

Estudios y diseños para la ampliación del templo Jesús Buen Samaritano ubicado en la carrera 77c 68-06
sur, barrio Santo Domingo en la Localidad de Cazucá.

Cifuentes Romero Juan Sebastián

Velásquez Rodríguez Oscar Iván



Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá D.C

2019

Estudios y diseños para la ampliación del templo Jesús Buen Samaritano ubicado en la carrera 77c 68-06
sur, barrio Santo Domingo en la Localidad de Cazucá.

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Cifuentes Romero Juan Sebastián

Velásquez Rodríguez Oscar Iván

Director: Ing. Gabriel Santiago Silva Vega

Par: Ing. Ferney Oswaldo Peña Rey

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá D.C

2019

Resumen

Este proyecto consiste en realizar los estudios y diseños para la ampliación del templo Jesús Buen Samaritano ubicado en la carrera 77c 68-06 sur, barrio Santo Domingo en la Localidad de Cazucá, para ello se realizará un levantamiento topográfico, estudio de suelos, diseño arquitectónico y por último el diseño estructural, el cual se revisará minuciosamente para cumplir con la norma sismo resistente actual; ya que muchas de las edificaciones en este sector no cumplen con parámetros mínimos de sismo resistencia y ante un eventual sismo de magnitud considerable podrían colapsar. Por tal motivo se contará con la asesoría de especialistas en cada una de las ramas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto, para que todo el diseño quede lo más seguro posible y así garantizar la integridad física de los feligreses que asistan al templo.

Abstract

This project consists of carrying out studies and designs for the extension of the Jesus Good Samaritan Temple located in the race 77c 68-06 south, Santo Domingo neighborhood in the town of Cazucá, for this a topographic survey, soil study, architectural design will be carried out and finally the structural design, which will be thoroughly revised to comply with the current resistant earthquake standard; since many of the buildings in this sector do not comply with minimum parameters of earthquake resistance and before a possible earthquake of considerable magnitude they could collapse. For this reason we will have the advice of specialists in each of the branches to execute during the development of the project, so that all the design is as safe as possible and thus ensure the physical integrity of the parishioners who attend the temple.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	iv
1. Introducción	1
2. Justificación.....	2
3. Objetivos	2
3.1. Generales:	2
3.2. Específicos:	2
4. Marco Teórico	3
4.1. Acabados o elementos no estructurales:	3
4.2. Deriva de piso:	3
4.3. Elemento o miembro estructural:	3
4.4. Fuerzas sísmicas:.....	3
4.5. Sistema de resistencia sísmica:.....	3
4.6. Capacidad de disipación de energía:	3
4.7. Cercha:	4
4.8. Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, R_o :	4
4.9. Coeficiente de capacidad de disipación de energía, R :	4
4.10. DES:.....	4
4.11. Espectro:	4
4.12. Método de la fuerza horizontal equivalente:.....	4
4.13. Microzonificación sísmica:	4
4.14. Pórtico:.....	4
4.15. Péndulo invertido:	5
5. Metodología	5
5.1. Estudio de prefactibilidad y alcance	5
5.1.1. Topografía:.....	6
5.1.2. Diseño arquitectónico:.....	6
5.1.3. Estudio de suelos:.....	6
5.1.4. Diseño estructural:.....	6
6. Resultados	6
6.1. Estudio de prefactibilidad y alcance	6
6.2. Topografía.....	11
6.3. Estudio de suelos.....	12

6.4.	Diseño arquitectónico.....	15
6.5.	Diseño estructural	19
6.5.1.	Avaluó de cargas	20
6.5.2.	Peso estructura	23
6.5.3.	Zona de amenaza sísmica	26
6.5.4.	Espectro de respuesta del suelo	29
6.5.5.	Combinaciones de carga.....	31
6.5.6.	Modelación en SAP 2000.....	33
6.5.7.	Derivas	39
6.5.8.	Diseño de la escalera	40
6.5.9.	Diseño de Vigas	51
6.5.10.	Diseño de Columnas.....	62
6.5.11.	Zapatas	73
6.5.12.	Elementos no estructurales	79
7.	Conclusiones	81
8.	Bibliografía.....	83

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Localización del proyecto.....	7
Ilustración 2. Medición de la longitud de los muros	8
Ilustración 3. Medición de los linderos sobre la calle.	8
Ilustración 4. Medición fachada principal.	9
Ilustración 5. Estado del lado izquierdo de la construcción.	9
Ilustración 6. Zona a intervenir.....	11
Ilustración 7. Esquematización de los Sondeos.....	12
Ilustración 8. Respuesta Sísmica, tomada de SIG PREDIAL	14
Ilustración 9. Diseño Arquitectónico Inicial.....	16
Ilustración 10. 3D diseño arquitectónico Inicial.....	16
Ilustración 11. Diseño Arquitectónico Versión 2	17
Ilustración 12. Diseño Arquitectónico Versión Final	18
Ilustración 13. Desplazamiento original vs Desplazamiento cuando se rompe la unión viga-columna	28
Ilustración 14. Vista general de la estructura en SAP 2000	33
Ilustración 15. Planta de cimentación.....	34
Ilustración 16. Pórtico de vigas 30x35 y columnas 40x40	35
Ilustración 17. Vigas de 25x40, 40x40 y columnas de 35x35, 40x40.....	36
Ilustración 18. Vigas de 30x30 y columnas de 50x40.....	37
Ilustración 19. Perfilera metálica de 6cm de diámetro	38
Ilustración 20. Punto Deriva (30) N+10.40	39
Ilustración 21. Punto Deriva (164) N+8.66	40
Ilustración 22. Escalera.....	41
Ilustración 23. Esquema Escalera más cargas	42
Ilustración 24. Despiece de acero VG-206.....	61
Ilustración 25. Requerimientos del refuerzo transversal estructura tipo DES.....	66
Ilustración 26 Despiece Zapata A-1,10	78
Ilustración 27. Conexión cercha-columna	79
Ilustración 28. Contra-vientos y perfil de la cercha.....	80
Ilustración 29. Detalle de muros y cimientos.	80

Lista de tablas

Tabla 1. Información Del SINUPOT. Ficha técnica	10
Tabla 2. Numero de sondeos y profundidad mínima del sondeo.	12
Tabla 3. Clasificación de los perfiles de suelo	14
Tabla 4. Materiales a emplear en el diseño	19
Tabla 5. Secciones transversales de los elementos	20
Tabla 6. Carga Viva.....	20
Tabla 7. Carga Muerta.....	21
Tabla 8. Carga Muros	21
Tabla 9. Carga Granizo y Viento.....	22
Tabla 10. Carga Cubierta N+8.66.....	22
Tabla 11. Carga Cubierta N+10.40.....	23
Tabla 12. Peso elementos de concreto.....	24
Tabla 13. Peso perfilería metálica	24
Tabla 14. Peso de muros.....	25
Tabla 15. Teja de arcilla	25
Tabla 16. Peso escalera.....	25
Tabla 17. Peso total de la estructura	25
Tabla 18. Zona de amenaza sísmica	26
Tabla 19. Tipo de estructura y valor de R_o	26
Tabla 20. Clasificación de la estructura de acuerdo a los parámetros de disipación de energía	27
Tabla 21. Irregularidad en planta.....	27
Tabla 22. Casos de irregularidad torsional	27
Tabla 23. Irregularidad en altura y Ausencia de redundancia	28
Tabla 24. Datos para realizar el espectro de respuesta del suelo.....	29
Tabla 25. Grupo de uso del suelo	29
Tabla 26. Datos de aceleración y tiempo para construir el espectro elástico de aceleración	30
Tabla 27. Fuerza horizontal equivalente.....	31
Tabla 28. Combinaciones de carga.....	32
Tabla 29. Derivas.....	39
Tabla 30. Datos de entrada escalera	41
Tabla 31. Dimensiones Escalera.....	42
Tabla 32. Datos de salida Escalera	42
Tabla 33. Reacciones Escalera	43
Tabla 34. Diseño a flexión escalera.....	43
Tabla 35. Diseño cortante escalera	44
Tabla 36. Acero de retracción y fraguado	44
Tabla 37. Cuadro De Traslapos	49
Tabla 38. Longitud de gancho refuerzo principal.....	50
Tabla 39. Longitud de gancho de estribos.....	50

Tabla 40. Diseño a flexión VG-206.....	56
Tabla 41 Diseño a cortante VG-206	58
Tabla 42 Datos diagrama de la envolvente de cortante y momentos VG-206	59
Tabla 43. Envolvente de cortante VG-206	60
Tabla 44. Envolvente de momentos VG-206	60
Tabla 45. Diseño a flexión y carga axial Col C-2,9	69
Tabla 46. Rigidez relativa de las columnas respecto a las vigas	69
Tabla 47. Datos diagrama de interacción Col C-2,9.....	70
Tabla 48 Diagrama de interacción Col C-2,9	70
Tabla 49. Diseño a cortante Col C-2,9	71
Tabla 50. Despiece Col C-2,9.....	72
Tabla 51 Diseño a flexión y cortante Zapata A-1,10.....	77

1. Introducción

Cazucá es un sector ubicado entre Ciudad Bolívar y el municipio de Soacha, debido a ello se sumerge en una cierta cantidad de problemáticas como lo es la inseguridad, la falta de ordenamiento territorial y carencia de infraestructura en algunos sectores; por ende, la comunidad religiosa busca dar una mano a la sociedad por medio de su iglesia Jesús Buen Samaritano ubicada en KR 77C 68 06 SUR.

Hoy en día dicha comunidad se encuentra en gran crecimiento lo que implica la construcción de un templo donde se pueda albergar a sus peregrinos con el fin de que se sientan en un espacio a gusto, cómodo e íntegro por ende para dar con este objetivo se requiere de unos diseños previos a su construcción la cual consiste en el desarrollo de este proyecto de grado.

Este proyecto se enfoca en realizar los estudios y diseños para la construcción del templo ubicado en el sector de Cazucá KR 77C 68 06 SUR con el fin de suplir una serie de necesidades de los peregrinos de dicho sector, donde se realizarán las siguientes actividades: levantamiento topográfico, estudio de suelos para el diseño de la cimentación, diseño estructural de la edificación teniendo en cuenta los planos arquitectónicos. Las actividades mencionadas anteriormente se describirán con mucho más detalle en la metodología.

2. Justificación

Con este proyecto se pretende desarrollar y poner en práctica los conocimientos junto con las competencias adquiridas durante el desarrollo de la carrera, dando un enfoque de proyección social a la comunidad, más exactamente al templo Jesús Buen Samaritano el cual se busca generar la ampliación de sus instalaciones debido a la gran demanda de la comunidad.

3. Objetivos

3.1. Generales:

Realizar los estudios y diseños para la ampliación del templo Jesús Buen Samaritano ubicado en la carrera 77 C N° 68 sur – 06 BOGOTÁ CUNDINAMARCA.

3.2. Específicos:

1. Realizar una propuesta arquitectónica, con la colaboración de un estudiante de arquitectura de últimos semestres de la Universidad Católica, correspondiente a la ampliación del templo Jesús Buen Samaritano, donde se tiene en cuenta los parámetros de habitabilidad dados las normas arquitectónicas definidas para el sector.
2. Realizar levantamiento topográfico para definir la planimetría de la zona.

3. Realizar estudio de suelos en compañía de un profesional experto en el área de la geotecnia, donde se determinan las características físicas y mecánicas del suelo con el fin de suministrar los parámetros y recomendaciones para el diseño de la cimentación más adecuada.
4. Realizar el diseño estructural acorde a los planos arquitectónicos y el estudio de suelos, en el marco de la NSR-10.

4. Marco Teórico

- 4.1. **Acabados o elementos no estructurales:** Partes y componentes de una edificación que no pertenecen a la estructura o a su cimentación. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 99)
- 4.2. **Deriva de piso:** Es la diferencia entre los desplazamientos horizontales de los niveles entre los cuales está comprendido el piso. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 99)
- 4.3. **Elemento o miembro estructural:** Componente del sistema estructural de la edificación. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 99)
- 4.4. **Fuerzas sísmicas:** Son los efectos inerciales causados por la aceleración del sismo, expresados como fuerzas para ser utilizadas en el análisis y diseño de la estructura. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 99)
- 4.5. **Sistema de resistencia sísmica:** Es aquella parte de la estructura que, según el diseño, aporta la resistencia requerida para soportar los movimientos sísmicos de diseño. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 269)
- 4.6. **Capacidad de disipación de energía:** Es la capacidad que tiene un sistema estructural, un elemento

estructural, o una sección de un elemento estructural, de trabajar dentro del rango inelástico de respuesta sin perder su resistencia. Se cuantifica por medio de la energía de deformación que el sistema, elemento o sección es capaz de disipar en ciclos histéricos consecutivos. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 269)

4.7. Cercha: Es un conjunto de elementos estructurales unidos entre si, los cuales resisten primordialmente fuerzas axiales. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 269)

4.8. Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, R_0 : Coeficiente que se prescribe para cada sistema estructural de resistencia sísmica, cuyo valor depende del tipo de sistema estructural de las características de capacidad de disipación de energía propias del material estructural que se utiliza en el sistema. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 269) (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 269)

4.9. Coeficiente de capacidad de disipación de energía, R : Coeficiente que corresponde al coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, R_0 multiplicado por los coeficientes de reducción de capacidad de disipación debido a irregularidades en alzado, ϕ_a irregularidad en planta, ϕ_p y a ausencia de redundancia del sistema estructural de resistencia sísmica, ϕ_r . ($R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$) (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 270)

4.10. DES: Capacidad especial de disipación de energía (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 270)

4.11. Espectro: Es la colección de valores máximos, ya sea de aceleración, velocidad o desplazamiento, que tienen los sistemas de un grado de libertad durante un sismo. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 270)

4.12. Método de la fuerza horizontal equivalente: Es el método de análisis sísmico en el cual los efectos de los movimientos sísmicos de diseño se expresan por medio de unas fuerzas horizontales estáticas equivalentes. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 271)

4.13. Microzonificación sísmica: División de una región o de un área urbana, en zonas más pequeñas que presentan un cierto grado de similitud en la forma como se ven afectados los movimientos sísmicos, dadas las características de los estratos de suelo subyacente. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 271)

4.14. Pórtico: Es un conjunto de vigas, columnas y, en algunos casos, diagonales, todos ellos

interconectados entre sí por medio de conexiones o nudos que pueden ser, o no, capaces de transmitir momentos flectores de un elemento a otro. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 271)

4.15. Péndulo invertido: Estas son estructuras donde el sistema de resistencia sísmica actúa como uno o varios voladizos aislados y un porcentaje muy alto de la masa se encuentra concentrada en la parte superior de la estructura. (Ministerio de Ambiente, 1997, pág. 271)

5. Metodología

El proyecto se desarrolla siguiendo las siguientes actividades, las cuales hacen parte de la secuencia lógica en la que se debe realizar un proyecto de construcción y con la salvedad que el presente se limitara únicamente a las actividades de consultoría.

5.1. Estudio de prefactibilidad y alcance

El estudio de pre factibilidad se realiza con el fin de establecer el alcance del proyecto en el cual se tiene en cuenta las necesidades del propietario, la comunidad y los parámetros que establece la norma urbanística del sector en cuanto al uso del suelo en el lugar del proyecto. A continuación, se muestra las diferentes normativas que se tienen en cuenta para la realización de este proyecto:

- Requisitos o necesidades del propietario.
- Requisitos normativos (ficha).

Para realizar el estudio del plan de ordenamiento territorial se utilizarán herramientas de software libre, en este caso SINUPOT (Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial), el cual proporciona información del predio con el fin de saber si tiene viabilidad.

5.1.1. Topografía: Se realiza un levantamiento topográfico de la zona involucrada, en donde se presentarán planos presentados en software AutoCAD.

5.1.2. Diseño arquitectónico: El diseño arquitectónico se lleva a cabo de acuerdo con las necesidades del propietario y los requisitos que establece la normativa de uso del sector, los cuales se establecen en el Plan de Ordenamiento Territorial - POT. Posteriormente se utilizarán herramientas CAD para generar las respectivas propuestas arquitectónicas del proyecto.

5.1.3. Estudio de suelos: El estudio geotécnico se llevará a cabo mediante un convenio con la colaboración de una entidad especializada en dicho ámbito, ya que es un proyecto de tipo social. Se realizarán sondeos a diferentes profundidades para generar un perfil estratigráfico, el cual nos dará una idea de los tipos de suelo que están allí presentes, los cuales se utilizaran para el diseño de la cimentación.

5.1.4. Diseño estructural: El estudio estructural se llevará a cabo mediante herramientas de software como SAP-2000, AutoCAD, Excel; teniendo en cuenta los lineamientos que sugiere la NSR-10. Para el diseño se contará con el apoyo de un diseñador estructural, el cual estará al tanto de que se cumplan los parámetros exigidos por la normatividad vigente.

6. Resultados

6.1. Estudio de prefactibilidad y alcance

Para poder llevar a cabo el estudio de la prefactibilidad y su respectivo alcance se realizaron diferentes actividades, en donde inicialmente se socializa el proyecto con el padre encargado de dicho sector

con la finalidad de hacer un planteamiento inicial o borrador acerca de los primeros parámetros con relación a los temas de diseño y espacio.

Atendiendo la solicitud anterior se procede a realizar visitas técnicas a la zona, donde se inician las diferentes observaciones y junto con ello sus respectivas mediciones como se muestra el siguiente registro fotográfico.

La ubicación del proyecto a desarrollar es en la Cra 77C 68-06 SUR, BARRIO santo domingo en la localidad de Cazucá en donde se observa que la zona achurada de la siguiente imagen corresponde al predio de la dirección mencionada anteriormente.

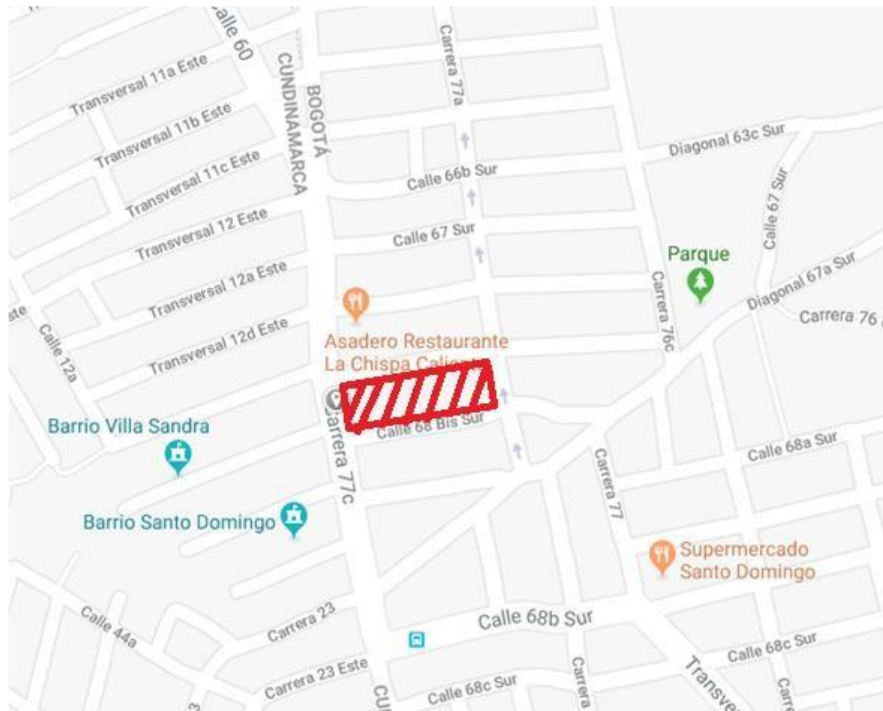


Ilustración 1. Localización del proyecto

En la siguiente fotografía se ilustra la medición correspondiente a los muros perimetrales con el propósito de realizar un esquema tipo borrador ya que por medio de este se tendrá una previsualización de lo ya construido en el predio.



Ilustración 2. Medición de la longitud de los muros

Se lleva a cabo la medición sobre los linderos del predio para así poder determinar las dimensiones del proyecto.



Ilustración 3. Medición de los linderos sobre la calle.



Ilustración 4. Medición fachada principal.



Ilustración 5. Estado del lado izquierdo de la construcción.

Con base a esta visita técnica se identificó la zona a intervenir del proyecto, en donde se descartó la zona del comedor correspondiente a un área aproximada de 60 m^2 , aparte de esto se realizaron mediciones con la finalidad de tener una aproximación del área a trabajar siendo esta de 630 m^2 .

En cuanto a los estudios normativos de uso del predio se realizaron por medio de la herramienta de SINUPOT la cual nos arroja una ficha técnica (Para ver la ficha completa, **Ver Anexo**) en la que se tienen los siguientes datos: Uso específico de culto teniendo en cuenta que el rango de personas a manejar debe ser entre 100 a 350 personas y máximo 700 m^2 de construcción. El número de pisos máximos permitidos en el sector son 5(Ver anexo), el número de parqueaderos mínimo en zona privado es de $1 \times 250 \text{ m}^2$ y la zona de visitantes debe tener $1 \times 200 \text{ m}^2$.

Tabla 1. Información Del SINUPOT. Ficha técnica

Uso- Subuso	Uso Especifico	Descripción	Escala	CONDICIONES GENERALES	PARQUEADEROS	
				Condiciones	Privados	Visitantes
	BIENESTAR SOCIAL	de atención. Centros locales de atención a grupos vulnerables: la familia, la mujer, la infancia, la tercera edad y la juventud, centros Integrados comunitarios, hogares de bienestar.	zonal	12. Solamente en estructuras diseñadas y construidas para el uso. 15. Cumpliendo las normas nacionales sobre la materia. 7-A. Mediante plan de regularización y manejo, o reglamentación urbanística.	$1 \times 60 \text{ m}^2$	$1 \times 450 \text{ m}^2$
	BIENESTAR SOCIAL	Salasunas, jardines infantiles, guarderías, casas vecinales, hogares de bienestar hasta 20 niños, residencias para la tercera edad hasta 20 personas.	vecinal	9. En edificaciones diseñadas, construidas o adecuadas para este uso 15. Cumpliendo las normas nacionales sobre la materia.	$1 \times 60 \text{ m}^2$	No se exige
	CULTO	Edificaciones para el culto, entre 100 a 350 personas y 700 m^2 de construcción como máximo.	zonal	12. Solamente en estructuras diseñadas y construidas para el uso. 8: Supeditadas a las disposiciones y prevalencia del Plan Maestro. 15. Cumpliendo las normas nacionales sobre la materia. 7-A. Mediante plan de regularización y manejo, o reglamentación urbanística.	$1 \times 250 \text{ m}^2$	$1 \times 200 \text{ m}^2$

6.2.Topografía

Para el desarrollo del levantamiento topográfico se realizó mediante el acompañamiento de un profesional, en donde por medio de estación (teodolito) se guardaban los datos correspondientes con sus respectivas connotaciones en un formato TXT, donde después de la toma fueron llevados los puntos a la herramienta AutoCAD.

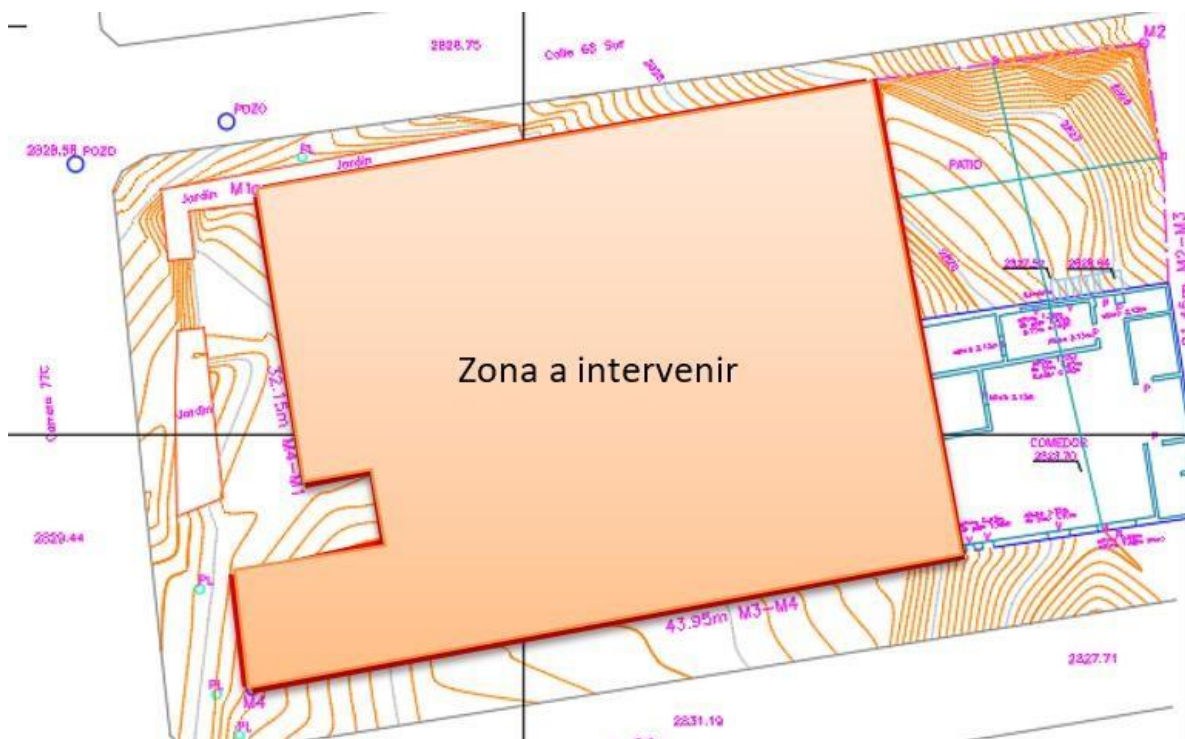


Ilustración 6.Zona a intervenir

Los datos TXT y el plano se encuentran en los anexos

6.3.Estudio de suelos

El estudio de suelos fue brindado por la colaboración de una empresa (All ing) en donde para ello se contaron con 6 perforaciones con profundidades variables entre los 5 y 15 metros según la normativa sismo resistente colombiana NSR 10-Capitulo-H.3 Caracterización geotécnica del subsuelo, la cual se muestra en la siguiente tabla aparte de esto se esquematizo la ubicación de cada perforación.

Tabla 2.Numero de sondeos y profundidad mínima del sondeo.

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

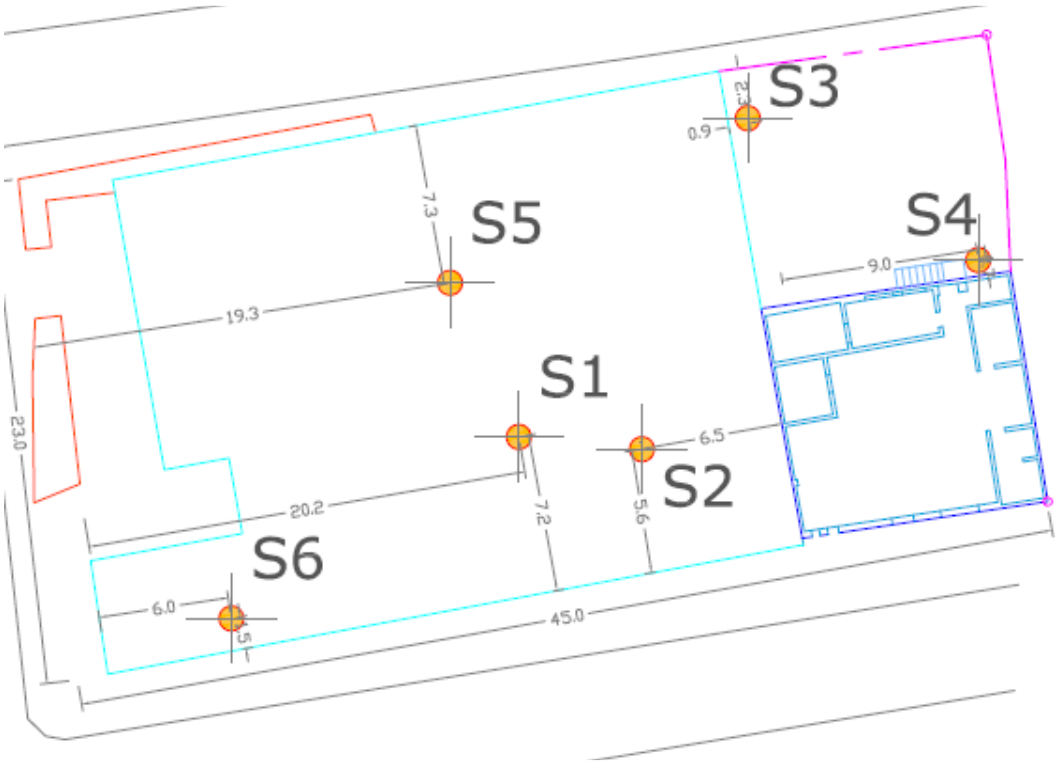


Ilustración 7.Esquematización de los Sondeos

De cada perforación se llevó un registro detallado donde se consignó el tipo de muestra, tanto alterada (S.S) como inalteradas (S.H), profundidad, posible contenido de agua y su respectiva descripción visual, definiendo el tipo de material.

Para el manejo de las muestras fueron debidamente empacadas, rotuladas y enviadas al laboratorio para su posterior análisis.

Las muestras Alteradas (S.S.): Corresponden a las obtenidas en la toma del ensayo de penetración standard, de cuchara hendida y de broca helicoidal.

Las muestras Inalteradas (S.H.): No fueron tomadas debido a la dureza del suelo.

Sobre muestras representativas de los distintos sondeos se efectuaron ensayos de laboratorio, así:

- Determinación de la resistencia al corte, no drenada (q_u) por medio del penetrómetro manual, la veleta de laboratorio.
- Pruebas de consolidación unidimensional, para definir la compresibilidad y el grado de sobre consolidación del suelo.
- Ensayos de clasificación e identificación, tales como humedad natural, límite líquido, límite plástico y granulometría.

Según el artículo A.2.4.4- DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO-NSR 10 se define como (PERFIL TIPO C).

Tabla 3. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{\sigma}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{\sigma}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$

Para los coeficientes de diseño y el tipo de suelo se tomó información de la herramienta SIG PREDIAL siendo sus valores:

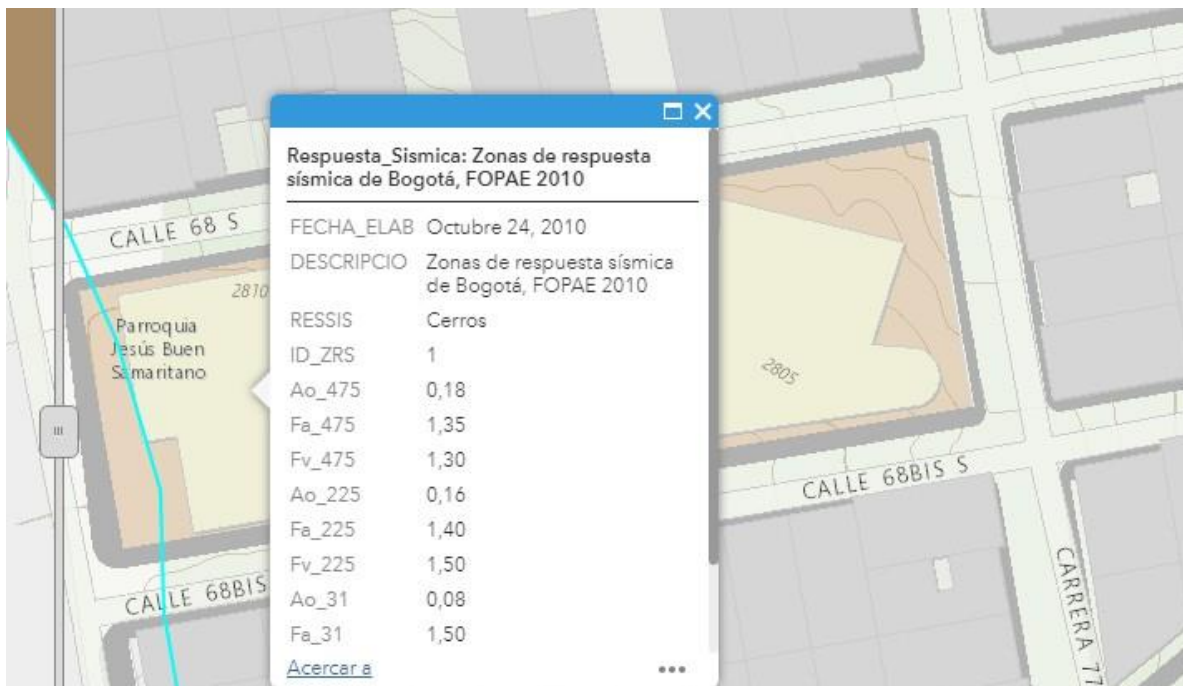


Ilustración 8. Respuesta Sísmica, tomada de SIG PREDIAL

En cuanto a las recomendaciones de cimentación con base a la magnitud de una estructura de dos pisos se propone trabajar con placa de cimentación o cimientos tipo zapatas.

Si se desea realizar una estructura de 4 pisos se recomienda realizar zapatas aisladas en sección rectangular y/o cuadrada, del área necesaria para producir sobre estrato de apoyo una presión máxima de 19.70 T/m^2 .

Para los factores de seguridad indirecto $=3.99$ y factor de seguridad básico

Directo $=2.25$. el estudio completo de suelos se encuentra en anexos

6.4.Diseño arquitectónico

Para el desarrollo arquitectónico se llevó acabo un diseño inicial el cual fue sometido a gran variedad de cambios correspondientemente al avance del proyecto.

Lo que se buscaba era llegar a un diseño estético y funcional, respetando y cumpliendo las normativas que lo acogen a dicho sector.

Mediante dicho proceso se buscó el acompañamiento de un estudiante de arquitectura para así cumplir los requerimientos y sugerencias que demandaba el proyecto.

A continuación, se muestra el desarrollo y evolución del diseño arquitectónico

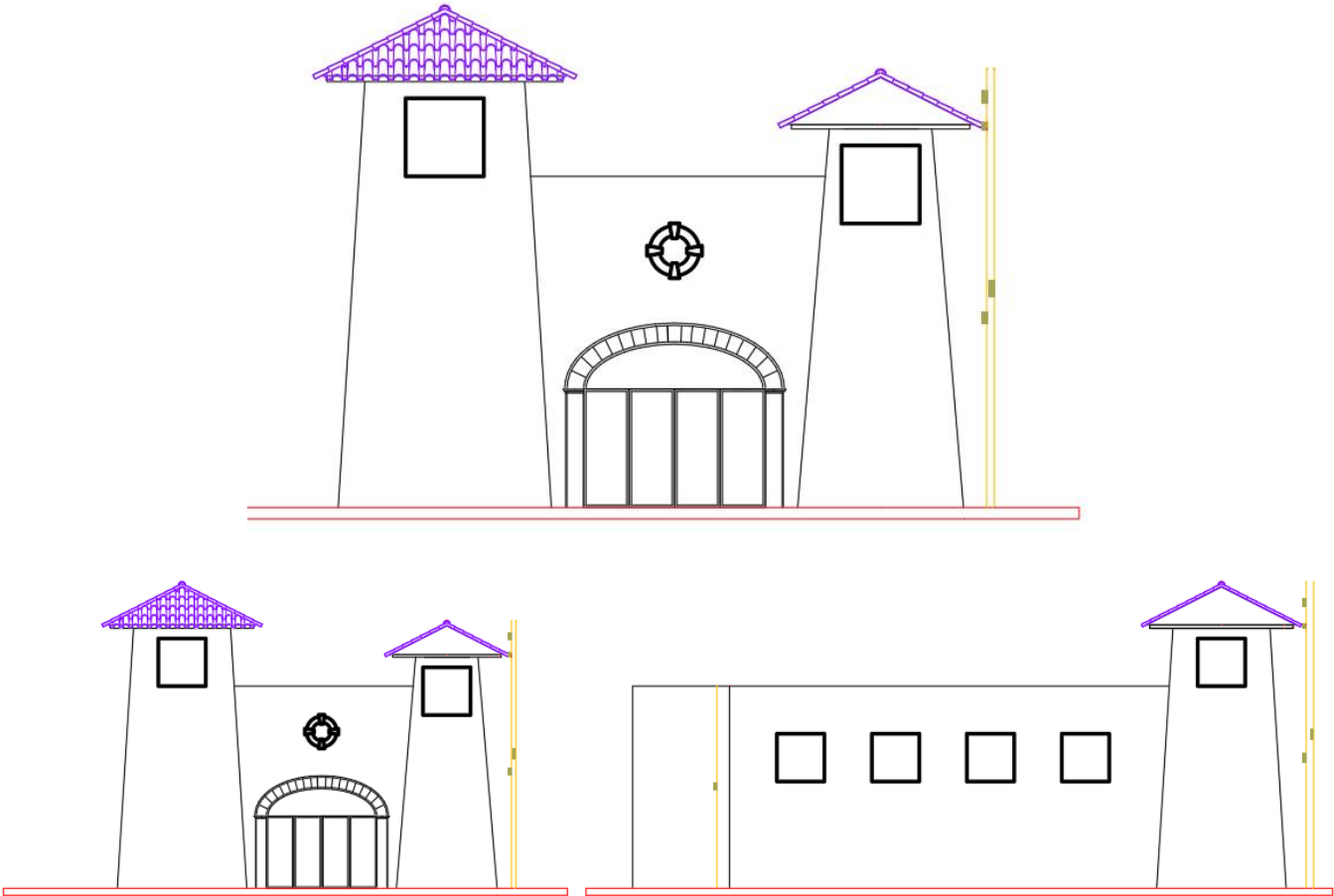


Ilustración 9. Diseño Arquitectónico Inicial



Ilustración 10. 3D diseño arquitectónico Inicial

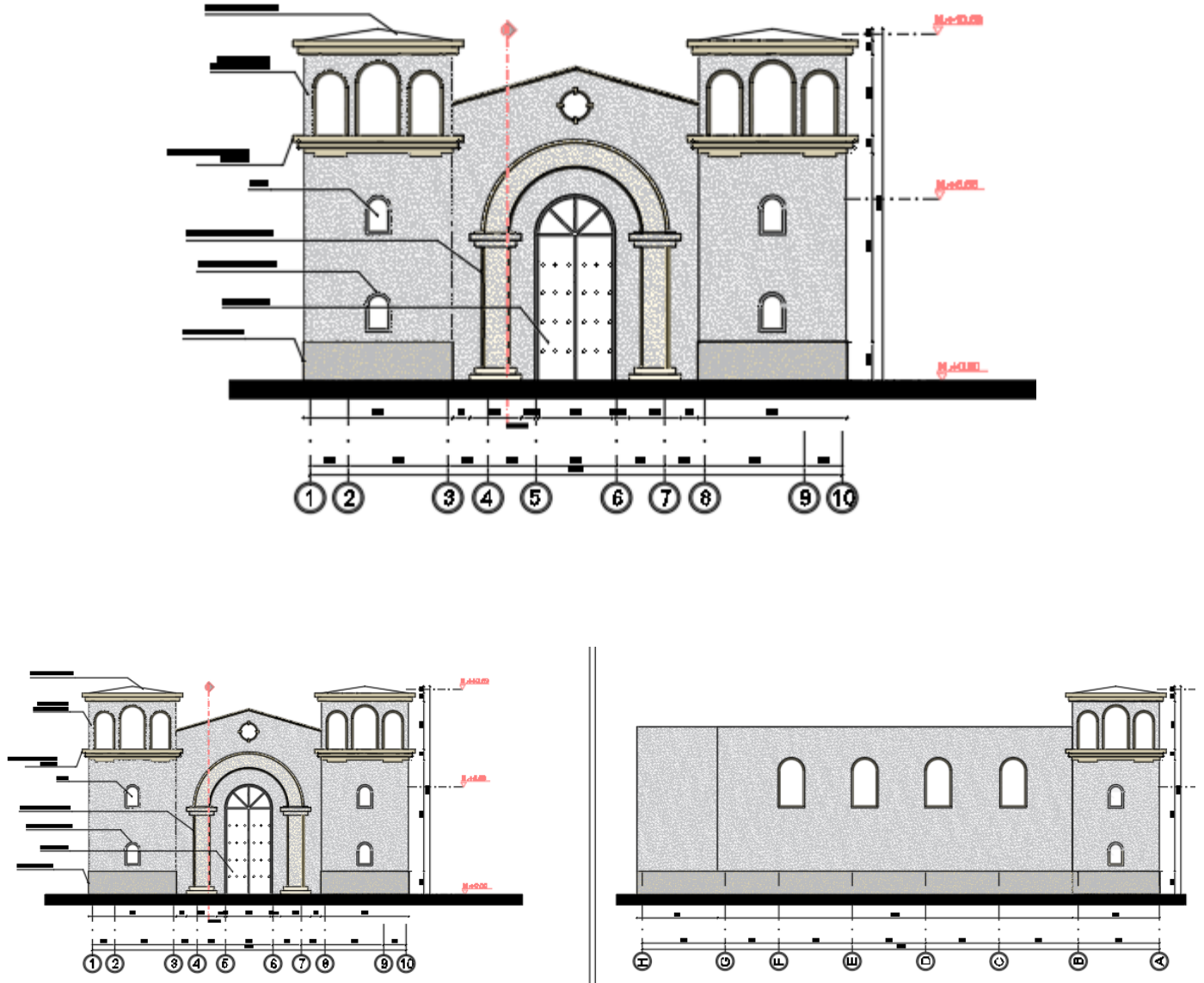


Ilustración 11. Diseño Arquitectónico Versión 2

Posteriormente se calcula e índice de construcción y de ocupación de la estructura; así:

Índice de ocupación		
Área construida en primer piso (m ²)	Área total del predio (m ²)	Índice de ocupación
700	1116,88	62,7%

Índice de construcción		
Área permitida de construcción (m ²)	Área total del predio (m ²)	Índice de construcción
700	1116,88	62,67%

Diseño Final

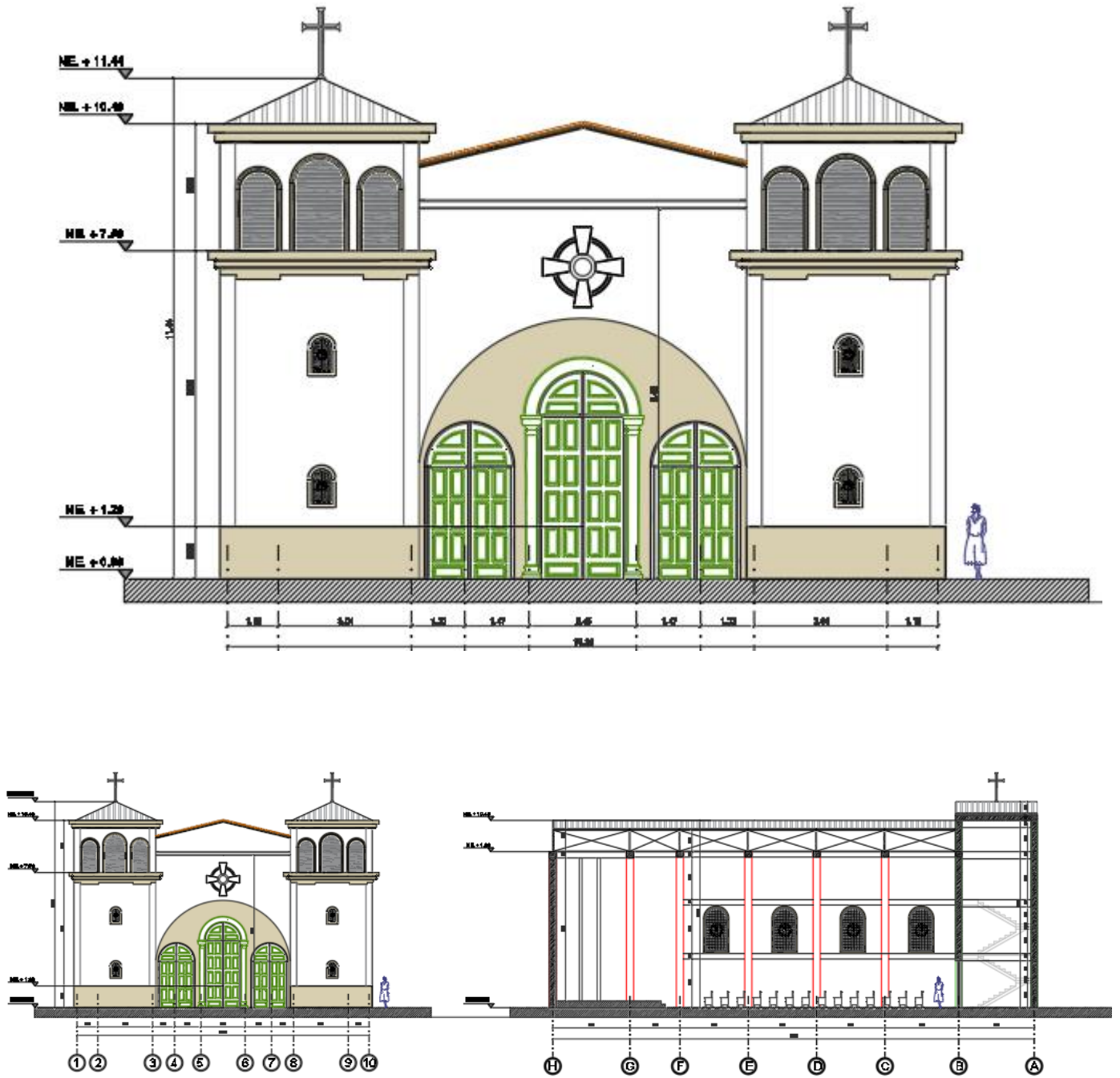


Ilustración 12. Diseño Arquitectónico Versión Final

6.5.Diseño estructural

El diseño estructural se realizó siguiendo los parámetros que exige la NSR-10, en la cual se recomienda un análisis detallado de las cargas que soportara la estructura como lo son: carga de muros, granizo, viva de cubierta, viento y la teja de arcilla; además se tuvo en cuenta el efecto de fuerzas sísmicas dentro del diseño. Los cálculos estructurales se realizaron mediante el método de la resistencia ultima siguiendo lo recomendado por el título A, B y C de la NSR-10, donde inicialmente las solicitaciones de carga se multiplican por factores de mayoración, teniendo en cuenta que algunas combinaciones de carga se verán afectadas por un coeficiente de reducción de resistencia (E). Posteriormente se realizará un pre dimensionamiento de los elementos que conformaran el sistema estructural, el cual estará compuesto por vigas, columnas, zapatas y vigas de cimentación(amarre). Después de haber cumplido con los respectivos requerimientos estructurales se procederá a la elaboración de los planos de cada uno de los elementos.

Tabla 4. Materiales a emplear en el diseño

ESPECIFICACIONES		
<u>CONCRETO:</u>		F'c = MPa F'c = PSI
	Vigas	21-MPa 3000 PSI
	Columnas	21-MPa 3000 PSI
	Zapatas	21-MPa 3000 PSI
<u>ACERO DE REFUERZO:</u>		F'y = MPa F'y = PSI
	Longitudinal	420-MPa 60.000 PSI
	Transversal	420-MPa 60.000 PSI
<u>PERFILERIA:</u>		F'y = MPa F'y = PSI
	Longitudinal	345-MPa 50.000 PSI

Después de varias correcciones en el modelo inicial se plantean las siguientes secciones las cuales serán utilizadas para el modelamiento de la estructura en el programa de análisis SAP2000.

Tabla 5. Secciones transversales de los elementos

Elemento	Tipo	b	h
Vigas	VG		
	201,202,203,204,301,302,303,304,401,402,403,404,501,502,503,504	0,25	0,4
	VG 205,305,405	0,4	0,4
	VG 206,306,406	0,3	0,3
	VG 207,208,307,308,407,408	0,3	0,35
Columnas	COL C1	0,5	0,4
	COL C3	0,4	0,4
	COL C2	0,35	0,35

6.5.1. Avalúo de cargas

A continuación, se discrimina cada una de las cargas utilizadas para el diseño de los elementos estructurales:

Viva:

Tabla 6. Carga Viva

Cargas Vivas		
Ocupación o uso		Carga Uniforme (kN/m ²)
Institucional	Cuarto Privado	2
Cubierta	Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica	0,35
Escalera	Corredores y escaleras	5

Cargas muertas:

Tabla 7. Carga Muerta

Cargas muertas Horizontales		Cargas muertas Verticales	
Pisos y acabados		Pisos y acabados	
Componente	Carga (kN/m ²)	Componente	Carga (kN/m ²)
Baldosa cerámica (20mm) sobre 25mm de mortero	1,1	Mampostería de bloque de arcilla pañetado por ambas caras	3,1
Concreto ligero	0,0150 por mm de espesor	Ventanas	
Cubierta		Componente	Carga (kN/m ²)
Componente	Carga (kN/m ²)	Ventanas, vidrio, entramado y marco	0,45
Teja (Tablilla de madera)	0,15		
Tablero metálico 10 mm	0,08		
Tablero metálico 16 mm	0,08		

Muros:

Tabla 8. Carga Muros

Carga de Muros							
Torres				Pórtico			
Nivel	Altura de muro	Carga (kN/m ²)	Carga de Muros (kN/m)	Nivel	Altura de muro	Carga (kN/m ²)	Carga de Muros (kN/m)
Nivel +3,00	3	3,1	9,3	Nivel +3,00	3	3,1	9,3
Nivel +6,00	1,3	3,1	4,03	Nivel +6,00	2,66	3,1	8,25
Nivel +7,50	3,1	3,1	9,61				

Granizo

Tabla 9. Carga Granizo y Viento

Carga de Granizo		Carga de Viento	
Ocupación o uso	Carga Uniforme (kJ/m ²)	Ocupación o uso	Carga Uniforme (kJ/m ²)
Cubiertas inclinadas con	0,5	Viento	0,4

Tabla 10. Carga Cubierta N+8.66

CUBIERTA NIVEL +8,66						
Correas			Cargas			
N° de espacios	6		Granizo (kJ/m)	Viva (kJ/m)	Viento (kJ/m)	Teja de arcilla (kJ/m)
Correa 1	Longitud Cercha (m)	14,32	1,25	0,88	1,00	0,38
	Longitud de la Correa (m)	18,28				
	Longitud Aferente (m)	2,5				
	Área Aferente (m ²)	45,70				
Correa 2	Longitud Cercha (m)	14,32	1,15	0,81	0,92	0,35
	Longitud de la Correa (m)	22,57				
	Longitud Aferente (m)	2,3				
	Área Aferente (m ²)	51,91				
Correa 3	Longitud Cercha (m)	14,32	1,08	0,75	0,86	0,32
	Longitud de la Correa (m)	22,57				
	Longitud Aferente (m)	2,15				
	Área Aferente (m ²)	48,53				
Correa 4	Longitud Cercha (m)	14,32	1,15	0,81	0,92	0,35
	Longitud de la Correa (m)	22,57				
	Longitud Aferente (m)	2,3				
	Área Aferente (m ²)	51,91				
Correa 5	Longitud Cercha (m)	7,74	1,25	0,88	1,00	0,38
	Longitud de la Correa (m)	18,28				
	Longitud Aferente (m)	2,5				
	Área Aferente (m ²)	45,70				
Vigas	Longitud aferente	1,27	0,64	0,44	0,51	0,19

Tabla 11. Carga Cubierta N+10.40

CUBIERTA NIVEL 10,40						
Correas			Cargas			
N° de espacios	6		Granizo (kJ/m)	Viva (kJ/m)	Viento (kJ/m)	Teja de arcilla (kJ/m)
Correa 1	Longitud Cercha (m)	4,6	0,58	0,40	0,46	0,17
	Longitud de la Correa (m)	4,2				
	Longitud Aferente (m)	1,15				
	Área Aferente (m ²)	4,83				
Correa 2	Longitud Cercha (m)	4,6	0,55	0,38	0,44	0,16
	Longitud de la Correa (m)	4,2				
	Longitud Aferente (m)	1,09				
	Área Aferente (m ²)	4,58				
Correa 3	Longitud Cercha (m)	4,6	0,58	0,40	0,46	0,17
	Longitud de la Correa (m)	4,2				
	Longitud Aferente (m)	1,15				
	Área Aferente (m ²)	4,83				
Vigas	Longitud aferente	0,61	0,31	0,21	0,24	0,09

6.5.2. Peso estructura

Con las dimensiones y las longitudes de los elementos se procede a calcular el peso total de la estructura teniendo en cuenta los elementos de concreto, perfilaría metálica, muros, teja de arcilla y escalera; así:

Tabla 12. Peso elementos de concreto

Objeto	L(m)	N° de vigas	b(m)	h(m)	Peso(ton)
Vigas	4,2	32	0,25	0,4	32,29
	2,69	6	0,4	0,4	6,20
	2,45	2	0,4	0,4	1,88
	3,8	18	0,3	0,3	14,79
	4,1	6	0,3	0,3	5,32
	2,78	6	0,3	0,3	3,61
	6,05	6	0,3	0,35	9,16
	5,39	3	0,3	0,35	4,08
					77,34
Objeto	L(m)	N° de columnas	b(m)	h(m)	Peso(ton)
Columnas	8,66	10	0,5	0,4	41,62
	8,66	4	0,4	0,4	13,32
	10,4	8	0,35	0,35	24,49
					79,42
Peso total (ton)					156,76

Tabla 13. Peso perfilaría metálica

Elemento	Área	Longitud	Volumen	Densidad Acero (Ton/m ³)	Peso(Ton)	Peso Total (Ton)
Perfil 6 cm	0,001070	422,11	0,45	7,80	3,52	5,47
Contravientos	0,000384	285,00	0,11	7,80	0,85	
Perfil 6 cm torres	0,001070	103,86	0,11	7,80	0,87	
Contravientos	0,000384	75,00	0,03	7,80	0,22	

Tabla 14. Peso de muros

Elemento	Carga de Muros (kN/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Peso Total (Ton)
N 3 Torres	9,30	33,6	31,85	186,40
N 6 Torres	4,03	33,6	13,80	
N 7,5 Torres	9,61	33,6	32,91	
N 3 puerta	9,30	5,38	5,10	
N 6 Puerta	4,03	7,83	3,22	
N 7,5 puerta	3,6	7,83	2,87	
Centro	17,55	54,03	96,64	

Tabla 15. Teja de arcilla

Elemento	Carga de Teja (kN/m ²)	Área cubierta(m ²)	Peso (Ton)
Teja de arcilla	0,15	368	5,63

Tabla 16. Peso escalera

Elemento	Peso (Ton)
Escalera	5,87

Tabla 17. Peso total de la estructura

Peso Total Estructura (Ton)
360,12

6.5.3. Zona de amenaza sísmica

Al realizar las respectivas verificaciones de las irregularidades de la estructura se determinó que esta pertenece a un tipo de estructura denominada péndulo invertido, la cual a su vez se diseña para una capacidad de disipación de energía especial (DES). A continuación, se determinan los diferentes valores de sus irregularidades ya sea en planta, altura y ausencia de redundancia:

Tabla 18. Zona de amenaza sísmica

CAPACIDAD DE DISIPACIÓN ENERGÍA	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MÍNIMA DMI	✓	no	no
MODERADA DMO	✓	✓	no
ESPECIAL DES	✓	✓	✓

Tabla 19. Tipo de estructura y valor de Ro

5. Estructuras de péndulo invertido									
a. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5 (Nota-3)	2.0	si	Sin límite	si	sin límite	si	Sin límite
b. Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5	2.0	si	Sin límite	si	sin límite	si	Sin límite
c. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	1.5 (Nota-3)	2.0	no se permite		si	sin límite	Si	sin límite

Tabla 20. Clasificación de la estructura de acuerdo a los parámetros de disipación de energía

Zona de amenaza sísmica	intermedia
Capacidad de disipación de energía	Moderada (DES)
R_0	2,5
Ω	2
Φ_p	0,9
Φ_A	1
Φ_R	1
R	2,25

Tabla 21. Irregularidad en planta

Irregularidad en planta	
$\Delta 1$	0,060
$\Delta 2$	0,052
opción 1	0,078
opción 2	0,067
$\Phi_{p(x)}$	0,9
$\Delta 1$	0,060
$\Delta 2$	0,068
opción 1	0,090
opción 2	0,07704
$\Phi_{p(y)}$	0,9

Tabla 22. Casos de irregularidad torsional

Tipo 1aP — Irregularidad torsional $\phi_p = 0.9$ $1.4\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right) \geq \Delta_1 > 1.2\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$	Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema $\phi_p = 0.8$ $\Delta_1 > 1.4\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$
--	---

Tabla 23. Irregularidad en altura y Ausencia de redundancia

Irregularidad en altura	
Sismo X	
Deriva mayor	0,0526
Deriva máxima permitida	0,0866
Φ_a	1

Ausencia de redundancia	
Desplazamiento original	0,0173
Desplazamiento cuando se rompe la conexión viga-columna	0,0205
Φ_r	1

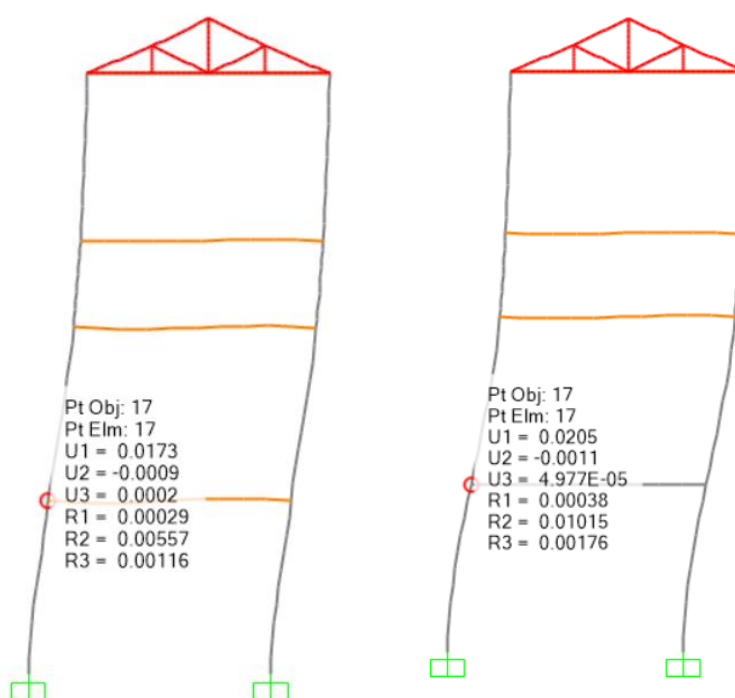


Ilustración 13. Desplazamiento original vs Desplazamiento cuando se rompe la unión viga-columna

6.5.4. Espectro de respuesta del suelo

De acuerdo a lo expuesto por el título A.2 de la NSR-10 se procede a elaborar el espectro de respuesta del suelo ante el posible evento de un movimiento sísmico, con los datos obtenidos del estudio de suelos (Ver anexo), así:

Tabla 24. Datos para realizar el espectro de respuesta del suelo.

LOCALIZACION			
DEPARTAMENTO	DistritoCapital	MUNICIPIO	Bogota D.C
Aa	Av	ZONA DE AMENAZA	
0,18	0,2	Intermedia	
GRUPO DE USO Y COEFICIENTE DE IMPORTANCIA			
GRUPO DE USO	II	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1,1
PERFIL DEL SUELO			
TIPO DE SUELO	C		
Fa	Fv		
1,35	1,3		
Tc	0,514		
Sa(Tc)	0,668		
TL	3,12		

Fuente: Autores

Tabla 25. Grupo de uso del suelo

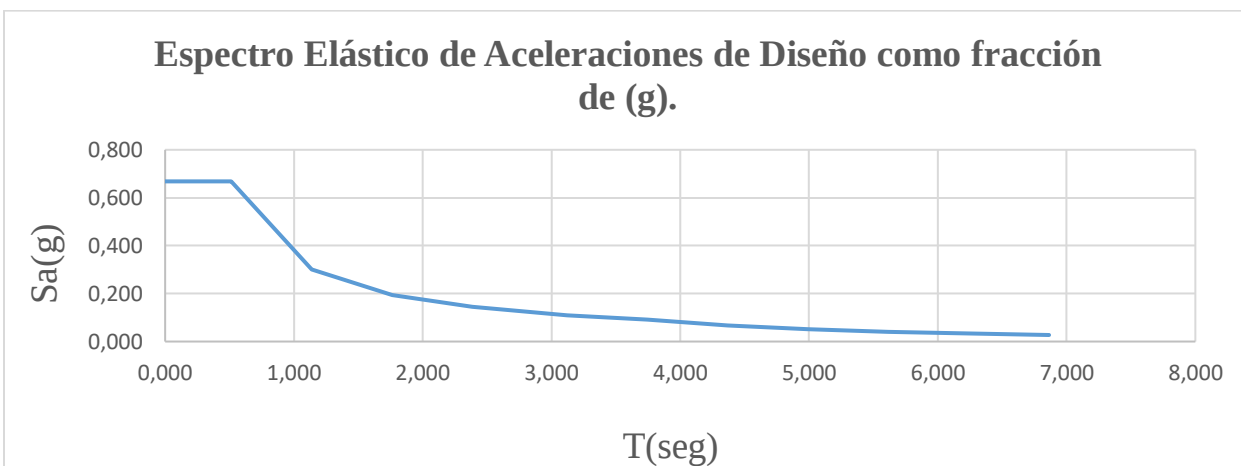
GRUPO DE USO	ESTRUCTURAS
I	Residenciales
II	Salon comunal, Graderias, Estadios, Centros comerciales
III	Estaciones de Bomberos, Policia, Defensa Civil, Fuerzas armadas, Universidades, Colegios
IV	Hospitales, Clinicas, Centros de salud, Aeropuertos, Estaciones Ferroviarias, Sistemas maximo de transporte, Centrales telefonicas, Refugios para emergencias.

Fuente: Autores

Tabla 26. Datos de aceleración y tiempo para construir el espectro elástico de aceleración

T(seg)	Sa(g)
0,000	0,668
0,128	0,668
0,257	0,668
0,385	0,668
0,514	0,668
1,138	0,302
1,762	0,195
2,386	0,144
3,120	0,110
3,744	0,092
4,368	0,067
4,992	0,052
5,616	0,041
6,240	0,033
6,864	0,027

Fuente: Autores



Grafica 1. Espectro elastico de aceleración del suelo

Tabla 27. Fuerza horizontal equivalente

DISTRIBUCIÓN FUERZA SISMICA							
PISO	h (m)	hi/k (m)	Wi(Ton)	mi*hi/k	CVx	Fsi(Ton)	E(Fs/R)
1	10,4	10,4	360	3744	1,000	240,57	106,92
			360	3744	1,000	240,570	

Ta	Periodo Fundamental Aproximado	K
$Ta = ct * h^a$	0,29	1
ct	0,047	
a	0,9	
vs	240,570	

6.5.5. Combinaciones de carga

Para el diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe realizarse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas de las siguientes combinaciones:

Tabla 28. Combinaciones de carga

D	L	Lr	G	W	SX	SY	
1,4							Diseño
1,2	1,6	0,5					
1,2	1	1,6					
1,2			1,6	0,8			
1,2	1	0,5		1,6			
1,2	1		0,5	1,6			
1,2	1				1		Derivas
1,2	1				-1		
1,2	1					1	
1,2	1					-1	
1,2	1				Fs/R	0,3*(Fs/R.)	Diseño
1,2	1				Fs/R	-0,3* (Fs/R.)	
1,2	1				- (Fs/R.)	-0,3* (Fs/R.)	
1,2	1				- (Fs/R.)	0,3*(Fs/R.)	
1,2	1				0,3*(Fs/R.)	Fs/R	
1,2	1				0,3*(Fs/R.)	- (Fs/R.)	
1,2	1				-0,3* (Fs/R.)	- (Fs/R.)	
1,2	1				-0,3* (Fs/R.)	Fs/R	
0,9					1		Derivas
0,9					-1		
0,9						1	
0,9						-1	
0,9					Fs/R	0,3*(Fs/R.)	Diseño
0,9					Fs/R	-0,3* (Fs/R.)	
0,9					- (Fs/R.)	-0,3* (Fs/R.)	
0,9					- (Fs/R.)	0,3*(Fs/R.)	
0,9					0,3*(Fs/R.)	Fs/R	
0,9					0,3*(Fs/R.)	- (Fs/R.)	
0,9					-0,3* (Fs/R.)	- (Fs/R.)	
0,9					-0,3* (Fs/R.)	Fs/R	
0,9				1,6			Diseño

6.5.6. Modelación en SAP 2000

A continuación, se muestran imágenes del modelamiento de la estructura en SAP 2000, en el cual las diferentes secciones mencionadas anteriormente se diseñaron para un concreto de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de refuerzo con un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. El sistema estructural corresponde a un pórtico de concreto con capacidad de disipación de energía especial (DES) los cuales tienen unas consideraciones un poco diferentes a estructuras tipo DMO y DMI para el diseño de los elementos estructurales, estos requerimientos serán mencionados más adelante en el apartado de vigas, columnas, zapatas y vigas de cimentación.

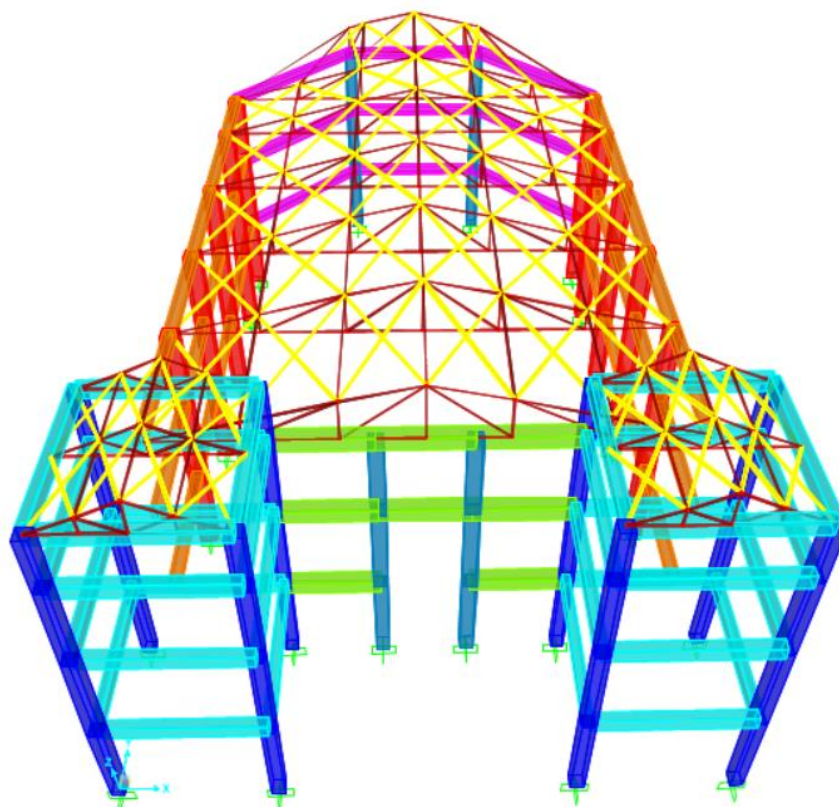
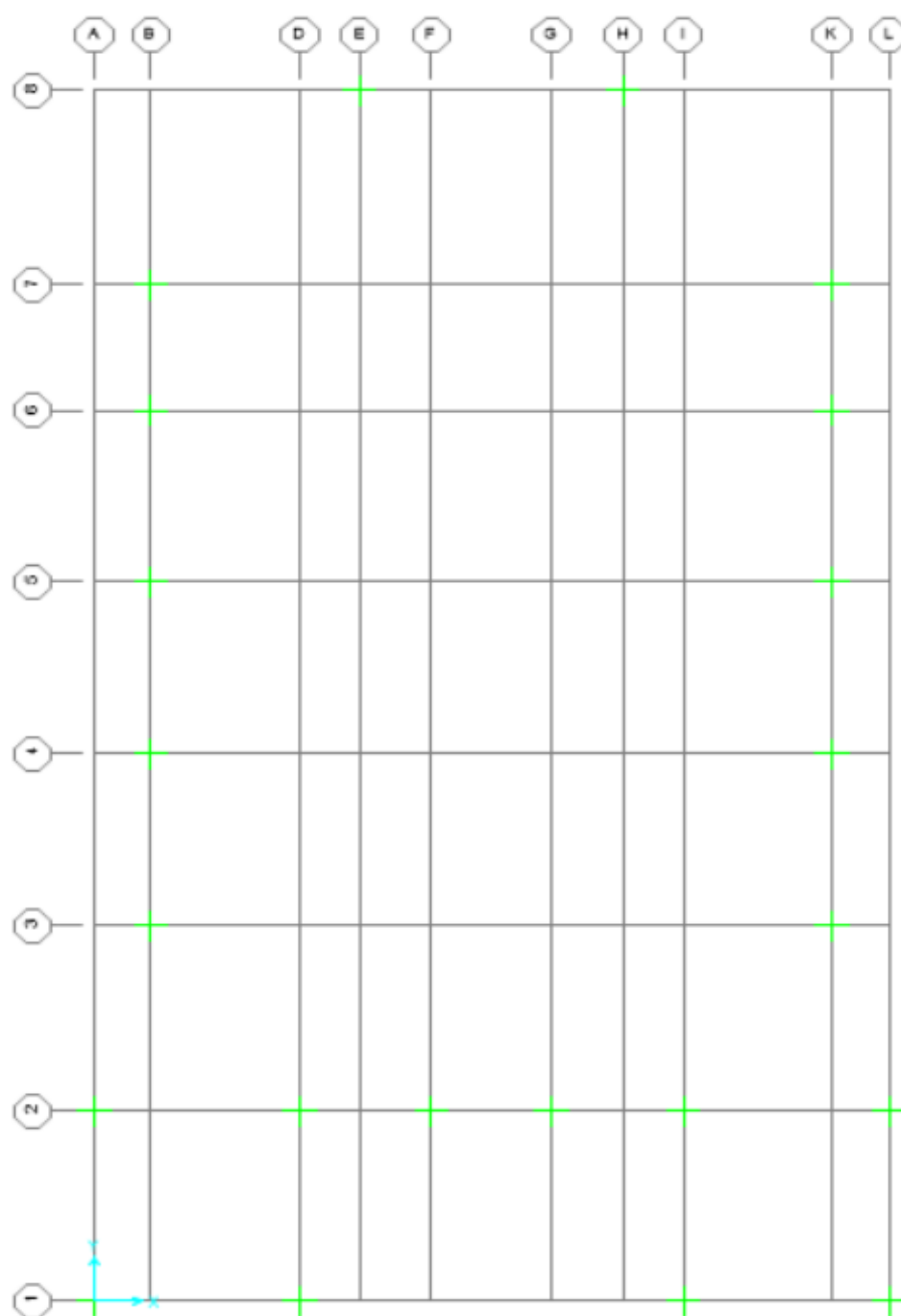


Ilustración 14. Vista general de la estructura en SAP 2000

Planta de cimentación y pórticos de ejes principales con sus diferentes secciones*Ilustración 15. Planta de cimentación*

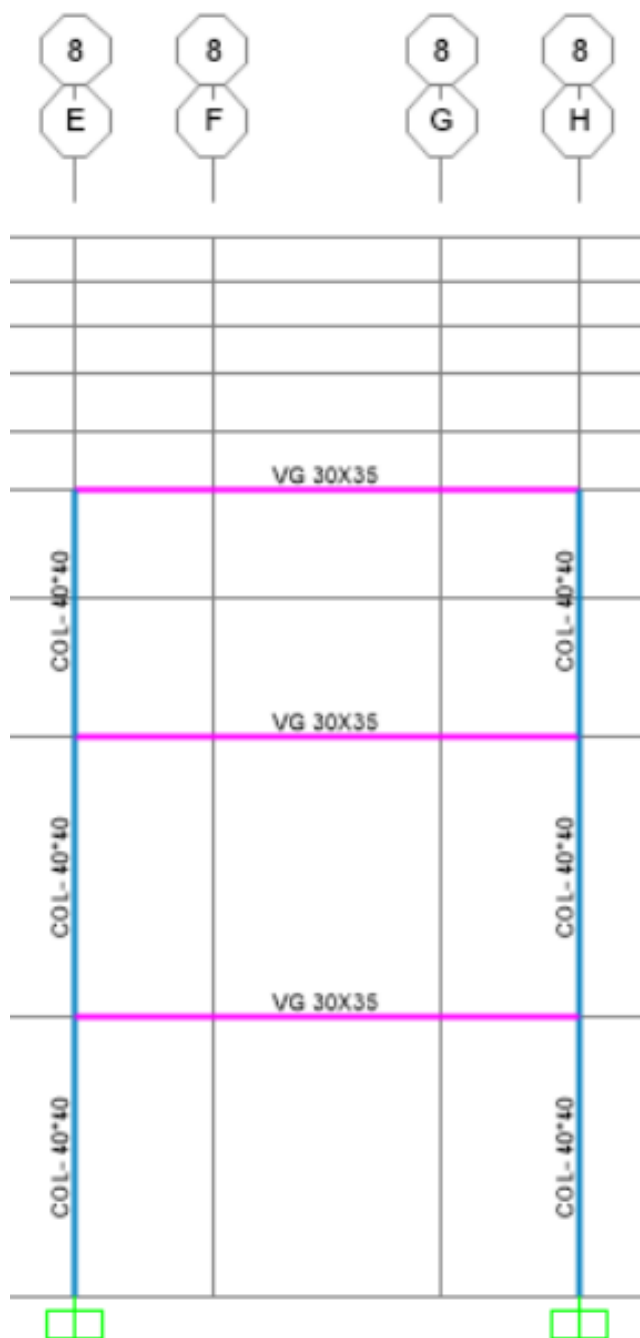


Ilustración 16. Pórtico de vigas 30x35 y columnas 40x40

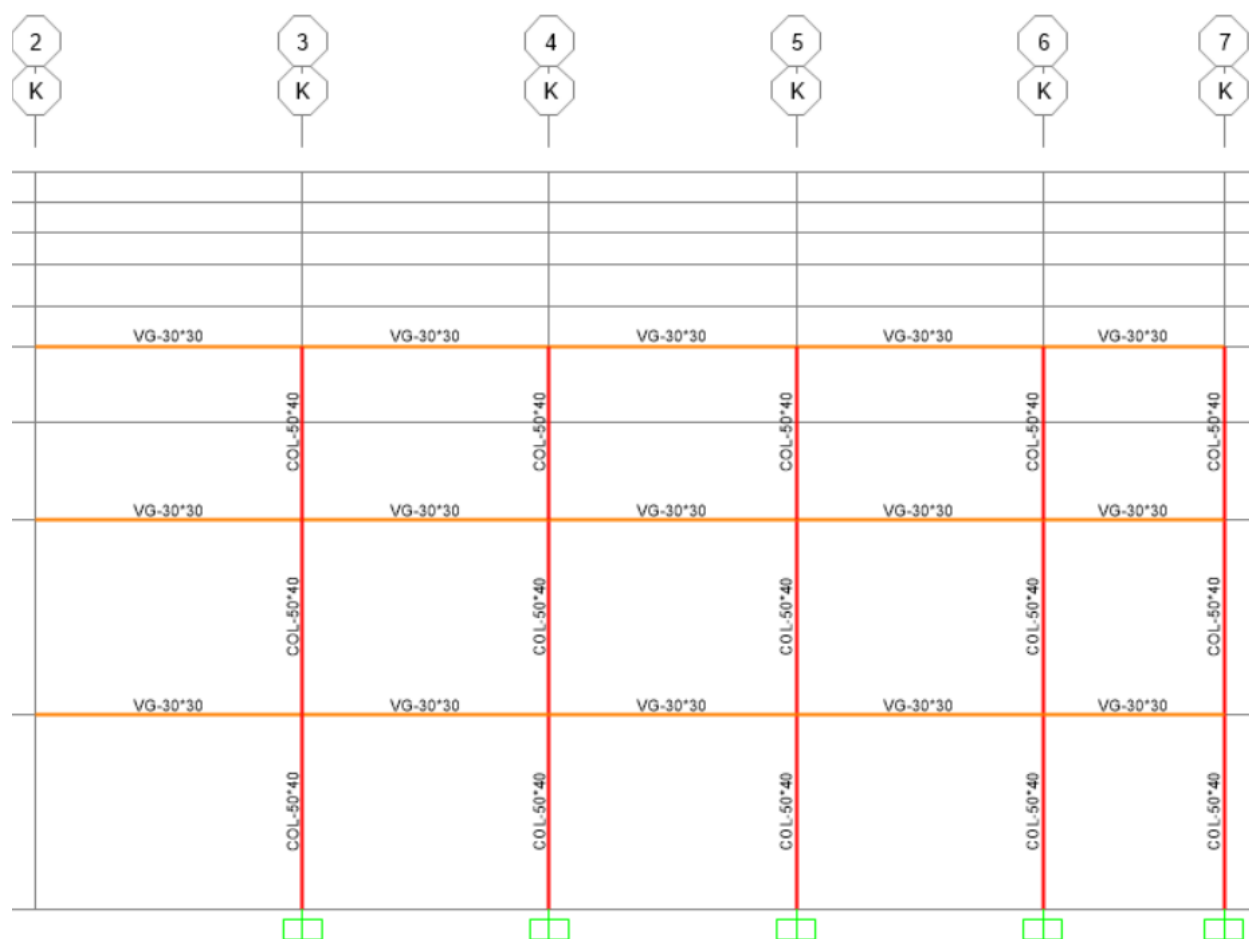


Ilustración 18. Vigas de 30x30 y columnas de 50x40

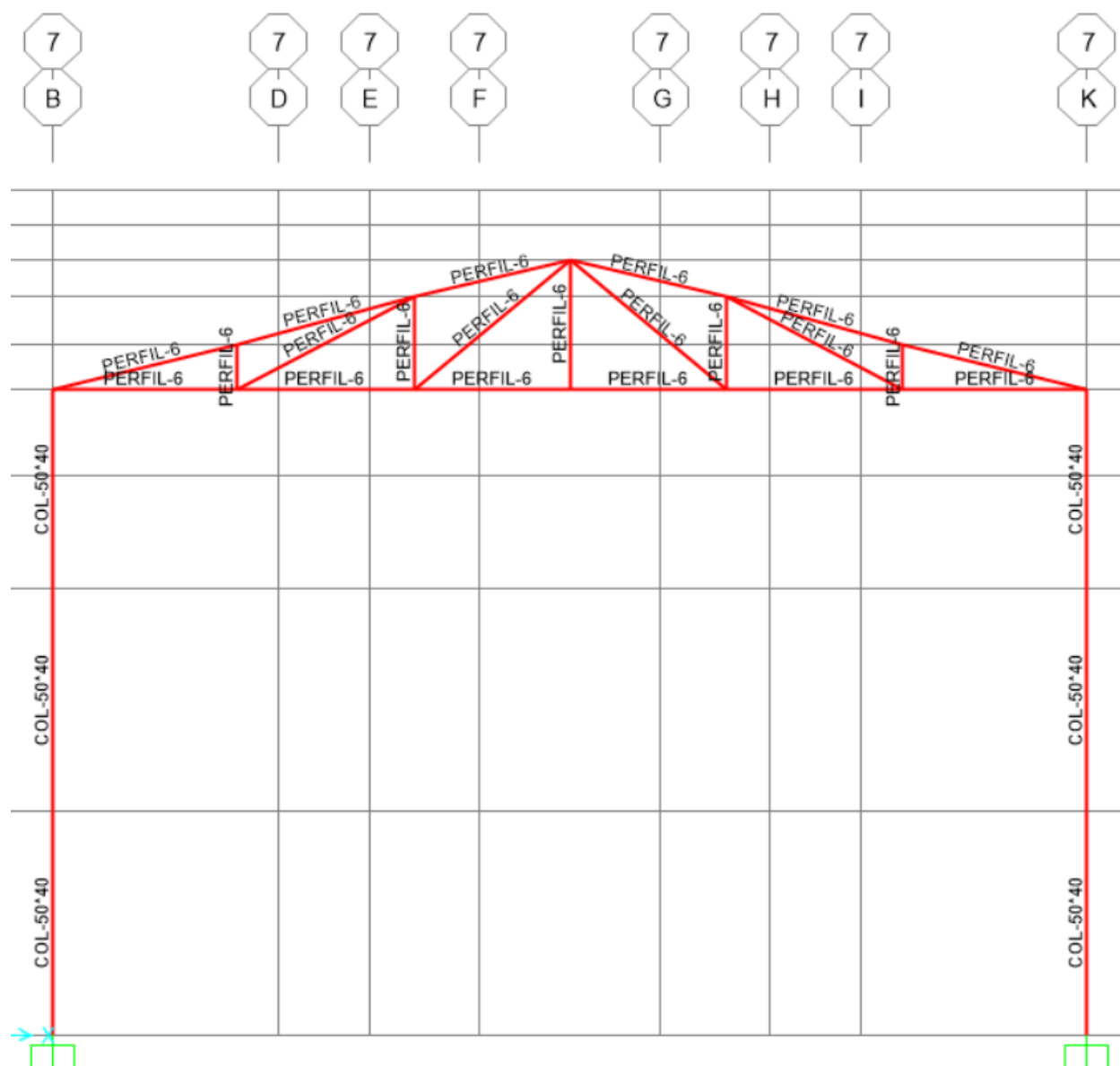


Ilustración 19. Perfilería metálica de 6cm de diámetro

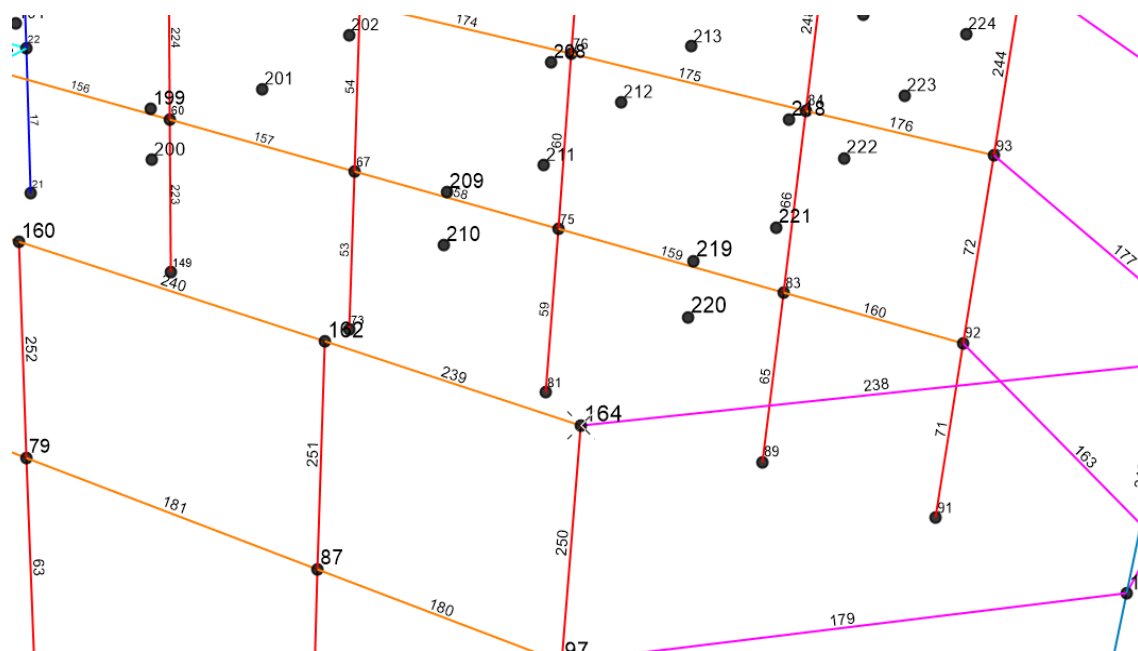


Ilustración 21. Punto Deriva (164) N+8.66

6.5.8. Diseño de la escalera

Para el diseño de la escalera se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos que recomiendo la NSR-10:

- El ancho mínimo de huella, sin incluir proyecciones, debe ser de 280 mm.
- La altura de la contrahuella no debe ser menor de 100 mm ni mayor de 180 mm.
- La altura de la contrahuella y el ancho de la huella deben dimensionarse en tal forma que la suma de 2 contrahuellas y una huella, sin incluir proyecciones, oscile entre 620 mm y 640 mm.(NSR-10, K.3.8.3.4)

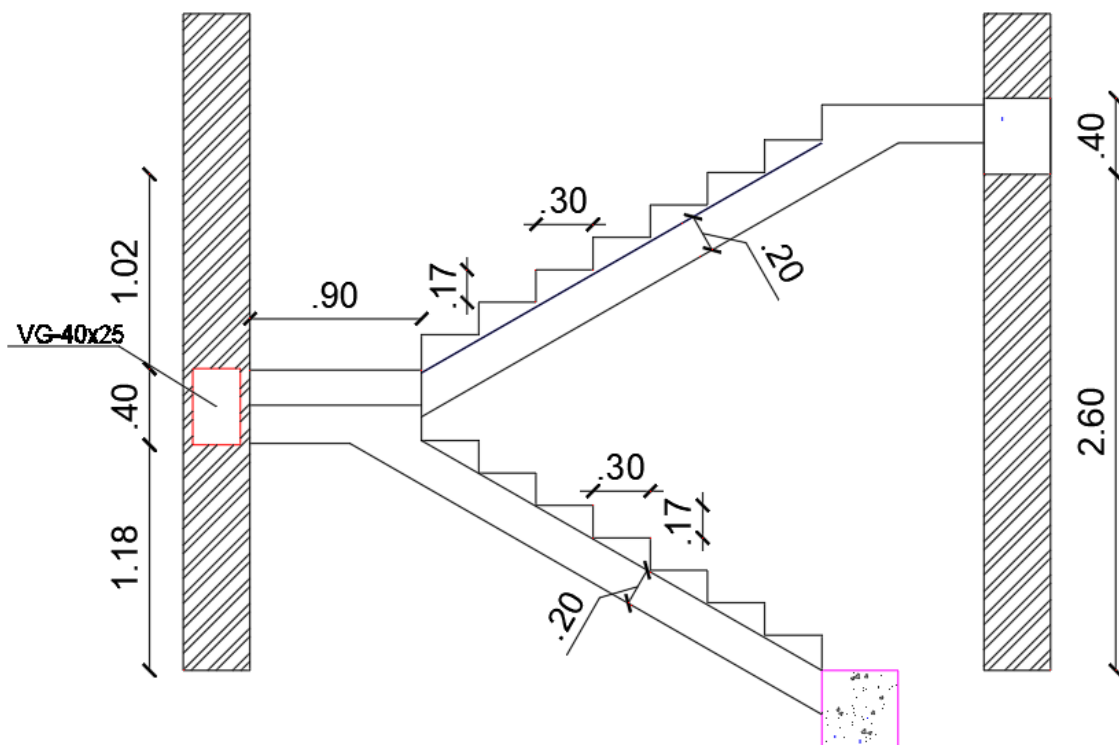


Ilustración 22. Escalera

Tabla 30. Datos de entrada escalera

Datos de entrada		
Proyección Horizontal (m)		3,15
losa maciza(simplemente apoyada(L/20))	Espesor (m)	0,2
Peldaños	contrahuella (m)	0,17
	huella (m)	0,3
	α	0,52
Pendiente de la escalera °		30
Longitud losa inclinada (m)		2,58
Longitud losa de descanso (m)		1,05
Carga viva escalera		
Corredores y escaleras (kN/m2)		5
Carga muerta escalera		
Acabados (kN/m2)		1,1

Tabla 31. Dimensiones Escalera

Sección	m	cm
b	1	100,00
h	0,2	20,00
d	0,17	17,00

Tabla 32. Datos de salida Escalera

Datos de salida	
Peso de la losa inclinada (kN)	12,384
Peso de peldaños (kN)	4,284
Peso de Acabados losa inclinada (kN)	2,838
Peso de Acabados losa de descanso(kN)	0,88
Peso losa de descanso (kN)	3,12
W_u (kN/m)	$1,2*WD+1,6*WL$
W_u losa inclinada (kN/m)	15,4
W_u losa de descanso (kN/m)	9,5
W_D losa inclinada (kN/m)	6,192380952
W_D losa de descanso (kN/m)	1,26984127

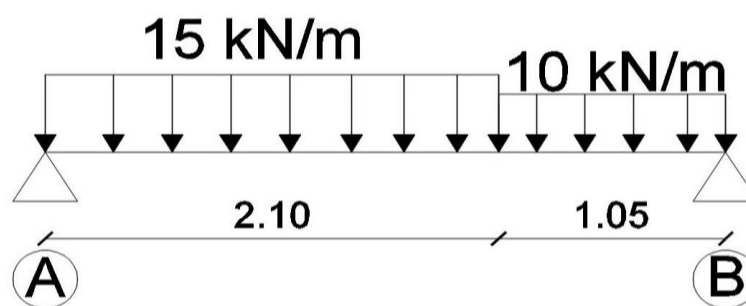


Ilustración 23. Esquema Escalera más cargas

Tabla 33. Reacciones Escalera

Reacciones		
$\Sigma MA =$	RB (kN)	19,25
$\Sigma FY =$	RA (kN)	22,75

Tabla 34. Diseño a flexión escalera

Diseño a flexión	
Recubrimiento losas macizas (mm)	20
f'c	211
Fy acero (kgf/cm ²)	4200
d(m) $d = h - 3cm$	0,17
M+(max) (kN/m)	18,54
k+(kN/m ²)	641,57
k+(kgf/m ²)	65399,16
$\rho_{min} \leq \rho_{req} \leq \rho_{max}$	
ρ_{min}	0,0033
ρ_{bal}	0,0213
ρ_{max}	0,015
ρ_{req}	0,00177

FLEXIÓN										
Objeto	M(kgf*m)	Kreq (kgf/m ²)	ρ_{min}	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{req}	$\rho_{colocada}$	$A_{s_{req}}$ (cm ²)	N° Barras	$A_{s_{colocado}}$ (cm ²)
Escalera	1890,04	65399,2	0,0033	0,0213	0,015	0,00177	0,003333333	5,67	3N5	6

Separación calculada (S) (m)	Losas Macizas	$S \leq \left[\frac{5 * h}{450 \text{ mm}} \right]$	Separación adoptada (S) (m)
0,33	1,0	0,45	0,33

Tabla 35. Diseño cortante escalera

CORTANTE		
ϕV_c (kgf)	V_{ud} (kgf)	Espesor adecuado
9792,55	1962,28	

Tabla 36. Acero de retracción y fraguado

ACERO DE TEMPERATURA	
$A_{tem} = 0,0018 * b * e$	
3,6	
3N4	

Para el dimensionamiento de la escalera:

- Losa maciza $\frac{l}{20} = \frac{3,15}{20} = 0,2m$
- Carga viva escalera = $5,0 \frac{Ton}{m}$

Carga muerta de la escalera:

- Peso de la escalera
 - Descanso (losa horizontal) = $0,1m * 24 \frac{kN}{m^3} * (1,05m + 0,5m) * 1m = 3,12 kN$
 - Losa inclinada = $0,2m * 24 \frac{kN}{m^3} * 1m * 2,58m = 12,38 kN$
 - Peldaños = $\frac{1}{2} * \left(0,17m * 24 \frac{kN}{m^3} * 0,3 m \right) * 1 * 7 = 4,28 Ton$
 - Peso acabados losa inclinada = $1,1 \frac{kN}{m^2} * 2,58m = 2,84 kN$
 - Peso acabados losa de descanso = $1,1 \frac{kN}{m^2} * (1,05m - 0,25m) * 1m = 0,88 kN$
 - Wu losa inclinada $(1,2*WD+1,6*WL) = 15 kN/m$
 - Wu losa de descanso $(1,2*WD+1,6*WL) = 10 kN/m$

Reacciones:

$$\begin{aligned} \circ RA &= -RB + \frac{15kN}{m} * 2,1m + \frac{10kN}{m} * 1,05m = 22,75 kN \\ \circ RB &= \frac{\left(\frac{15kN}{m} * 2,1m * \frac{2,1m}{2} + \frac{10kN}{m} * 2,1m + \frac{1,05m}{2} \right)}{3,15 m} = 19,25 kN \end{aligned}$$

- Recubrimiento losas macizas = 20mm

- Para una línea de aceros

$$d = h - 3cm$$

$$d = 0,2 - 0,03m = \mathbf{0,17m}$$

- K requerido

$$\frac{M_{max}}{b * d^2} = \frac{1890,04kgf * m}{1m * (0,17)^2} = \mathbf{65399 \frac{kgf}{m^2}}$$

- Datos de entrada

$$F'_c = 210Kgf/cm^2$$

$$SI \ F'_c < 280 \ Kgf/cm^2$$

$$F_y = 4200 \ Kgf/cm^2$$

$$\text{Entonces } \beta_1 = 0,85$$

$$\circ \ \rho_{min} = \frac{14}{F_y} = \frac{14}{4200 \ Kgf/cm^2} = 0,0033$$

$$\circ \ \rho_{max} = 0,72 * 0,85 * \beta * \frac{0,003}{0,003 + \epsilon_y} * \frac{F'_c}{F_y}$$

$$0,72 * 0,85 * 0,85 * \frac{0,003}{0,003 + \frac{420Mpa}{200000Mpa}} * \frac{210}{4200} = \mathbf{0,015}$$

$$\circ \ \rho_{req}$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{m} * (1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K}{0,9 * F_y}})$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c}$$

$$m = \frac{4200 \text{ kgf/cm}^2}{0,85 * 210 \text{ kgf/cm}^2} = 23,53$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{\frac{4200}{0,85 * 210}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 23,53 * 65399 \frac{\text{Kgk}}{\text{m}^2}}{0,9 * 42000000 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}}} \right) = 0,00177$$

$$\rho_{req} = 0.0033$$

Si la cuantía requerida fuera menor que la cuantía mínima se coloca la mínima; y si fuera mayor a la máxima, habría que aumentar la altura de la losa. Ya que la cuantía es menor a la mínima se coloca la mínima. Ahora se procede a calcular el acero requerido:

○ **Acero requerido**

$$A_s = \rho_{req} * b * d$$

$$A_s = 0,0033 * 100\text{cm} * 17\text{cm}$$

$$A_s = 5,67 \text{ cm}^2$$

Para barras No 5

$$\text{No barras} = \frac{5,67 \text{ cm}^2}{2 \text{ cm}^2} = 3 \text{ Barras}$$

Para la separación de las barras:

$$s = \begin{cases} 5 * h \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\text{separación} = \frac{1\text{m}}{3 \text{ Barras}} = 0,33 \text{ m}$$

$$\text{No5@0,33m}$$

Ahora se procede a verificar la resistencia a corte:

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0,75 * 0,53 * \sqrt{210 \frac{kgf}{cm^2}} * 100 * 0,17m$$

$$\phi V_c = 9792,55 \text{ kgf}$$

$$\frac{wl}{2} = \frac{19250 \text{ kgf}}{2} = 9625 \text{ kgf} = V_{ud}$$

$$\phi V_c > V_{ud}$$

$$9792,55 \text{ kgf} > 9625 \text{ kgf}$$

El espesor de la escalera es el adecuado.

- Ya que las escaleras se diseñan como una losa maciza entonces el concreto soporta toda la resistencia al corte y no requiere estribos.

- **Acero Temperatura:**

$$A_s T = 0,0018 * b * e$$

$$A_s T = 0,0018 * 100cm * 20cm$$

$$A_s T = 3,6 \text{ cm}^2$$

Para barras No 4

$$No \text{ barras} = \frac{3,6 \text{ cm}^2}{1,29 \text{ cm}^2} = 3 \text{ Barras}$$

Detalle de traslapos, gancho de refuerzo transversal y gancho de estribos

Tabla 37. Cuadro De Traslapos

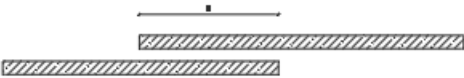
Cuadro de traslapos		
		
BARRA	Tracción	Compresión
Nº	LT [CM]	LT [CM]
#3	50.0	30.0
#4	70.0	50.0
#5	95.0	60.0
#6	110.0	70.0
#7	130.0	80.0
#8	139.0	90.0

Tabla 38. Longitud de gancho refuerzo principal

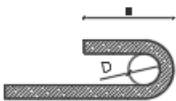
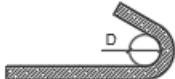
Longitud de gancho refuerzo principal			
			
BARRA	DIAMETRO DE DOBLAMIENTO	GANCHO 90°	GANCHO 180°
#3	6.0	15.0	10.0
#4	7.5	20.0	12.5
#5	9.5	25.0	12.5
#6	11.5	30.0	15.0
#7	13.5	35.0	17.5
#8	15.0	40.0	20.0

Tabla 39. Longitud de gancho de estribos

Longitud de gancho estribos			
			
BARRA	DIAMETRO DE DOBLAMIENTO	GANCHO 90°	GANCHO 135°
#2	2.50	10.0	7.5
#3	40.0	12	10.0
#4	50.0	12.5	12.0
#5	65.0	15.0	14.0

6.5.9. Diseño de Vigas

Consideraciones generales

- Las vigas que requieran una cuantía menor a la mínima se les suministra la mínima y si por el contrario la cuantía es mayor a la máxima se requerirá aumentar las dimensiones de la sección transversal.
- La luz libre del elemento, L_n , no debe ser menor que cuatro veces su altura útil. (NSR 10-C.21.5.1.2)
- El ancho del elemento, b_w , no debe ser menor que el más pequeño de $0.3h$ y 250 mm. (NSR 10- C.21.5.1.3)

Refuerzo longitudinal

- Al menos dos barras deben disponerse en forma continua tanto en la parte superior como inferior. (NSR 10- C.21.5.2.1)
- Sólo se permiten empalmes por traslapo de refuerzo de flexión cuando se proporcionan estribos cerrados de confinamiento o espirales en la longitud de empalme por traslapo. El espaciamiento del refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre $d/4$ y 100 mm. No deben usarse empalmes por traslapo: (NSR 10-C.21.5.2.3)
 - a) Dentro de los nudos.
 - (b) En una distancia de dos veces la altura del elemento medida desde la cara del nudo, y
 - (c) Donde el análisis indique fluencia por flexión causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

Refuerzo transversal:

- Deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de los elementos pertenecientes a pórticos: (NSR 10- C.21.5.3.1)

(a) En una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.

(b) En longitudes iguales a dos veces la altura de elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

-El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de (a), (b), (c) y (d): (NSR 10- C.21.5.3.2)

(a) $d/4$;

(b) Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas.

(c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento, y

(d) 300 mm.

- Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento. (NSR 10- C.21.5.3.4)

-Los estribos que se requieran para resistir cortante deben ser estribos cerrados de confinamiento colocados en los lugares dentro de los elementos descritos en C.21.5.3.1. (NSR 10- C.21.5.3.5).

6.5.9.1.Diseño de vigas a flexión

El diseño a flexión de vigas se realizó por el método de la resistencia ultima; donde se tendrán en cuenta los siguientes parámetros: cuantía

$$\Phi M_n = \Phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right) b d^2$$

Donde:

ΦM_n = momento actuante ultimo

f_y = esfuerzo de fluencia del acero

ρ = cuantía requerida

f'_c = Resistencia a la compresion

bd = Dimensiones útiles de la sección

$$d = h - 6cm$$

- K requerido

$$k = \frac{M_{max}}{b * d^2}$$

Donde:

K=factor menor que la unidad que multiplicado por “d” da la profundidad del eje neutro

- Datos de entrada

- $\rho_{min} = \frac{14}{F_y}$

- $\rho_{max} = 0,72 * 0,85 * \beta * \frac{0,003}{0,003 + \epsilon_y} * \frac{F'_c}{F_y}$

$$0,72 * 0,85 * 0,85 * \frac{0,003}{0,003 + \frac{420Mpa}{200000Mpa}} * \frac{210}{4200} = \mathbf{0,015}$$

- ρ_{req}

$$\rho_{req} = \frac{1}{m} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K}{0,9 * F_y}}\right)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 * f'c}$$

Ejemplo de diseño

Se procederá a diseñar un tramo de la viga VG 206 correspondiente al nivel +3, la cual tiene 5 luces.

El tramo a diseñar será el comprendido entre las luces BC; así:

$$b = 0,3 \text{ m}$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

$$d = 0,3 - 0,06 = 0,24 \text{ m} = 34 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Fy = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Fyt = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$K_{requerido} = \frac{M_{max}}{b * d^2}$$

$$K_{requerido} = \frac{3200 \text{ kgf/m}}{0,3 * 0,24^2} = 185185,2 \text{ kgf/m}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{Fy}$$

$$\rho_{min} = 0,0033$$

$$\rho_{max} = 0.72 * 0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{Fy} * \frac{0.0033}{0.003 + \epsilon_y}$$

$$\rho_{max} = 0.72 * 0.85 * \beta_1 * \frac{210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} * \frac{0.0033}{0.003 + 200000} = 0,0153$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{m} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_{requerido}}{0.9 * F_y}} \right)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f'_c}$$

$$m = \frac{4200 \text{ kgf/cm}^2}{0.85 * 210 \text{ kgf/cm}^2} = 23.53$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{\frac{4200}{0.85 * 210}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 23.53 * 185185.2 \text{ kgf/m}^2}{0.9 * 42000000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}}} \right) = \mathbf{0.0052}$$

$$A_s = \rho_{req} * b * d$$

$$A_s = 0.0052 * 30 * 24 = 3.76 \text{ cm}^2$$

$$A_{colocado} = 3.87 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{Barras} = 3N4$$

Tabla 40. Diseño a flexión VG-206

Diseño a Flexión											
Viga	Refuerzo	Objeto	M(kgf*m)	Kreq (kgf/m ²)	ρ _{req}	ρ _{min}	ρ _{max}	ρ _{colocada}	A _{s,req} (cm ²)	A _{s,colocado} (cm ²)	Nº Barras
VG 206	Refuerzo superior	Apoyo B	3200	185185,2	0,0052	0,0033	0,0153	0,0052	3,76	3,87	3N4
	Refuerzo superior	Apoyo C	7310	423032,4	0,0133	0,0033	0,0153	0,0133	9,55	9,55	1N7+2N6
	Refuerzo superior	Apoyo D	7080	409722,2	0,0128	0,0033	0,0153	0,0128	9,18	9,55	1N7+2N6
	Refuerzo superior	Apoyo E	7070	409143,5	0,0127	0,0033	0,0153	0,0127	9,17	9,55	1N7+2N6
	Refuerzo superior	Apoyo F	7940	459490,7	0,0147	0,0033	0,0153	0,0147	10,58	10,78	1N8+2N6
	Refuerzo superior	Apoyo G	8100	468750,0	0,0151	0,0033	0,0153	0,0151	10,85	10,78	1N8+2N6
	Refuerzo inferior	Apoyo B	1630	94328,7	0,0026	0,0033	0,0153	0,0033	2,40	2,58	2N4
	Refuerzo inferior	Apoyo C	4120	238425,9	0,0069	0,0033	0,0153	0,0069	4,94	5,68	2N6
	Refuerzo inferior	Apoyo D	4210	243634,3	0,0070	0,0033	0,0153	0,0070	5,06	5,68	2N6
	Refuerzo inferior	Apoyo E	4130	239004,6	0,0069	0,0033	0,0153	0,0069	4,95	5,68	2N6
	Refuerzo inferior	Apoyo F	6200	358796,3	0,0109	0,0033	0,0153	0,0109	7,84	8,52	3N6
	Refuerzo inferior	Apoyo G	6410	370949,1	0,0113	0,0033	0,0153	0,0113	8,15	8,52	3N6

Viga	Refuerzo	Objeto	Ld (mm)	Ld (m)	ΦMn(Ton*m)	xl(m)	La(m) (12db)	La(m) (d)	La(m) (Ln/16)	Lmin(m)	Barra suprimida
VG 206	Refuerzo superior	Apoyo B	279	0,279	2,24	1,2	0,2	0,2	0,2	1,4	Se corta 1N4
	Refuerzo superior	Apoyo C	489	0,489	4,67	1,9	0,3	0,2	0,2	2,2	Se corta 1N7
	Refuerzo superior	Apoyo D	489	0,489	4,67	1,9	0,3	0,2	0,2	2,1	Se corta 1N7
	Refuerzo superior	Apoyo E	489	0,489	4,67	1,8	0,3	0,2	0,2	2,1	Se corta 1N7
	Refuerzo superior	Apoyo F	559	0,559	4,67	2,2	0,3	0,2	0,2	2,5	Se corta 1N8
	Refuerzo superior	Apoyo G	559	0,559	4,67	2,2	0,3	0,2	0,1	2,5	Se corta 1N8
	Refuerzo inferior	Apoyo F	489	0,489	3,39	2,0	0,3	0,2	0,1	2,3	Se corta 1N7
	Refuerzo inferior	Apoyo G	419	0,419	4,67	1,6	0,2	0,2	0,1	1,8	Se corta 1N6

6.5.9.2.Diseño de vigas a cortante

$$Vud = 4,78 \text{ ton}$$

$$\phi Vc = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi Vc = 0,75 * 0,53 * \sqrt{210 \frac{kgf}{cm^2}} * 30 * 24$$

$$\phi Vc = 4,15 \text{ ton}$$

$$\phi Vs = Vud - \phi Vc$$

$$\phi Vs = 0,63 \text{ ton}$$

Esto quiere decir que necesita estribos

Ahora se calculan los estribos para la zona no confinada

$$\frac{d}{2} = \frac{0,24m}{2} = 0,12 m$$

Posteriormente se calculan los estribos para la zona confinada donde se deberá proporcionar dicho refuerzo a ambos lados de la cara de la viga en una longitud de $2 \cdot h$

$$2 \cdot h = 2 \cdot 0,3m = 0,6m$$

La separación de dichos estribos será el menor valor de las siguientes expresiones

$$s = \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ cm} \\ \frac{d}{4} \\ 8 \cdot db \\ 24 \cdot db - \text{estribo} \end{array} \right\}$$

$$s = \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ cm} \\ \frac{24}{4} = 0,06m \\ 8 \cdot 0,0127 = 0,10m \\ 24 \cdot 0,0095 = 0,23m \end{array} \right\}$$

La separación adoptada para la zona confinada será $0,06m=6cm$.

Nota: Cuando el ΦV s sea negativo se proporcionará estribos mínimos en la zona no confinada

Tabla 41 Diseño a cortante VG-206

Diseño a Cortante											
Viga	Objeto	$\Phi V_c(\text{ton})$	$V_{ud}(\text{ton})$	$\Phi V_s(\text{ton})$	Estribos zona no confinada	Estribos de Confinamiento					
					Sreq(cm)	$L=2*h(\text{m})$	$S \leq 300\text{mm}(\text{m})$	$S < d/4(\text{m})$	$S \leq 8*db(\text{m})$	$S \leq 24*db\text{-estribo}(\text{m})$	Sreq(m)
VG 206	Luz BC	4,15	4,78	0,63	0,12	0,6	0,3	0,06	0,10	0,23	0,06
	Luz CD	4,15	5,5	1,35	0,12	0,6	0,3	0,06	0,10	0,23	0,06
	Luz DE	4,15	5,5	1,35	0,12	0,6	0,3	0,06	0,10	0,23	0,06
	Luz EF	4,15	5,3	1,15	0,12	0,6	0,3	0,06	0,10	0,23	0,06
	Luz FG	4,15	7	2,85	0,12	0,6	0,3	0,06	0,10	0,23	0,06

Viga	Objeto	Longitud Luz(m)	N° Estribos Confinamiento	N° Estribos zona no confinada	Longitud Gancho(m)	Longitud Estribo (m)	N° Estribos zona de traslapo	Número de flejes totales
VG 206	Luz BC	3,7	9	10	0,12	1,12	12	60
	Luz CD	3,4	9	8	0,12	1,12	13	55
	Luz DE	3,4	9	8	0,12	1,12	12	30
	Luz EF	3,4	9	8	0,12	1,12		55
	Luz FG	2,4	9	8	0,12	1,12		26

Tabla 42 Datos diagrama de la envolvente de cortante y momentos VG-206

Datos diagrama de cortante y momentos				
Longitud (m)	Cortante max (ton)	Cortante min (ton)	Momento min (ton*m)	Momento max (ton*m)
0,00	3,94	0,33	-3,20	1,63
0,46	3,30	-0,15	-1,57	1,69
0,91	2,66	-0,62	-0,38	1,69
1,37	2,03	-1,10	0,59	1,39
1,82	1,42	-1,60	0,50	1,65
2,28	0,94	-2,24	-0,33	2,14
2,73	0,46	-2,88	-1,37	2,34
3,19	-0,02	-3,51	-2,69	2,30
3,64	-0,49	-4,15	-4,44	2,19
4,10	-0,97	-4,79	-6,47	1,85
4,10	5,58	-0,83	-7,31	4,12
4,58	4,92	-1,32	-4,82	3,61
5,05	4,26	-1,82	-2,67	2,90
5,53	3,59	-2,32	-0,93	2,04
6,00	2,93	-2,82	0,57	0,96
6,48	2,41	-3,47	-0,80	2,01
6,95	1,92	-4,13	-2,49	2,93
7,43	1,42	-4,79	-4,55	3,66
7,90	0,92	-5,46	-6,98	4,21
7,90	5,50	-0,79	-7,08	4,03
8,38	4,84	-1,29	-4,63	3,53
8,85	4,17	-1,79	-2,53	2,85
9,33	3,51	-2,29	-0,83	2,00
9,80	2,84	-2,79	0,63	0,98
10,28	2,34	-3,44	-0,81	2,04
10,75	1,84	-4,10	-2,49	2,91
11,23	1,34	-4,77	-4,54	3,61
11,70	0,84	-5,43	-6,96	4,13
11,70	5,48	-0,73	-7,07	3,97
12,18	4,82	-1,23	-4,62	3,50
12,65	4,15	-1,73	-2,54	2,84
13,13	3,49	-2,23	-0,85	2,02
13,60	2,82	-2,73	0,61	1,00
14,08	2,31	-3,38	-0,73	2,01
14,55	1,81	-4,04	-2,38	2,87
15,03	1,32	-4,70	-4,39	3,55
15,50	0,82	-5,37	-6,78	4,05
15,50	7,02	-3,60	-7,94	6,20
15,96	6,37	-4,09	-4,84	4,42
16,43	5,72	-4,57	-2,11	2,49
16,89	5,08	-5,06	0,17	0,47
17,35	4,59	-5,70	-2,28	2,67
17,82	4,10	-6,35	-5,01	4,63
18,28	3,62	-7,00	-8,10	6,41

Tabla 43. Envolvente de cortante VG-206

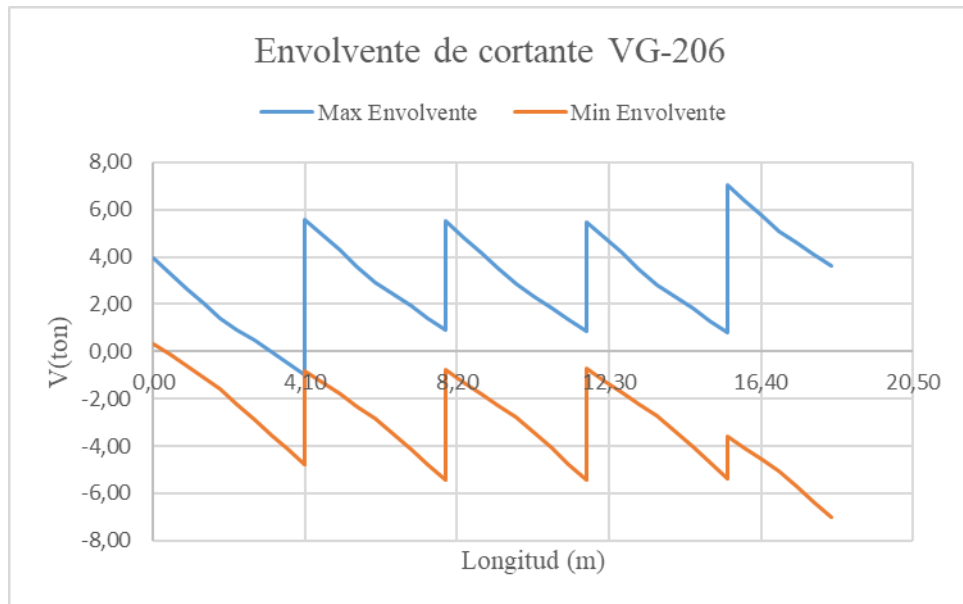
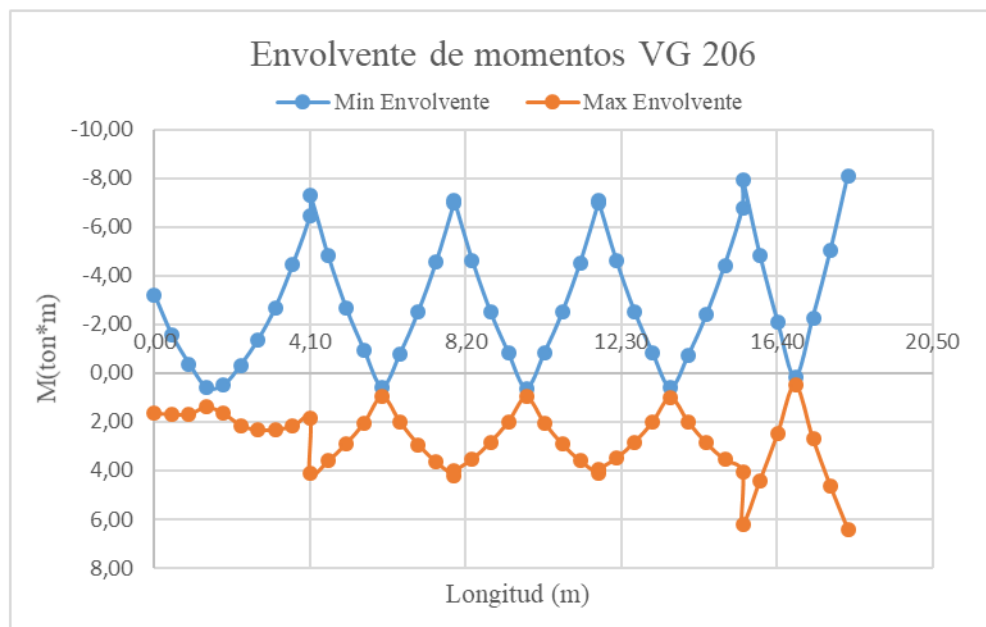


Tabla 44. Envolvente de momentos VG-206



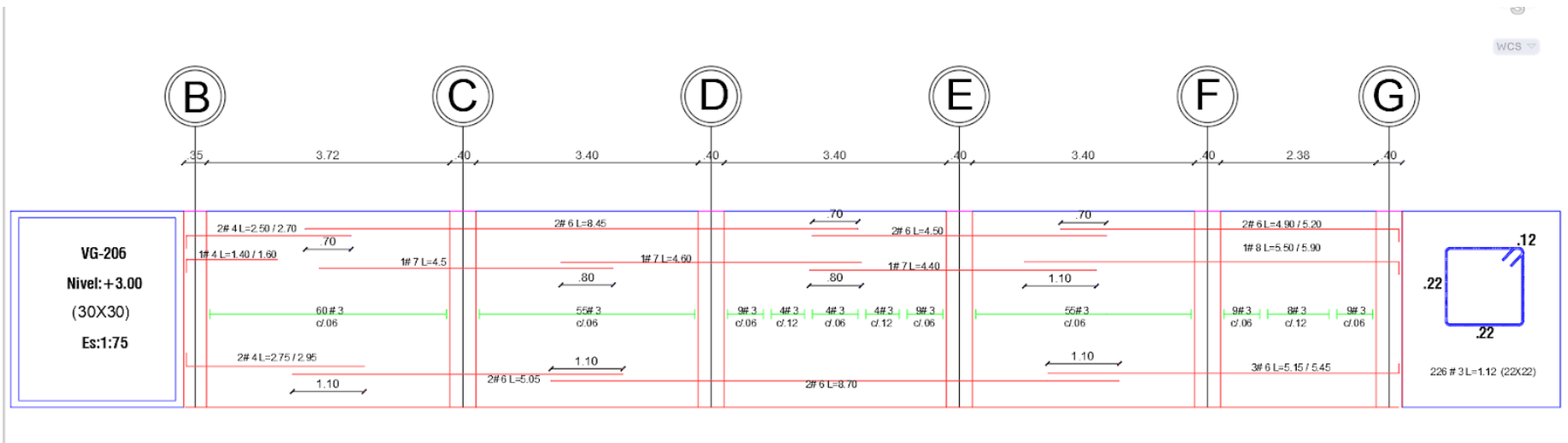


Ilustración 24. Despiece de acero VG-206

6.5.9.3. Vigas de cimentación

Las vigas de cimentación se diseñaron bajo el concepto de cuantía mínima ya que los elementos que resistirá las cargas provenientes de las columnas serán las zapatas. Estas vigas tienen una sección de 40x40cm en la cual se dispuso en la parte superior como inferior 2N4+1N5. Además, se debe tener en cuenta que las vigas de amarre de la fundación, así como las zapatas deben tener un recubrimiento de 7cm de acuerdo a C.7.7.2 de la NSR-10.

“Las vigas sobre el terreno diseñadas para actuar como amarres horizontales entre las zapatas o cabezales de pilotes deben tener refuerzo longitudinal continuo que debe desarrollarse dentro o más allá de la columna, o anclarse dentro de la zapata o el cabezal de pilotes en todas las discontinuidades. (NSR 10- **C.21.12.3.1**)

-Las vigas sobre el terreno diseñadas para actuar como acoples horizontales entre zapatas o cabezales de pilotes deben diseñarse de tal manera que la menor dimensión transversal sea igual o mayor que el espacio libre entre columnas conectadas dividido por 20, pero no necesita ser mayor a 450 mm. Se deben proporcionar estribos cerrados con un espaciamiento que no exceda al menor entre la mitad de la menor dimensión transversal o 300 mm. (NSR 10- **C.21.12.3.2**)”. (VASQUEZ, 2000)

La separación de los flejes teniendo en cuenta la anterior recomendación se dispuso de la siguiente manera: cada 15cm en zonas donde no encuentre un traslapo y en la zona donde se traslapan barras cada 8cm.

6.5.10. Diseño de Columnas

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm. (NSR 10- C.21.6.1.1)

-Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.25 m pero su área no puede ser menor de 0.09 m².

- Las resistencias a flexión de las columnas deben satisfacer la siguiente ecuación:

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_v$$

En donde:

$\sum M_c$ =suma de los momentos nominales de flexión de las columnas que llegan al nudo, evaluados en las caras del nudo. La resistencia a la flexión de la columna debe calcularse para la fuerza axial mayorada, congruente con la dirección de las fuerzas laterales consideradas, que conduzca a la resistencia a la flexión más baja.

$\sum M_v$ = suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas que llegan al nudo, evaluadas en la cara del nudo. En vigas T, cuando la losa está en tracción debida a momento en la cara del nudo, el refuerzo de la losa dentro del ancho efectivo de losa definido en 8.12 debe suponerse que contribuye a M_{nb} siempre que el refuerzo de la losa esté desarrollado en la sección crítica para flexión.

Las resistencias a la flexión deben sumarse de tal manera que los momentos de la columna se opongan a los momentos de la viga. Debe satisfacerse la ecuación (C.21-4) para momentos de vigas que actúen en ambas direcciones en el plano vertical del pórtico que se considera. (NSR 10-C.21.6.2.2)

Refuerzo longitudinal

-El área de refuerzo longitudinal, **Ast** , no debe ser menor que **0.01Ag** ni mayor que **0.04Ag** . (NSR 10-.21.6.3.1)

- Los empalmes mecánicos deben cumplir C.21.1.6 y los empalmes soldados deben cumplir C.21.1.7. Los empalmes por traslapo se permiten sólo dentro de la mitad central de la longitud del elemento deben diseñarse como empalmes por traslapo de tracción y deben estar confinados dentro del refuerzo transversal de acuerdo con C.21.6.4.2 y C.21.6.4.3. (NSR 10-C 21.6.3.2).

Refuerzo transversal

-El refuerzo transversal en las cantidades que se especifican en C.21.6.4.2 hasta C.21.6.4.4, debe suministrarse en una longitud L_o medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

La longitud L_o no debe ser menor que la mayor de (a), (b) y (c): (NSR 10- C.21.6.4.1)

(a) La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.

(b) Un sexto de la luz libre del elemento, y

(c) 450 mm

El refuerzo transversal debe disponerse mediante espirales sencillas o traslapadas, que cumplan con C.7.10.4, estribos cerrados de confinamiento circulares o estribos cerrados de confinamiento rectilíneos con o sin ganchos suplementarios. Se pueden usar ganchos suplementarios del mismo diámetro de barra o con un diámetro menor y con el mismo espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento. Cada extremo del gancho suplementario debe enlazar una barra perimetral del refuerzo longitudinal. Los extremos de los ganchos suplementarios consecutivos deben alternarse a lo largo del refuerzo longitudinal. El espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos, h_x , dentro de una sección del elemento no

debe exceder de 350 mm centro a centro.(NSR 10- C.21.6.4.2)

- La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de (a), (b), y (c): (Según C.21.6.4.3)

(a) La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.

(b) Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor, y

(c) s_o , según lo definido en la ecuación (C.21-5)

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

El valor de s_o no debe ser mayor a 150 mm y no es necesario tomarlo menor a 100 mm.

-El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares, A_{sh} , no debe ser menor que la requerida por las siguientes ecuaciones: (NSR 10- C.21.6.4.4)

$$A_{sh} = 0.30 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad \text{ó}$$

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

-Más allá de la longitud L_o , especificada en C.21.6.4.1, el resto de la columna debe contener refuerzo en forma de espiral o de estribo cerrado de confinamiento, que cumpla con C.7.10, con un espaciamiento, s , medido centro a centro que no exceda al menor de seis veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna o 150 mm., a menos que C.21.6.3.2 ó C.21.6.5 requieran mayores cantidades de refuerzo transversal. (NSR 10- C.21.6.4.5)

$$A_v \geq \frac{0.062 \sqrt{f'_c} b_w s}{f_{yt}} \geq \frac{0.35 b_w s}{3 f_{yt}}$$

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

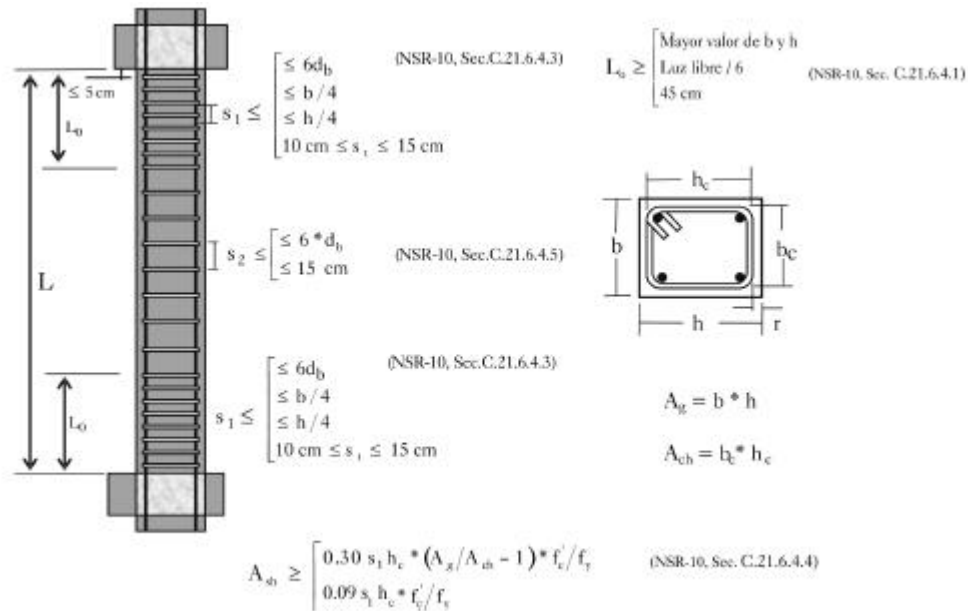


Ilustración 25. Requerimientos del refuerzo transversal estructura tipo DES

$$P = (A_g - A_{st})f_c + A_{st}f_s = (A_g - A_{st})f_c + A_{st}nf_c$$

$$P = f_c(A_g + (n - 1)A_{st})$$

P_n = Resistencia nominal a carga axial, en kN

U = Factor de carga

f'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en kN/m²

f_y = resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo, expresada en kN/m²

$$P_n = \frac{P_u}{\Phi} = \frac{U * P}{\Phi} = F. de S. * P = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st}f_y$$

$$\Phi P_n(\text{máxima}) = 0.75\Phi[0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$\Phi P_n(\text{máxima})$ = resistencia de diseño a fuerza axial de los elementos sometidos a compresión

Φ = coeficiente de reducción de resistencia igual a 0.65 para miembros a compresión axial con o sin flexión

y refuerzo transversal en estribos; para refuerzo transversal en expilar el coeficiente valdrá 0.75

Ejemplo de diseño

La columna a diseñar será la C-2,9 la cual hace referencia a la columna C de los ejes 2 y 9 a la cual llegan las mismas cargas axiales y momentos flectores ya que la estructura es simétrica. Esta columna tiene una sección de 50cm x 40cm.

- Se suministra inicialmente un área de acero de $40,8 \text{ cm}^2$ lo cual hace referencia a 8N8

$$\rho = \frac{A_s}{b * h}$$

$$\rho = \frac{40,8 \text{ cm}^2}{50 * 40} = 0.0204$$

$$0.001 * A_g \leq A_{st} \leq 0.04 * A_g$$

$$20 \leq 40,8 \leq 80 \text{ cm}^2$$

Ok

$$d' = 4 \text{ cm} + 0.952 \text{ cm} + \frac{db}{2}$$

$$d' = 6 \text{ cm}$$

$$d = h - 6 \text{ cm} = 40 - 6 = 34 \text{ cm}$$

$$cb = \frac{0.003 * d}{\epsilon_y + 0.003} = \frac{0.003 * 34}{\left(\frac{4200}{2000000}\right) + 0.003} = 20 \text{ cm}$$

$$Mb = \phi * 0.85 * f'_c * cb * 0.85 * b * \left(d - \frac{cb * 0.85}{2}\right) + \phi * A'_s * F_y * (d - d')$$

$$Mb = 40,74 \text{ ton} * m$$

$$Pb = 0.85 * f'_c * cb * \beta_1 * b * \phi + \phi * A'_s * F_y - \phi * A_s * F_y$$

$$Pb = 98,62 \text{ ton} * m$$

$$e' = \frac{Mb}{Pb} = 41,31 \text{ cm}$$

$$e = e' - \left(\frac{d - d'}{2}\right) = 27,31 \text{ cm}$$

$$M * = P * e = 26,94 \text{ ton} * m$$

$$\phi P_{max} = 0.75 * \phi * (0.85 * f'_c * (A_g - A_{st}) + F_y * A_{st})$$

$$\phi P_{max} = 254,03 \text{ ton}$$

- Falla a compresión:

$$F_s = \frac{c > cb}{E * (d - c) * 0.003} c$$

$$\phi P_{max} = 0.85 * f'_c * C_{max} * \beta_1 * b * \phi + \phi * A'_s * F_y - \phi * A_s * F_s$$

De esta manera se despeja C_{max} que obtenemos como resultado:

$$C_{max} = 38,38 \text{ cm}$$

Se procede a hallar el valor de C_{min} :

$$\phi P_{min} = 0.10 * \phi * f'_c * b * h = 27,30 \text{ ton}$$

$$\phi P_{min} = 0.85 * f'_c * C_{min} * \beta_1 * b * \phi + \phi * A'_s * F_y - \phi * A_s * F_s$$

$$C_{min} = 14,91 \text{ cm}$$

Ahora se procede a verificar el grado de esbeltez de la columna, teniendo en cuenta la siguiente expresión:

- En elementos sometidos a compresión no arriostrados contra desplazamientos laterales cuando (Según NSR-10 C.10.10.1):

$$\frac{k l_u}{r} \leq 22$$

$$\frac{2,8m}{0,14m} = 20 \leq 22 \quad \text{OK}$$

NOTA: Cuando la anterior expresión se cumple se permite ignorar los efectos de esbeltez.

Tabla 45. Diseño a flexión y carga axial Col C-2,9

b(cm)	50	OK	ρc	0,0204	OK
h(cm)	40	OK	s (cm)	3,81	16,24
f'c(kgf/cm ²)	210			4	
fy(kgf/cm ²)	4200			16,2	
Es(kgf/cm ²)	2000000		Revisión ancho de columna	50,00	OK
N° Barras	8N8		d'(cm)	6	
AsLong (cm ²) 8N8	40,8		d(cm)	34	
Ag(cm ²)	2000		cb(cm)	20	
Recubrimiento (cm)	4		Mb (ton*m)	40,74	
Diámetro Barra N°8 (cm)	2,54				
Diámetro estribo N°3 (cm)	0,95		Pb (TON)	98,62	
φ	0,65		e'(cm)	41,31	
β	0,85		e(cm)	27,31	
			M*(ton*m)	26,94	
		φPmax(ton)	254,03		
		Pumin(ton)	27,30		

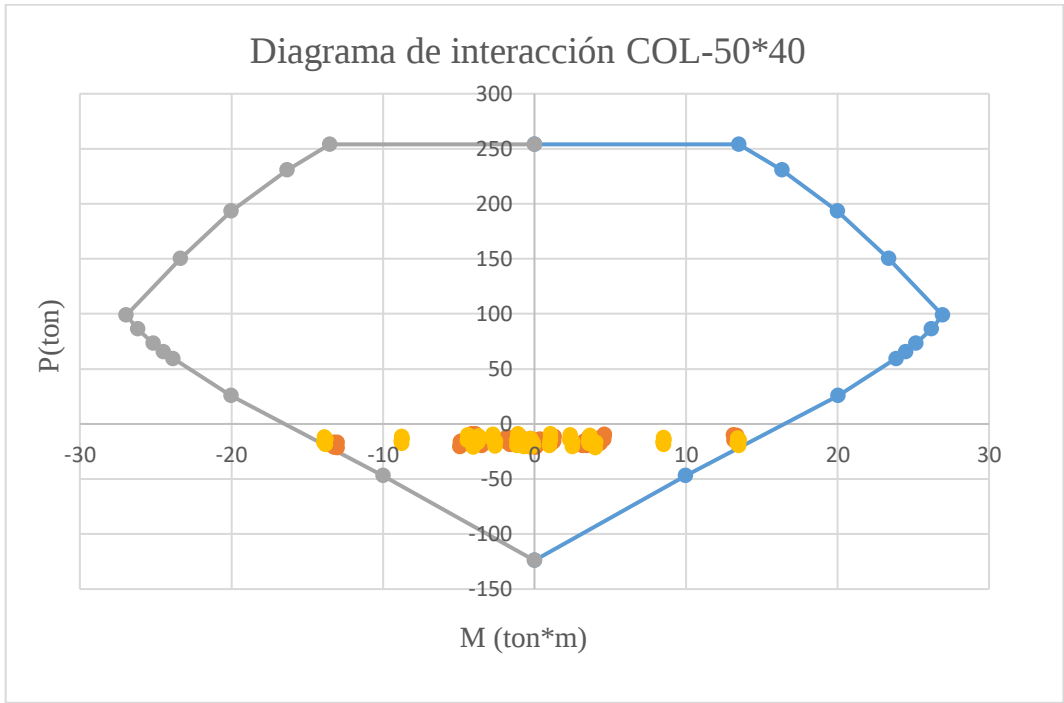
Tabla 46. Rigidez relativa de las columnas respecto a las vigas

Rigidez relativa de las columnas respecto a las vigas		
$\sum Mu_{col_y}$ (ton*m)	$\sum Mu_{vg_y}$ (ton*m)	Coeficiente γ
17,76	6,47	2,7

Tabla 47. Datos diagrama de interacción Col C-2,9

Punto	C(cm)	ΦP_n (ton)	f_s (kgf/cm ²)	f_s' (kgf/cm ²)	ΦM_n (ton*m)	e' (cm)	e (cm)	M^* (ton*m)	$-\Phi P_n$ (ton)	$-\Phi M_n$ (ton*m)
6		254,03						0,00	-254,03	0,00
5	38,38	254,03	-684,8	4200	49,07	19,3	5,3	13,51	-254,03	-13,51
4	35	230,55	-171,4	4200	48,60	21,1	7,1	16,32	-230,55	-16,32
3	30	193,02	800,0	4200	47,03	24,4	10,4	20,01	-193,02	-20,01
2	25	150,33	2160,0	4200	44,41	29,5	15,5	23,36	-150,33	-23,36
1	20	98,62	4200,0	4200	40,74	41	27	26,94	-98,62	-26,94
2	18	86,11	4200	4000	38,24	44,4	30,4	26,18	-86,11	-26,18
3	16	72,93	4200	3750	35,38	48,5	34,5	25,17	-72,93	-25,17
4	14	58,81	4200	3429	32,09	54,6	40,6	23,86	-58,81	-23,86
5	14,91	65,35	4200	3585	33,65	51,5	37,5	24,50	-65,35	-24,50
6	10	25,44	4200	2400	23,58	92,7	78,7	20,02	-25,44	-20,02
7	5	-46,95	4200	-1200	3,40	-7,2	-21,2	9,98	46,95	-9,98
8	2,94	-124,00	4200	-6245	-18,44	14,9	0,9	0,00	124,00	0,00

Tabla 48 Diagrama de interacción Col C-2,9



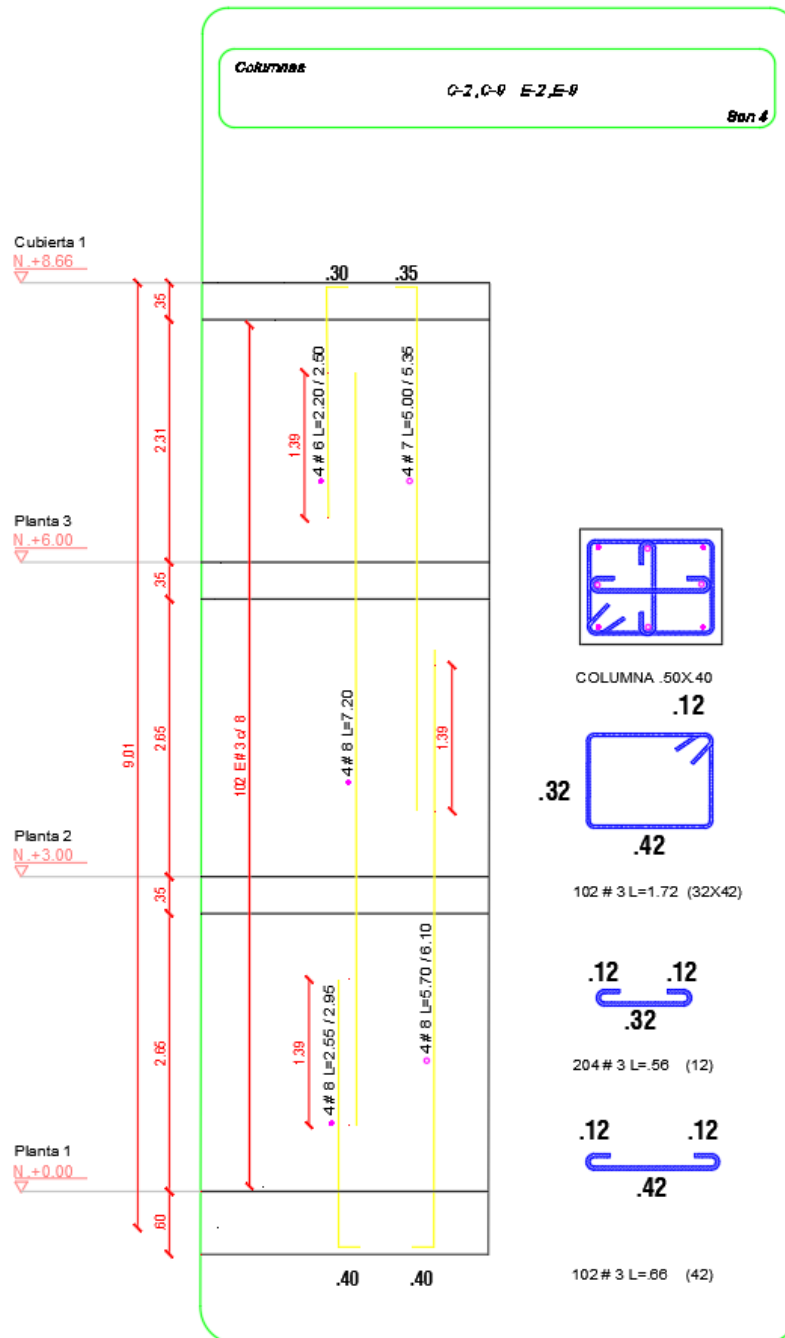
Diseño a cortante

Tabla 49. Diseño a cortante Col C-2,9

Diseño a Cortante						
Lo(cm)	50	50	6C/8			
	45,0					
	45					
S1(cm)	15,24	8				
	12,5					
	10					
	16,25					
S2(cm)	15,24	15				
	15					
L(cm)	170	11	11C/15			
Ash(cm ²)	1,87	2,13			OK	
	1,152					
Ld(cm)	107	SE HACE EN LA MITAD DE LA LUZ Y EN ESTA LONGITUD SE COLOCAN ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO				
Lt(cm)	139					
NºEstribos	17	17C/8				

En la anterior tabla se realizó el diseño a cortante de la columna. Teniendo en cuenta que en la zona de traslapo se deben suministrar estribos de confinamiento y la longitud de traslapo es lo suficientemente extensa para abarcar casi toda la longitud de la zona donde se requieren estribos con una separación mayor entonces se suministran estribos de confinamiento en toda la longitud de la columna. Esto se realizó en todas las columnas de la estructura, y sus respectivas hojas de cálculo se encuentran en los anexos. (Ver anexos Columnas)

Tabla 50.Despiece Col C-2,9



6.5.11. Zapatas

Consideraciones generales

“Los criterios aceptados para el diseño de zapatas aisladas cuadradas consideran que la zapata trabaja como una losa en una dirección, inicialmente, y luego se coloca el mismo acero en la otra dirección. Esto conduce a un criterio relativamente conservador ya que se diseña como si se cargara dos veces, puesto que en la realidad se trata de una losa con trabajo bidireccional, cuyo cálculo sería más complejo, este método simplificado resulta más apropiado para el trabajo práctico.

Las zapatas se diseñan para las cargas de servicio. La carga última se “desmayora” con el propósito de hacerla conceptualmente compatible con la capacidad admisible del suelo q_a , calculada por el ingeniero de suelos a partir de q_u (presión última que causa la falla por cortante en la estructura 26 del suelo), en la cual ya se involucra el factor de seguridad.” (VASQUEZ, 2000)

Ejemplo de diseño

Se diseña la zapata del eje A-1,10 a la cual le llega una columna de 35x35cm que esta reforzada con 8N8.

$$Area = \frac{P_s}{\sigma_{adm}} = \frac{23,3 \text{ ton}}{19,7 \text{ ton/m}^2} = 1.20 \text{ m}^2$$

$$B = H = \sqrt{1.20} = 1.10 \text{ m}$$

Esfuerzo ultimo suelo:

Según estudio de suelos (Ver Anexo):

$$\sigma_{ult} = \frac{P_U}{Area} = \frac{34,93}{1.20} = 28,87 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Profundidad efectiva

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$d = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

Punzonamiento:

$$b_o = 2 * (b + d) + 2 * (h + b) = 2 * (40 + 14) + 2 * (40 + 14)$$

$$b_o = 352 \text{ cm}$$

$$V_{punzo} = P_u - \sigma_{ult} * Area_{contacto}$$

$$V_{punzo} = 12,57 \text{ ton}$$

$$\Phi V_c = \lambda * \sqrt{f'_c} * b_o * d *$$

$$\lambda = 1$$

$$\Phi V_{c1} = 202,76$$

$$V_{upunzo} < \Phi V_{c1} \text{ OK}$$

$$\phi V_{c2} = \phi * 0.27 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$\Phi V_{c2} = 274,35 \text{ ton}$$

$$V_{upunzo} < \phi V_{c2} \text{ OK}$$

$$\phi V_{c3} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * b_o * d$$

$$\phi V_{c3} = 322.39 \text{ ton}$$

$$V_{upunzo} < \phi V_{c3} \text{ OK}$$

Revisión a cortante

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B * d$$

$$\phi V_c = 33,58 \text{ ton}$$

$$V_{ud} = \sigma_{ult} * \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) * H$$

$$V_{ud} = -4,92 \text{ ton}$$

$$V_{ud} < \phi V_c \text{ OK}$$

Diseño a flexión

$$Mult = \sigma_{ult} * H * \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} \right)^2 * \frac{1}{2}$$

$$Mult = 2,23 \text{ ton} * m$$

$$K_{requerido} = \frac{M_{max}}{b * d^2}$$

$$K_{requerido} = \frac{2230 \text{ kgf}/m}{1,1 * 0,53^2} = 7230 \text{ kgf}/m^2$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{F_y}$$

$$\rho_{min} = 0,0033$$

$$\rho_{max} = 0,72 * 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{F_y} * \frac{0,0033}{0,003 + \epsilon_y}$$

$$\rho_{max} = 0,72 * 0,85 * \beta_1 * \frac{210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} * \frac{0,0033}{0,003 + 200000} = 0,0153$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{m} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * K_{requerido}}{0,9 * F_y}} \right)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f'_c}$$

$$m = \frac{4200 \text{ kgf}/\text{cm}^2}{0,85 * 210 \text{ kgf}/\text{cm}^2} = 23,53$$

$$\rho_{req} = \frac{1}{\frac{4200}{0,85 * 210}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 23,53 * 7230 kgf/m^2}{0,9 * 42000000 \frac{kgf}{m^2}}} \right) = 0,0002$$

Como la cuantía requerida es menor a la mínima se coloca la mínima

$$As = \rho_{req} * b * d$$

$$As = 0,0033 * 110 * 53 = 19,43 \text{ cm}^2$$

$$Ascolocado = 19,88 \text{ cm}^2$$

$$N^{\circ} \text{Barras} = 7N6$$

- La altura de la zapata se dejó de 0,6m ya que el acero que baja de la columna se debe extender en la zapata aproximadamente 0,6 m, esto debido que su longitud de anclaje se calcula como si fueran barras desarrolladas a tracción

Tabla 51 Diseño a flexión y cortante Zapata A-1,10

Dimensiones Columna		Pu (ton)	Ps (ton)	Presión admisible suelo(ton/m ²)	f _c (kg/cm ²)	f _y (kg/cm ²)	Φ	Φ _{punz}	m
b(cm)	h(cm)	34,93	23,3	19,7	210	4200	0,65	0,75	23,53
35	35								

Requiero o no Pedestal(c,10,14,1)		
ΦPn(ton)	142,13	No requiere pedestal

Área de la zapata(m ²)	
1,18	
B	H
1,10	1,10
Área colocada(m ²)	1,21

σ _{ult} (ton/²)
28,87

Profundidad efectiva		
h(cm)	r(cm)	d(cm)
60	7	53

Punzonamiento o Cortante bidireccional							
bo(cm)	Vu(ton)	ΦVc1(ton)	OK	ΦVc2(ton)	OK	ΦVc3(ton)	OK
352	12,57	202,76		274,35		322,39	

Revisión a cortante		
Vud(ton)	ΦVc(ton)	OK
-4,92	33,58	

Flexión									
Mult(ton*m)	k(ton/m ²)	ρ _{req}	ρ _{min}	ρ _{max}	ρ _{colocada}	As _{req} (cm ²)	Nº Barras	As _{colocado}	S(m)
2,23	7,23	0,0002	0,0033	0,0153	0,0033	19,43	6,8	7N6	0,14

Longitud de desarrollo del refuerzo de la columna
Ldc(mm)
559

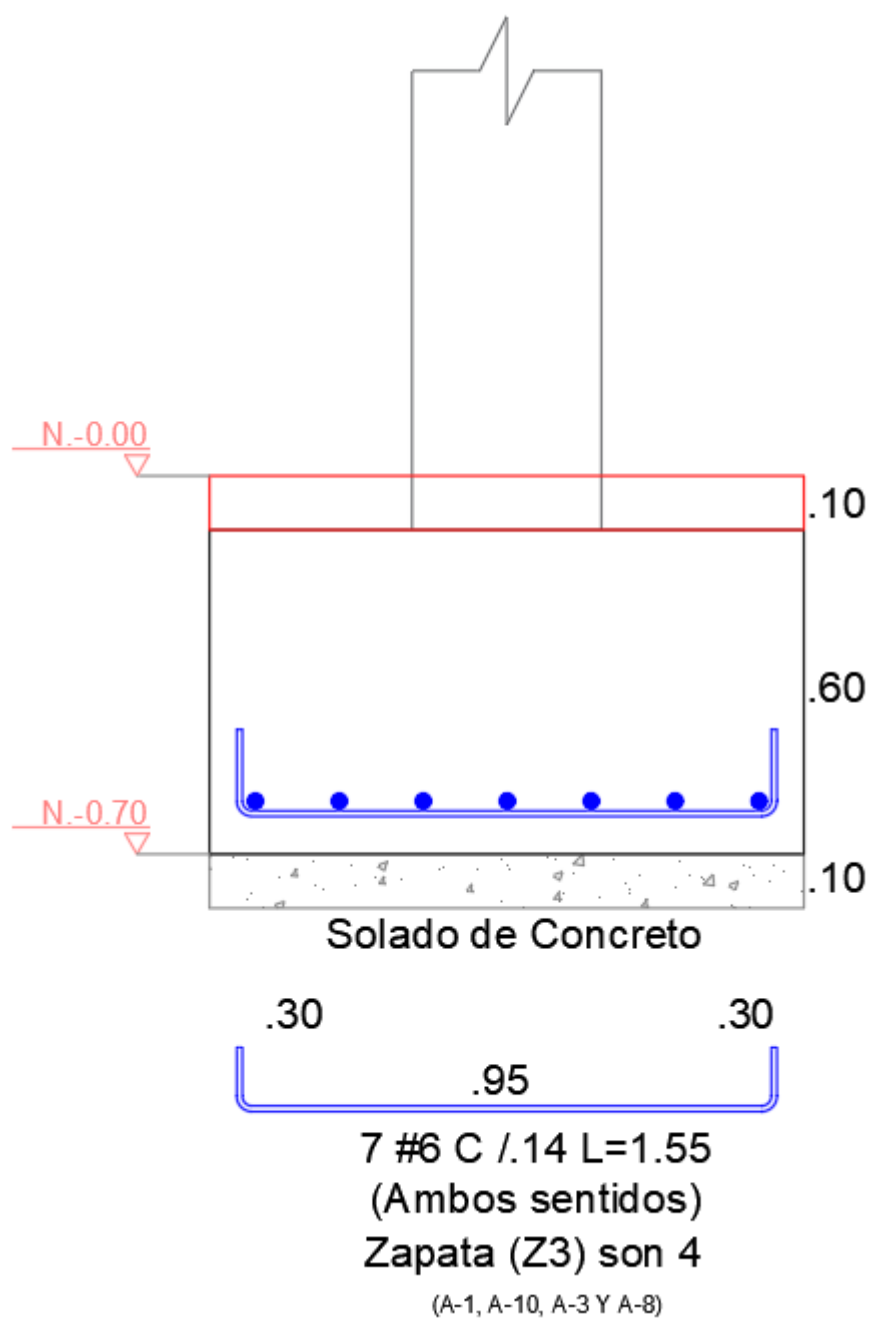


Ilustración 26 Despiece Zapata A-1,10

6.5.12. Elementos no estructurales

Los elementos no estructurales como lo son la perfilería de cubierta, detalle de conexión columna-cercha de cubierta, detalles muros y cimientos se encuentran en detalle en los planos E-08.

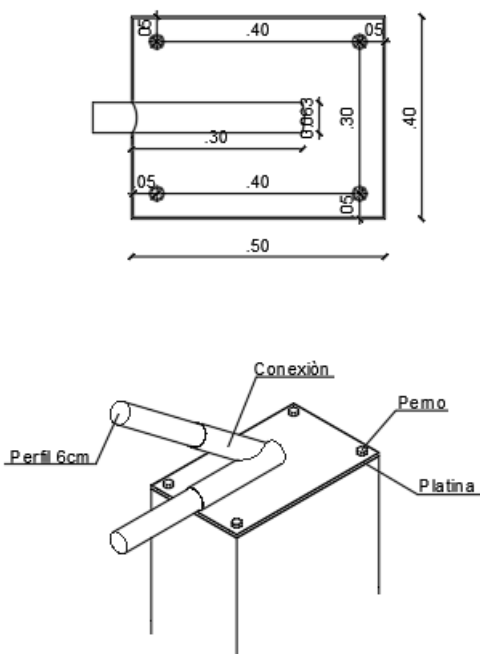
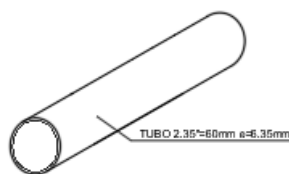


Ilustración 27. Conexión cercha-columna



Elementos Cercha

Ilustración 28. Contra-vientos y perfil de la cercha

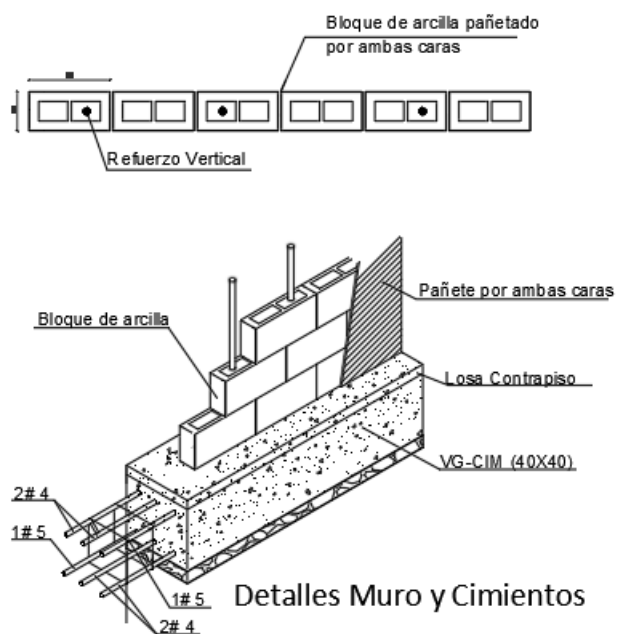


Ilustración 29. Detalle de muros y cimientos.

7. Conclusiones

- El diseño estructural se realizó siguiendo los requisitos de la NSR-10 para una estructura tipo péndulo invertido con un sistema estructural compuesto por pórticos resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía especial(DES).
- Para el diseño de vigas a flexión, en algunos casos las longitudes de desarrollo eran casi de la misma longitud que la luz de la viga, por ello se disponía de acero longitudinal en toda la luz.
- En cuanto al refuerzo longitudinal de elementos sometidos a flexión(Vigas) se especifica que cuando el refuerzo calculado sea de dos varillas, no importa el diámetro, estas deben ir continuas a lo largo del elemento.
- Para el diseño a cortante se tuvo en cuenta que en las zonas donde se hacen traslapes se debe de colocar estribos de confinamiento y también deben ir estribos de confinamiento en una longitud de $2 \cdot h$ medidos a ambos lados de una viga desde la cara de sus apoyos. Por ello en algunas ocasiones el refuerzo transversal de confinamiento debía ir e toda la luz, porque el espacio que quedaba era muy pequeño para colocar flejes a una distancia mayor que en la zona de confinamiento.
- En las columnas se dispuso estribos de confinamiento en toda su longitud, ya que los traslapes ocupaban aproximadamente de $2/3$ de luz por lo cual no era justificable colocar 3 o 4 estribos con una separación mayor.
- De acuerdo a la NSR-10 la longitud de anclaje de las barras de refuerzo longitudinal de una columna que lleguen a una zapata deben calcularse como

barras desarrolladas a tracción. Y ya que a todas las zapatas les llegaban barras N8, fue necesario dejar las zapatas con una altura de 0,6m, teniendo en cuenta que inicialmente eran de 0,40m.

- Para las columnas se realizó el chequeo de rigidez de las columnas respecto a las vigas y en todos los casos se cumplió la relación que debe existir entre estos elementos, en la cual los momentos de las columnas deben ser mayores 1,2 veces los momentos de las vigas que llegan a una columna.
- El desarrollo de este proyecto nos ha contribuido en nuestra formación como ingenieros civiles y ha reforzado otros conocimientos. No obstante, nos lleva a una experiencia muy cercana en cuanto al desarrollo de proyectos civiles donde se abarco desde el estudio de suelos, levantamiento topográfico, diseño arquitectónico y finalmente diseño estructural siendo este nuestro objetivo principal.
- La característica más notoria de la edificación es su combinación del espacio con una fuerte dirección vertical generadas por las dos torres, de esta manera se convierten en un elemento estéticamente agradable marcando por rasgos arquitectónicos característicos de la arquitectura romana.
- La composición de la fachada con arcos al acceso, cubierta a dos aguas y cruces en sus torres, marcan un estilo colonial de mediados de 1.700 d.C, con materiales utilizaos en la actualidad

8. Bibliografía

- LUIS GARZA VÁSQUEZ., I. M. (2000). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Roberto, R. A. (2012). Análisis y diseño sísmico de edificios . Medellín: Universidad EAFIT.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (Marzo de 2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C, Colombia.
- Franco, J. I. (2011). *Estructuras de Concreto 1*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia .
- Arango, I. J. (2001). construdata. *Revista Terracota*, 1-16. Obtenido de <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/T/terracota1edificiosaltoscopia/terracota1edificiosaltoscopia.asp>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (s.f.). *Cámara de Comercio de Bogotá*. Obtenido de <https://www.ccb.org.co/Transformar-Bogota/Gestion-Urbana/Ordenamiento-territorial/Plan-de-Ordenamiento-Territorial>
- detopografia. (s.f.). *detopografia*. Obtenido de <http://detopografia.blogspot.com.co/2012/10/conceptos-fundamentales-topografia.html>

- Estructuras.eia. (s.f.). *Estructuras.eia*. Obtenido de
<http://estructuras.eia.edu.co/estructurasI/conceptos%20fundamentales/conceptos%20fundamentales.htm>
- planoarquitectonico. (s.f.). *planoarquitectonico*. Obtenido de
<https://planoarquitectonico.weebly.com/plano.html>
- SISTEMA DE NORMA URBANA Y PLAN DE ORDENAMIENTO
TERRITORIAL - SINU POT. (s.f.). *SISTEMA DE NORMA URBANA Y PLAN
DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL - SINU POT*. Obtenido de
<http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/menu/antecedentes.jsf>