados se pueden apreciar en el anexo *memoria de cálculo – biblioteca*.

9.4.1 Diseño de columna circular

En la Tabla 9-34 se presentan los datos para el diseño de la columna circular.

Tabla 9-34. Valores para el diseño de columna circular

DATOS GENERALES DE DISEÑO COLUMNA CIRCULAR		
Característica	Valor	Unidades
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	28	MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	420	MPa
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	28000	KPa

DATOS GENERALES DE DISEÑO COLUMNA CIRCULAR			
Característica		Valor	Unidades
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c		420000	KPa
Dimensiones de la columna	Diámetro columna	40	cm
	Radio columna	20	cm
	L(m)	3,5	m
Recubrimiento, (NSR-10, C.7.7.1)		4	cm
Área de la sección de concreto, A_g		1256,64	cm ²
Coeficiente de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.2)		0,65	
Resistencia axial de diseño, P_n (NSR-10, Ecuación C.10-2)		2894,53	KN
Resistencia axial máxima de diseño, ϕP_n (NSR-10, C.10.3.6.)		1881,44	KN

Fuente: Autores.

Se determina un refuerzo longitudinal de ocho barras #5, lo cual genera un área de acero longitudinal de 15,83 cm² lo cual cumple con los requisitos en la sección C.10.3.6 del título C de la NSR-10. En la Ilustración 9-7 se observa el detalle del refuerzo longitudinal en la columna circular (para mayor apreciación ver anexo *Planos estructurales-biblioteca*).

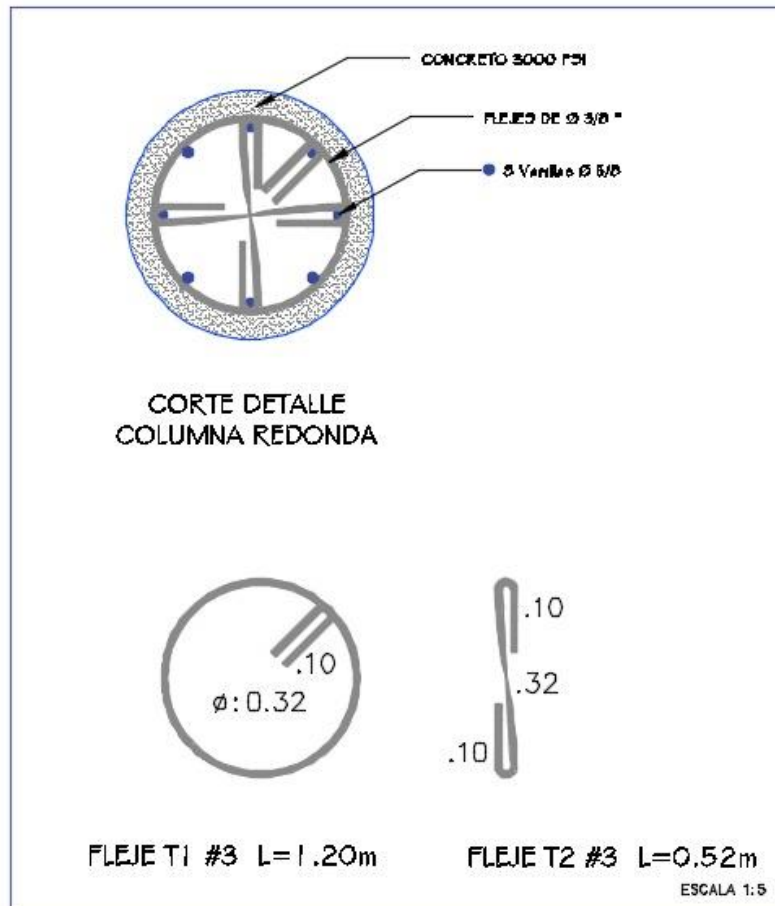


Ilustración 9-7. Detalle de la columna circular.
Fuente: Autores.

Para el diagrama de interacción, se toman los resultados arrojados por el modelo en ETABS:

Tabla 9-35. Reacciones para el diagrama de interacción de columna circular

REACCIONES-DIAGRAMA DE INTERACCIÓN - MODELO ETABS			
Mn (KN*m)	Pn (KN)	ϕMn (KN*m)	ϕPn (KN)
0,00	2871,11	0,00	1866,22
50,26	2871,11	32,67	1866,22
96,38	2831,81	62,65	1840,67
134,68	2373,31	87,54	1542,65
158,80	1826,19	103,22	1187,02
167,46	1213,79	108,85	788,96
154,35	755,20	117,01	572,51
123,75	297,07	111,38	267,36
80,65	-95,55	72,59	-85,99
26,26	-501,79	23,64	-451,61
0,00	-654,95	0,00	-589,45

Fuente: modelo de ETABS

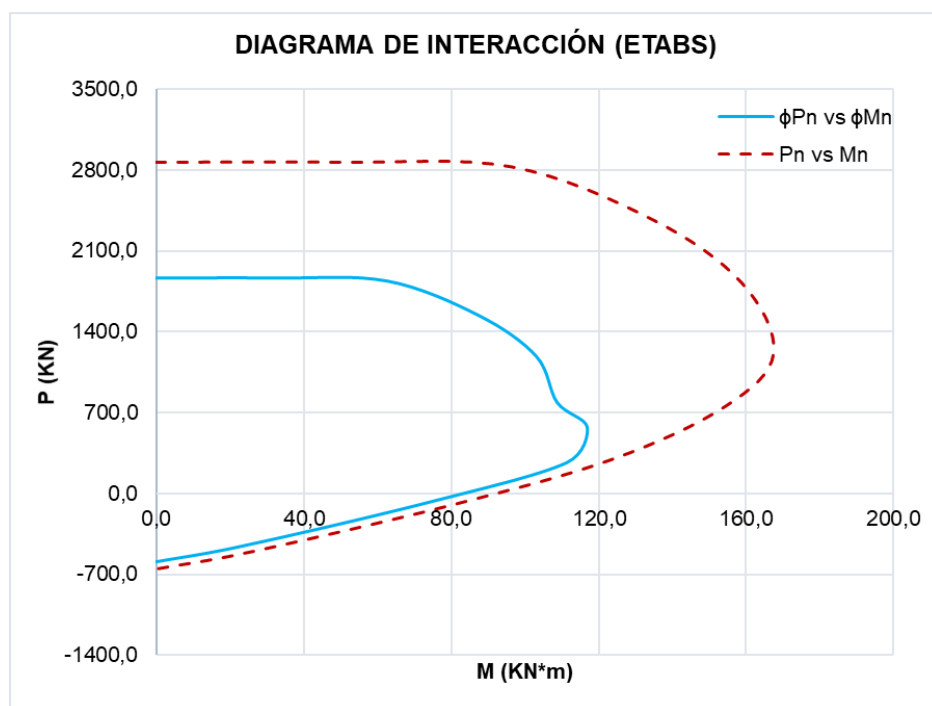


Ilustración 9-8. Diagrama de interacción para columnas circulares

Fuente: Autores.

Una vez determinado el diagrama de interacción de diseño planteado para la columna se evalúa el diseño contemplando las solicitaciones para las condiciones más críticas como se presenta a continuación:

Tabla 9-36. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión.

SOLICITACIONES PARA CONDICIONES CRÍTICAS		
Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
1,4D	-137,84	2,07
1,2D+1,6L+0,5Lr	-126,23	1,63
1,2D+1,0L+0,5Lr	-144,01	1,31

SOLICITACIONES PARA CONDICIONES CRÍTICAS

Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
1,2D+1,6Lr+1,0L	-126,23	1,63
1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey	-102,54	44,29
1,2D+1,0L+1,0Ex-0,3Ey	-102,54	44,29
1,2D+1,0L-1,0Ex+0,3Ey	-102,54	44,29
1,2D+1,0L-1,0Ex-0,3Ey	-102,54	44,29
1,2D+1,0L+1,0Ey+0,3Ex	-102,32	25,18
1,2D+1,0L+1,0Ey-0,3Ex	-102,32	25,18
1,2D+1,0L-1,0Ey+0,3Ex	-102,32	25,18
1,2D+1,0L-1,0Ey-0,3Ex	-102,32	25,18
0,9D	-88,61	1,33
0,9D+1,0Ex+0,3Ey	-73,00	43,85
0,9D+1,0Ex-0,3Ey	-73,00	43,85
0,9D-1,0Ex+0,3Ey	-73,00	43,85
0,9D-1,0Ex-0,3Ey	-73,00	43,85
0,9D+1,0Ey+0,3Ex	-72,78	24,74
0,9D+1,0Ey-0,3Ex	-72,78	24,74
0,9D-1,0Ey+0,3Ex	-72,78	24,74
0,9D-1,0Ey-0,3Ex	-72,78	24,74

Fuente: Tomado del módulo de ETABS de la columna más representativa

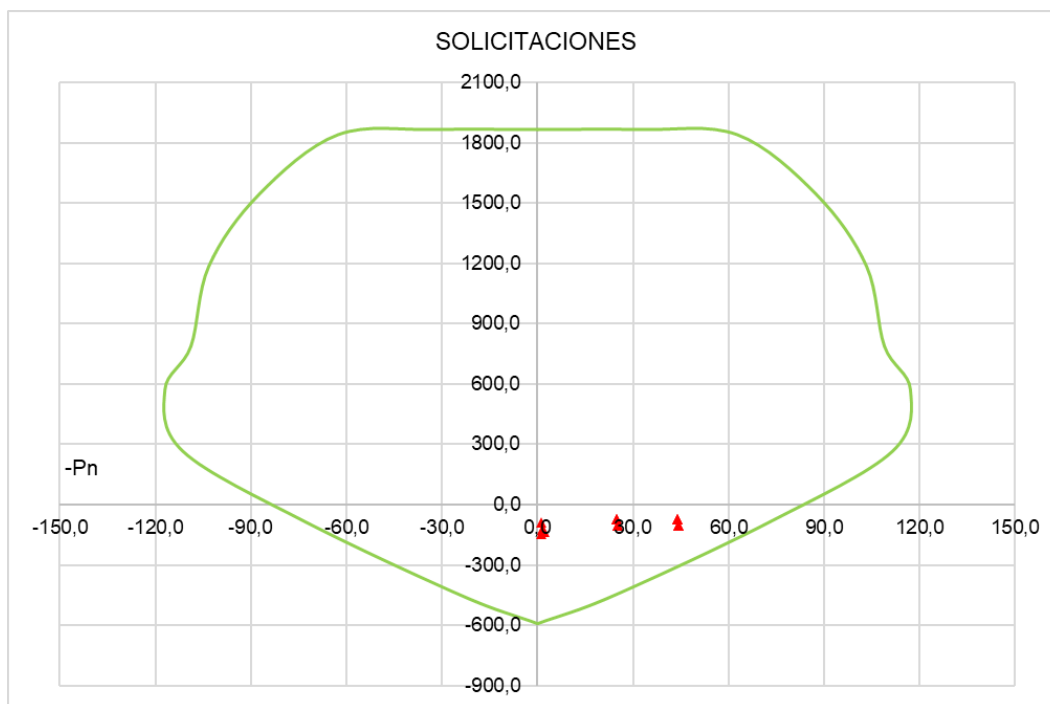


Ilustración 9-9. Diagrama de evaluación de solicitaciones.

Fuente: Autores.

A partir del diagrama de interacción obtenido, al evaluar las solicitaciones que se presentan en la columna se determina que estas se pueden soportar (ver Ilustración 9-6), por lo tanto, el diseño de la columna es adecuado.

9.4.1.1 Acero de refuerzo transversal columna circular

El acero de refuerzo transversal empleado para la columna corresponde a estribos #3. La separación entre estribos para la longitud de confinamiento se determina a partir de la sección C.21.6.4.3 de la NSR-10, estos resultados se observan en la Tabla 9-37; la separación de estribos para la longitud no confinada se establece con base en la sección C.21.5.2.3 de la NSR-10 estos datos se presentan en la Tabla 9-38 y la longitud de confinamiento de la columna se obtiene considerando la sección C.21.6.4.1 de la NSR-10 (ver Tabla 9-39)

Tabla 9-37. Separación de estribos en la longitud de confinamiento

SEPARACIÓN DE ESTRIBOS (So) - LONGITUD CONFINADA		
Separación máxima (NSR-10, C.21.6.4.3)	Valor	Unidad
$S_{om\acute{a}x} \leq b/4, h/4$	10	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 6*\phi_{refuerzo.longitudinal}$	10	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 100+((350-hx)/3), (NSR-10, C.21.5)$	17	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 15$	15	cm

Nota: Se selecciona como separación de estribos la separación de menor valor.

Fuente: Autores.

Tabla 9-38. Separación de estribos en la longitud no confinada

SEPARACIÓN DE ESTRIBOS-LONGITUD NO CONFINADA		
Separación máxima (Sección C.21.5.2.3)	Valor	Unidad
$S_{m\acute{a}x} \leq d/2$	20	cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 2S_o$	20	cm

Nota: Se selecciona como separación de estribos la separación de menor valor.

Fuente: Autores.

Tabla 9-39. Longitud de confinamiento

LONGITUD DE CONFINAMIENTO (NSR-10, C.21.6.4.1)		
Longitud mínima	Valor	Unidad
$L_o \geq \text{Mayor dimensión en las secciones}$	40	cm
$L_o \geq L/6$	58	cm
$L_o \geq 45$	45	cm

Nota: Se selecciona como longitud de confinamiento la longitud de mayor valor.

Fuente: Autores.

Se hace la verificación del área de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento teniendo en cuenta la ecuación C.21-7 y la ecuación C.21-8 de la sección C.21.6.4.4 de la NSR-10.

$$A_{sh} \geq 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_y} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad \text{Ecu. (3)}$$

$$A_{sh} \geq 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_y} \quad \text{Ecu. (4)}$$

Donde:

- A_{sh} es el área de la sección transversal del refuerzo de estribos de confinamiento, en mm^2
- S es la separación entre estribos en la longitud confinada, en mm.
- b_c es la sección de la columna de menor dimensión en mm.
- f_y es la resistencia específica a la fluencia del refuerzo en MPa.
- f'_c es la Resistencia específica a la compresión del concreto en Mpa.
- A_g es el área de la sección del concreto, en cm^2 .
- A_{ch} es el área resultante al restar el recubrimiento a las dimensiones de la sección de la columna, en cm^2

Teniendo en cuenta que el área de un ramal de un estribo #3 es de $70mm^2$, en el diseño se contempla el uso de dos ramales, por lo cual el A_{sh} es de $140mm^2$, y se procede a verificar si cumple con lo dispuesto anteriormente:

$$140 \text{ mm}^2 \geq 337,5mm^2$$

$$140 \text{ mm}^2 \geq 180mm^2$$

Se identifica que no se cumple la verificación por lo cual se procede a aumentar el número de ramales de estribos, y a disminuir la separación entre estribos, por lo cual se tendrán cuatro ramales de estribos y una separación entre estribos en la zona confinada de 7cm. Al ejercer los cambios anteriores se obtiene:

$$280 \text{ mm}^2 \geq 236,25mm^2$$

$$280mm^2 \geq 126mm^2$$

Con el aumento de los ramales de estribos y la disminución en la separación de los estribos se logra cumplir la verificación.

Con respecto al refuerzo transversal, teniendo en cuenta las consideraciones en la sección C.21.6.4.3, la sección C.21.5.2.3 y la sección C.21.6.4.4 del título C de la NSR-10 se estipula un refuerzo con cuatro ramas de estribos #3 separados a 7cm en la longitud de confinamiento de la columna (60cm) y separados a 14cm en la longitud sin confinamiento de la columna (230cm).

Al igual que la verificación de la columna por flexo-compresión se realiza la verificación de la columna por esbeltez siguiendo los parámetros en la sección C.10.10 de la NSR-10 y se comprueba que cumple la verificación y que se pueden ignorar los efectos de la esbeltez (ver Tabla 9-40). Los cálculos que demuestran este resultado se pueden observar en el anexo *memoria de cálculo – biblioteca*.

Tabla 9-40. Verificación por esbeltez de la columna circular

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ (NSR-10, C.10.10.1)		
Dato	Valor	Verificación
Tipo de columna	Circular	
Lu (cm)	350	
k	0,5	
r (NSR-10, C.10.10.1.2)	10	$\frac{k\ell_u}{r} \leq 22$
Esbeltez ($k*Lu/r$)	18	Ecuación C.10-6
Resultado:	Se pueden ignorar los efectos de la esbeltez, se cumple la verificación.	

Fuente: Autores.

9.4.2 Diseño columna cuadrada

En la Tabla 9-41 se presentan los datos para el diseño de la columna cuadrada.

Tabla 9-41. Valores para el diseño de columna cuadrada

DATOS GENERALES DE DISEÑO COLUMNA CIRCULAR, SECCIÓN 1			
Característica		Valor	Unidades
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, fy		28	MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'c		420	MPa
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, fy		28000	KPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'c		420000	KPa
Dimensiones de la columna	Ancho sección, b	40	cm
	Altura sección, h	40	cm
	Longitud, L	3,7	m
Recubrimiento, (NSR-10, C.7.7.1)		4	cm
Área de la sección de concreto, Ag		1600,00	cm ²
Coeficiente de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.2)		0,65	
Resistencia axial de diseño, Pn (NSR-10, Ecuación C.10-2)		3345,35	KN
Resistencia axial máxima de diseño, ϕPn (NSR-10, C.10.3.6.)		2174,48	KN

Fuente: Autores.

Se determina un refuerzo longitudinal de cuatro barras de #6 y cuatro barras #4, lo cual genera un área de acero longitudinal de 16.47cm² lo cual cumple con los requisitos en la sección C.10.3.6 del título C de la NSR-10.

Para el diagrama de interacción, se toman los resultados arrojados en el anexo *Memorias de cálculo-biblioteca* donde se tiene como guía la plantilla de cálculo de diagramas de interacción creada por Camilo Meléndez, y se hace una comparación con los resultados del modelo de ETABS. Se hace la verificación del diseño tanto en eje X como en el Y.

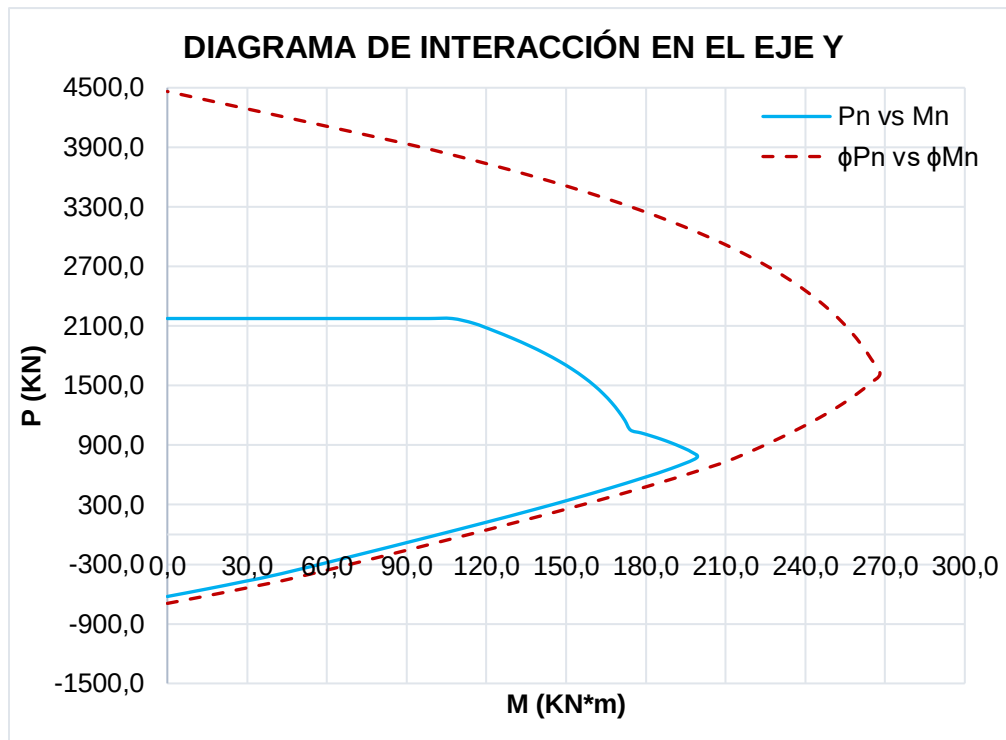


Ilustración 9-10. Diagrama de interacción para columnas cuadradas en el eje Y.
Fuente: Autores.

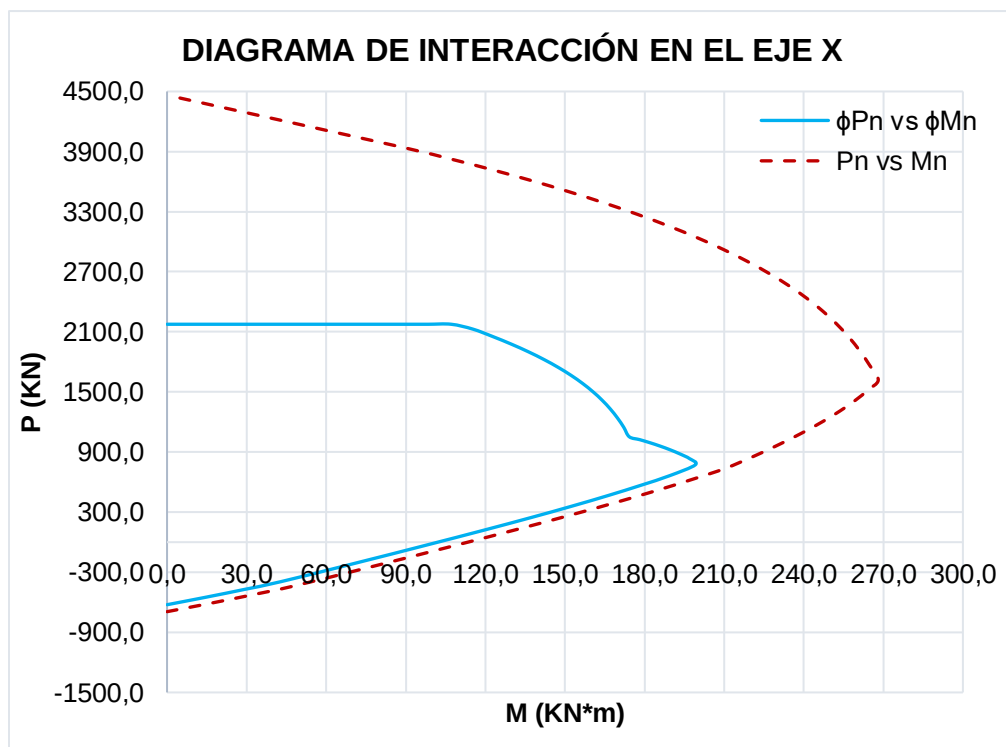


Ilustración 9-11. Diagrama de interacción para columnas cuadradas en el eje X.
Fuente: Autores.

Una vez determinado el diagrama de interacción del diseño planteado para la columna representativa se evalúa el diseño contemplando las solicitaciones para las condiciones más críticas en el eje X y en el eje Y como se presenta a continuación:

Tabla 9-42. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión en el eje Y

SOLICITACIONES PARA CONDICIONES CRÍTICAS, EJE Y		
Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
1,4D	-184,89	16,39
1,2D+1,6L+0,5Lr	-160,02	14,23
1,2D+1,0L+0,5Lr	-163,42	14,63
1,2D+1,6Lr+1,0L	-160,02	14,23
1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey	-141,28	74,29
1,2D+1,0L+1,0Ex-0,3Ey	-141,28	74,29
1,2D+1,0L-1,0Ex+0,3Ey	-141,28	74,29
1,2D+1,0L-1,0Ex-0,3Ey	-141,28	74,29
1,2D+1,0L+1,0Ey+0,3Ex	-141,40	47,21
1,2D+1,0L+1,0Ey-0,3Ex	-141,40	47,21
1,2D+1,0L-1,0Ey+0,3Ex	-141,40	47,21
1,2D+1,0L-1,0Ey-0,3Ex	-141,40	47,21
0,9D	-118,86	10,54
0,9D+1,0Ex+0,3Ey	-101,66	70,78
0,9D+1,0Ex-0,3Ey	-101,66	70,78
0,9D-1,0Ex+0,3Ey	-101,66	70,78
0,9D-1,0Ex-0,3Ey	-101,66	70,78
0,9D+1,0Ey+0,3Ex	-101,78	43,70
0,9D+1,0Ey-0,3Ex	-101,78	43,70
0,9D-1,0Ey+0,3Ex	-101,78	43,70
0,9D-1,0Ey-0,3Ex	-101,78	43,70

Fuente: Tomado del módulo de ETABS de la columna más representativa

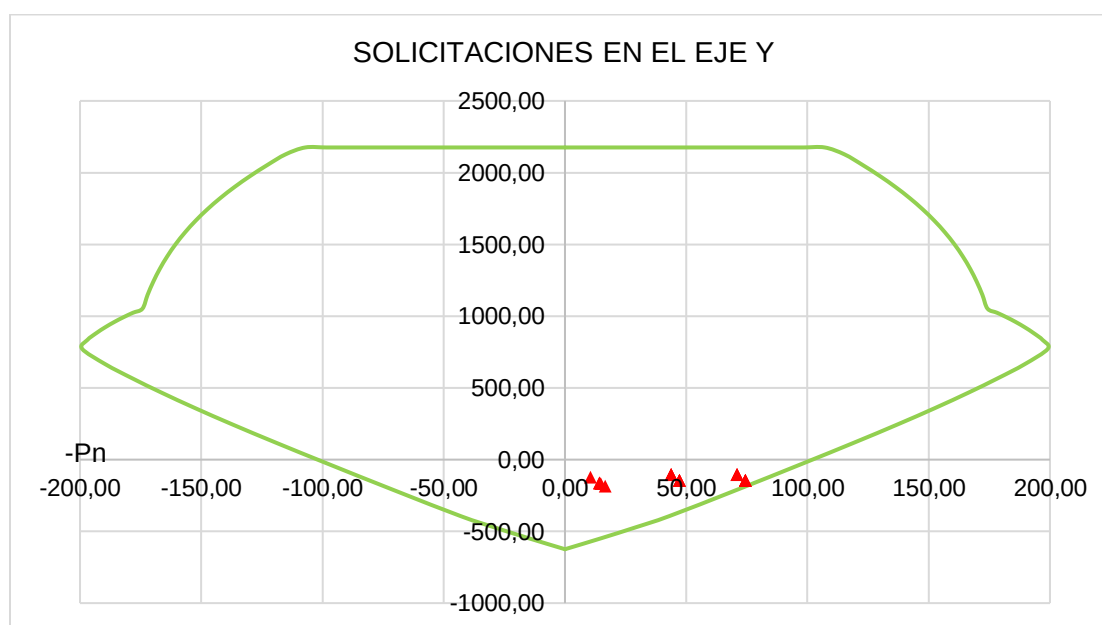


Ilustración 9-12. Diagrama de evaluación de solicitaciones en el eje Y
Fuente: Autores.

Tabla 9-43. Condiciones críticas para el diseño a flexo-compresión en el eje X

SOLICITACIONES PARA CONDICIONES CRÍTICAS, EJE X		
Combo/Combinación	Pu (KN)	Mu (KN*m)
1,4D	-184,89	1,90
1,2D+1,6L+0,5Lr	-160,02	1,64
1,2D+1,0L+0,5Lr	-163,42	1,65
1,2D+1,6Lr+1,0L	-160,02	1,64
1,2D+1,0L+1,0Ex+0,3Ey	-141,28	34,71
1,2D+1,0L+1,0Ex-0,3Ey	-141,28	34,71
1,2D+1,0L-1,0Ex+0,3Ey	-141,28	34,71
1,2D+1,0L-1,0Ex-0,3Ey	-141,28	34,71
1,2D+1,0L+1,0Ey+0,3Ex	-141,40	50,21
1,2D+1,0L+1,0Ey-0,3Ex	-141,40	50,21
1,2D+1,0L-1,0Ey+0,3Ex	-141,40	50,21
1,2D+1,0L-1,0Ey-0,3Ex	-141,40	50,21
0,9D	-118,86	1,22
0,9D+1,0Ex+0,3Ey	-101,66	34,31
0,9D+1,0Ex-0,3Ey	-101,66	34,31
0,9D-1,0Ex+0,3Ey	-101,66	34,31
0,9D-1,0Ex-0,3Ey	-101,66	34,31
0,9D+1,0Ey+0,3Ex	-101,78	49,81
0,9D+1,0Ey-0,3Ex	-101,78	49,81
0,9D-1,0Ey+0,3Ex	-101,78	49,81
0,9D-1,0Ey-0,3Ex	-101,78	49,81

Fuente: Tomado del módulo de ETABS de la columna más representativa

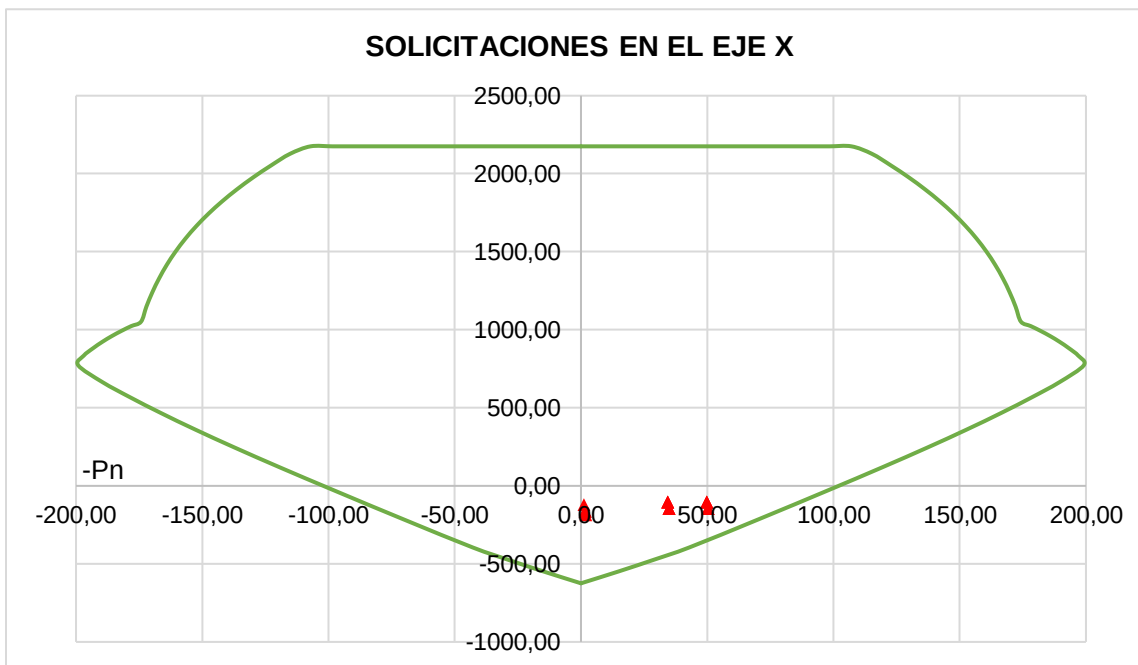


Ilustración 9-13. Diagrama de evaluación de solicitaciones en el eje X

Fuente: Autores.

A partir del diagrama de interacción obtenido, al evaluar las solicitaciones que se presentan en la columna se determina que estas se pueden soportar (ver Ilustración 9-9 e Ilustración 9-10), por lo tanto, el diseño de la columna es adecuado.

9.4.2.1 Acero de refuerzo transversal columna cuadrada

El acero de refuerzo transversal empleado para la columna corresponde a estribos #3. La separación entre estribos para la longitud de confinamiento se determina a partir de la sección C.21.6.4.3 de la NSR-10, estos resultados se observan en la Tabla 9-44; la separación de estribos para la longitud no confinada se establece con base en la sección C.21.5.2.3 de la NSR-10 estos datos se presentan en la Tabla 9-45 y la longitud de confinamiento de la columna se obtiene considerando la sección C.21.6.4.1 de la NSR-10 (ver Tabla 9-46).

Tabla 9-44. Separación de estribos en la longitud de confinamiento

SEPARACIÓN DE ESTRIBOS (So) - LONGITUD CONFINADA		
Separación máxima (NSR-10, C.21.6.4.3)	Valor	Unidad
$S_{om\acute{a}x} \leq b/4, h/4$	10	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 6*\phi_{refuerzo.longitudinal}$	9	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 100+((350-hx)/3), (NSR-10, C.21.5)$	17	cm
$S_{om\acute{a}x} \leq 15$	15	cm

Nota: Se selecciona como separación de estribos la separación de menor valor.

Fuente: Autores.

Tabla 9-45. Separación de estribos en la longitud no confinada

SEPARACIÓN DE ESTRIBOS-LONGITUD NO CONFINADA		
Separación máxima (Sección C.21.5.2.3)	Valor	Unidad
$S_{m\acute{a}x} \leq d/2$	20	cm
$S_{m\acute{a}x} \leq 2S_o$	18	cm

Nota: Se selecciona como separación de estribos la separación de menor valor.

Fuente: Autores.

Tabla 9-46. Longitud de confinamiento

LONGITUD DE CONFINAMIENTO (NSR-10, C.21.6.4.1)		
Longitud mínima	Valor	Unidad
$L_o \geq \text{Mayor dimensión en las secciones}$	40	cm
$L_o \geq L/6$	58	cm
$L_o \geq 45$	45	cm

Nota: Se selecciona como longitud de confinamiento la longitud de mayor valor.

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta que el área de un ramal de un estribo #3 es de 70mm², en el diseño se contempla el uso de dos ramales, por lo cual el A_{sh} es de 140mm², y se procede a verificar si cumple con lo dispuesto anteriormente:

$$140 \text{ mm}^2 \geq 303,75 \text{ mm}^2$$

$$140 \text{ mm}^2 \geq 162 \text{ mm}^2$$

Se identifica que no se cumple la verificación por lo cual se procede a aumentar el número de ramales de estribos, y a disminuir la separación entre estribos, por lo

cual se tendrán cuatro ramales de estribos y una separación entre estribos en la zona confinada de 7cm. Al ejercer los cambios anteriores se obtiene:

$$280 \text{ mm}^2 \geq 236,25 \text{ mm}^2$$

$$280 \text{ mm}^2 \geq 126 \text{ mm}^2$$

Con el aumento de los ramales de estribos y la disminución en la separación de los estribos se logra cumplir la verificación.

Con respecto al refuerzo transversal, teniendo en cuenta las consideraciones en la sección C.21.6.4.3, la sección C.21.5.2.3, la sección C.21.6.4.1 y la sección C.21.6.4.4 del título C de la NSR-10 se estipula un refuerzo con estribos de #3 separados a 7cm en la longitud de confinamiento de la columna (60cm) y separados a 14cm en la longitud sin confinamiento de la columna (230cm) (para el detalle estructural de la columna ver anexo *Planos estructurales-biblioteca*).

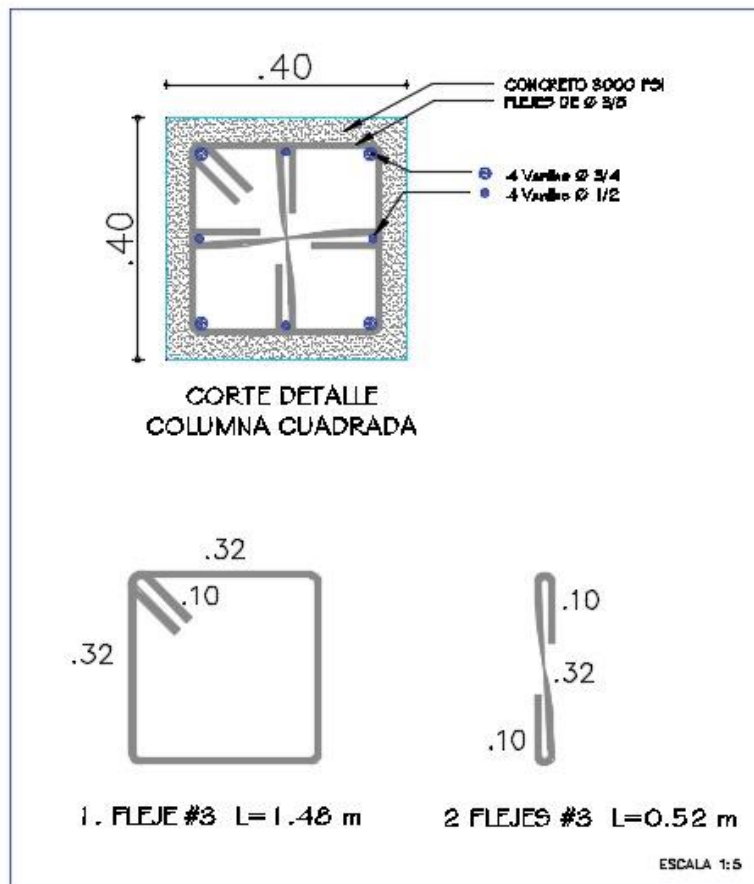


Ilustración 9-14. Detalle de la columna cuadrada.
Fuente: Autores.

Al igual que la verificación de la columna por flexo-compresión se realiza la verificación de la columna por esbeltez siguiendo los parámetros en la sección

C.10.10 de la NSR-10 y se comprueba que cumple la verificación y que se pueden ignorar los efectos de la esbeltez (ver Tabla 9-47). Los cálculos que demuestran este resultado se pueden observar en el anexo *memoria de cálculo – biblioteca*.

Tabla 9-47. Verificación por esbeltez de la columna cuadrada

VERIFICACIÓN DE ESBELTEZ (NSR-10, C.10.10.1)		
Dato		Valor
Tipo de columna		Rectangular
Lu (cm)		350
k		0,5
Verificación en X	r_x (NSR-10, C.10.10.1.2)	12
	Esbeltez-x ($k*Lu/r$)	15
Resultado:	Se pueden ignorar los efectos de la esbeltez en el eje x, se cumple la verificación.	
Verificación en Y	r_y (NSR-10, C.10.10.1.2)	12
	Esbeltez-y ($k*Lu/r$)	15
Resultado:	Se pueden ignorar los efectos de la esbeltez en el eje y, se cumple la verificación.	

Fuente: Autores.

9.5. DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Para el proyecto se determinó que se tendrían zapatas aisladas cuadradas y rectangulares, el diseño de estas se determinó a partir de la columna más cargada cuadrada y la columna más cargada circular tanto en la sección 1, como en la sección 2, dado que el procedimiento de diseño es el mismo para todas, se plantea a continuación el procedimiento ejecutado para una de las zapatas (para el detalle de los resultados obtenidos para cada zapata ver el anexo *memoria de cálculo cimentación – biblioteca*).

En la Tabla 9-48 se presentan los datos generales a considerar para el diseño de las zapatas aisladas, donde el peso unitario del suelo (γ_s) es tomado a partir del peso unitario seco para algunos suelos en estado natural determinado en la página 55 del libro "Fundamentos de ingeniería Geotécnica (cuarta edición)" de Braja M. Das y de la página 28 de la guía de "Geología para ingenieros" de Sergio Navarro; los momentos, la carga muerta y la carga viva se obtienen del modelo de ETABS y la capacidad de carga admisible del suelo se determina a partir del estudio de suelos empleado como referencia (Informe final estudios de suelos, Proyecto de urbanización La Madrid, Villavicencio-Meta realizado en el año 2010 por INGEGAR).

Tabla 9-48. Datos generales de diseño de la zapata aislada.

DATOS GENERALES DE DISEÑO DE ZAPATA AISLADA		
Dato	Valor	Unidad
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420	MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	28	MPa
Capacidad de carga admisible del suelo, σ_{adm}	120,62	KN/m ²
Peso específico del concreto, γ_c	24	KN/m ³
Peso unitario del suelo, γ_s	18	KN/m ³
Carga muerta, D	163,3777	KN

DATOS GENERALES DE DISEÑO DE ZAPATA AISLADA			
Dato		Valor	Unidad
Carga Viva, L		4,1731	KN
Momentos en X	D	0,465	KN*m
	L	-0,0022	KN*m
Momentos en Y	D	10,785	KN*m
	L	0,318	KN*m
Profundidad de cimentación, Df		1	m
Factor de modificación, ϕ_e (NSR-10, C.12.5.2)		1	
Factor de modificación, λ (NSR-10, C.12.5.2)		1	
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)		7,5	cm

Fuente: Autores.

Las zapatas en las que se sitúan columnas cuadradas se les supone una altura de 60cm con acero de refuerzo de #6 y las zapatas en las que se sitúan columnas circulares se les supone una altura de 50cm y refuerzo de acero de #5. Con referencia a las cargas de diseño se toman los resultados del modelo de ETABS de la columna más cargada en cada sección.

Antes del dimensionamiento de la zapata se verifica la resistencia al aplastamiento, se evalúa que la carga transmitida a la cimentación no presente una falla por presión de contacto, para esto se debe cumplir lo estipulado en la sección C.10.14.1 del TITULO C de la NSR-10, donde se indica que la fuerza actuante debe ser menor a la fuerza resistente. Por lo tanto, para esta verificación se tiene que:

$$P_u \leq \phi 0,85 f'_c A_1 \quad \text{Ecu. (5)}$$

Donde:

- ϕ , es el coeficiente de reducción, ϕ : 0.65 (tomado de la sección C.9.3.2.4 de la NSR-10).
- A_1 es el área de columna en m²: en este caso es de 0,16m².

Y se obtiene:

$$202,73 \text{ KN} \leq 2475,2 \text{ KN}$$

Por lo tanto, se define que se cumple la verificación por presión de contacto de forma que no se hace necesario emplear un pedestal.

9.5.1 Dimensionamiento de la sección de la zapata

Una vez determinada la resistencia al aplastamiento se procede a determinar las dimensiones de la zapata, se tiene en cuenta lo estipulado en la sección C.22.7.2 del título C de la NSR-10, por lo cual el área de la zapata se calcula a partir de la relación de las cargas de servicio (ver

Tabla 9-49) y el esfuerzo disponible (q_e). Las dimensiones para la zapata se presentan en la Tabla 9-50.

Tabla 9-49. Cargas en la zapata

CALCULO DE CARGAS			
Dato		Valor	Unidad
	Ps	167,5508	KN
Cargas de servicio	Ms(x)	0,4628	KN*m
	Ms(y)	11,103	KN*m
	Pu	202,7302	KN
Cargas mayoradas	Mu(x)	0,7	KN*m
	Mu(y)	15,099	KN*m

Fuente: Autores.

Tabla 9-50. Presentación de datos para dimensionamiento de la zapata

DIMENSIONES DE LA ZAPATA		
Dato	Valor	unidad
Longitud de desarrollo, L _d , (NSR-10, C.12.5.2)	36,29	cm
Altura zapata, H	60	cm
Altura efectiva, d	52	cm
Esfuerzo disponible, q _e	95,42	KN/m ²
Área de la zapata (NSR-10, C.22.7.2)	1,8	m ²
Largo, L	1,3	m
Ancho, B	1,3	m

Fuente: Autores.

9.5.1.1 Verificación por punzonamiento o cortante bidireccional (NSR-10, C.11.11.2)

Se debe verificar que la zapata no falle por punzonamiento, es decir no presente una falla piramidal generada por la carga vertical trasferida por la columna, para esto se determina un área critica perpendicular a analizar, localizada a d/2 de la cara de la columna.

Como primero se analiza la zapata con flexión uniaxial para determinar los esfuerzos máximos y mínimos en la zapata considerando dos criterios, cuando la excentricidad de aplicación de la carga es menor a 1/6 del ancho de la zapata ($e \leq L/6$), lo que indica se presenta compresión bajo toda el área de la zapata; y cuando la excentricidad de aplicación de la carga es mayor a 1/6 del ancho de la zapata ($e \geq L/6$) lo cual indica que una parte de la zapata está exenta de esfuerzos, lo cual no es considerado lo ideal pues puede ocasionar el vuelco de la estructura. Por lo anterior se considera pertinente contemplar el diseño de la zapata cuando $e \leq L/6$, dado que el suelo soporta esfuerzos a compresión. Atendiendo a lo anterior se galla el valor de la excentricidad tanto en el eje X como en el eje Y de la zapata:

$$e_x = \frac{M_{u(x)}}{P_u} = \frac{0,7 \text{ KN} * m}{202,73 \text{ KN}} = 0,003 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{u(y)}}{P_u} = \frac{15,09 \text{ KN} * m}{202,73 \text{ KN}} = 0,074 \text{ m}$$

Dado que tanto el largo y el ancho de la zapata es el mismo, el valor de L será de 1,3m, por lo cual L/6 es de 0,22m, lo cual define que se trabaja a compresión bajo toda el área de la zapata.

Una vez establecido que presenta compresión bajo toda el área de la zapata se determinan los esfuerzos presentes en las esquinas de la zapata por medio de la siguiente ecuación:

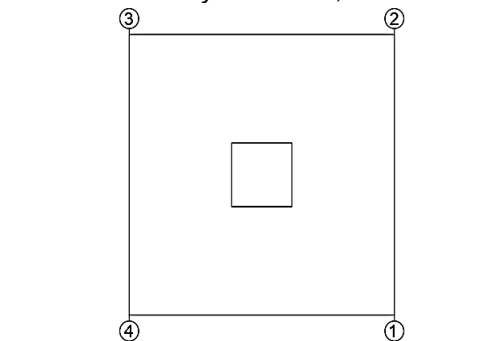
$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{6M_{u(x)}}{BL^2} \pm \frac{6M_{u(y)}}{LB^2} \quad \text{Ecu. (6)}$$

Fuente: Tomado del libro DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO I: UN ENFOQUE BÁSICO, pág. 232, de Jorge Olmedo Montoya.

Los resultados de los esfuerzos en las esquinas de la zapata se presentan en la Tabla 9-51.

Tabla 9-51. Esfuerzos en las esquinas de la zapata

PRESIÓN DE CORTANTE MAYORADA			
q_u	Punto 1	156,07	KN/m ²
	Punto 2	78,20	KN/m ²
	Punto 3	74,84	KN/m ²
	Punto 4	152,71	KN/m ²
	Valor Mayor	156,07	KN/m ²



Fuente: Autores.

Posteriormente se analiza la zapata por flexión bidireccional y se determinan los esfuerzos dados en las esquinas de la sección crítica a analizar (NSR-10, sección C.11.11.1.2 del TITULO C), por medio de la ecuación:

$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{12M_{u(x)}\left(\frac{L_y}{2}\right)}{BL^3} \pm \frac{12M_{u(y)}\left(\frac{L_x}{2}\right)}{LB^3} \quad \text{Ecu. (7)}$$

Fuente: Tomado del libro DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO I: UN ENFOQUE BÁSICO, pág. 235, de Jorge Olmedo Montoya.

Teniendo en cuenta en la ecuación anterior que:

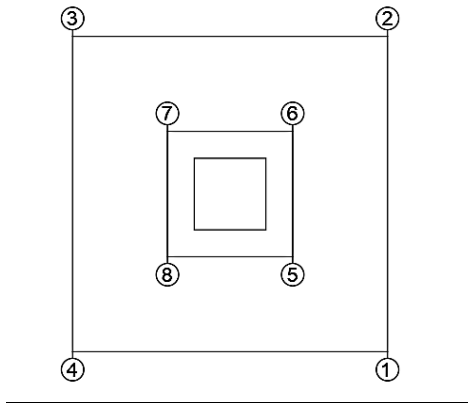
$$L_y = \frac{h}{2} + \frac{d}{2} \quad \text{Ecu. (8)}$$

$$L_x = \frac{b}{2} + \frac{d}{2} \quad \text{Ecu. (9)}$$

Los resultados de los esfuerzos en el área crítica de la zapata para la verificación por punzonamiento se presentan en la Tabla 9-52.

Tabla 9-52. Esfuerzos en el área crítica de la zapata

ESFUERZOS EN EL ÁREA CRÍTICA		
Dato	Valor	Unidad
Punto 5	143,65	KN/m ²
Punto 6	87,26	KN/m ²
q _u Punto 7	89,59	KN/m ²
Punto 8	141,32	KN/m ²
q _u .promedio	115,45	KN/m ²



Fuente: Autores.

Luego se determina la fuerza a cortante actuante en el área crítica por la siguiente ecuación:

$$V_u = P_u - q_{u.promedio}(h + d))(b + d) \quad \text{Ecu. (10)}$$

Fuente: Tomado del libro DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO I: UN ENFOQUE BÁSICO (pág. 248) de Jorge Olmedo Montoya. [17]

Se obtiene:

$$V_u \text{ (KN)} = 101,32$$

Según la sección C.11.11.2.1 del TITULO C de la NSR-10, se verifica que la fuerza cortante resistente sea mayor a la fuerza cortante actuante, $\phi V_c \geq V_u$, donde ϕV_c se solicita por tres verificaciones:

$$\phi V_c = \phi 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{Ecu. (11)}$$

$$\phi V_c = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{Ecu. (12)}$$

$$\phi V_c = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{Ecu. (13)}$$

Teniendo en cuenta que:

- B es el factor de forma (ver NSR-10, sección C.15.4.4.2).
- α_s es la constante de posición de la columna (ver NSR-10, sección C.11.11.2.2).
- b_o es el perímetro de la sección crítica dado por la expresión: $2(h+d) + 2(b+d)$.
- ϕ es el coeficiente de reducción (ver NSR-10, sección C.9.3.2.4).

Siguiendo lo requerido por la norma se hallan los valores de cortante resistente, ϕV_c , y se escoge el menor valor entre ellos como valor de verificación para el punzonamiento (ver Tabla 9-53).

Tabla 9-53. Valor de ϕV_c para verificación por punzonamiento.

VALORES DE ϕV_c		
Cortante resistente	Valor	Unidad
ϕV_c (1)	3873,13	KN
ϕV_c (2)	8201,17	KN
ϕV_c (3)	2506,14	KN
ϕV_c a verificar	2506,14	KN

Fuente: Autores.

El resultado obtenido es que $V_u \leq \phi V_c$ ($105,01\text{KN} \leq 2506,14\text{KN}$), por lo cual si se cumple la verificación por punzonamiento.

9.5.2 Verificación por cortante en una dirección

La verificación por cortante en una dirección se contempla a partir de la sección C.11.11.1.1 del TITULO C de la NSR-10, esta verificación es entendida como el análisis del comportamiento de la zapata como una viga, en donde su sección crítica se halla a una distancia d de la cara de la columna y se extiende en un plano a través del ancho de la zapata.

Para la verificación por cortante en una dirección se contempla que $\phi V_c \geq V_u$, donde la fuerza cortante resistente ϕV_c , como indica la sección C.11.2.1.1 de la NSR-10, se obtiene por la siguiente expresión:

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d \quad \text{Ecu. (14)}$$

9.5.2.1 Verificación unidireccional sentido L

Se establece la sección crítica en el sentido L y se determinan los esfuerzos de los dos nuevos puntos a considerar (9 y 12), estos esfuerzos se obtienen a partir de la expresión:

$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{12M_{u(x)}(L/2)}{BL^3} \pm \frac{12M_{u(y)}(b/2 + d)}{LB^3} \quad \text{Ecu. (15)}$$

Los esfuerzos obtenidos en la sección crítica en el sentido L de la zapata se presentan en la Tabla 9-54.

Tabla 9-54. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido L

ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO L			
	Dato	Valor	Unidad
q_u	Punto 1	156,068	KN/m ²
	Punto 2	78,198	KN/m ²
	Punto 9	159,444	KN/m ²
	Punto 10	74,823	KN/m ²
	$q_{u.promedio}$	117,133	KN/m ²

Fuente: Autores.

El esfuerzo de cortante unidireccional actuante en el sentido L se determina a partir de la ecuación:

$$V_{ud-L} = q_{u.promedio} * L \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) \quad \text{Ecu. (16)}$$

Se obtiene que:

$$V_{ud-L} = -11,01 \text{ KN}$$

Se calcula el valor de cortante resistente en el sentido L:

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} L d \quad \text{Ecu. (17)}$$

$$\phi V_c = 456,36 \text{ KN}$$

El resultado obtenido es que $V_u \leq \phi V_c$ ($-11,05 \text{ KN} \leq 456,36 \text{ KN}$), por lo tanto, si se cumple la verificación por cortante unidireccional en el sentido L en la zapata.

9.5.2.2 Verificación unidireccional en el sentido B

Se establece la sección crítica en el sentido B y se determinan los esfuerzos de los dos nuevos puntos a considerar (11 y 12), estos esfuerzos se obtienen a partir de la expresión:

$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{12M_{u(x)}\left(\frac{h}{2} + d\right)}{BL^3} \pm \frac{12M_{u(y)}\left(\frac{B}{2}\right)}{LB^3} \quad \text{Ecu. (18)}$$

Los esfuerzos obtenidos en la sección crítica en el sentido L de la zapata se presentan en la Tabla 9-55 Tabla 9-54.

Tabla 9-55. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido B

ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO B		
Dato	Valor	Unidad
q_u	Punto 1	162,74
	Punto 4	159,19
	Punto 11	162,93
	Punto 12	159,00
	$q_{u.promedio}$	160,97

Fuente: Autores.

El esfuerzo de cortante unidireccional actuante en el sentido L se determina a partir de la ecuación:

$$V_{ud-B} = q_{u.promedio} * L \left(\frac{H}{2} - \frac{h}{2} - d \right) \quad \text{Ecu. (19)}$$

Se obtiene que:

$$V_{ud-B} = -14,57 \text{ KN}$$

Se calcula el valor de cortante resistente en el sentido B:

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} B d \quad \text{Ecu. (20)}$$

$$\phi V_c = 456,36 \text{ KN}$$

El resultado obtenido es que $V_u \leq \phi V_c$ ($-14,57 \text{ KN} \leq 456,36 \text{ KN}$), por lo tanto, también se cumple la verificación por cortante unidireccional en el sentido B en la zapata.

9.5.3 Diseño por flexión

Con base en la sección C.15.4 del TITULO C en la NSR-10, el diseño a flexión se determina el momento máximo sobre la zapata el cual se presenta en la cara de la columna en dirección de la flexión. Para este diseño la sección crítica se forma en la cara de la columna.

Antes de determinar el momento máximo de diseño, se obtienen los esfuerzos de la sección crítica en el sentido longitudinal para los nuevos puntos (13 y 14), y los esfuerzos de la sección crítica en el sentido transversal para los nuevos puntos (15 y 16).

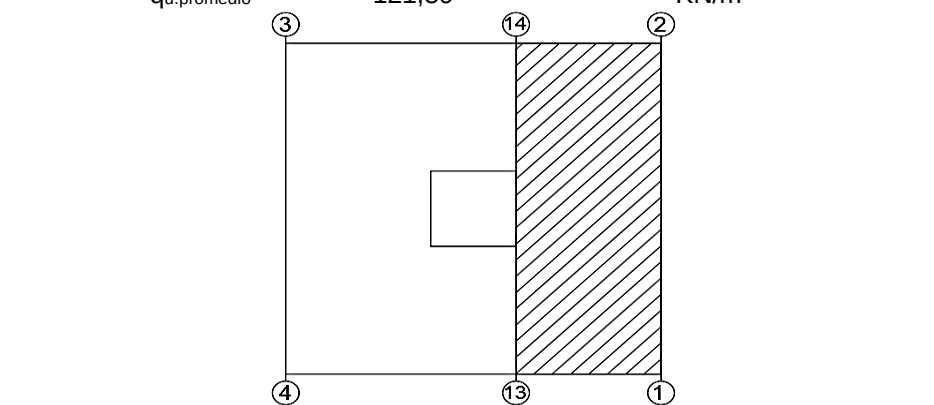
Los esfuerzos de los nuevos puntos en la sección crítica en sentido longitudinal están dados por la ecuación:

$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{12M_{u(x)}(L/2)}{BL^3} \pm \frac{12M_{u(y)}(b/2)}{LB^3} c \quad \text{Ecu. (21)}$$

Los esfuerzos obtenidos en la sección crítica en el sentido longitudinal de la zapata se presentan en la Tabla 9-56:

Tabla 9-56. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido Longitudinal para diseño a flexión

ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO LONGITUDINAL		
Dato	Valor	Unidad
q_u	Punto 1	162,74
	Punto 2	80,43
	Punto 13	134,24
	Punto 14	108,93
	$q_{u.promedio}$	121,59
		KN/m ²



Fuente: Autores.

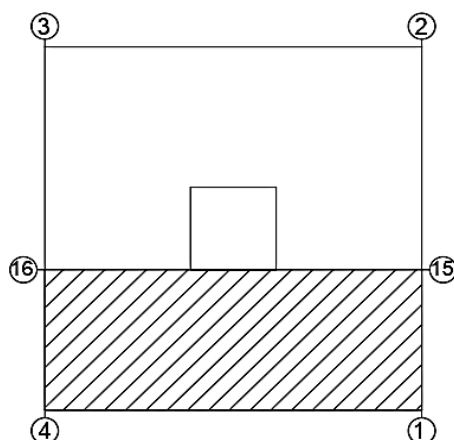
Los esfuerzos de los nuevos puntos en la sección crítica en sentido transversal están dados por la ecuación:

$$q_u = \frac{P_u}{BL} \pm \frac{12M_{u(x)}(h/2)}{BL^3} \pm \frac{12M_{u(y)}(B/2)}{LB^3} \quad \text{Ecu. (22)}$$

Los esfuerzos obtenidos en la sección crítica en el sentido Transversal de la zapata se presentan en la Tabla 9-57:

Tabla 9-57. Esfuerzos en la sección crítica en el sentido Transversal para diseño a flexión

ESFUERZOS DE LA SECCIÓN CRÍTICA EN EL SENTIDO TRANSVERSAL		
Dato	Valor	Unidad
q_u	Punto 1	162,74
	Punto 4	159,195
	Punto 15	161,515
	Punto 16	160,424
	$q_{u, promedio}$	160,969



Fuente: Autores.

El momento último se calcula tanto para el sentido longitudinal como para el sentido transversal. El momento en el sentido longitudinal se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$M_{u-L} = R_L X_L \quad \text{Ecu. (23)}$$

Donde:

- M_{u-L} es momento último de diseño en el sentido longitudinal.
- R_L es resultante de los esfuerzos de reacciones del suelo en el sentido longitudinal, determinado por la siguiente expresión:

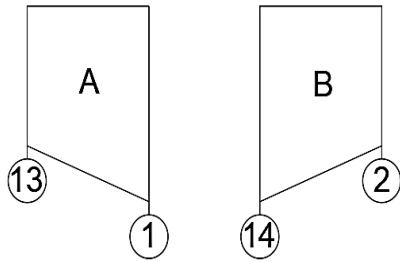
$$R_L = q_{promedio} * B \left(\frac{L}{2} - \frac{b}{2} \right) \quad \text{Ecu. (24)}$$

- X_L , posición aproximada de la resultante en el sentido longitudinal.

El cálculo la posición aproximada de la resultante, X_L , es el promedio de la ubicación del centro de gravedad de cada uno de los trapecios laterales de la sección crítica, por lo cual para el sentido longitudinal se tendría lo siguiente:

$$X_L = \frac{X_{L-1} + X_{L-2}}{2} \quad \text{Ecu. (25)}$$

Donde:



$$X_{L-1} = \frac{\left(\frac{L-b}{2}\right) * (q_{u(13)} + 2q_{u(1)})}{3(q_{u(13)} + q_{u(1)})} \quad \text{Ecu. (26)}$$

$$X_{L-2} = \frac{\left(\frac{L-b}{2}\right) * (q_{u(14)} + 2q_{u(2)})}{3(q_{u(14)} + q_{u(2)})} \quad \text{Ecu. (27)}$$

Ejecutando el procedimiento explicado anteriormente para el momento máximo de diseño en el sentido longitudinal se tiene como resultado que:

El valor de la resultante es:

$$R_L = 71,23 \text{ KN}$$

La posición de la resultante corresponde a:

$$\text{Corte A, } X_{L-1} = 0,232 \text{ m}$$

$$\text{Corte B, } X_{L-2} = 0,214 \text{ m}$$

$$X_L = 0,223 \text{ m}$$

Por lo tanto, se determina un momento máximo de diseño en el sentido longitudinal, (M_{u-L}) de 15,90KN*m.

El momento en el sentido transversal se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$M_{u-T} = R_T X_T \quad \text{Ecu. (28)}$$

Donde:

- M_{u-T} es momento último de diseño en el sentido transversal.
- R_T es resultante de los esfuerzos de reacciones del suelo en el sentido transversal, determinado por la siguiente expresión:

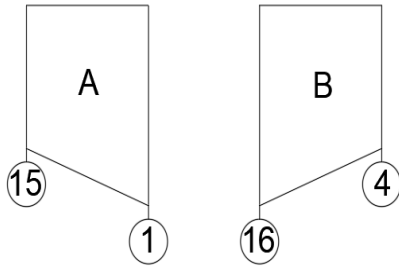
$$R_T = q_{promedio} * L \left(\frac{B}{2} - \frac{h}{2} \right) \quad \text{Ecu. (29)}$$

- X_T , posición aproximada de la resultante en el sentido transversal.

El cálculo la posición aproximada de la resultante, X_T , es el promedio de la ubicación del centro de gravedad de cada uno de los trapecios laterales de la sección crítica, por lo cual para el sentido transversal se tendría lo siguiente:

$$X_T = \frac{X_{T-1} + X_{T-2}}{2} \quad \text{Ecu. (30)}$$

Donde:



$$X_{T-1} = \frac{\left(\frac{B-h}{2}\right) * (q_{u(15)} + 2q_{u(1)})}{3(q_{u(15)} + q_{u(1)})} \quad \text{Ecu. (31)}$$

$$X_{T-2} = \frac{\left(\frac{B-h}{2}\right) * (q_{u(16)} + 2q_{u(4)})}{3(q_{u(16)} + q_{u(4)})} \quad \text{Ecu. (32)}$$

Llevando a cabo el procedimiento expresado anteriormente para el momento máximo de diseño en el sentido transversal se tiene como resultado que:

El valor de la resultante es:

$$R_T = 94,31 \text{ KN}$$

La posición de la resultante corresponde a:

$$\text{Corte A, } X_{T-1} = 0,225 \text{ m}$$

$$\text{Corte B, } X_{T-2} = 0,225 \text{ m}$$

$$X_T = 0,225 \text{ m}$$

Por lo tanto, se determina un momento máximo de diseño en el sentido transversal, (M_{u-T}) de 21,24KN*m.

9.5.3.1 Acero de refuerzo a flexión

Se halla la cuantía de diseño para determinar el acero requerido, se tiene en cuenta que la cuantía mínima es de 0,0018 como lo menciona la NSR-10 en la sección C.7.12.2.1.

$$\rho_{requerida} = \frac{1}{m} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mk}{\phi f_y}}\right) \quad \text{Ecu. (33)}$$

Fuente: Tomado de DESARROLLO DE SOFTWARE Y APLICACIONES MÓVILES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES BASADO EN LA NORMATIVIDAD DE LA NSR-10, pág. 47.

Donde:

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c} \quad \text{Ecu. (34)}$$

Fuente: Estructuras de concreto I, de Jorge Segura

$$k = \frac{M_u}{b * d^2} \quad \text{Ecu. (35)}$$

Fuente: Estructuras de concreto I, de Jorge Segura

Se toma el menor valor de momento máximo y se resuelve que

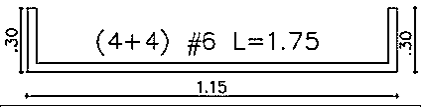
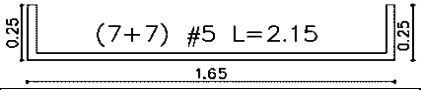
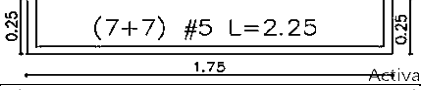
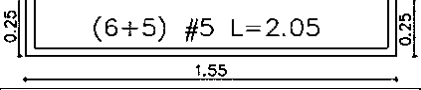
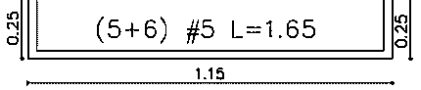
$$\begin{aligned} m &= 17,65 \\ k &= 45,61 \\ \rho_{requerida} &= 0,0001 \\ \rho_{diseño} &= 0,0018 \end{aligned}$$

Obteniendo la cuantía de diseño, se halla que el área de acero requerida (A_s) es de 12,176 cm², por lo tanto, se determina emplear como refuerzo cuatro barras #6 separadas a 35cm (cara a cara entre barras).

9.5.4 Resultados de las zapatas de cimentación para la biblioteca:

Al realizar el procedimiento descrito en el título 9.5 y verificar los resultados con los parámetros de la norma se obtienen cinco tipos de zapata (el detalle de las verificaciones por cortante y el diseño por flexión de cada zapata se presenta en el anexo *memoria de cálculo cimentación – biblioteca*). Estos resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9-58-Dimensiones y acero de refuerzo de las zapatas

DIMENSIONES Y ACERO DE REFUERZO DE LAS ZAPATAS				
ZAPATA	Profundidad de cimentación (m)	Dimensiones (m)	Refuerzo (unidades en m)	Cantidad
ZT1	-1,0	1,30 x 1,30 x 0,6		43
ZT2	-1,0	1,80 x 1,80 x 0,5		12
ZT3	-1,0	1,90 x 1,90 x 0,5		14
ZT4	-1,0	1,30 x 1,70 x 0,5		12
ZT5	-1,0	1,70 x 1,30 x 0,5		8

Fuente: Autores.

A partir de la Ilustración 9-15 hasta la Ilustración 9-19 se presentan las vistas longitudinales de las zapatas, donde la zapata ZT1 soporta columnas cuadradas, y sobre las zapatas ZT2, ZT3, ZT4 y ZT5 se tienen columnas circulares. La ubicación de cada uno de los tipos de zapata en la sección 1 y la sección 2 se pueden observar en el anexo *Planos estructurales – biblioteca*.

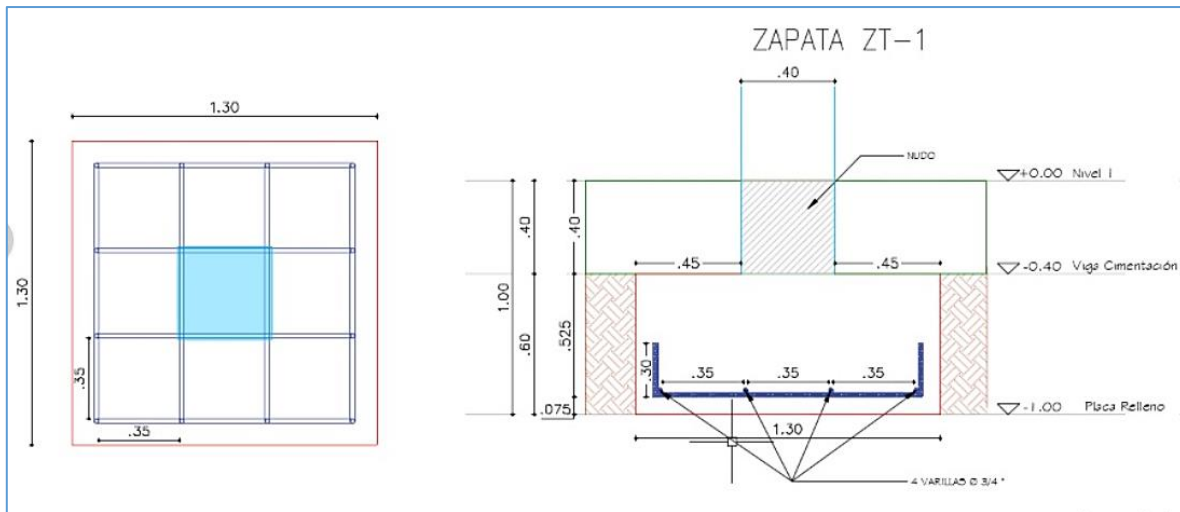


Ilustración 9-15. Vista longitudinal Zapata ZT1
Fuente: Autores.

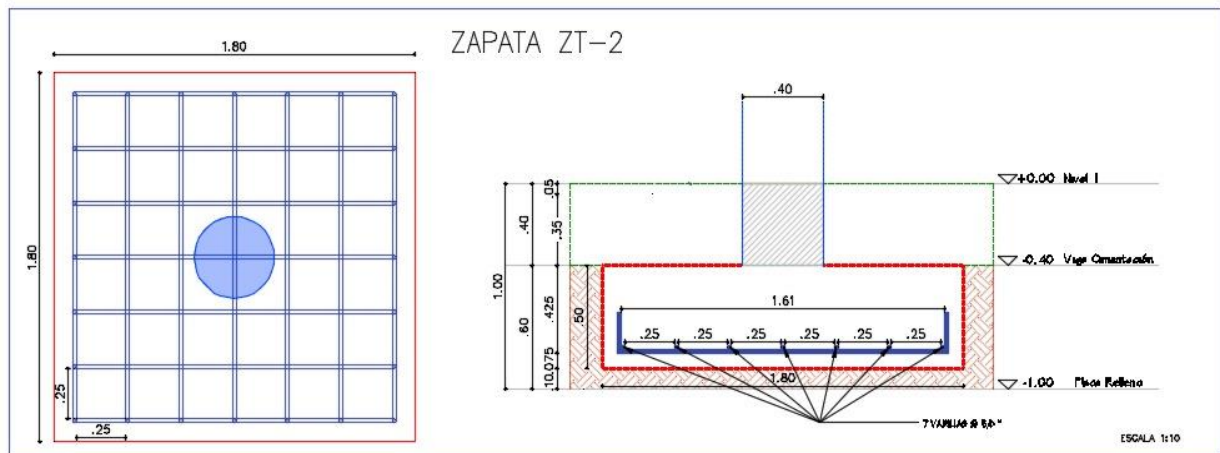


Ilustración 9-16. Vista longitudinal Zapata ZT2
Fuente: Autores.

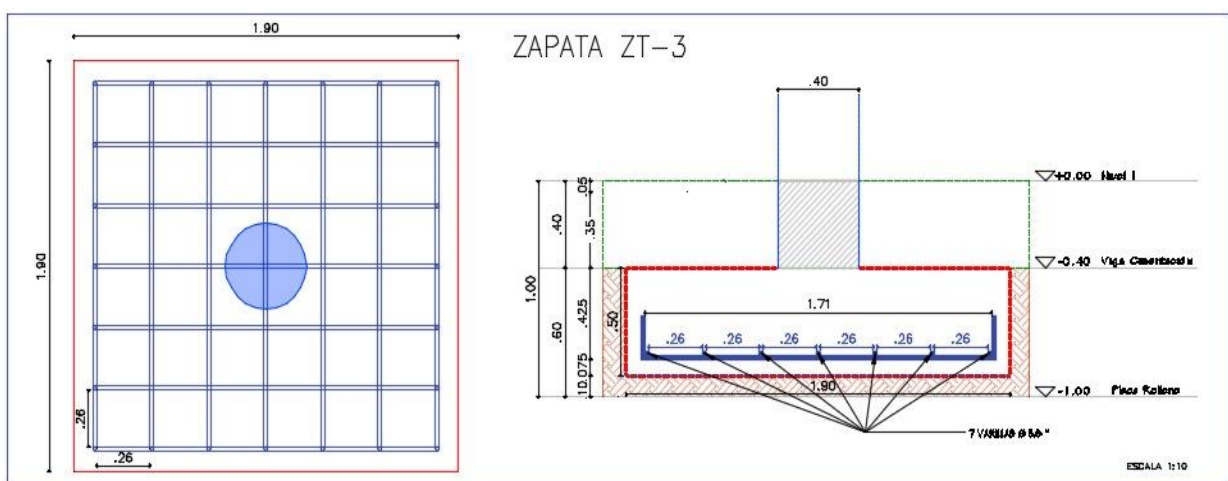


Ilustración 9-17. Vista longitudinal Zapata ZT3
Fuente: Autores.

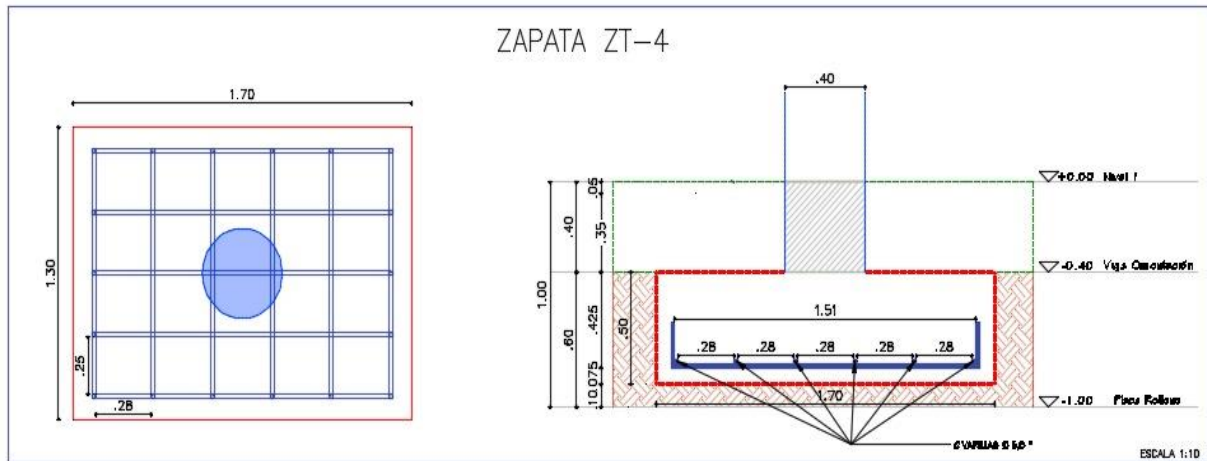


Ilustración 9-18. Vista longitudinal Zapata ZT4
Fuente: Autores.

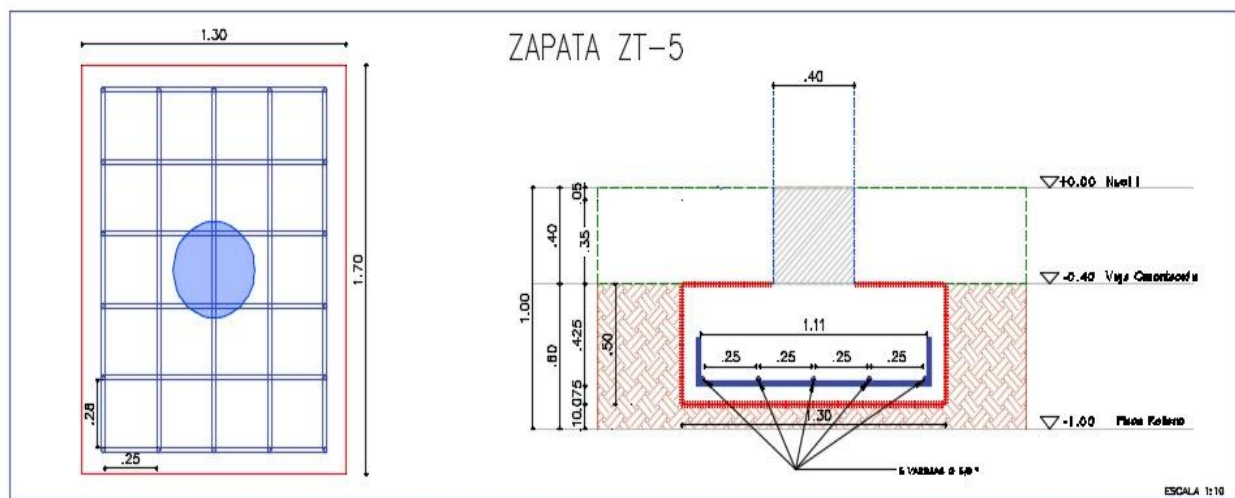


Ilustración 9-19. Vista longitudinal Zapata ZT5
Fuente: Autores.

9.6. DISEÑO VIGAS DE CIMENTACIÓN

El diseño de las vigas de cimentación se realiza considerando los parámetros de la sección C.15.13 del título C de la NSR-10. En la Tabla 9-59 se muestran los datos generales a considerar para el diseño de las vigas.

Tabla 9-59. Datos generales para diseño de viga de cimentación

DATOS GENERALES PARA DISEÑO DE VIGA DE CIMENTACIÓN		
Dato	Valor	Unidad
Resistencia específica a la fluencia del refuerzo, f_y	420	MPa
Resistencia específica a la compresión del concreto, f'_c	28	MPa
Coefficiente de aceleración de diseño, A_a (NSR-10, Tabla A.2.3-2)	0,35	
Capacidad de disipación de energía	Especial	
Longitud viga, L	5,25	m
Recubrimiento (NSR-10, C.7.7.1)	7,5	cm

Fuente: Autores.

Para el dimensionamiento de las vigas de cimentación se consideran los parámetros establecidos en la sección C.1513.3.1 de la NSR-10, donde plantea que para la viga de cimentación de una estructura situada en una zona con capacidad de disipación de energía especial (DES) las dimensiones mínimas de su sección deben ser iguales o menores a $L/20$, por ello, para las vigas de cimentación en este proyecto las dimensiones mínimas de la sección de la viga deben ser iguales o mayores a 0,26m. Considerando lo anterior junto a los parámetros y procedimientos estipulados en el título 9.3 del presente documento, se diseñan vigas de 30x40 cm con refuerzo longitudinal de cuatro barras #6 y dos barras #4, con un refuerzo transversal de estribos #3 separados cada 9cm en la zona confinada de la viga y cada 18cm en la zona no confinada de la viga. Las dimensiones de la viga se presentan en la Tabla 9-60.

Tabla 9-60. Dimensiones de la viga de cimentación

DIMENSIONES DE LA VIGA DE CIMENTACIÓN		
Dimensión	Valor	Unidad
Ancho	0,3	m
Altura	0,4	m
Altura efectiva, d	0,225	m
Dimensión mayor	0,4	m
Área de la sección de concreto, A_g	1200	cm ²
Área del acero de refuerzo, A_{st}	13,93	cm ²

Fuente: Autores.

9.6.1 Fuerza de diseño de la viga de amarre de la cimentación

A partir de lo establecido en la sección A.3.6.4.2 del TITULO A de la NSR-10, las vigas de cimentación deben resistir una fuerza a tracción o a compresión a partir de la siguiente expresión: C o $T=0,25 \cdot A_a \cdot P_u$, por lo tanto, la viga de cimentación para la estructura debe soportar a tracción y/o compresión una fuerza axial equivalente al 8,75% de la carga axial (P_u) actuante sobre la columna más cargada que une la viga.

- Fuerza axial que resiste la viga a compresión (máxima fuerza que soporta con respecto al concreto).

La fuerza a compresión actuante en la viga se determina a partir de la ecuación C.10-2 establecida en la sección C.10.3.6.2 del TITULO C de la NSR-10:

$$\phi P_n = 0,75\phi[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \text{Ecu. (36)}$$

Los resultados obtenidos para la fuerza a compresión que puede llegar a resistir la viga se muestran en la Tabla 9-61.

Tabla 9-61. Fuerza a compresión que soporta la viga de cimentación

ESTIMACIÓN DE LA FUERZA A COMPRESIÓN		
Dato	Valor	Unidad
Factor de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.2)	0,65	
Fuerza axial a compresión actuante en la viga, P_u	1661,44	KN
Fuerza axial actuante en la columna que puede soportar la viga, 8,75% P_u	18987,8917	KN

Fuente: Autores.

- Fuerza axial que resiste la viga a tracción (máxima fuerza que soporta con respecto al concreto).

La fuerza a compresión actuante en la viga se determina a partir de la ecuación C.10-2 establecida en la sección C.10.3.6.2 del TITULO C de la NSR-10:

$$\phi P_{u(max)} = \phi A_{st} f_y \quad \text{Ecu. (37)}$$

La fuerza a tracción que puede llegar a resistir la viga se muestran en la Tabla 9-62.

Tabla 9-62. Fuerza a tracción que soporta la viga de cimentación

ESTIMACIÓN DE LA FUERZA A TRACCIÓN		
Dato	Valor	Unidad
Factor de reducción de resistencia, ϕ (NSR-10, C.9.3.2.1)	0,9	
Fuerza axial a tracción actuante en la viga, P_u	526,72	KN
Fuerza axial actuante en la columna que puede soportar la viga, 8,75% P_u	6019,68	KN

Fuente: Autores.

Por los valores hallados anteriormente se identifica que la viga de cimentación diseñada funciona de manera adecuada para la estructura (biblioteca) si las cargas axiales actuantes sobre la columna más cargada que una son menores o iguales a 6019,68 KN.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente apartado se realiza la explicación de algunos aspectos obtenidos en el proceso de diseño estructural de la biblioteca que anteriormente no se encontraban debidamente interpretados.

La zona establecida para la propuesta de diseño estructural de la biblioteca corresponde a una zona de equipamiento comunal, como se identifica en el proyecto de vivienda para el sector de la Madrid. En el levantamiento topográfico de esta zona (ver título 8.1) se determina que el área total de la zona es de 3702,18m² con variaciones en el nivel del terreno de hasta 160cm, pues la cota menor es 499.62 y la cota máxima es 515.2cm. Sin embargo, el área proyectada a usarse por la estructura de la biblioteca es de 1064,14m², por lo tanto, sólo se hace uso de aproximadamente el 28% del área total establecida para el proyecto. Sumado a lo anterior, la implantación de la estructura en la zona de equipamiento se realiza donde las variaciones en el nivel del terreno son menores (50cm), lo que podría llegar a reducir los costos de excavación y nivelación del terreno.

El análisis estructural de la edificación se plantea ejecutar con dos secciones estructuralmente separadas y arquitectónicamente unidas, esto se resuelve debido al incumplimiento de las derivas que se obtenía al analizar la estructura como una sola estructuralmente, al sobredimensionamiento en los elementos estructurales que se obtenía y con el criterio de generar una edificación con mayor resistencia sísmica dado que Villavicencio es una zona de amenaza sísmica alta.

Con respecto a las dimensiones establecidas para la viga tipo (aérea) si bien la altura mínima requerida según la NSR-10 es de 0,25m, se determina aumentar esta altura a 0,40m con el fin de cumplir lo más próximo posible el requisito de derivas del 1% sin perder espacio en planta al aumentar las dimensiones de la sección de las columnas. Además, esto permitirá que en caso de futuras ampliaciones la viga propuesta no deba ser modificada y pueda soportar estructuralmente. Así mismo, al aumentar la altura de la viga directamente se genera un aumento en la altura de las viguetas.

En el diseño de la viga, el acero de refuerzo longitudinal superior e inferior propuesto para la viga es aproximadamente el doble de lo requerido (ver título 9.3.1 del presente documento) esto se deriva de tener que considerar los efectos de torsión en la viga. Dado que la NSR-10 presenta unos requisitos mínimos para el área de acero de refuerzo longitudinal mínimo a emplear y para la separación entre estribos (acero de refuerzo transversal), en el caso de la estructura propuesta para la biblioteca estos requisitos comprendían un área mínima de 6,35cm² para el acero de refuerzo longitudinal, razón por la cual se establece un conjunto de barras que generan un área de acero de refuerzo longitudinal de 6,97cm² (tanto en el refuerzo superior como en el refuerzo inferior), a pesar de que el acero requerido inicialmente sea de 3,40cm².

Se proponen dos tipos de columnas en la edificación, una columna rectangular y una columna circular, esto resulta al considerar dos aspectos, el primero es la seguridad de los niños/niñas que podrían frecuentar el uso de los espacios de la biblioteca, dado que no se tiene una restricción específica de edad para ingresar y se plantean espacios específicos de esparcimiento para ellos, y la segunda por fines arquitectónicos y estéticos. Por lo tanto, se ubican columnas circulares que se encuentren en el interior de la edificación, específicamente en las zonas de los niños/niñas y columnas cuadradas ubicadas en las partes externas o laterales de la edificación y en espacios donde no se prevé la frecuencia de los infantes.

Inicialmente se contemplaron las dimensiones mínimas establecidas por la NSR-10 para columnas de una estructura de capacidad de disipación de energía especial (DES), es decir, columnas de 30x30 cm en el caso de las columnas cuadradas y de 30cm de diámetro en el caso de las columnas circulares, pero al emplear estas dimensiones mínimas, al generar el modelo en ETABS se obtenía que no se cumplían con las derivas y tampoco con el periodo de aceleración en el espectro de aceleración de diseño calculado, es por esto que se aumentan las secciones de la columna a 40x40cm en el caso de las columnas cuadradas y a 40cm de diámetro en el caso de las columnas circulares. Como se mencionaba anteriormente, estas dimensiones no se aumentaron más con el propósito de no perder espacio en planta en la edificación, y sumado a esto cumplir con los requisitos de esbeltez.

El al acero de refuerzo longitudinal propuesto para las columnas (ver título 9.4 del presente documento) obedece al conjunto de barras que cumplen con el área de acero mínima requerido se tiene que el acero de refuerzo longitudinal empleado cumple con el acero mínimo requerido según la sección C.10.3.6 de la NSR-10, es decir, el 1% del área de la sección del concreto (en las columnas circulares esto es de 12,57cm² y en las columnas cuadradas esto es de 16cm²).

Con respecto al refuerzo transversal determinado tanto para las columnas circulares como para las columnas cuadradas (ver título 9.4.1.1 y título 9.4.2.1 del presente documento) se realiza una variación principal que es en la separación de los estribos, esto se ocasiona al realizar el análisis de flexión, pues este arroja que es era necesario tener mínimo un área de la sección del refuerzo de estribos de confinamiento de 337,5mm², lo que indica emplear mínimo cinco ramas de estribos, esto se supuso como emplear demasiado acero de refuerzo y también se consideró que para el proceso constructivo esto se podría llegar a simplificar, es por ello que se propone disminuir la separación entre estribos a 7cm que modificaría el área mínima de la sección de refuerzo de estribos de confinamiento a 236,25mm² que constituye menor uso de acero de refuerzo por lo tanto menor número de ramas de estribos. La modificación anterior también podría significar una reducción el presupuesto.

En la cimentación no se podía generar una zapata tipo dado que se tenían dos tipos de columnas con acero de refuerzo longitudinal diferente, y por lo tanto esto generaba contemplar sólo dos tipos de zapata aislada, una zapata aislada (con acero de refuerzo de barras #6) sobre la que reposarían columnas cuadradas y otra

zapata aislada (con acero de refuerzo de barras #5) sobre la que reposarían las columnas circulares, sin embargo, en el caso de las zapatas sobre las cuales se tenían columnas circulares, al diseñar con la columna circular más cargada, se requerían zapatas con un ancho y largo de 1,9m (ver *anexo Memorias de cálculo(cimentación)-biblioteca*) lo cual estipulaba un problema en las secciones del plano estructural donde la distancia entre columnas circulares era igual o menor a 1,7m.

Por lo expuesto en párrafo anterior, pretendiendo emplear sólo zapatas aisladas se resulta en el diseño de cinco tipos de zapatas (ver título 9.5.4 del presente documento), donde cuatro de ellas obedecen a zapatas aisladas sobre las que se tienen columnas circulares (zapatas ZT2, ZT3, ZT4 y ZT5) de las cuales dos son zapatas aisladas cuadradas (ZT2 y ZT3), las cuales se ubican en las secciones donde la luz entre columnas es mayor a 2m Y dos zapatas rectangulares (ZT4 y ZT5) que se ubican en las secciones donde la luz entre las columnas son iguales o menores a 1,7m. Y se tuvo sólo un tipo de zapata aislada cuadrada (ZT1) para zapatas sobre las cuales residían columnas cuadradas, pues al diseñar con la columna cuadrada más cargada tanto en la sección 1 como en la sección 2 de la edificación se obtenían las mismas dimensiones, por lo cual esto se estimó con un solo tipo de zapata.

Sobre diseño de vigas de cimentación resultante se dan dos características importantes, las dimensiones y la carga axial que puede llegar a soportar la viga de cimentación. En lo referente a la primera característica, si bien la NSR-10 concibe dimensiones mínimas de $L/20$, a lo cual, teniendo como referencia la luz más crítica en el plano estructural (5,25m) se remite a 0,26m para la viga de cimentación en la biblioteca; se supone una viga de cimentación similar a la viga aérea diseñada, es decir, una viga con sección de 30x40cm con cuatro barras #6 y dos barras #4 como refuerzo longitudinal y estribos #3 como refuerzo transversal.

Esta primera característica en la viga de cimentación es importante porque condiciona la segunda característica mencionada, o sea, la carga axial que puede llegar a soportar la viga. El diseño de viga de cimentación propuesto genera que la viga pueda llegar a soportar una carga axial actuante sobre la columna más cargada que une de hasta 6019,68KN. La carga axial actuante sobre la columna más cargada obtenida tanto en la sección 1 como en la sección 2 es de aproximadamente 350KN, esto quiere decir que la viga de cimentación propuesta no sólo soporta las cargas axiales actuantes sobre las columnas en el diseño actual (un piso), sino que también podrá soportar las cargas axiales sobre las columnas en caso de que se diseñe una expansión, por lo tanto la viga podría soportar las cargas axiales actuantes que sobre las columnas transmitiría la edificación si se le añadieran tres o más pisos.

11.RESULTADOS E IMPACTOS

11.1. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la elaboración del trabajo se presentan en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1. Resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Identificación y plano de la topografía del terreno.	Altimetría y planimetría del área del proyecto.	Objetivo específico1 y 2
Calculo del análisis estructural.	Memorias de cálculo (Excel)	Objetivo específico 3.
Simulación del diseño estructural del proyecto.	Modelo de la estructura en el software ETABS.	Objetivo específico 3.
Diseño de una cimentación que soportara en la estructura de la biblioteca.	Cimentación aplicada para soportar la estructura.	Objetivo específico 4.
Planos con especificaciones técnicas de los elementos estructurales de la estructura.	Dibujo de los elementos estructurales en software AutoCAD.	Objetivo específico 5.

Fuente: Autores

11.2. IMPACTOS

Los principales impactos del proyecto se ven reflejados en el ámbito social al aumentar la infraestructura para fines culturales y académicos lo cual conlleva a un incremento de alfabetización en la comunidad, podría aumentar las oportunidades para adquirir conocimiento lo que conllevaría a la posibilidad de desarrollar y mejorar las habilidades y capacidades de aprendizaje, también a disminuir el índice de invasiones ilegales que traen inseguridad en los habitantes del barrio.

Tabla 11-2. Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Capacidad de presentar un proyecto como comunidad a una entidad gubernamental.	Proyecto de una biblioteca.	Mediano
Técnico	Contribución en las propuestas de diseño de estructuras.	Modelo arquitectónico, diseño de estructuras sismo resistentes, presupuesto.	Mediano
Académico	Contribución en los recursos académicos sobre diseño de estructuras.	Documento de referencia o guía para diseños de estructuras sismo resistentes.	Corto
Económico	Diseño no sobredimensionado de la biblioteca.	Costos de cantidades exactas del proyecto.	Largo

Fuente: Autores

12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

12.1. CONCLUSIONES

A partir del estudio preliminar realizado en La Madrid, se concluye que en temporadas de lluvias este suele inundarse, es decir, se presenta grandes cantidades de escorrentía superficial lo que hace necesario implementar una adecuación en la estructura para impedir que el ingreso de escorrentía superficial al interior de la estructura.

El levantamiento topográfico realizado y el estudio de suelos de referencia permite que el nivel freático del suelo se encuentra a -1,6m, por lo tanto la escorrentía que se presenta al inundarse el terreno es escorrentía superficial y no es necesario generar un refuerzo adicional en el sistema de cimentación, dado que la cimentación planteada posee 1m de profundidad.

Tanto para las vigas aéreas como para las vigas de cimentación no se requiere de acero de refuerzo longitudinal de mayor a barras #6 y en el acero de refuerzo transversal estribos mayores a #3. Además, las dimensiones y el refuerzo propuesto no tendrán que modificarse o presentar algún percance estructural si se plantea una expansión en la edificación.

Al realizar el procedimiento de la propuesta para el diseño estructural se comprueba que es importante tener como precedentes: el estudio de suelos de la zona donde se planea realizar la edificación, un estudio preliminar para determinar características como el entorno, construcciones aledañas, posibles tuberías, postes eléctricos, ramificaciones de cuencas y las necesidades de la comunidad; y tener el plano arquitectónico que plantea una guía sobre la ubicación de los elementos de la edificación, tanto estructurales como no estructurales.

Se determina que ante futuras expansiones o modificaciones a la edificación los elementos estructurales diseñados en la presente propuesta de diseño, no tendrán que ser modificados o reforzados a excepción de las columnas, pues se observa que las columnas diseñadas cumplen con las solicitudes para un primer piso, pero ante mayores solicitudes por el aumento de pisos no será suficiente su diseño actual. Por lo tanto, se concluye que ante expansiones de la estructura las vigas aéreas, las vigas de cimentación y las zapatas podrán soportar las solicitudes, pero las columnas deberán ser analizadas nuevamente y diseñarse para las nuevas solicitudes.

12.2. TRABAJOS FUTUROS

La propuesta del diseño estructural de la biblioteca presentada en este trabajo, está encaminada a la aplicación de temáticas de ingeniería en un proyecto social que va dirigido a la comunidad del Barrio la Madrid, en la comuna 8 de la ciudad de

Villavicencio. La propuesta lleva como fin generar un proyecto de referencia o guía para la comunidad del Barrio la Madrid, por lo cual se prevé que les sirva para la gestión de fondos frente a las correspondientes entidades encargadas y se pueda llevar a cabo la construcción de la biblioteca una vez les sean entregados los documentos y planos.

Es necesario tener en cuenta que al ser un proyecto académico sus entregables son una guía o soporte por lo cual en caso de conseguir la aprobación y fondos de las entidades es necesario realizar nuevamente un estudio geotécnico más específico y actualizado del área donde se plantea ubicar la biblioteca y tener la verificación y autorización de los documentos y diseños requeridos por un profesional.

Este trabajo presenta el diseño estructural tomando como base los parámetros básicos de diseño sísmo resistente para los elementos que componen de una biblioteca, por lo tanto, también funciona como referencia para las personas aspirantes a ejecutar trabajos académicos afines de diseño, modelación, programación y presupuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Consejo Municipal de Villavicencio, "Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villavicencio: Componente Urbano", Villavicencio, 2015. [En línea]. Available: http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/POT_2015_Componente%20urbano%20POT.pdf
- [2] J. I. S. Franco, Estructuras de concreto I, Séptima ed., Bogotá, 2011.
- [3] C. A. B. Mejía, "Análisis Estructural Avanzado", 2016. [En línea]. Available: <https://www.e-zigurat.com/courses/wp-content/uploads/2016/04/und7.pdf>. [Último acceso: 2019].
- [4] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, "Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente-NSR.10," Bogotá D.C, 1997. [En línea]. Available: <https://civilgeeks.com/2012/06/19/nsr-10-norma-sismo-resistente-del-2010-colombia/>
- [5] F. J. Lechón Simbaña, S. J. Maldonado Guano y C. E. Simbaña Gómez, "Catastro del Barrio La Cocha, Parroquia Pifo, Canton Quito, Provincia de Pichincha.", Trabajo de grado, Quito, Ecuador, 2012. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/366/1/T-UCE-0011-3.pdf>
- [6] C. J. Botia Flechas, W. E. Vargas Vargas y M. A. Rincón Villalba, Altimetría, Primera ed., Bogotá: Editorial UD, 2011. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/57572533-Altimetria-clara-judyth-botia-flechas-wilson-ernesto-vargas-vargas-mario-arturo-rincon-villalba.html>
- [7] G. Vargas Cuervo, "Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial Aplicada a Hidráulica de Ríos", Barranquilla, 2012. [En línea], Available: <https://docplayer.es/24458215-Geologia-geomorfologia-y-dinamica-fluvial-aplicada-a-hidraulica-de-rios.html>
- [8] R. Gregório, "Geografía Urbana- Edificaciones y Equipamientos Urbanos", Perú, 2010. [En línea], Available: <https://es.slideshare.net/ritagandrade/edificios-y-equipamientosurbanos>.
- [9] G. Guerra, "Elementos estructurales", Porlamar, 2017. [En línea], Available: <https://es.slideshare.net/gustavoguerra33/elementos-estructurales-estructura-iii>
- [10] J. A. Fitera, «Estructuras,» 2006. [En línea], Available: <https://es.slideshare.net/gustavoguerra33/elementos-estructurales-estructura-iii>
<http://blogtecnico.coag.es/wp-content/uploads/2008/07/fe03.pdf>
- [11] I. S. N. Hudiel, Manual de Topografía-Planimetría, 2008. [En línea], Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf>
- [12] INGEGAR INGENIERÍA E.U. Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos., "Informe final estudios de suelos, Proyecto de urbanización La Madrid, Villavicencio-Meta", Villavicencio, Meta, 2010. [En línea], Available: <https://www.fidubogota.com/wps/wcm/connect/fidubogota/a47b9aab-6ad2-4c7a-aeec-f86ec0c79f99/informe-final-estudio-de-suelos-villavicencio.pdf?MOD=AJPERES>
- [13] J. Cuadros Rodriguez, J. Valencia y A. Valencia Arias, "Las bibliotecas públicas como escenarios de participación ciudadana e inclusión social.", Revista Rastros Rostros, Vol 15, n°29, 1, 2013. [En línea]. Available: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/ra/article/view/699>
- [14] J. M. M. Pinto, "Propuesta arquitectónica de un hogar infantil para el barrio Comunero de Bucaramanga", Trabajo de grado, Bucaramanga, 2015. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/830>

- [15] A. A. Bencomo Gómez y D. F. Moreno Amaya, "Centro cultural para la ciudad de Barrancabermeja", Tesis, Bucaramanga, 2017. [En línea], Available: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4777>
- [16] Alcaldía de Villavicencio Meta, [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>. [Último acceso: 2019].
- [17] J. O. Montoya, Diseño de estructuras de concreto reforzado I: Un enfoque básico. Ibagué Universidad de Ibagué, 2015. [En línea]. Available: [En línea]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/usta/70165>

ANEXOS

ANEXO A

Planos de la urbanización la Madrid y la zona de ejecución del proyecto.



Anexo A. Plano de la urbanización La Madrid, determinación del terreno destinado al proyecto.
Fuente: Tomado del proyecto de Vivienda para el sector de la Madrid.



Anexo A.1 Modelo de la urbanización de la Madrid.
Fuente: Tomado del proyecto de Vivienda para el sector de la Madrid.

ANEXO B

Verificación de derivas con información extraída del modelo estructural en ETABS.

DERIVAS SISMO EN EL EJE X, SECCIÓN 1							
EJE A8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	20,763	7,565	22,098	0,60%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE F8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	20,763	7,565	22,098	0,60%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE A6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	15,814	7,565	17,530	0,47%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE F6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	15,814	7,565	17,530	0,47%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE B5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	14,712	6,082	15,920	0,43%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	14,712	6,082	15,920	0,43%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE B1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	12,408	6,082	13,818	0,37%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	12,408	6,082	13,818	0,37%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE C9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	23,563	4,911	24,069	0,65%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE D9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	23,563	4,911	24,069	0,65%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0	0	0	

Anexo B. Resultados derivas Sismo X en la Sección 1.
Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

DERIVAS SISMO EN EL EJE Y, SECCIÓN 1							
EJE A8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,220	15,839	17,017	0,46%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE F8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?

DERIVAS SISMO EN EL EJE Y, SECCIÓN 1							
Cubierta	6,220	15,839	17,017	0,46%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE A6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	4,744	15,839	16,534	0,45%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE F6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	4,744	15,839	16,534	0,45%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE B5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	4,413	15,781	16,386	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	4,413	15,781	16,386	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE B1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	3,722	15,781	16,214	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	3,722	15,781	16,214	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE C9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	7,068	15,744	17,258	0,47%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE D9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	7,068	15,744	17,258	0,47%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	

Anexo B.1 Resultados derivas Sismo Y en la Sección 1.
Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

DERIVAS SISMO EN EL EJE X, SECCIÓN 2							
EJE A10							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	18,390	9,280	20,599	0,56%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE C10							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	18,390	7,220	19,757	0,53%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE A4							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	16,267	9,280	18,728	0,51%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE C4							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	16,267	7,220	17,797	0,48%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	

DERIVAS SISMO EN EL EJE X, SECCIÓN 2							
EJE D8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	17,615	7,220	19,037	0,51%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE D6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	16,873	7,220	18,353	0,50%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE F11							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	18,607	5,989	19,547	0,53%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE G11							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	18,607	5,709	19,463	0,53%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	15,460	6,408	16,735	0,45%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE H1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	15,460	5,634	16,455	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE J8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	17,615	8,845	19,711	0,53%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE J6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	16,873	5,845	17,857	0,48%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE O9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	18,107	10,306	20,835	0,56%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE O5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	16,485	10,306	19,441	0,53%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE P7							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	17,233	3,179	17,524	0,47%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	

Anexo B.2 Resultados derivas Sismo X en la Sección 2.

Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

DERIVAS SISMO EN EL EJE Y, SECCIÓN 2							
EJE A10							

DERIVAS SISMO EN EL EJE Y, SECCIÓN 2							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,508	14,634	16,016	0,43%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE C10							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,518	14,984	16,340	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0	0,00%	0	0	
EJE A4							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,773	14,634	15,732	0,43%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE C4							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,773	14,984	16,058	0,43%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE D8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,907	15,139	16,251	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE D6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,631	15,139	16,152	0,44%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE F11							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,725	15,782	17,155	0,46%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE G11							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,725	16,271	17,606	0,48%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE E1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,813	15,402	16,842	0,46%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE H1							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,813	16,784	18,114	0,49%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE J8							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,907	17,617	18,581	0,50%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE J6							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,631	17,617	18,495	0,50%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE O9							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	6,267	22,797	23,643	0,64%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	
EJE O5							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,674	22,797	23,492	0,63%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	

DERIVAS SISMO EN EL EJE Y, SECCIÓN 2							
EJE P7							
PISO	UX1 (mm)	UY2 (mm)	Dmáx (mm)	%Deriva	Hpiso (mm)	1% Piso	¿Cumple?
Cubierta	5,716	23,413	24,101	0,65%	3700	37	SI
1	0	0	0,000	0,00%	0	0	

Anexo B.3 Resultados derivas Sismo Y en la Sección 2.
Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

ANEXO C

Fuerzas en los elementos estructurales, información extraída del modelamiento de la estructura en ETABS.

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION X SECCIÓN 1				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
1	Máx	14,3244	9,8414	3,8655
1	Mín.	-15,4796	-10,6260	-4,4411
2	Máx	12,5568	4,3947	2,0120
2	Mín.	-12,5568	-7,1234	-2,0120
3	Máx	15,4796	9,8414	4,4411
3	Mín.	-14,3244	-10,6260	-3,8655
4	Máx	13,7088	6,5277	2,5244
4	Mín.	-13,2243	-6,2869	-2,5145
5	Máx	12,9485	5,7801	0,8393
5	Mín.	-12,9485	-6,4264	-0,8393
6	Máx	13,2243	6,5277	2,5745
6	Mín.	-13,7088	-6,2869	-2,5244
7	Máx	13,0642	6,4691	2,5559
7	Mín.	-12,8945	-6,3529	-2,5261
8	Máx	12,3073	5,4368	0,8342
8	Mín.	-12,3073	-6,1164	-0,8342
9	Máx	12,8945	6,4691	2,5261
9	Mín.	-13,0642	-6,3529	-2,5559
10	Máx	13,7818	7,1548	2,5744
10	Mín.	-13,7965	-6,9570	-2,4476
11	Máx	12,8366	5,5336	0,8441
11	Mín.	-12,8366	-6,5440	-0,8441
12	Máx	13,7965	7,1548	2,4476
12	Mín.	-13,7818	-6,9057	-2,5744
13	Máx	14,2921	11,6259	4,3465
13	Mín.	-17,0359	-12,7339	-4,1015
14	Máx	10,4066	4,3665	1,3721
14	Mín.	-10,4066	-5,0046	-1,3721
15	Máx	17,0359	11,6259	4,1015
15	Mín.	-14,2921	-12,7339	-4,3465
16	Máx	21,5369	13,0096	4,9123
16	Mín.	-21,2573	-18,1196	-3,9285
17	Máx	13,5249	-2,7561	2,6252
17	Mín.	-13,5249	-10,5786	-2,6252
18	Máx	21,2573	13,0096	3,9285
18	Mín.	-21,5369	-18,1196	-4,9123
19	Máx	19,7371	13,0790	2,3320
19	Mín.	19,6445	-13,8227	-2,6344
20	Máx	13,5005	-5,1412	0,9651
20	Mín.	-13,5005	-12,9982	-0,9651
21	Máx	19,6445	13,0790	2,6344
21	Mín.	-19,7371	-13,8227	-2,3320
22	Máx	20,4182	13,3497	1,9352
22	Mín.	-20,4771	-14,6367	-3,8077
23	Máx	14,9273	-4,2898	0,9553
23	Mín.	-14,9273	-13,7412	-0,9553

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION X SECCIÓN 1				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
24	Máx	20,4771	13,3497	3,8077
24	Mín.	-20,4182	-14,6367	-1,9352
25	Máx	15,7037	4,0672	2,6219
25	Mín.	-15,7037	-14,8590	-2,6219

Anexo C. Resultados fuerzas y momentos actuantes en las vigas en el eje X, sección 1.

Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION Y SECCIÓN 1				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
50	Máx	19,5227	12,0203	2,9130
50	Mín.	-19,6567	-15,3913	-3,1826
51	Máx	16,5074	4,1700	2,4303
51	Mín.	-16,9994	-14,0238	-2,4931
26	Máx	17,2053	4,2670	2,6272
26	Mín.	-16,4447	-14,0954	-2,4916
27	Máx	19,6329	12,0642	3,7890
27	Mín.	-18,8462	-15,0028	-3,3767
28	Máx	15,3868	7,4320	1,2236
28	Mín.	-12,0775	-9,8365	-0,9122
29	Máx	13,4665	3,9372	0,7106
29	Mín.	-13,8106	-9,5749	-0,7119
30	Máx	13,7493	4,0769	0,7146
30	Mín.	-13,5023	-9,4040	-0,8044
31	Máx	12,7140	5,9616	1,4671
31	Mín.	-14,5143	-9,4137	-0,7432
32	Máx	9,0814	-2,8024	-1,8286
32	Mín.	-10,3477	-11,6809	-4,5029
33	Máx	15,8620	7,7583	0,7838
33	Mín.	-12,8721	-10,0389	-2,3557
34	Máx	15,5020	6,0065	1,3404
34	Mín.	-15,1124	-10,6639	-0,9745
35	Máx	10,4762	9,3092	3,4813
35	Mín.	-17,3810	-10,3169	-1,8886
36	Máx	15,3869	7,4320	0,9122
36	Mín.	-12,0775	-9,8365	-1,2236
37	Máx	13,4665	3,9373	0,7119
37	Mín.	-13,8106	-9,2749	-0,7106
38	Máx	13,7493	4,0769	0,8044
38	Mín.	-13,5023	-9,4040	-0,7146
39	Máx	12,7114	5,9616	0,7432
39	Mín.	-14,5143	-9,4137	-1,4671
40	Máx	9,0814	-2,8024	4,5029
40	Mín.	-10,3477	-11,6809	1,8286
41	Máx	15,8620	7,7583	2,3557
41	Mín.	-12,8721	-10,0389	-0,7838
42	Máx	15,5020	6,0065	0,9745
42	Mín.	-15,1124	-10,6639	-1,3404
43	Máx	10,4762	9,3092	1,8886
43	Mín.	-17,3810	-10,3169	-3,4813
44	Máx	19,5257	12,0203	3,1826
44	Mín.	-19,6567	-15,3913	-2,9130
45	Máx	16,5074	4,1700	2,4931

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION Y SECCIÓN 1				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
45	Mín.	-16,9994	-14,0238	-2,4303
46	Máx	17,2053	4,2670	2,4916
46	Mín.	-16,4447	-14,0954	-1,6272
47	Máx	19,6329	12,0642	3,3767
47	Mín.	-18,8462	-15,0028	-3,7890
48	Máx	21,5447	12,0143	3,7265
48	Mín.	-19,1615	-16,3596	-3,1291
49	Máx	19,0056	6,6920	3,7761
49	Mín.	-19,6896	-15,4325	-2,6850
52	Máx	21,5447	12,0143	3,1291
52	Mín.	-19,1615	-16,3596	-3,7265
53	Máx	19,0056	6,6920	2,6850
53	Mín.	-19,6898	-15,4325	-3,7761

Anexo C.1 Resultados fuerzas y momentos actuantes en las vigas en el eje Y, sección 1.
Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION X SECCIÓN 2				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
4	Máx	21,6526	11,4930	4,5151
4	Mín	-19,2539	-16,5700	-4,4299
71	Máx	19,1540	5,7157	3,0697
71	Mín	-18,5766	-14,9834	-3,4934
72	Máx	13,9204	9,8560	3,5774
72	Mín	-14,5923	-14,0719	-3,6141
73	Máx	19,0710	8,4839	2,5563
73	Mín	-17,5231	-11,7996	-2,6684
74	Máx	17,3640	6,0458	1,0106
74	Mín	-17,2953	-11,3588	-0,9838
75	Máx	13,8040	8,5843	2,5580
75	Mín	-18,9172	-11,7347	-2,9066
76	Máx	19,5596	11,6361	4,1941
76	Mín	-19,1440	-15,5244	-4,2577
77	Máx	15,2749	6,8951	2,8122
77	Mín	-15,3132	-8,8723	-2,9639
78	Máx	18,4815	11,0774	5,1729
78	Mín	-19,7509	-15,5476	-5,0954
79	Máx	16,6014	7,8575	3,4358
79	Mín	-16,1615	-9,2626	-3,2910
80	Máx	22,2365	11,8990	4,4416
80	Mín	-20,7473	-15,5864	-4,4592
81	Máx	14,5441	9,1658	2,3765
81	Mín	-16,8429	-9,2971	-2,2923
82	Máx	14,1959	-5,5886	2,6179
82	Mín	-7,5750	-17,5773	-4,3771
83	Máx	18,4207	9,7194	0,6202
83	Mín	-14,1574	-13,2447	-3,1031
84	Máx	17,6450	-5,1901	1,3184
84	Mín	-16,9634	-13,7780	-1,3057
85	Máx	12,7729	12,5210	2,4457
85	Mín	-19,9012	-14,4433	-0,9436
86	Máx	14,5926	8,6181	2,2809

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION X SECCIÓN 2				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
1	Máx	22,4302	11,6530	4,1546
1	Mín	-19,8240	-17,2639	-4,0231
2	Máx	20,6959	12,3337	3,7666
2	Mín	-20,9288	-16,4886	-3,8818
5	Máx	19,3663	9,0025	2,3248
5	Mín	-18,2624	-11,9730	-2,6050
6	Máx	14,6069	7,1024	0,9018
6	Mín	-17,8791	-11,2393	-2,4757
7	Máx	17,7554	-7,5778	3,9056
7	Mín	-7,7589	-20,4190	-4,4695
10	Máx	15,9624	-4,7356	1,2316
10	Mín	-15,7708	-13,7689	-1,2290
13	Máx	7,9451	-7,7317	4,5921
13	Mín	-17,3905	-20,7163	-4,0349
14	Máx	17,9605	7,2106	2,6669
14	Mín	-14,5798	-11,4478	-1,0783
15	Máx	17,1586	5,4731	1,1714
15	Mín	-17,1917	-11,5655	-1,1231
16	Máx	17,2232	5,3984	1,2234
16	Mín	-17,1490	-11,6205	-1,1735
17	Máx	17,1045	5,6939	1,2338
17	Mín	-17,3382	-11,6285	-1,4092
18	Máx	12,4907	6,6810	1,1846
18	Mín	-18,0183	-11,3271	-1,5983
24	Máx	21,5115	12,1887	4,4993
24	Mín	-21,2752	-25,0037	-4,5681
46	Máx	18,0087	14,6116	2,9372
46	Mín	-23,9790	-16,8940	-3,1723
47	Máx	21,1812	13,4340	4,1326
47	Mín	-23,0541	-18,1849	-4,0633
48	Máx	19,1218	12,6801	3,8604
48	Mín	-17,9149	-13,1352	-4,2592
49	Máx	16,9596	4,5545	2,8225
49	Mín	-16,1515	-11,7565	-2,7213
50	Máx	18,8492	13,0840	4,3539
50	Mín	-18,3067	-13,7601	-3,9431
51	Máx	16,1446	13,0632	4,2314
51	Mín	-18,3862	-13,9324	-4,0947
52	Máx	11,8242	4,9962	1,8280
52	Mín	-11,6633	-5,7753	-1,7342
53	Máx	17,8242	12,4556	4,5828
53	Mín	-16,1532	-13,5605	-4,7245
54	Máx	14,1845	4,7317	2,8570
54	Mín	-14,2023	-8,7385	-2,8701
55	Máx	15,1813	2,3663	2,8372
55	Mín	-15,1889	-13,3808	-2,7422
56	Máx	21,3819	11,9997	4,6779
56	Mín	-20,2157	-16,5680	-4,4515
57	Máx	18,8566	5,0694	3,6705
57	Mín	-19,0233	-15,1401	-3,7475
58	Máx	19,0983	5,1571	3,8483
58	Mín	-18,7795	-15,1646	-3,9960

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION X SECCIÓN 2				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
59	Máx	18,8573	5,6508	4,0871
59	Mín	-19,3439	-15,1734	-4,4950
60	Máx	22,4539	13,8434	4,4210

Anexo C.2 Resultados fuerzas y momentos actuantes en las vigas en el eje X, sección 2.

Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION Y SECCIÓN 2				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
4	Máx	21,6526	11,4930	4,5151
4	Mín	-19,2539	-16,5700	-4,4299
71	Máx	19,1540	5,7157	3,0697
71	Mín	-18,5766	-14,9834	-3,4934
72	Máx	13,9204	9,8560	3,5774
72	Mín	-14,5923	-14,0719	-3,6141
73	Máx	19,0710	8,4839	2,5563
73	Mín	-17,5231	-11,7996	-2,6684
74	Máx	17,3640	6,0458	1,0106
74	Mín	-17,2953	-11,3588	-0,9838
75	Máx	13,8040	8,5843	2,5580
75	Mín	-18,9172	-11,7347	-2,9066
76	Máx	19,5596	11,6361	4,1941
76	Mín	-19,1440	-15,5244	-4,2577
77	Máx	15,2749	6,8951	2,8122
77	Mín	-15,3132	-8,8723	-2,9639
78	Máx	18,4815	11,0774	5,1729
78	Mín	-19,7509	-15,5476	-5,0954
79	Máx	16,6014	7,8575	3,4358
79	Mín	-16,1615	-9,2626	-3,2910
80	Máx	22,2365	11,8990	4,4416
80	Mín	-20,7473	-15,5864	-4,4592
81	Máx	14,5441	9,1658	2,3765
81	Mín	-16,8429	-9,2971	-2,2923
82	Máx	14,1959	-5,5886	2,6179
82	Mín	-7,5750	-17,5773	-4,3771
83	Máx	18,4207	9,7194	0,6202
83	Mín	-14,1574	-13,2447	-3,1031
84	Máx	17,6450	-5,1901	1,3184
84	Mín	-16,9634	-13,7780	-1,3057
85	Máx	12,7729	12,5210	2,4457
85	Mín	-19,9012	-14,4433	-0,9436
86	Máx	14,5926	8,6181	2,2809
86	Mín	-17,0954	-9,5052	-2,4047
87	Máx	13,7911	-5,6182	4,3589
87	Mín	-7,8070	-17,3441	-2,6694
88	Máx	18,5686	9,8122	3,1386
88	Mín	-14,2787	-13,3715	-0,5733
89	Máx	17,6017	-5,0178	1,2604
89	Mín	-17,1535	-13,8196	-1,3487
90	Máx	12,8188	12,4234	1,0063
90	Mín	-19,8982	-14,4782	-2,3640
91	Máx	22,3451	12,6847	4,2182

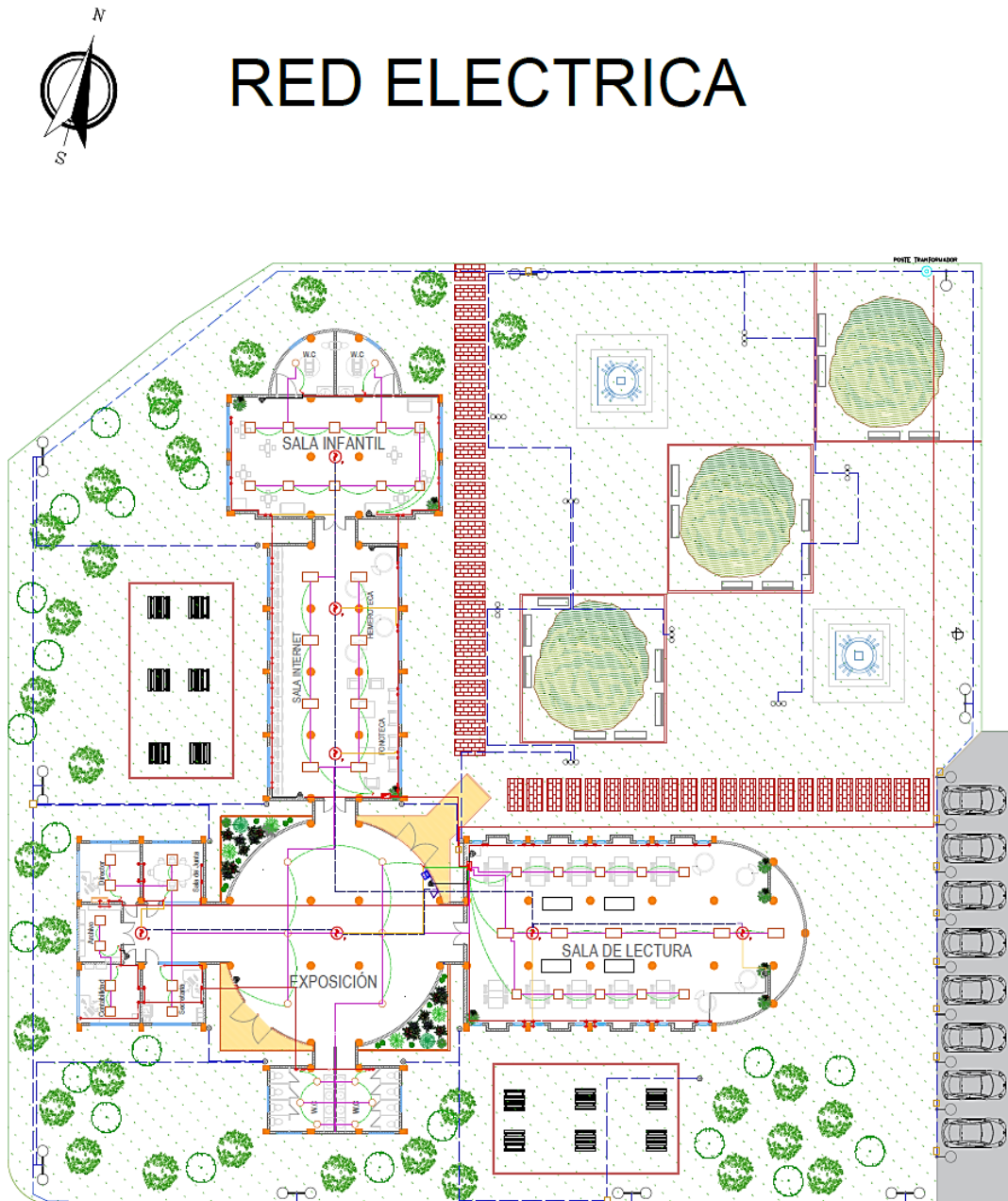
FUERZA DE ELEMENTOS VIGAS EN DIRECCION Y SECCIÓN 2				
VIGA (B)	TIPO	V2 (KN)	M3 (KN*m)	T (KN*m)
91	Mín	-22,2578	-16,2535	-4,6381
92	Máx	16,8203	7,8853	3,2674
92	Mín	-16,8162	-9,6472	-3,4498
93	Máx	20,4206	12,7879	4,4446
93	Mín	-19,9701	-16,2461	-4,5233
94	Máx	15,6629	6,8640	2,9231
94	Mín	-15,6779	-9,2689	-2,9002
95	Máx	20,1911	12,8813	5,0231
95	Mín	-20,3419	-16,1765	-4,9392
96	Máx	19,1027	9,8301	2,7066
96	Mín	-18,7122	-12,0075	-2,5197
97	Máx	17,1435	5,7192	0,8741
97	Mín	-17,1514	-11,4256	-0,9920
98	Máx	18,7327	9,8175	2,8469
98	Mín	-19,0893	-11,9827	-3,0309
99	Máx	19,0316	10,4092	2,6092
99	Mín	-19,1153	-12,0354	-2,6580
100	Máx	17,0937	5,6358	1,0048
100	Mín	-17,1018	-11,4362	-0,9847
101	Máx	19,1337	10,3999	2,9937
101	Mín	-19,0207	-12,0121	-2,9409
102	Máx	19,4435	11,0900	2,6160
102	Mín	-19,7859	-12,3804	-2,6398
103	Máx	17,3900	5,6818	0,9814
103	Mín	-17,4049	-11,6961	-0,9995
104	Máx	19,7983	11,0836	2,9743
104	Mín	-19,4313	-12,3584	-2,9481
105	Máx	19,5894	12,3717	2,9145
105	Mín	-18,7115	-12,6716	-2,7465
106	Máx	18,0539	6,1537	1,0996
106	Mín	-18,0279	-11,9732	-1,1230
108	Máx	18,7881	12,3525	3,1014
108	Mín	-19,5860	-12,6656	-3,2365
109	Máx	12,5635	5,3482	1,0618
109	Mín	-14,0909	-7,6379	-1,0709
116	Máx	12,6709	7,3145	1,3960
116	Mín	-10,3866	-7,7634	-0,8559
121	Máx	10,5255	7,3323	0,9017
121	Mín	-12,7175	-7,8582	-1,4387

Anexo C.3 Resultados fuerzas y momentos actuantes en las vigas en el eje Y, sección 2.

Fuente: Información extraída del modelo estructural en ETABS.

ANEXO D

Planos de red eléctrica, red sanitaria y red hidráulica supuestos para determinar el presupuesto.



Anexo D. Plano de red eléctrica.
Fuente: Autores.

[illegible]

USTA Sede Villavicencio – Facultad de Ingeniería Civil



RED HIDRAULICA



Anexo D.2 Plano de red hidráulica.
Fuente: Autores.