

**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍA
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL
AR&ES INGENIERÍA**



ANDERSON CAMACHO ZÚÑIGA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN – CAUCA**

2022

**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PASANTÍA
AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL
AR&ES INGENIERÍA**

**ANDERSON CAMACHO ZÚÑIGA
CÓDIGO: 100415010757**

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR:
ING. JULIO CESAR DIAGO FRANCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN – CAUCA**

06/10/2022

Nota de aceptación:

Firma del Director de Pasantía

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Popayán, _____ Octubre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente cada instante de mi vida que pasé estudiando la ingeniería civil, aún queda mucho por aprender como profesional pero obtener éste título costó transformaciones en mi ser que no habría podido obtener de otro modo. Conocí personas que me mostraron muchas otras maneras de ver mundo y la vida, obtuve conocimientos que movieron pilares profundos de mi crianza y, por ende, de mi personalidad convirtiéndome en un mejor ciudadano, un buen profesional, pero, sobre todo, un ser consciente de su entorno y su papel en él.

Me siento profundamente agradecido con mis padres, Ildfonso Camacho y Sandra Zúñiga, que siempre han estado a mi lado para brindarme su apoyo incondicional, siempre animándome y aportando las enseñanzas adecuadas en el momento oportuno, además, claramente, de su apoyo económico sin el cual no hubiera podido dedicarme plenamente a mis estudios.

Quiero agradecer también a mi familia en general, siempre han estado pendientes de mi proceso, y en especial quiero agradecer a mi tío Yesid Camacho por sus sabias palabras en los momentos más críticos de mi carrera universitaria y de mi desarrollo personal, pero también por su incansable apoyo a lo largo de toda mi vida. Igualmente mi tía Clara Inés Camacho ha estado apoyándome desde que tengo memoria, por lo cual me siento muy agradecido con ellos y con la existencia por hacerlos parte de mi vida.

Me gustaría agradecer a la universidad del Cauca y a la empresa AR&ES ingenieros por su aporte a mi desarrollo profesional, en especial quiero agradecer al ingeniero Giovani Lara por recibirme en su empresa y aportarme todo el conocimiento que obtuve, no solo sobre estructuras sino sobre la vida en general. Agradezco la amabilidad del ingeniero Julio César Diago al aceptar dirigir mi trabajo de grado y ofrecerme su conocimiento.

Al ingeniero Oscar González le ofrezco mi profundo agradecimiento por su valiosa amistad y la gran cantidad de conocimientos que me aportó y me aporta actualmente.

Y por último, pero no menos importante, me agradezco a mí por perseverar a pesar de las dificultades, por siempre buscar mejorar y por levantarme luego de cada tropiezo para continuar creciendo.

5.1.12. Cimentación.....	25
5.1.13. Diseño losa maciza.....	26
5.1.14. Diseño de correas.....	27
5.2.15. Planos Estructurales.....	28
5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL CASA UNIFAMILIAR YALILET ZÚÑIGA:.....	36
5.2.1. Información De Entrada.....	36
5.2.2. Modelación.....	38
5.2.3. Materiales de diseño.....	38
5.2.4. Cargas.....	39
5.2.5. Fuerza del Viento.....	39
5.2.6. Carga de granizo.....	40
5.2.7. Diseño De Los Elementos Estructurales.....	40
5.2.8. Modos de vibración principales.....	42
5.2.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.....	43
5.2.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.	43
5.2.11. Verificación de Derivas.....	44
5.2.12. Cimentación.....	44
5.2.13. Diseño losa maciza.....	44
5.2.14. Diseño de correas.....	45
5.2.15. Planos Estructurales.....	45
5.3. DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO MULTIFAMILIAR JOHANA BOLAÑOS.	52
5.3.1. Información De Entrada.....	52
5.3.2. Modelación.....	55
5.3.3. Materiales de diseño.....	56
5.3.4. Cargas.....	57
5.3.5. Fuerza del Viento.....	57
5.3.6. Carga de granizo.....	58
5.3.7. Diseño De Los Elementos Estructurales.....	58
5.3.8. Modos de vibración principales.....	60
5.3.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.....	61
5.3.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.	61
5.3.11. Verificación de Derivas.....	62

5.3.12.	Cimentación.	62
5.3.13.	Diseño losa maciza.	62
5.3.14.	Diseño de correas	63
5.3.15.	Planos Estructurales.....	64
5.4.	DISEÑO ESTRUCTURAL CASA UNIFAMILIAR PAOLA GUERRERO. ...	71
5.4.1.	Información De Entrada.....	71
5.4.2.	Modelación	73
5.4.3.	Materiales de diseño.....	74
5.4.4.	Cargas	74
5.4.5.	Fuerza del Viento.....	75
5.4.6.	CARGA DE GRANIZO.....	75
5.4.7.	Diseño De Los Elementos Estructurales	75
5.4.8.	Modos de vibración principales.....	77
5.4.9.	Verificación de la Condición de Cortante Basal.....	77
5.4.10.	Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.	78
5.4.11.	Verificación de Derivas.....	78
5.4.12.	Cimentación.	79
5.4.13.	Diseño losa metaldeck.	79
5.4.14.	Diseño de correas	80
5.4.15.	Planos Estructurales.....	80
6.	EXPERIENCIA ADQUIRIDA	89
7.	CONCLUSIONES.....	90
	BIBLIOGRAFÍA	91

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1. Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps	18
Ilustración 2. Diseño arquitectónico entregado (fachada).	18
Ilustración 3. Diseño arquitectónico entregado (plano en planta).....	19
Ilustración 4. Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.	19
Ilustración 5. Materiales utilizados.....	20
Ilustración 6. Cargas de diseño utilizadas.	20
Ilustración 7 Fuerzas de viento.....	21
Ilustración 8 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.	22
Ilustración 9 Datos generales del sismo.	23
Ilustración 10 Coeficientes de participación de la estructura.....	24
Ilustración 11 Corrección del cortante basal de la estructura.	24
Ilustración 12 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente.....	25
Ilustración 13 Verificación de derivas.	25
Ilustración 14 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.	27
Ilustración 15 Planta de vigas de cimentación VC1-VC2 y localización de zapatas.	28
Ilustración 16 Planta vigas de cimentación VC3.....	28
Ilustración 17 Planta de vigas de segundo piso.	29
Ilustración 18 Planta de vigas de cubierta.	29
Ilustración 19 Despiece de zapatas Z1.	30
Ilustración 20 Despiece de zapata Z2.	30
Ilustración 21 Despiece de zapata Z3.	31
Ilustración 22 Despiece de zapata Z4 y Z5.	31
Ilustración 23 Despiece de vigas de cimentación VC1-VC2.....	32
Ilustración 24 Despiece de vigas de cimentación VC3.....	32
Ilustración 25 Secciones transversales de columnas.	33
Ilustración 26 Despiece tipo de Columnas.	33
Ilustración 27 Secciones transversales de Vigas.	34
Ilustración 28 Despiece de vigas de entrepiso.	34
Ilustración 29 Corte losa de entrepiso.	35
Ilustración 30 Detalle de escaleras.....	35
Ilustración 31 Detalles de cubierta.	35
Ilustración 32 Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps	36
Ilustración 33 diseño arquitectónico entregado (fachada).	37
Ilustración 34 diseño arquitectónico entregado (plano en planta).	37
Ilustración 35 Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.	38
Ilustración 36 Materiales utilizados.....	38
Ilustración 37 Cargas de diseño utilizadas.	39
Ilustración 38 Fuerzas de viento.....	40

Ilustración 39	Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.	41
Ilustración 40	Datos generales del sismo.	42
Ilustración 41	Coeficientes de participación de la estructura.	42
Ilustración 42	Corrección del cortante basal de la estructura.	43
Ilustración 43	Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente.....	43
Ilustración 44	Verificación de derivas.	44
Ilustración 45	Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.	45
Ilustración 46	Planta de vigas de cimentación Z1-Z2 y localización de zapatas. ..	45
Ilustración 47	Planta de vigas de segundo piso.	46
Ilustración 48	Planta de vigas de cubierta.	46
Ilustración 49	Despiece de zapatas Z1.	47
Ilustración 50	Despiece de zapata Z2.	47
Ilustración 51	Despiece de zapata Z3.	48
Ilustración 52	Despiece de vigas de cimentación VC1.....	48
Ilustración 53	Secciones transversales de columnas.	49
Ilustración 54	Despiece tipo de Columnas.	49
Ilustración 55	Secciones transversales de Vigas.	50
Ilustración 56	Despiece de vigas de entrepiso.	50
Ilustración 57	Corte losa de entrepiso.	51
Ilustración 58	Detalle de escaleras.....	51
Ilustración 59	Detalles de cubierta.	51
Ilustración 60	Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps	52
Ilustración 61	Diseño arquitectónico entregado (fachada).	53
Ilustración 62	Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 1).	53
Ilustración 63	Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 2 y 3).	54
Ilustración 64	Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 4).	54
Ilustración 65	Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.....	55
Ilustración 66	Modelo tridimensional del bloque A en ETABS.....	55
Ilustración 67	Modelo tridimensional del bloque B en ETABS.....	56
Ilustración 68	Materiales utilizados.....	56
Ilustración 69	Cargas de diseño utilizadas.	57
Ilustración 70	Fuerzas de viento.....	57
Ilustración 71	Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.	59
Ilustración 72	Datos generales del sismo.	60
Ilustración 73	Coeficientes de participación de la estructura.	60
Ilustración 74	Corrección del cortante basal de la estructura.	61
Ilustración 75	Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente.....	61
Ilustración 76	Verificación de derivas.	62
Ilustración 77	Análisis momentos máximos de losa continua en SAP2000.....	62
Ilustración 78	Diseño losa entrepiso.....	63
Ilustración 79	Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.	63
Ilustración 80	Planta vigas y losa de cimentación.	64

Ilustración 81 Modelo cimentación 3D.....	64
Ilustración 82 Planta de vigas de segundo y tercer piso.	65
Ilustración 83 Planta de vigas de cubierta bloque A.....	65
Ilustración 84 Despiece de losa de cimentación, sección transversal.....	66
Ilustración 85 Despiece de losa de cimentación, sección longitudinal.	66
Ilustración 86 Despiece de vigas de cimentación VC1.....	67
Ilustración 87 Secciones transversales de columnas.....	67
Ilustración 88 Despiece tipo de Columnas.	68
Ilustración 89 Secciones transversales de Vigas.	68
Ilustración 90 Despiece de vigas de entrepiso.	69
Ilustración 91 Corte losa de entrepiso.....	69
Ilustración 92 Detalle de escaleras.....	70
Ilustración 93 Detalles de cubierta.	70
Ilustración 94 Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps	71
Ilustración 95 diseño arquitectónico entregado (fachada).	72
Ilustración 96 diseño arquitectónico entregado (Perfil).....	72
Ilustración 97 diseño arquitectónico entregado (plano en planta).	73
Ilustración 98 Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.....	73
Ilustración 99 Materiales utilizados.....	74
Ilustración 100 Cargas de diseño utilizadas.	74
Ilustración 101 Fuerzas de viento.....	75
Ilustración 102 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.	76
Ilustración 103 Datos generales del sismo.....	77
Ilustración 104 Coeficientes de participación de la estructura.....	77
Ilustración 105 Corrección del cortante basal de la estructura.....	78
Ilustración 106 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente.....	78
Ilustración 107 Verificación de derivas.....	78
Ilustración 108 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.	80
Ilustración 109 Planta losa de cimentación.	80
Ilustración 110 Planta de vigas de segundo piso.	81
Ilustración 111 Planta de vigas de segundo piso.	81
Ilustración 112 Planta de vigas de cubierta.....	82
Ilustración 113 Despiece de zapatas Z1.	82
Ilustración 114 Despiece de vigas de cimentación VC1.....	83
Ilustración 115 Despiece de vigas de cimentación VC1.....	84
Ilustración 116 Secciones transversales de columnas.....	84
Ilustración 117 Despiece tipo de Columnas.	85
Ilustración 118 Secciones transversales de Vigas.	86
Ilustración 119 Despiece de vigas de entrepiso.	86
Ilustración 120 Corte losa de entrepiso en metaldeck.....	87
Ilustración 121 Detalle de escaleras.....	88
Ilustración 122 Detalles de cubierta.	88

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Civil es la rama de las ciencias exactas y naturales, que se encarga de realizar obras que inciden directamente en el desarrollo económico, social y ambiental de los territorios solucionando problemas, satisfaciendo necesidades y mejorando la calidad de vida de sus habitantes. La Práctica Profesional busca formar al futuro profesional ante escenarios reales sobre los procesos de diseño y las actividades administrativas que se presentan en el desarrollo de diferentes proyectos de construcción, de esta manera se implementa, junto con la participación activa del estudiante, diversos modelos y técnicas para desarrollar las actividades de planeación, diseño, consultoría, construcción, interventoría y administración de obras que generan impacto de acuerdo con la asignación de tareas y responsabilidades específicas.

La facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca ofrece diferentes modalidades como requisito para optar por el título de ingeniero civil, entre ellas la pasantía o práctica profesional, modalidad escogida para poner en ejercicio lo aprendido en la Universidad y para poder acceder al título de Ingeniero Civil, en este documento se describirá la práctica profesional a realizar como auxiliar de ingeniería en la empresa AR&ES INGENIERÍA conforme al acuerdo N° 051 de 2001 del Consejo Superior Universitario y la resolución N° 281 del 10 de junio del 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, por lo cual se reglamenta el trabajo de grado en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca y se establece la modalidad de pasantía o práctica empresarial.

2. JUSTIFICACIÓN

La práctica profesional es la acción que potencializa la calidad de formación integral de todo estudiante, es aquí donde se aplican los conocimientos teóricos y prácticos obtenidos a través de los años de pregrado. Es realizando esta labor que se contribuye de manera significativa al crecimiento profesional, siendo la apertura para poder actuar en el ámbito laboral, adquiriendo experiencias y conociendo nuevos campos de trabajo como ingeniero civil.

Teniendo en cuenta lo anterior, la práctica profesional que se realizó en la empresa AR&ES INGENIERÍA tiene un valor de experiencia muy significativo ya que me permitió lograr conocimientos básicos en un ámbito real sobre el proceso de diseño estructural de diferentes proyectos, además el interactuar con diferentes profesionales de la ingeniería y la construcción me permitió desarrollar confianza en mi conocimiento.

La empresa AR&ES desarrolla proyectos los cuales se ven relacionados en el campo del diseño estructural de numerosas obras e involucrar al pasante pretende formarlo en el proceso de diseño y toma de decisiones, de modo que se fortalezca el carácter profesional como próximo Ingeniero civil en la ejecución de los diferentes diseños.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Apoyar a la empresa AR&ES INGENIEROS del municipio de Popayán en las labores de diseño de proyectos estructurales, de tal modo que estos se ajusten en su totalidad a la normativa de urbanismo y/o construcción.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Poner en práctica los conocimientos teóricos aprendidos a lo largo de la carrera y adquirir nuevos conocimientos en base a la experiencia del personal profesional y técnico.
- Desarrollar proyectos de diseño estructural en paralelo a ingenieros de la empresa para adquirir conocimiento y experiencia necesarios para la vida profesional por medio de la práctica y comparación.
- Inspeccionar la normativa vigente para los distintos escenarios en que pueda presentarse un proyecto.
- Llevar un registro de imágenes, archivos y documentos para presentar un informe final, indicando las actividades cumplidas y experiencia adquirida durante la práctica.

4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1 TITULO DE LA PASANTÍA

ACOMPañAMIENTO EN EL DISEÑO, REVISIÓN Y PROCESOS EN CURADURÍA DE PROYECTOS ESTRUCTURALES PARA LA EMPRESA AR&ES INGENIEROS.

4.2 NOMBRE DEL PASANTE

Anderson Camacho Zúñiga

4.3 ENTIDAD RECEPTORA



La empresa **AR&ES INGENIERÍA** es creada en la ciudad de Popayán con el fin de prestar los servicios de asesoría, consultoría, diseño, construcción y supervisión técnica de obras civiles a empresas, contratistas, ingenieros, arquitectos y personas naturales del país. La empresa cuenta con diversidad de clientes que en su mayoría son personas naturales.

MISIÓN: Desarrollar proyectos de ingeniería y construcción basados en principios empresariales de alta responsabilidad social con un capital humano calificado, que siempre busque la satisfacción de los clientes, el crecimiento económico y el mejoramiento de la sociedad.

VISIÓN: Consolidarnos como una empresa líder a nivel municipal en el sector de la ingeniería y la construcción con proyectos que cumplen con los tiempos establecidos, con alta calidad y con total respeto al medio ambiente, logrando así exportar nuestra experiencia a ciudades aledañas.

4.4 SEDE PRINCIPAL DEL TRABAJO

La práctica profesional se desarrolla la mayor parte en la oficina de la empresa ubicada en CARRERA 10A N° 7 - 53 Barrio CENTRO.

4.5 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Ingeniero Julio César Diago Franco

4.6 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

Ingeniero Giovani Lara Prieto

4.7 DURACIÓN

La práctica profesional inició el día 20 de Mayo del año 2022 y se da por terminada el día 30 del mes de Septiembre del año 2022, cumpliendo con lo acordado en el anteproyecto a fin de lograr las 576 horas exigidas por la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

4.8 RECURSOS UTILIZADOS

Las herramientas y elementos necesarios para llevar a cabo la práctica se describen a continuación.

- ❖ Programas de diseño estructural licenciados y académicos, como lo son: ETABS, SAFE, SAP2000, ARQUIMET, AUTOCAD.
- ❖ Excel
- ❖ Calculadora científica.
- ❖ Normas técnicas: Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente (NSR-10)
- ❖ Elementos de papelería.

4.9 METODOLOGÍA

La práctica profesional se efectuó en la oficina de la empresa AR&ES INGENIERÍA como auxiliar en el campo del diseño estructural con una intensidad horaria variable de 3 a 5 horas presenciales y de 3 a 5 horas de trabajo remoto, entre los días lunes a viernes (40 horas semanales en total), durante algunos meses hasta completar 576 horas exigidas por la Facultad de Ingeniería Civil. La dirección y asesoría del trabajo estuvo orientada por un director asignado por la Universidad del Cauca, proponiendo al Ingeniero JULIO CESAR DIAGO quien desempeñó las funciones de asesorar, revisar y corregir informes durante el desarrollo de la pasantía.

En conjunto con el director de la pasantía y el coordinador profesional designado por la empresa según el acuerdo suscrito entre AR&ES INGENIERÍA y el pasante se determinan las siguientes actividades que se realizarán dentro del desarrollo del presente trabajo de grado:

1. Información de entrada: se realiza una revisión de la información entregada por el propietario del proyecto, constituida principalmente por los planos arquitectónicos y el estudio de suelos.
2. Modelación:
 - a. Establecer el sistema estructural más adecuado para la obra o el solicitado por el propietario del proyecto.
 - b. Ajustar el modelo a las solicitudes planteadas arquitectónicamente.
 - c. Definir los materiales que se van a utilizar.
 - d. Calcular las cargas actuantes sobre la estructura.
 - e. Realizar la modelación de la estructura: Para la estructura principal y la cimentación se usan software de diseño y modelación como lo son: ETABS, SAFE, SAP2000 y para las cubiertas el software ARQUIMET.
3. Diseño de elementos estructurales: se efectúa el diseño y chequeo de los elementos estructurales con el software antes mencionado y apoyados en hojas de cálculo EXCEL que facilitan las verificaciones manuales que se deben realizar en el proceso de diseño.
4. Elaboración de planos estructurales: se hace uso de un software de dibujo para realizar los planos estructurales. En la información de los planos adicional al diseño estructural se incluye una sesión para la firma del ingeniero encargado del estudio de suelos que apruebe el diseño de la cimentación y otra sesión con las especificaciones de los materiales de construcción que se van a utilizar en la estructura.

5. Conformación de la memoria de cálculo y formatos de curaduría: en estos documentos se describen los procedimientos y la información necesaria para realizar el diseño estructural.

4.10 PROYECTOS REALIZADOS

1. Se participa en el diseño estructural de la Vivienda Unifamiliar Casa HANDRES IZAQUITA ubicado en el Barrio Los Comuneros, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca. El proyecto consta del diseño de una vivienda de 2 pisos en sistema aporticado.
2. Se participa en el diseño estructural de la Vivienda Unifamiliar con local comercial Casa YALILET ZÚÑIGA ubicado en el Barrio La Esmeralda, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca. El proyecto consta del diseño de una vivienda de 3 pisos en sistema aporticado con local comercial en el primer piso.
3. Se participa en el diseño estructural de la Vivienda Multifamiliar edificio JOHANA BOLAÑOS ubicado en el Barrio Ciudad Jardín, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca. El proyecto consta del diseño de un edificio de aparta estudios de 4 pisos en sistema aporticado.
4. Se participa en el diseño estructural de la Vivienda Unifamiliar Casa PAOLA GUERRERO ubicado en el Barrio Limonar, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca. El proyecto consta del diseño de una vivienda de 3 pisos en sistema aporticado con local comercial en el primer piso.

5. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

5.1. DISEÑO ESTRUCTURAL CASA UNIFAMILIAR HANDRES IZAQUITA

El siguiente proyecto comprende el diseño estructural de una casa unifamiliar de dos pisos ubicada en el barrio Los Comuneros, del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.



Ilustración 1. Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps

5.1.1 Información De Entrada

Se reciben planos arquitectónicos, donde se establece la distribución de los espacios y las recomendaciones arquitectónicas. El sistema estructural utilizado es de pórticos de concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía (DES). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico.

El perfil de suelo es tipo E y la cimentación corresponde a zapatas combinadas como método de cimentación, con una profundidad de desplante de 1.0m.

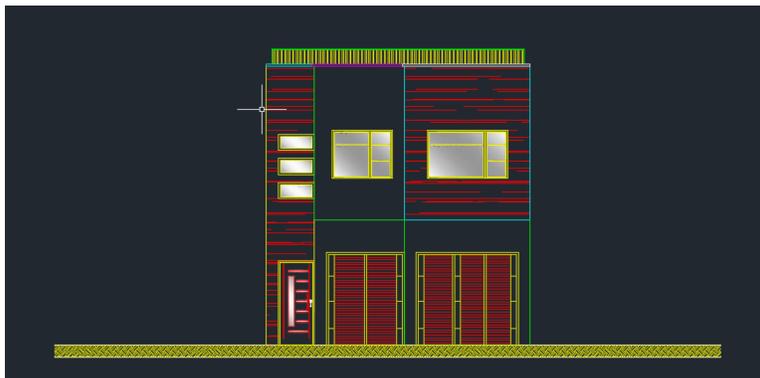


Ilustración 2. Diseño arquitectónico entregado (fachada).



Ilustración 3. Diseño arquitectónico entregado (plano en planta).

5.1.2. Modelación

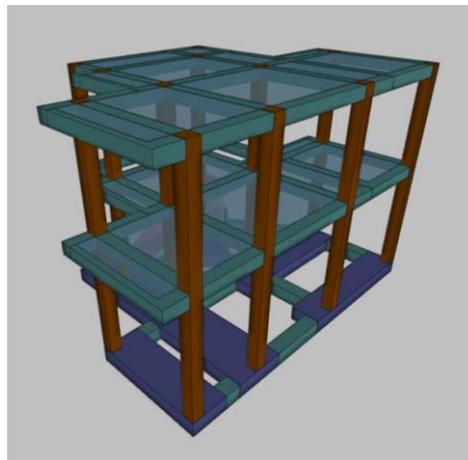


Ilustración 4. Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.

Inicialmente se define el sistema estructural a emplear de acuerdo al tipo de estructura y las recomendaciones realizadas por los propietarios del proyecto, teniendo en consideración los parámetros establecidos por la NSR-10, y de acuerdo con la tabla A.3-3 se define el sistema estructural de pórtico resistente a momento, en concreto reforzado con esfuerzo máximo a la compresión de ($f'c$) de 21MPa y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de (fy) de 420 MPa. con capacidad especial de disipación de energía (DES), el cual es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momento, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales, las fuerzas horizontales por tanto se obtiene un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico ($R_0 = 7.0$).

5.1.3. Materiales de diseño

Los materiales utilizados para el diseño son:

<i>Concreto (columnas, vigas, losas, pilas):</i>	$f'c = 21 \text{ MPa}$
<i>Concreto (muros de sótano, pantallas):</i>	$f'c = 21 \text{ MPa}$
<i>Acero de Refuerzo:</i>	$fy = 420 \text{ MPa}$
<i>Acero de perfiles:</i>	$fy = 350 \text{ MPa}$

Ilustración 5. Materiales utilizados.

5.1.4. Cargas

El programa ETABS considera por defecto las cargas del peso propio de la estructura en el análisis y diseño de la estructura, por lo cual no se menciona en las cargas.

Para el cálculo de las cargas se tiene en cuenta lo estipulado en el Título B de la NSR-10.

En la tabla siguiente se presentan las cargas de diseño:

PESO CUBIERTA			
NIVEL CUBIERTA	TEJA DE FIBROCEMENTO	0.2	KN/m ²
	CIELORASAO	0.5	KN/m ²
	CORREAS	0.1	KN/m ²
	CULATA	1.2	KN/m ²
	INSTALACIONES	0.4	KN/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	2.4	KN/m ²
	CARGA VIVA (P=15°)	0.5	KN/m ²

ENTREPISO			
N+3.24	CIELORASO	0.5	KN/m ²
	MUROS NO ESTRUCTURALES	3	KN/m ²
	ACABADOS DE PISO	1.1	KN/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	4.6	KN/m ²
	CARGA VIVA (RESIDENCIAL)	1.8	KN/m ²

Ilustración 6. Cargas de diseño utilizadas.

5.1.5. Fuerza del Viento.

Las cargas de viento se extraen de la modelación realizada en el programa ARQUIMET, tomando como resultado el valor de presión negativa de 0.64 kN/m^2 y positiva de 0.64 kN/m^2 . Los resultados se presentan a continuación:

Viento a 0° (+X)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
Nivel Cubierta	0.64	9.34	1.35	8.031
Nivel 324	0.60	9.34	2.97	16.508
Viento a 90° (-Y)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
Nivel Cubierta	0.60	6.58	1.35	-5.333
Nivel 324	0.56	6.58	2.97	-10.909
Viento a 180° (-X)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
Nivel Cubierta	0.64	9.34	1.35	-8.031
Nivel 324	0.60	9.34	2.97	-16.508
Viento a 270° (+Y)				
Planta	p (kN/m²)	b (m)	h (m)	F (kN)
Nivel Cubierta	0.60	6.58	1.35	5.333
Nivel 324	0.56	6.58	2.97	10.909

Ilustración 7 Fuerzas de viento.

5.1.6. Carga de granizo

Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar o en lugares de menor altura donde la autoridad municipal o distrital así lo exija. (NSR-10 B.4.8.3.1)

Municipio
Popayán

Altura Promedio
1737 m.s.n.m

Por lo tanto, las cargas de granizo no serán consideradas en el presente diseño.

NOTA: La mayor parte del modelo se realiza en el software de diseño ETABS y se complementan hojas de cálculo en Excel.

5.1.7. Diseño De Los Elementos Estructurales

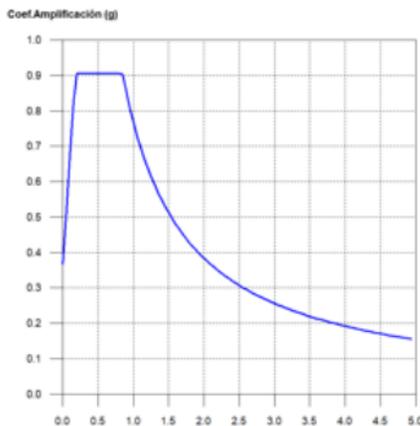
Inicialmente para el diseño se toman en consideración las sugerencias arquitectónicas con respecto al modelo de la estructura, la cual se propone en concreto reforzado. En cuanto a la cubierta se propone usar perfiles en C, cumpliendo los requisitos de resistencia y así generar una estructura más eficiente.

De acuerdo con lo anterior el sistema estructural quedo conformado por columnas y vigas en concreto reforzado, para la cimentación se hace uso de zapatas combinadas.

Con el programa ETABS se empleó el método de cálculo de Análisis dinámico espectral, este análisis consiste en un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal. ETABS calcula la respuesta dinámica máxima de cada modo utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al periodo de vibración del modo, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de la estructura al ser sometida a una excitación que varía en el tiempo.

Para la estructura el espectro de cálculo fue el siguiente:

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{ac} = 2.5 \cdot A_s \cdot F_a \cdot I \cdot \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T \leq T_0$$
$$S_{ac} = 2.5 \cdot A_s \cdot F_a \cdot I \quad T_0 \leq T \leq T_c$$
$$S_{ac} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_c \leq T \leq T_L$$
$$S_{ac} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.906 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Ilustración 8 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_a : <u>0.25</u> g
A_v : Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v : <u>0.20</u> g
F_a : Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)	F_a : <u>1.45</u>
Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)	Suelo : <u>E</u>
A_a : Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_a : <u>0.25</u> g
F_v : Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)	F_v : <u>3.20</u>
Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)	Suelo : <u>E</u>
A_v : Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)	A_v : <u>0.20</u> g
I : Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)	I : <u>1.00</u>
Tipo de edificación: I	
T_c : Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)	T_c : <u>0.85</u> s
T_i : Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)	T_i : <u>7.68</u> s

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_x: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{x1}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X) **R_{x1}**: 4.73

R_{y1}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y) **R_{y1}**: 4.73

Donde:

R_{0x}: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3) **R_{0x}**: 7.00

R_{0y}: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3) **R_{0y}**: 7.00

Φ_a: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5) **Φ_a**: 1.00

Φ_p: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4) **Φ_p**: 0.90

Φ_x: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_x**: 0.75

Φ_y: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8) **Φ_y**: 0.75

NSR-10 (A.3.7)

Ilustración 9 Datos generales del sismo.

5.1.8. Modos de vibración principales

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.257	0.4189	0.7473	0.5158	21.39 %	68.07 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.14618 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.14618 mm
Modo 2	0.256	0.6377	0.4053	0.6551	61.69 %	24.91 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.12015 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.12015 mm
Modo 3	0.221	0.1106	0.0111	0.9938	10.12 %	0.1 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 2.33063 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 2.33063 mm
Total					93.2 %	93.08 %		

Ilustración 10 Coeficientes de participación de la estructura.

5.1.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación $0.90 \cdot V_s/V_d$.

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 118.204 kN \geq 122.557 kN	1.04
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 126.651 kN \geq 122.557 kN	N.P.

Ilustración 11 Corrección del cortante basal de la estructura.

5.1.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado "Corrección por cortante basal".

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q _x (kN)	F _{eq,X} (kN)	Q _y (kN)	F _{eq,Y} (kN)
Nivel Cubierta	54.650	54.650	48.392	48.392
Nivel 324	118.204	63.556	105.762	57.704

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q _x (kN)	F _{eq,X} (kN)	Q _y (kN)	F _{eq,Y} (kN)
Nivel Cubierta	49.081	49.081	58.616	58.616
Nivel 324	105.777	56.696	126.651	68.067

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

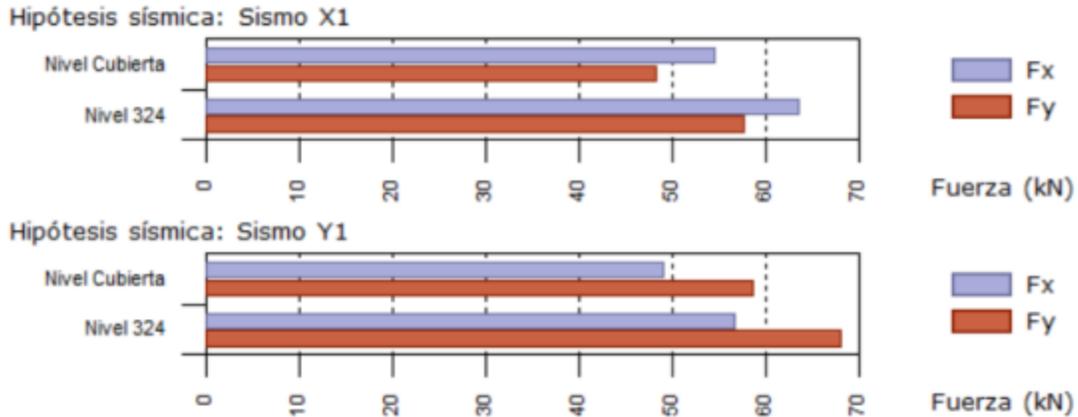


Ilustración 12 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente

5.1.11. Verificación de Derivas.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Nivel Cubierta	1 / 6750 (C1, ...)	1 / 9000 (C2, ...)	1 / 222 (C11, C12)	1 / 314 (C3, C10)
Nivel 324	1 / 5150 (C1, ...)	1 / 7725 (C1, ...)	1 / 190 (C11, C12)	1 / 258 (C2, ...)
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.				

Ilustración 13 Verificación de derivas.

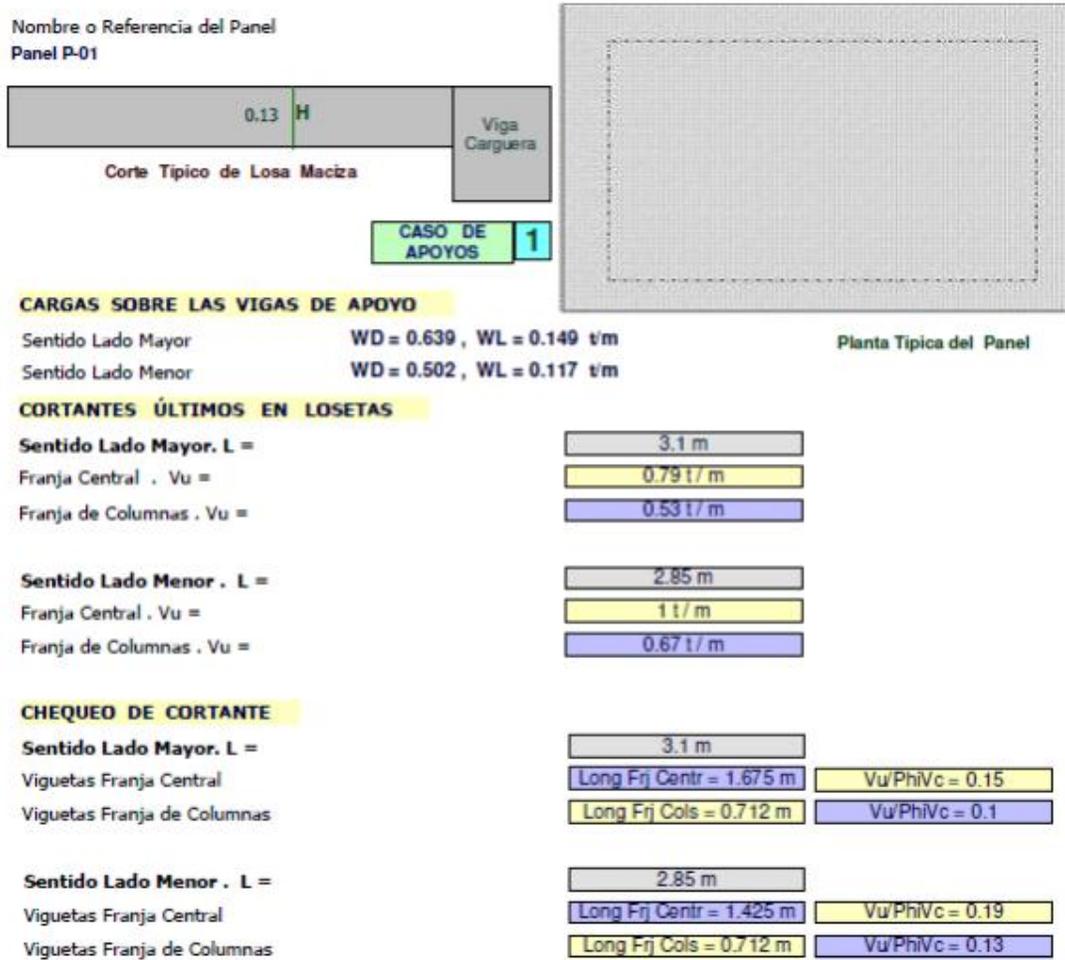
La anterior tabla indica que el máximo valor de deriva es $(1/190) \times 100 = 0.53\%$, que es menor que el 1% correspondiente al máximo exigido por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia.

5.1.12. Cimentación.

La cimentación se diseñó utilizando zapatas individuales y zapatas combinadas, el ancho de estos elementos es variable; se pueden observar de mejor manera en los planos estructurales.

5.1.13. Diseño losa maciza.

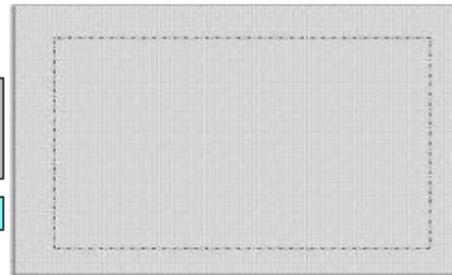
Se realiza el diseño de la losa de entpiso con hojas de cálculo en Excel, para ello se tienen en cuenta los cortantes y momentos máximos que se presentan.



Nombre o Referencia del Panel
Panel P-01



CASO DE APOYOS **1**



CARGAS SOBRE LAS VIGAS DE APOYO

Sentido Lado Mayor **WD = 0.639 , WL = 0.149 t/m**
Sentido Lado Menor **WD = 0.502 , WL = 0.117 t/m**

Planta Típica del Panel

MOMENTOS ÚLTIMOS EN LOSETAS

Sentido Lado Mayor. Franja Central. Apoyos. Mu (-)	0 t-m / m
Sentido Lado Mayor. Franja Columnas. Apoyos. Mu (-)	0 t-m / m
Sentido Lado Mayor. Franja Central. En la Luz. Mu (+)	0.36 t-m / m
Sentido Lado Mayor. Franja Columnas. En la Luz. Mu (+)	0.24 t-m / m
Sentido Lado Menor. Franja Central. Apoyos. Mu (-)	0 t-m / m
Sentido Lado Menor. Franja Columnas. Apoyos. Mu (-)	0 t-m / m
Sentido Lado Menor. Franja Central. En la Luz. Mu (+)	0.42 t-m / m
Sentido Lado Menor. Franja Columnas. En la Luz. Mu (+)	0.28 t-m / m

ACERO A FLEXIÓN EN LAS LOSETAS

Sentido Lado Mayor. Franja Central. Apoyos. Acero (-)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Mayor. Franja Columnas. Apoyos. Acero (-)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Mayor. Franja Central. En la Luz. Acero (+)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Mayor. Franja Columnas. En la Luz. Acero (+)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Menor. Franja Central. Apoyos. Acero (-)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Menor. Franja Columnas. Apoyos. Acero (-)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Menor. Franja Central. En la Luz. Acero (+)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2
Sentido Lado Menor. Franja Columnas. En la Luz. Acero (+)	3 cm ² / m	1 # 3 @ 0.2

5.1.14. Diseño de correas

Para el diseño de correas se hace uso del programa ARQUIMET.

REPORTE DE CORREAS

PHR C con atiesador 160 x 60 x 20 (2.00 mm)
con $F_y = 35.15 \text{ Kgf/mm}^2$ cada 1.70 m con arriostamiento cada L/2.

SECCION LONGITUDINAL



L1	2.65 m
L2	3.03 m
A1	0.12 m
A2	0.12 m
A3	0.12 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	2.15 KN/m ²
Peso propio correa	0.05 KN/m
Carga viva	0.35 KN/m ²
Carga granizo	0.00 KN/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Viento succión (Perpendicular)	0.41 KN/m ²
Pendiente sección transversal	16.92° = 30.4200%

Ilustración 14 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.

5.2.15. Planos Estructurales

En las figuras siguientes se ilustran componentes de los planos estructurales:

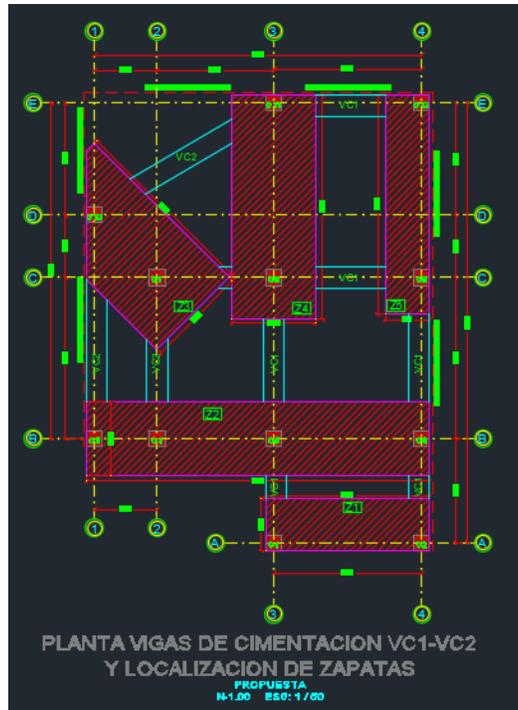


Ilustración 15 Planta de vigas de cimentación VC1-VC2 y localización de zapatas.

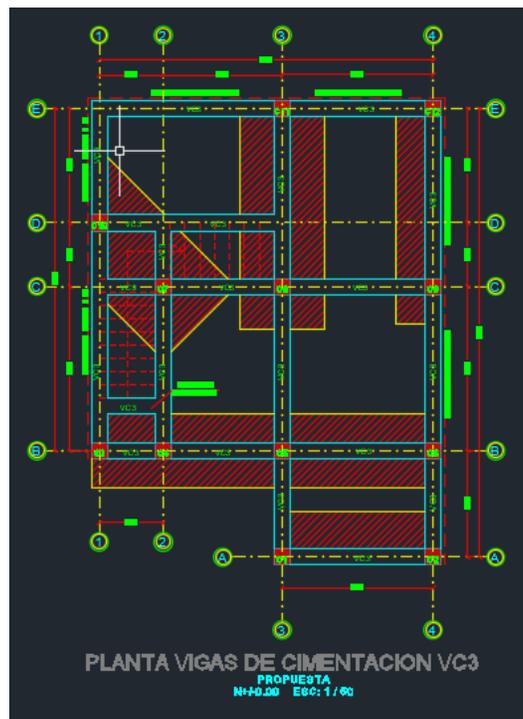


Ilustración 16 Planta vigas de cimentación VC3.

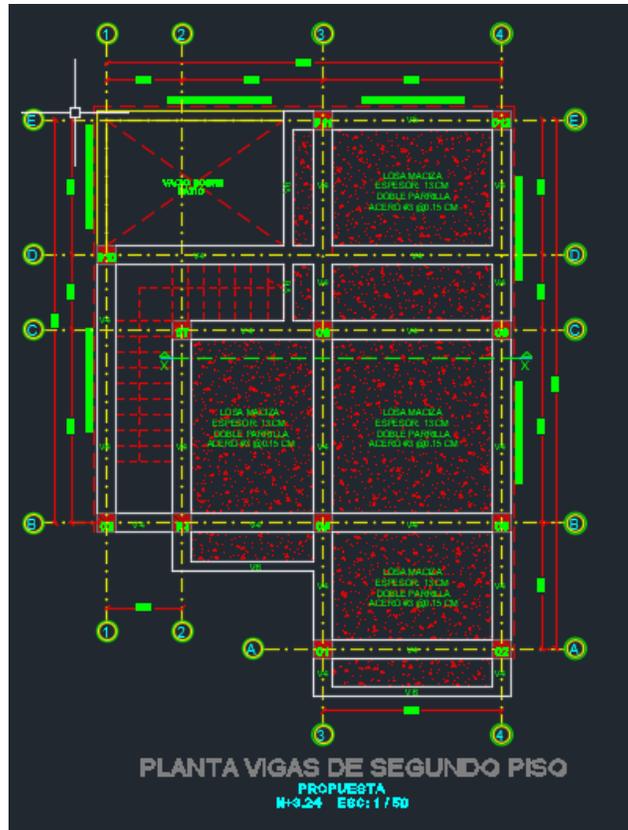


Ilustración 17 Planta de vigas de segundo piso.

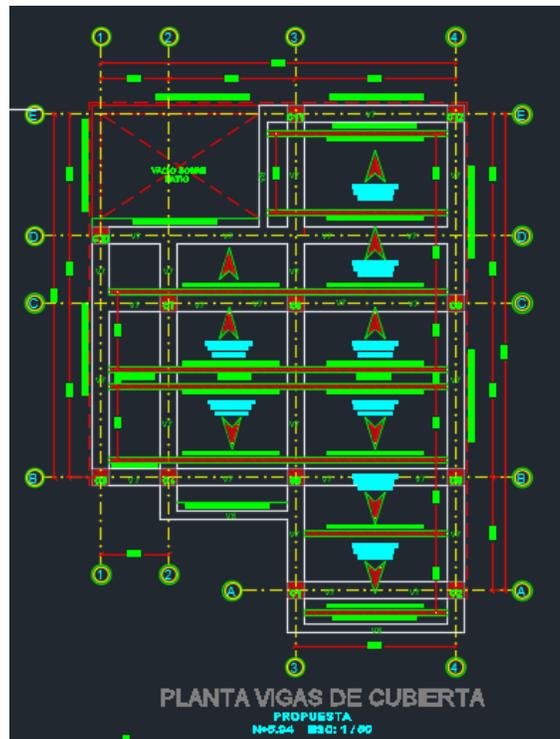


Ilustración 18 Planta de vigas de cubierta.

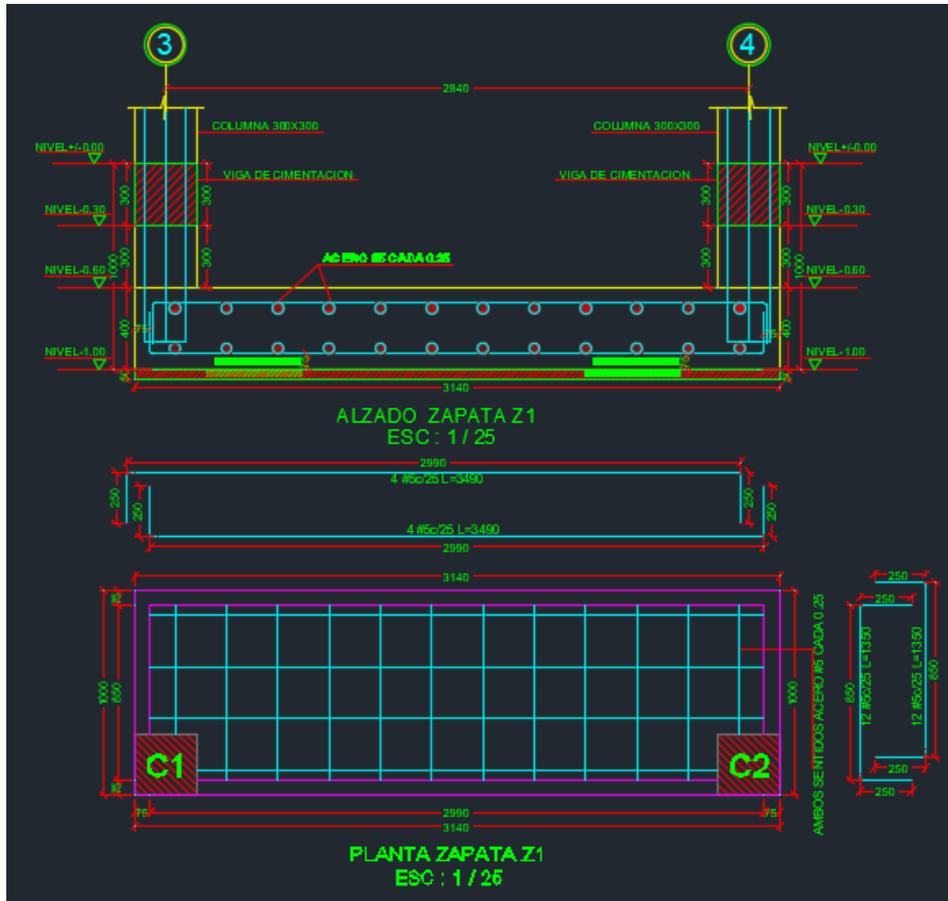


Ilustración 19 Despiece de zapatas Z1.

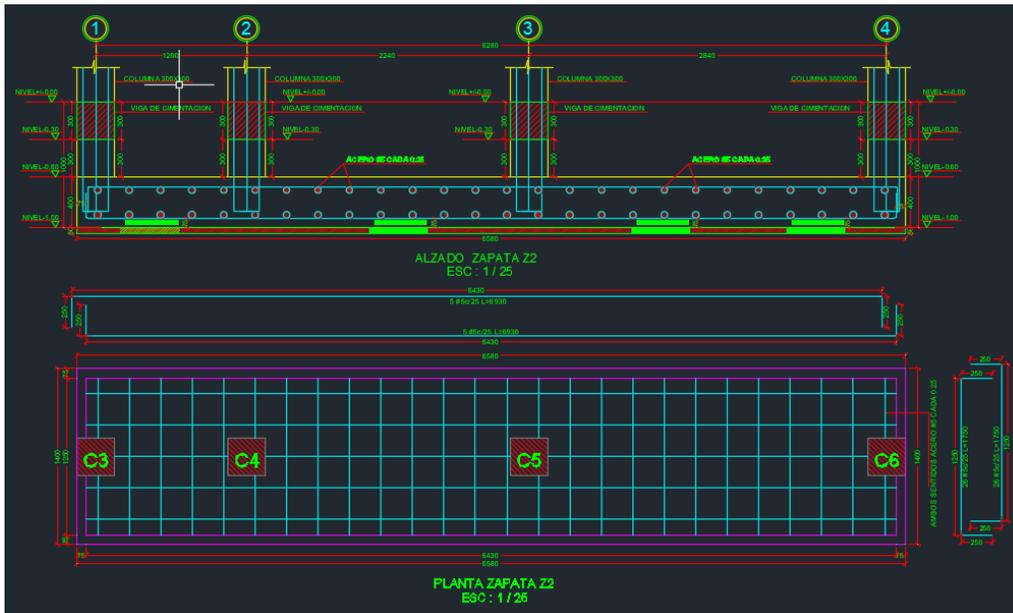


Ilustración 20 Despiece de zapata Z2.

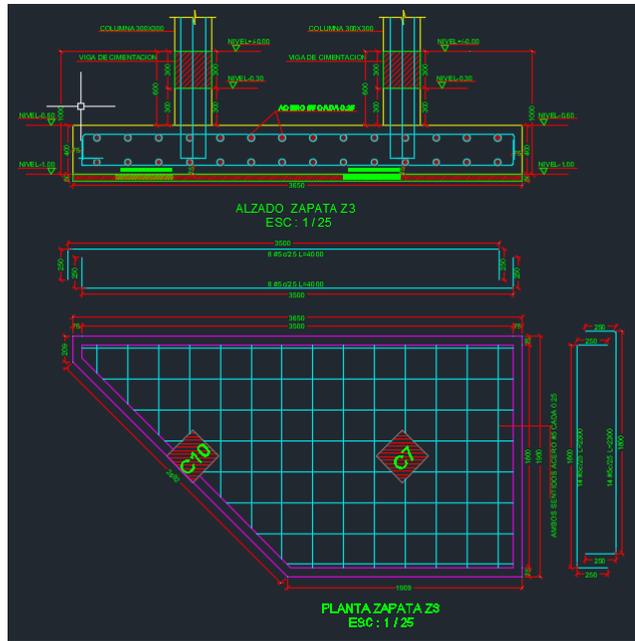


Ilustración 21 Despiece de zapata Z3.

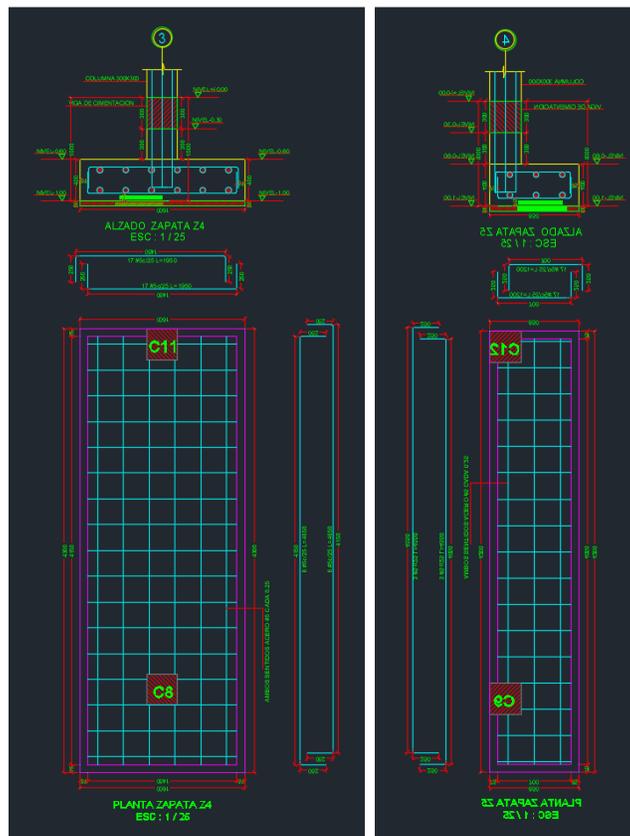


Ilustración 22 Despiece de zapata Z4 y Z5.

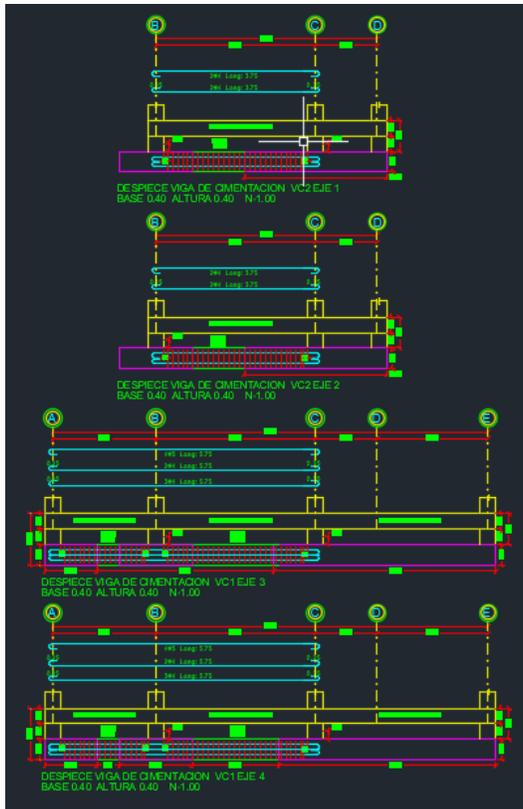


Ilustración 23 Despiece de vigas de cimentación VC1-VC2.

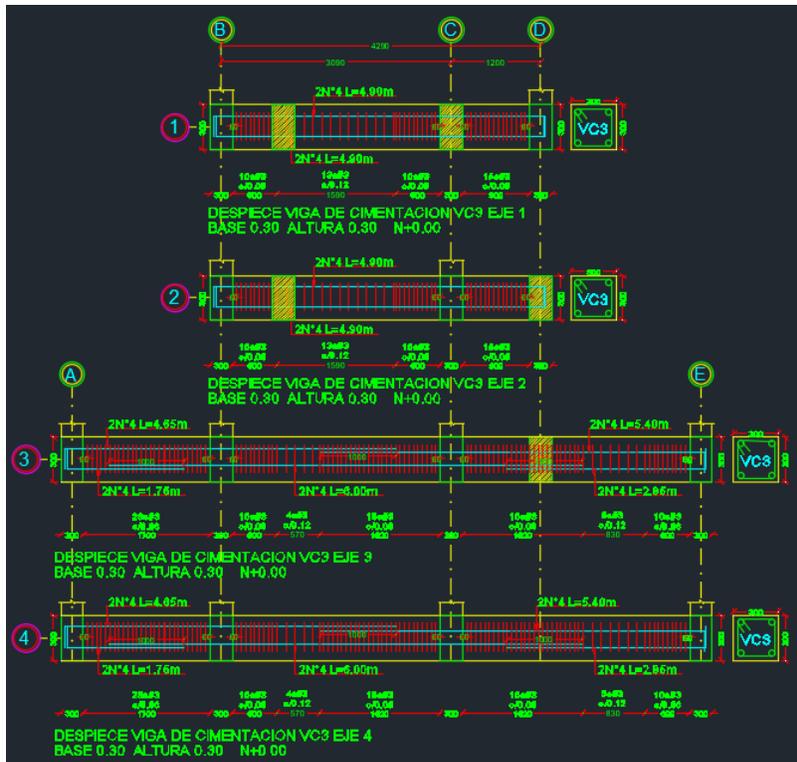


Ilustración 24 Despiece de vigas de cimentación VC3.

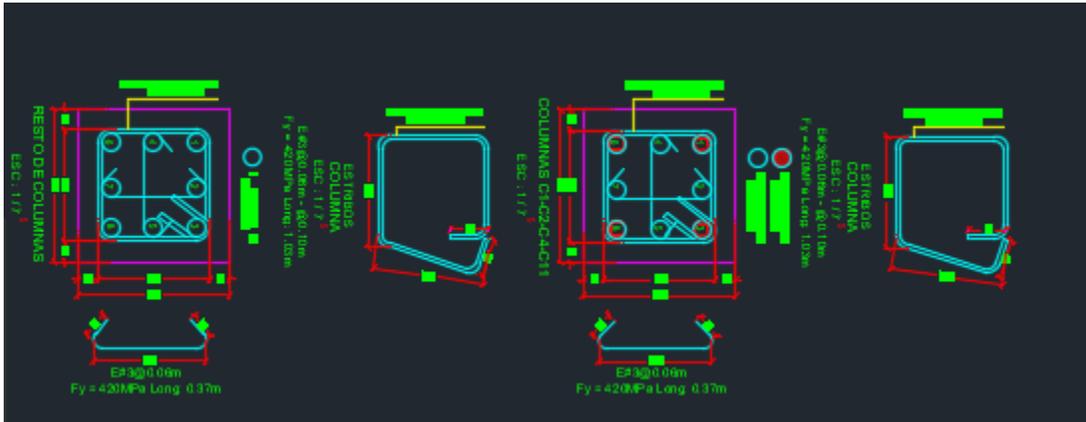


Ilustración 25 Secciones transversales de columnas.

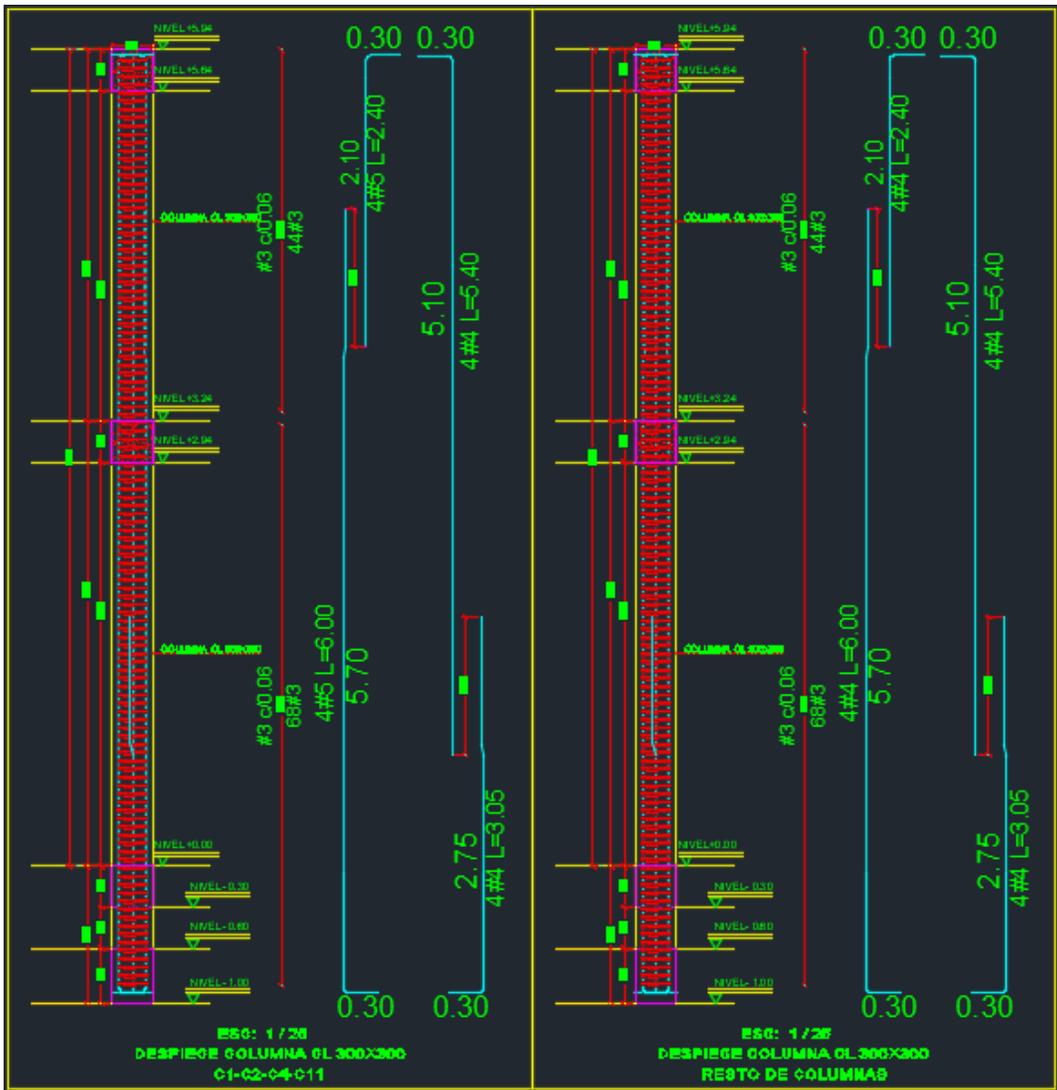


Ilustración 26 Despiece tipo de Columnas.

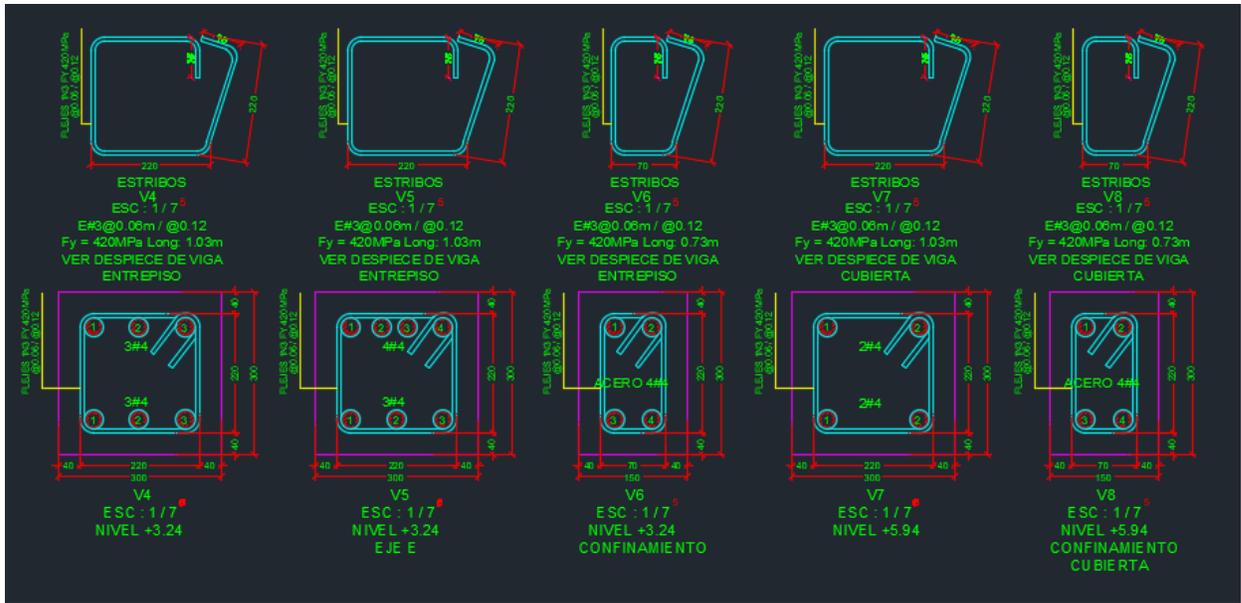


Ilustración 27 Secciones transversales de Vigas.

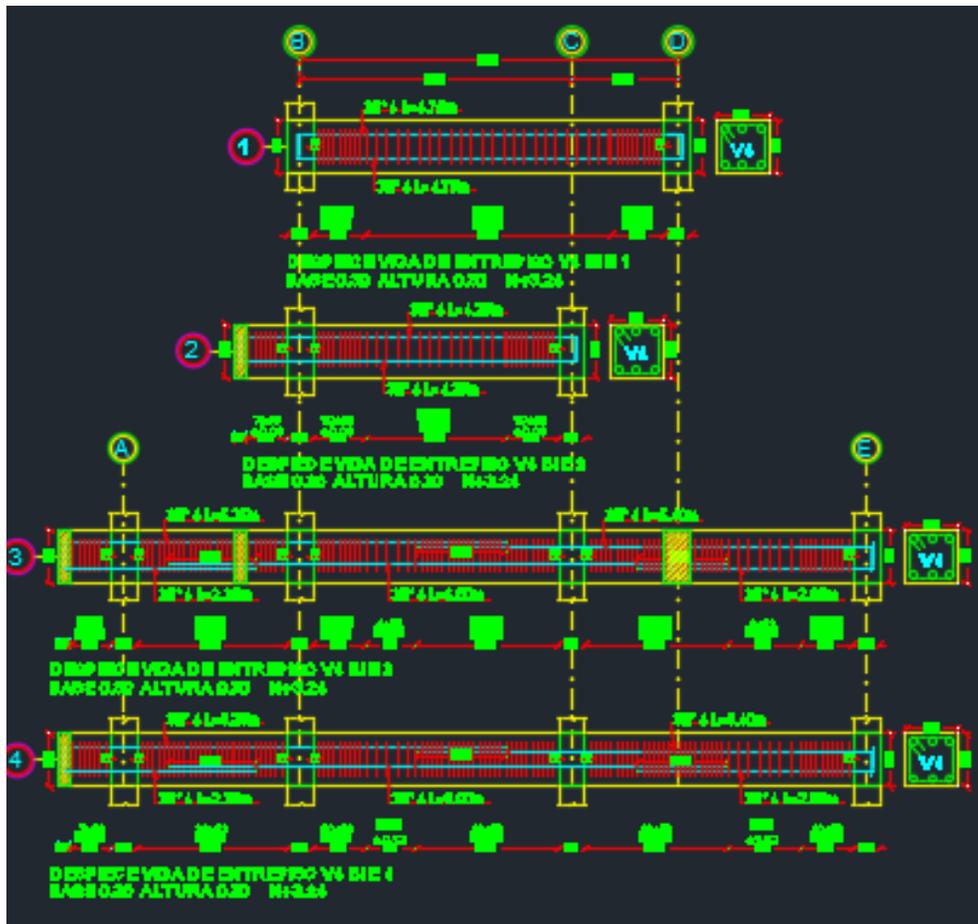


Ilustración 28 Despiece de vigas de entrepiso.



Ilustración 29 Corte losa de entrepiso.

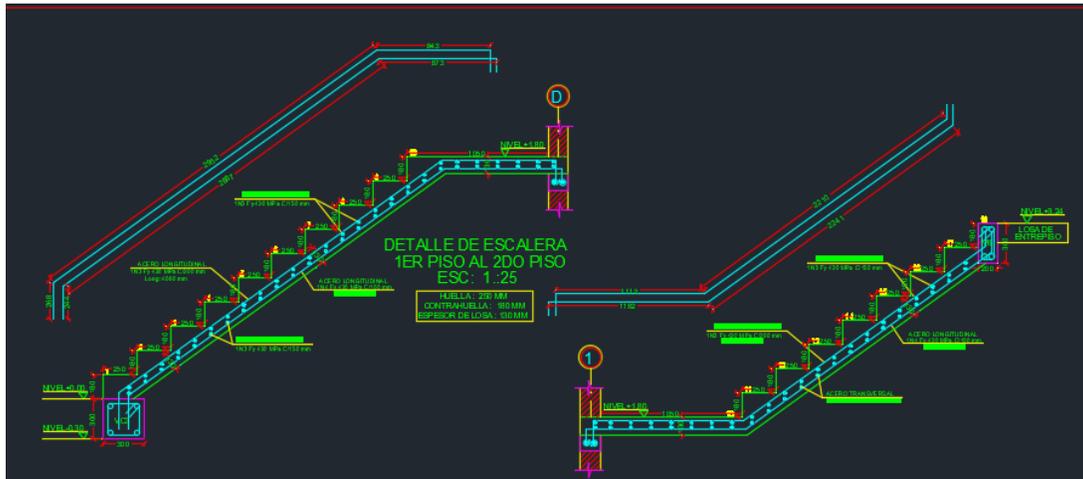


Ilustración 30 Detalle de escaleras.

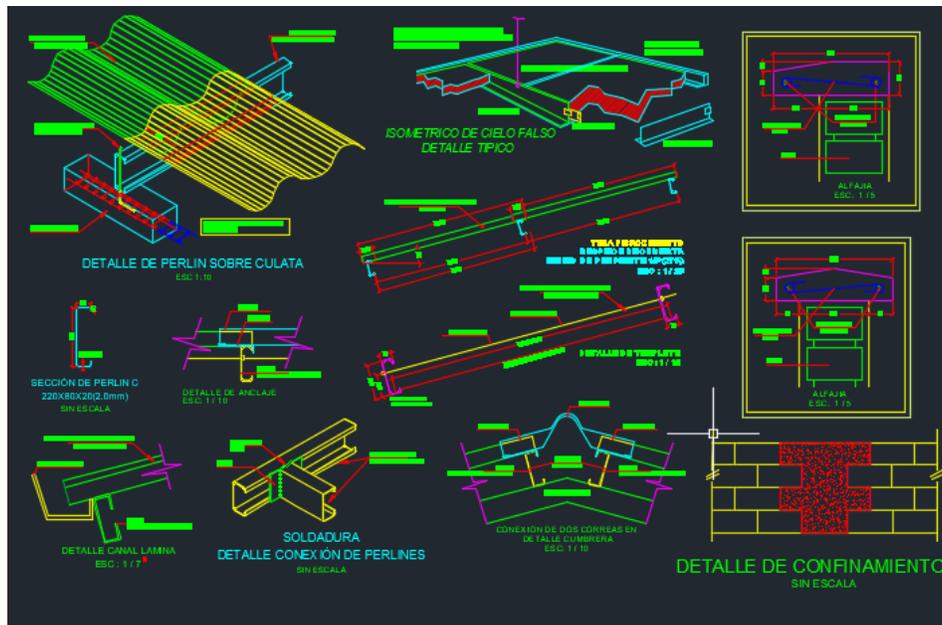


Ilustración 31 Detalles de cubierta.

5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL CASA UNIFAMILIAR YALILET ZÚÑIGA:

El siguiente proyecto comprende el diseño estructural de una casa unifamiliar de dos pisos con local comercial ubicada en el barrio La Esmeralda, del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.



Ilustración 32 Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps

5.2.1. Información De Entrada

Se reciben planos arquitectónicos, donde se establece la distribución de los espacios y las recomendaciones arquitectónicas. El sistema estructural utilizado es de pórticos de concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía (DES). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sísmo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico.

El perfil de suelo es tipo E y la cimentación corresponde a zapatas combinadas como método de cimentación, con una profundidad de desplante de 1.0m.

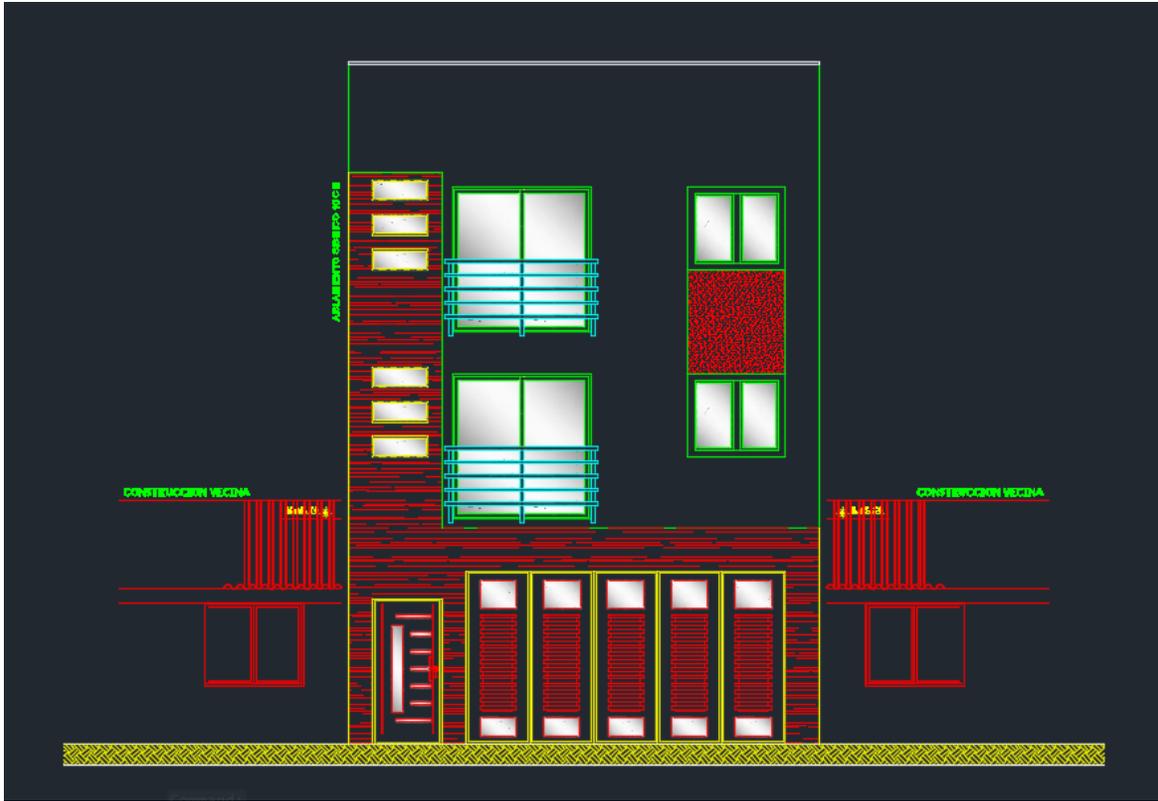


Ilustración 33 diseño arquitectónico entregado (fachada).



Ilustración 34 diseño arquitectónico entregado (plano en planta).

5.2.2. Modelación

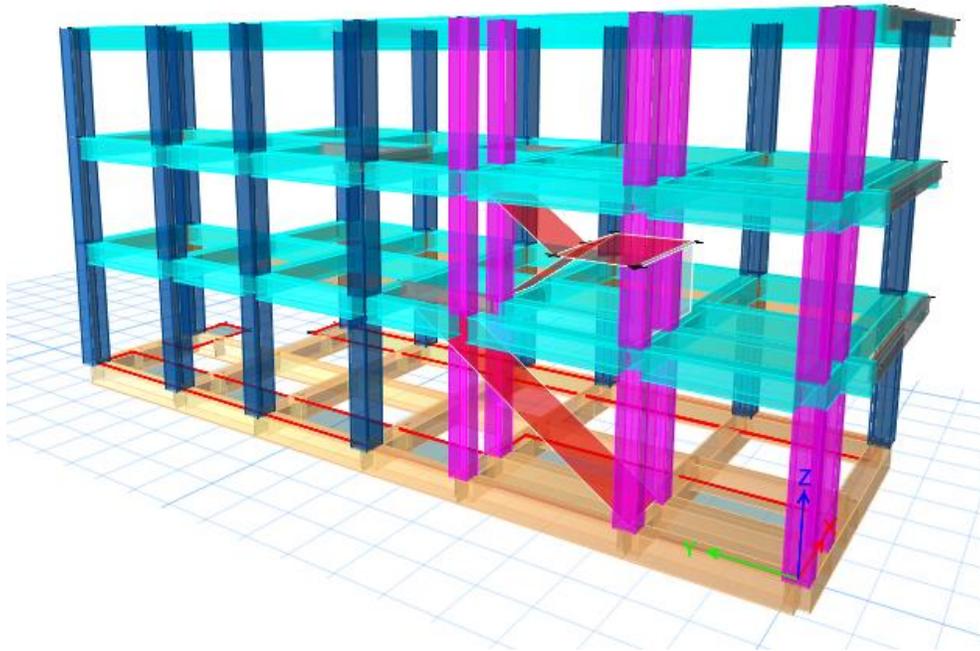


Ilustración 35 Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.

Inicialmente se define el sistema estructural a emplear de acuerdo al tipo de estructura y las recomendaciones realizadas por los propietarios del proyecto, teniendo en consideración los parámetros establecidos por la NSR-10, y de acuerdo con la tabla A.3-3 se define el sistema estructural de pórtico resistente a momento, en concreto reforzado con esfuerzo máximo a la compresión de ($f'c$) de 21MPa y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de (fy) de 420 MPa. con capacidad especial de disipación de energía (DES), el cual es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momento, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales, las fuerzas horizontales por tanto se obtiene un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico ($R_0 = 7.0$).

5.2.3. Materiales de diseño

Los materiales utilizados para el diseño son:

Concreto (columnas, vigas, losas, pilas):	$f'c = 21 \text{ MPa}$
Concreto (muros de sótano, pantallas):	$f'c = 21 \text{ MPa}$
Acero de Refuerzo:	$fy = 420 \text{ MPa}$
Acero de perfiles:	$fy = 350 \text{ MPa}$

Ilustración 36 Materiales utilizados.

5.2.4. Cargas

El programa ETABS considera por defecto las cargas del peso propio de la estructura en el análisis y diseño de la estructura, por lo cual no se menciona en las cargas.

Para el cálculo de las cargas se tiene en cuenta lo estipulado en el Título B de la NSR-10.

En la tabla siguiente se presentan las cargas de diseño:

Cargas de cubierta:

Carga muerta (D)	Teja de fibrocemento	0.20 KN/m ²
	Cielorraso	0.25 KN/m ²
	Correas	0.10 KN/m ²
	Culata	1.20 KN/m ²
	Instalaciones	0.40 KN/m ²
	Total:	2.15 KN/m²
Carga viva (L)	Cubierta con pendiente de 15°	0.35 KN/m²

Total Cargas	2.50 KN/m ²
--------------	------------------------

Carga entre piso:

Carga viva (L)	Losa de entrepiso	1.80 KN/m²
Carga Muerta (D)	Muros	3.00 KN/m ²
	Acabado de piso	1.10 KN/m ²
	Cajón aligerante	0.20 KN/m ²
	Cielo raso en PVC	0.25 KN/m ²
	Peso propio de losa	2.20 KN/m ²
	Total Carga Muerta	6.75 KN/m²

Total Cargas	8.55 KN/m ²
--------------	------------------------

Ilustración 37 Cargas de diseño utilizadas.

5.2.5. Fuerza del Viento.

Las cargas de viento se extraen de la modelación realizada en el programa ARQUIMET, tomando como resultado el valor de presión negativa de 0.64 KN/m^2 y positiva de 0.64 KN/m^2 . Los resultados se presentan a continuación:

PRESIONES DE DISEÑO						
Superficie	z (m)	G	Cp	qz (kgf/m)	Pnet(GCpi=+) (kgf/m ²)	Pnet(GCpi=-) (kgf/m ²)
Muro a Barlovento	0.00	0.85	0.80	46.48	0.01	63.20
Muro a Barlovento	2.50	0.85	0.80	46.48	0.01	63.20
Muro a Barlovento	5.00	0.85	0.80	47.84	0.94	64.12
Muro a Barlovento	7.50	0.85	0.80	53.82	5.00	68.19
Muro a Barlovento	8.64	0.85	0.80	56.30	6.69	69.87
Muro a Sotavento	TODO	0.85	-0.50	57.44	-56.00	7.18
Muros Laterales	TODO	0.85	-0.70	57.44	-65.77	-2.58
Cubierta a Barlovento	-	0.85	-0.77	57.44	-69.17	-5.99
Cubierta a Barlovento	-	0.85	-0.18	57.44	-40.38	22.80
Cubierta a Sotavento	-	0.85	-0.60	57.44	-60.88	2.30

Ilustración 38 Fuerzas de viento.

5.2.6. Carga de granizo

Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar o en lugares de menor altura donde la autoridad municipal o distrital así lo exija. (NSR-10 B.4.8.3.1)

Municipio
Popayán

Altura Promedio
1737 m.s.n.m

Por lo tanto, las cargas de granizo no serán consideradas en el presente diseño.

NOTA: La mayor parte del modelo se realiza en el software de diseño ETABS y se complementan hojas de cálculo en Excel.

5.2.7. Diseño De Los Elementos Estructurales

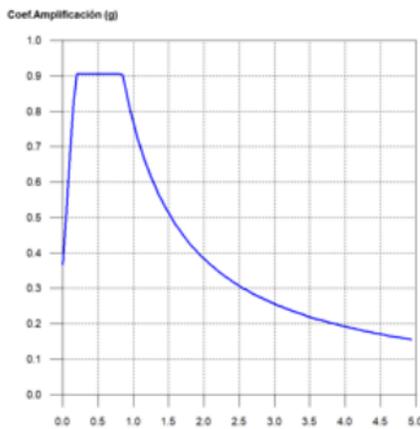
Inicialmente para el diseño se toman en consideración las sugerencias arquitectónicas con respecto al modelo de la estructura, la cual se propone en concreto reforzado. En cuanto a la cubierta se propone usar perfiles en C, cumpliendo los requisitos de resistencia y así generar una estructura más eficiente.

De acuerdo con lo anterior el sistema estructural quedo conformado por columnas y vigas en concreto reforzado, para la cimentación se hace uso de zapatas combinadas.

Con el programa ETABS se empleó el método de cálculo de Análisis dinámico espectral, este análisis consiste en un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal. ETABS calcula la respuesta dinámica máxima de cada modo utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al periodo de vibración del modo, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de la estructura al ser sometida a una excitación que varía en el tiempo.

Para la estructura el espectro de cálculo fue el siguiente:

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{oc} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \cdot \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T \leq T_0$$

$$T \leq T_0$$

$$S_{oc} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \quad T_0 \leq T \leq T_c$$

$$T_0 \leq T \leq T_c$$

$$S_{oc} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_c \leq T \leq T_L$$

$$T_c \leq T \leq T_L$$

$$S_{oc} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

$$T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.906 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Ilustración 39 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25} \text{ g}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20} \text{ g}$$

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

$$F_a : \underline{1.45}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{E}$$

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25} \text{ g}$$

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)

$$F_v : \underline{3.20}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{E}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20} \text{ g}$$

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)

$$I : \underline{1.00}$$

Tipo de edificación: I

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_c : \underline{0.85} \text{ s}$$

T_i : Período correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)

T_i : 7.68 s

Coefficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_x : Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_y : Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{xi} : Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X)

R_{xi} : 4.73

R_{yi} : Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y)

R_{yi} : 4.73

Donde:

R_{0x} : Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)

R_{0x} : 7.00

R_{0y} : Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)

R_{0y} : 7.00

Φ_a : Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)

Φ_a : 1.00

Φ_p : Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)

Φ_p : 0.90

Φ_{rx} : Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{rx} : 0.75

Φ_{ry} : Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

Φ_{ry} : 0.75

NSR-10 (A.3.7)

Ilustración 40 Datos generales del sismo.

5.2.8. Modos de vibración principales

Modo	T	L_x	L_y	L_{yz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.257	0.4189	0.7473	0.5158	21.39 %	68.07 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.14618 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.14618 mm
Modo 2	0.256	0.6377	0.4053	0.6551	61.69 %	24.91 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.12015 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.12015 mm
Modo 3	0.221	0.1106	0.0111	0.9938	10.12 %	0.1 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 2.33063 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 2.33063 mm
Total					93.2 %	93.08 %		

Ilustración 41 Coeficientes de participación de la estructura.

5.2.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación $0.90 * V_s/V_d$.

REACCIONES			
ESTADO DE CARGA	F1 (KN)	F2(KN)	F3(KN)
Dtotal	0	0	4372.1739
Sismo X	3143.8065	250.233	0
Sismo Y	250.2331	3170.3181	0
estructura	REGULAR	0.8	
T modal (seg)	0.4956	del modelo digital	
periodo aprox. Método de la fuerza Lateral Equivalente			
Ct =	0.047	h =	8.64
α =	0.9	Ta =	0.327
Cu =	1.2		
Cu*Ta=	0.393		
T selec (seg) =	0.393	Sa (%g) =	0.9063
cálculos y resultados			
Wtotal (KN)	4372.1739		
(80-90)%Vestatico (KN)	3169.83	factor de ajuste	
V dinámico X(KN)	3143.8065	FA,x	1.01
V dinámico y(KN)	3170.3181	FA,y	NO APLICA

Ilustración 42 Corrección del cortante basal de la estructura.

5.2.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado “Corrección por cortante basal”.

TABLA: Reacciones en la Base					
Caso de análisis	Tipo	MAX/MIN	FX	FY	FZ
			kN	kN	kN
sismo x	Espectro de respuesta lineal	Max	3143.8065	250.233	0
sismo y	Espectro de respuesta lineal	Max	250.2331	3170.3181	0
Dtotal	Carga gravitacional		0	0	4372.1739

Ilustración 43 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente

5.2.11. Verificación de Derivas.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

hpi	hpi(m)	1%*hpi	Desplazamiento max(mm)	Deriva	chequeo
story 1	3.24	0.0324	7.735	0.00774	Cumple
story 2	2.7	0.0270	5.396	0.00540	Cumple
story 3	2.7	0.0270	4.334	0.00433	Cumple

Ilustración 44 Verificación de derivas.

La anterior tabla indica que el máximo valor de deriva es 0.77%, que es menor que el 1% correspondiente al máximo exigido por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia.

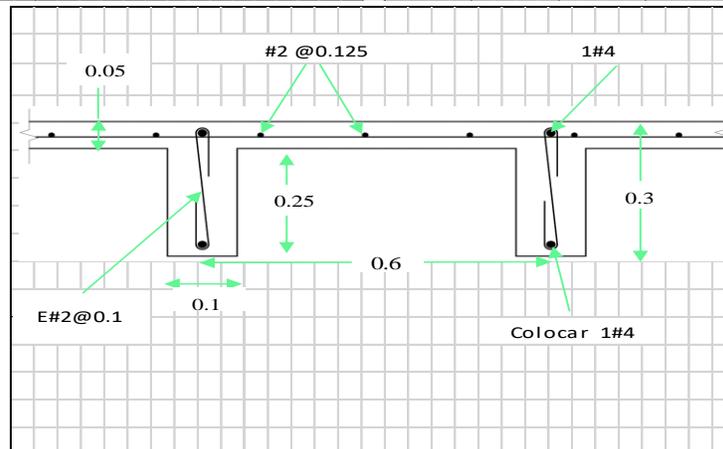
5.2.12. Cimentación.

La cimentación se diseñó utilizando zapatas individuales y zapatas combinadas, el ancho de estos elementos es variable; se pueden observar de mejor manera en los planos estructurales.

5.2.13. Diseño losa maciza.

Se realiza el diseño de la losa nervada de entrepiso con hojas de cálculo en Excel, para ello se tienen en cuenta los cortantes y momentos máximos que se presentan.

Li	[m]	6.3	Luz libre entre apoyos	Wv	kN/m ²	1.80	Carga viva en losa
bv	[m]	0.35	Ancho vigas de apoyo	Wmm	kN/m ²	3.00	Carga muerta de muros
f'c	[Mpa]	21	Resistencia del concreto a la compresión	Wmp	kN/m ²	1.10	Carga muerta de acabado de piso
γc	kN/m ³	24	Peso específico del concreto	Wmc	kN/m ²	0.20	Carga muerta del aligerante
Fyl	[Mpa]	420	Límite de fluencia acero longitudinal	Wmcr	kN/m ²	0.25	Carga muerta cielo raso
Fyt	[Mpa]	420	Límite de fluencia acero transversal	r	[m]	0.03	Recubrimiento



5.2.14. Diseño de correas

Para el diseño de correas se hace uso del programa ARQUIMET.

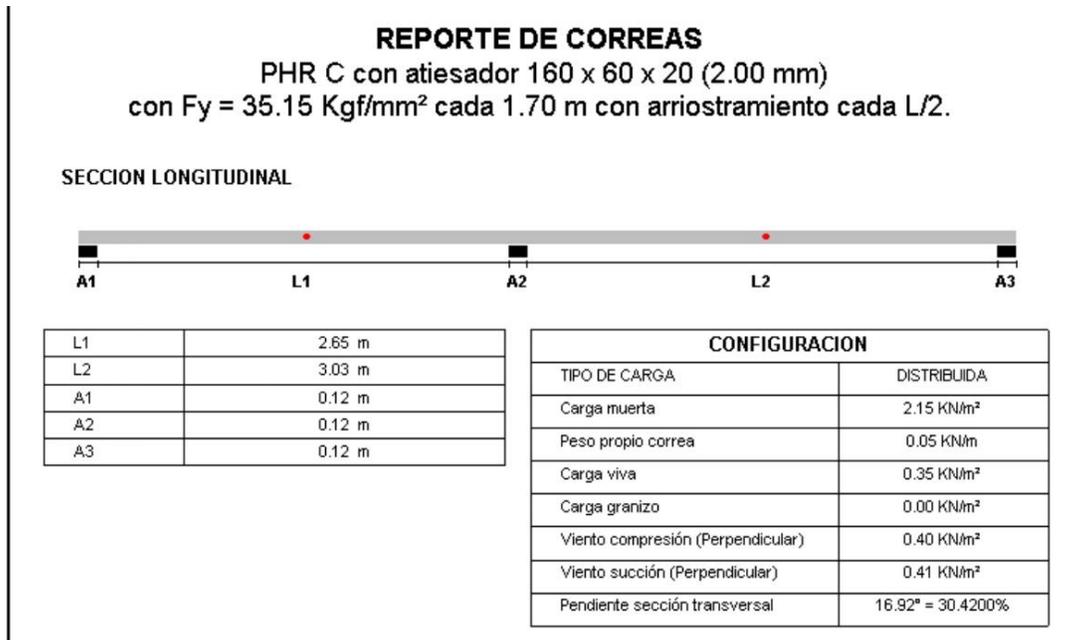


Ilustración 45 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.

5.2.15. Planos Estructurales

En las figuras siguientes se ilustran componentes de los planos estructurales:

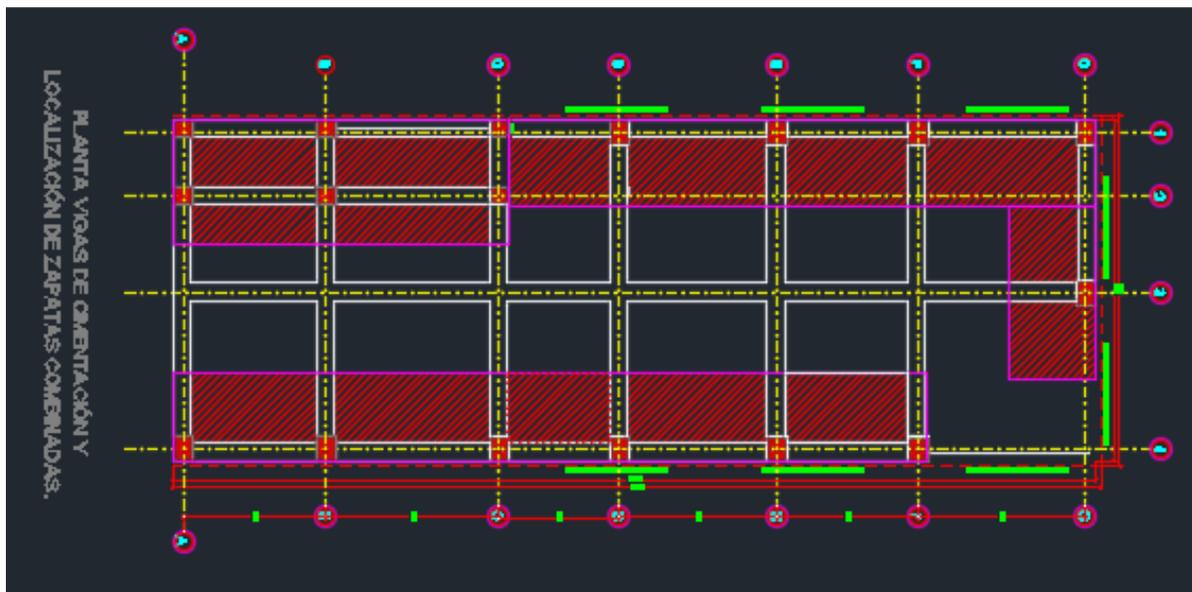


Ilustración 46 Planta de vigas de cimentación Z1-Z2 y localización de zapatas.



Ilustración 47 Planta de vigas de segundo piso.

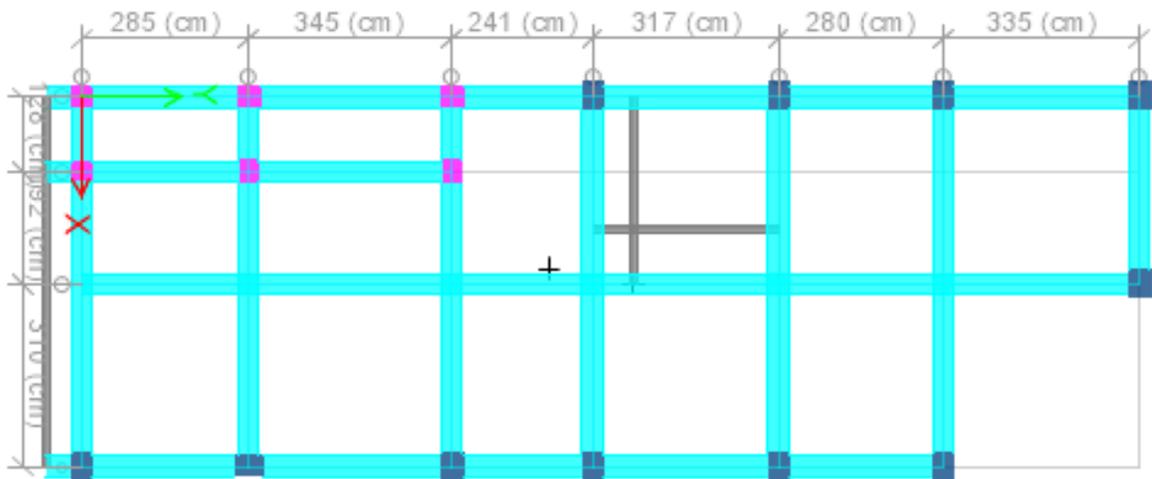


Ilustración 48 Planta de vigas de cubierta.

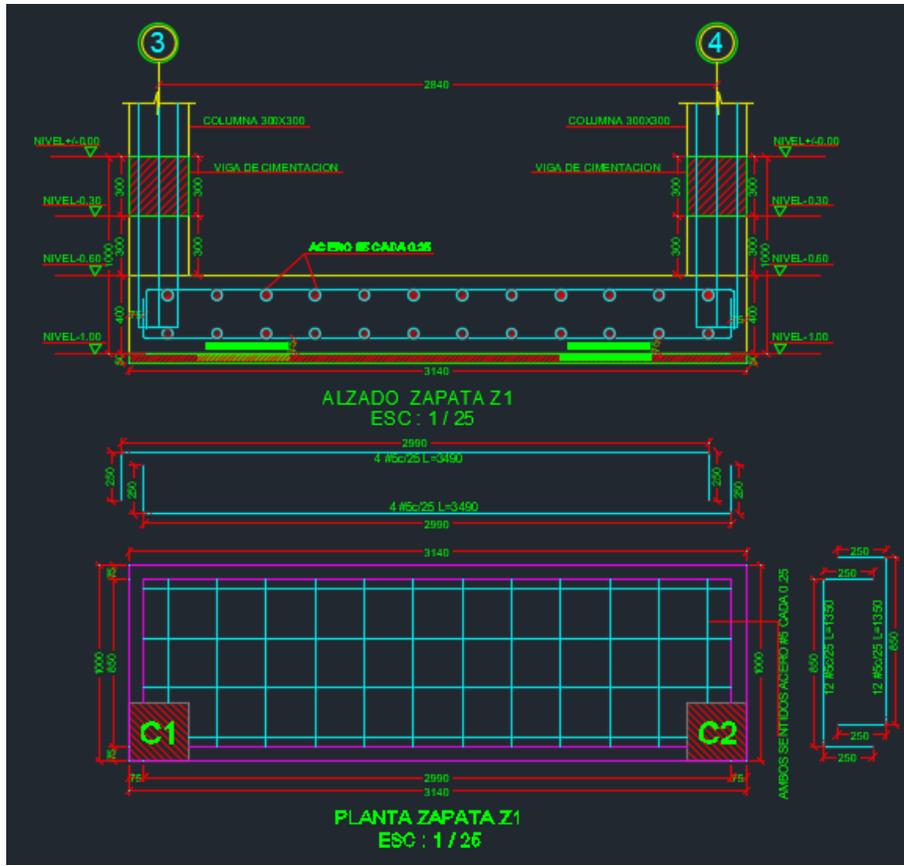


Ilustración 49 Despiece de zapatas Z1.

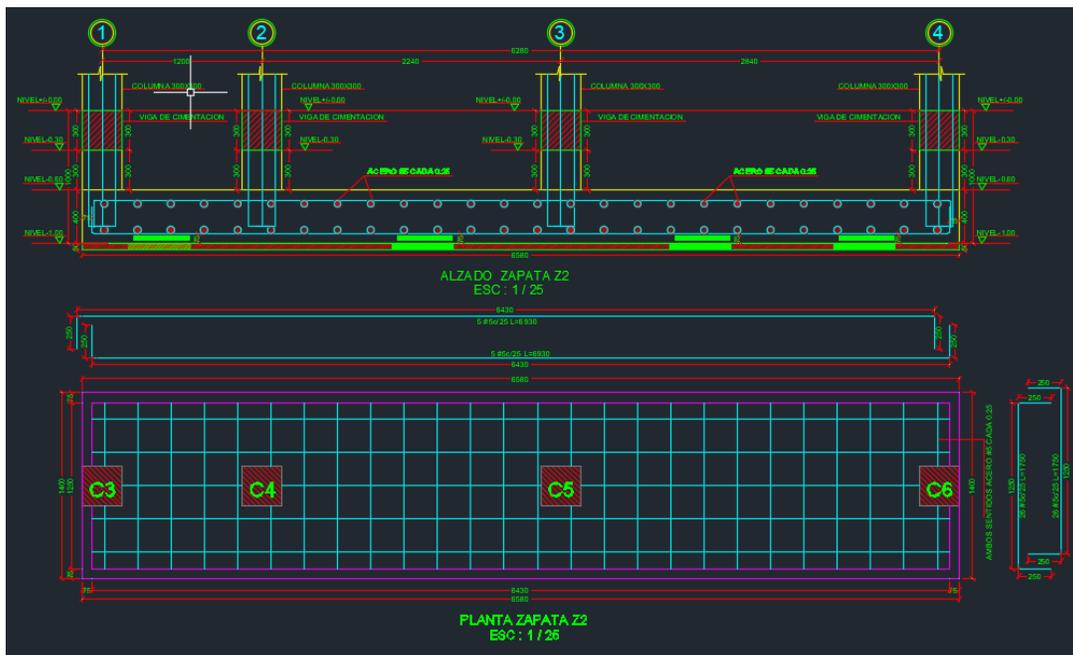


Ilustración 50 Despiece de zapata Z2.

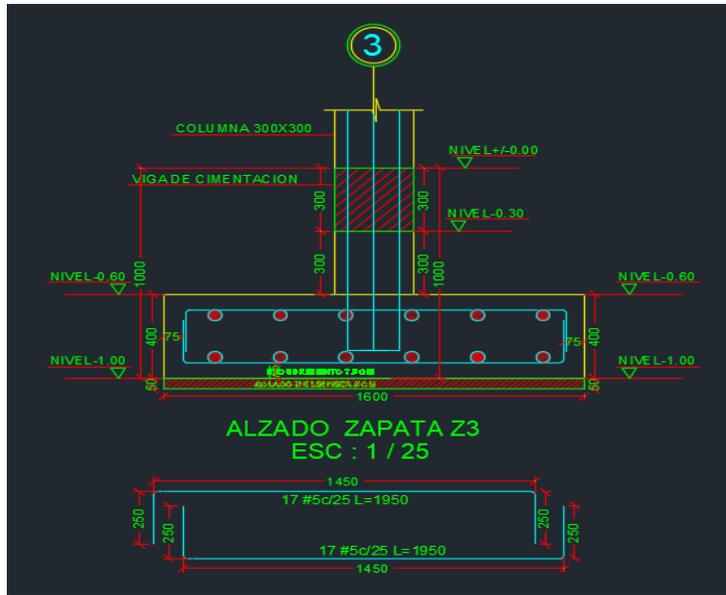


Ilustración 51 Despiece de zapata Z3.

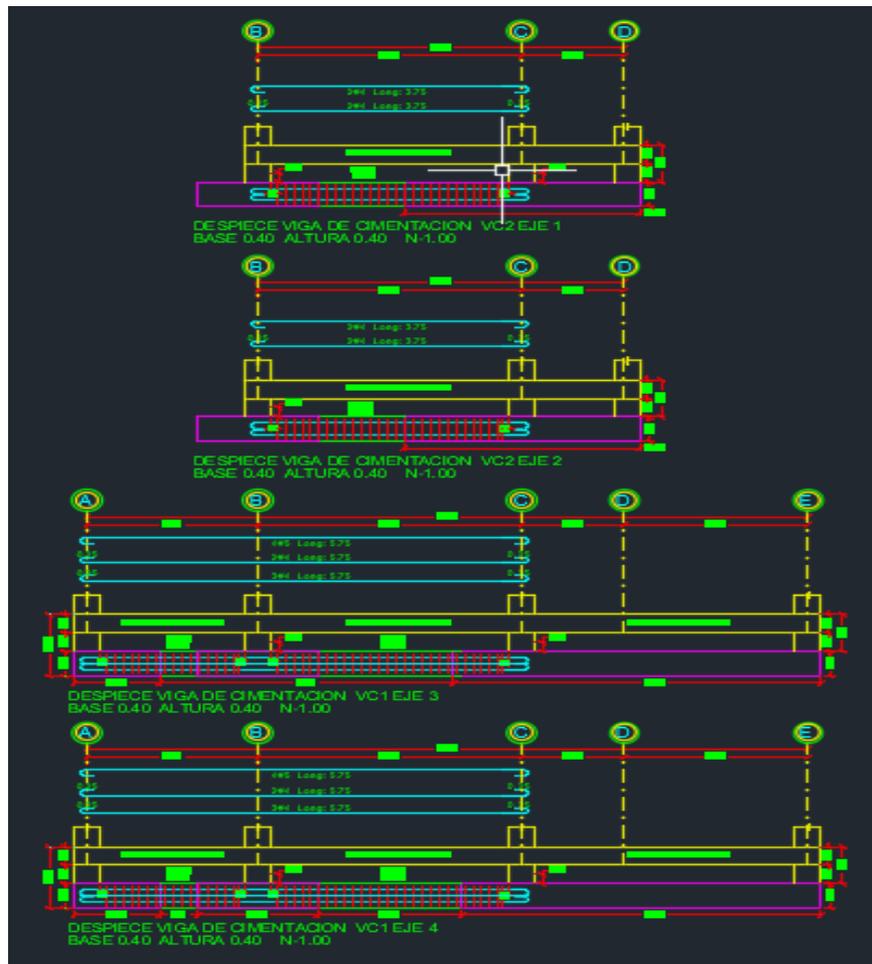


Ilustración 52 Despiece de vigas de cimentación VC1.

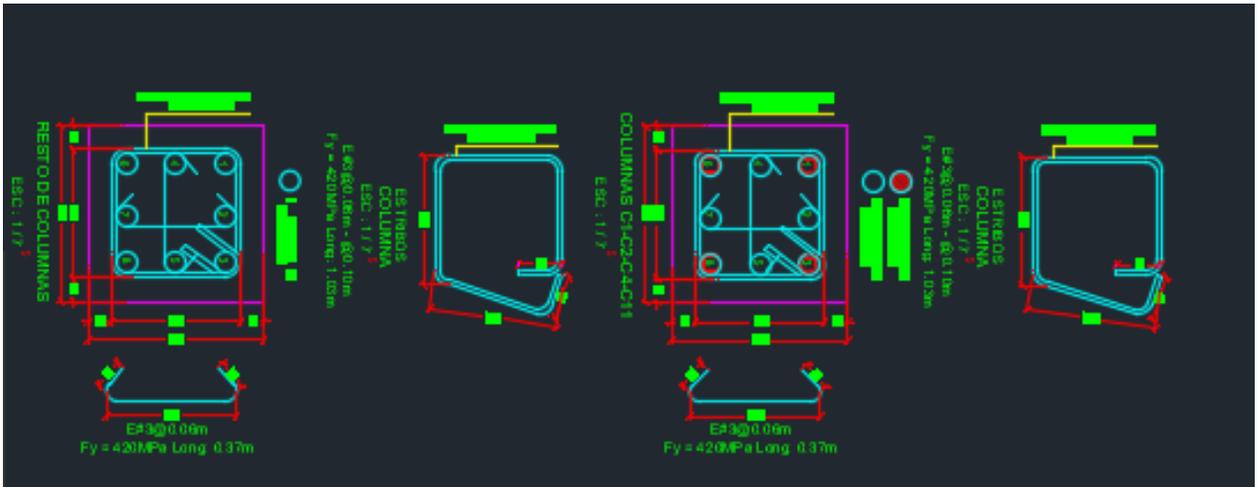


Ilustración 53 Secciones transversales de columnas.

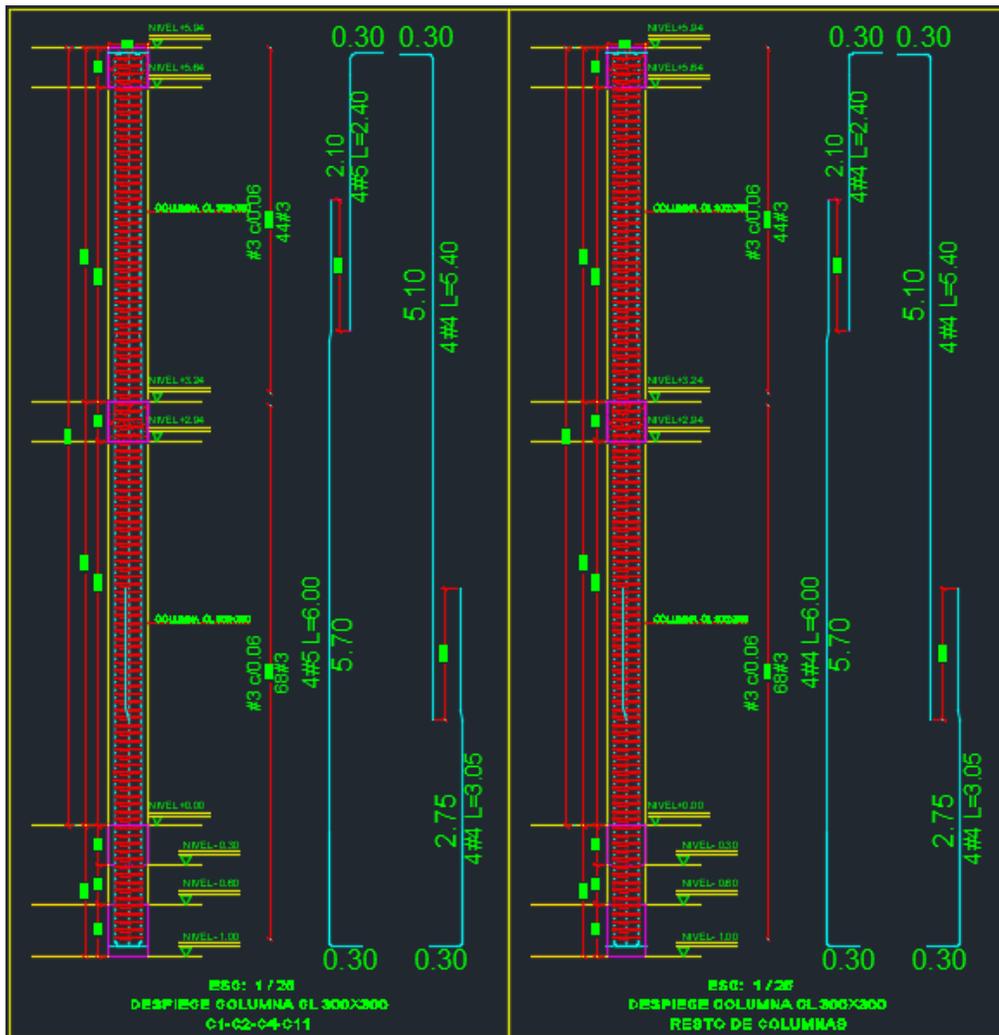


Ilustración 54 Despiece tipo de Columnas.

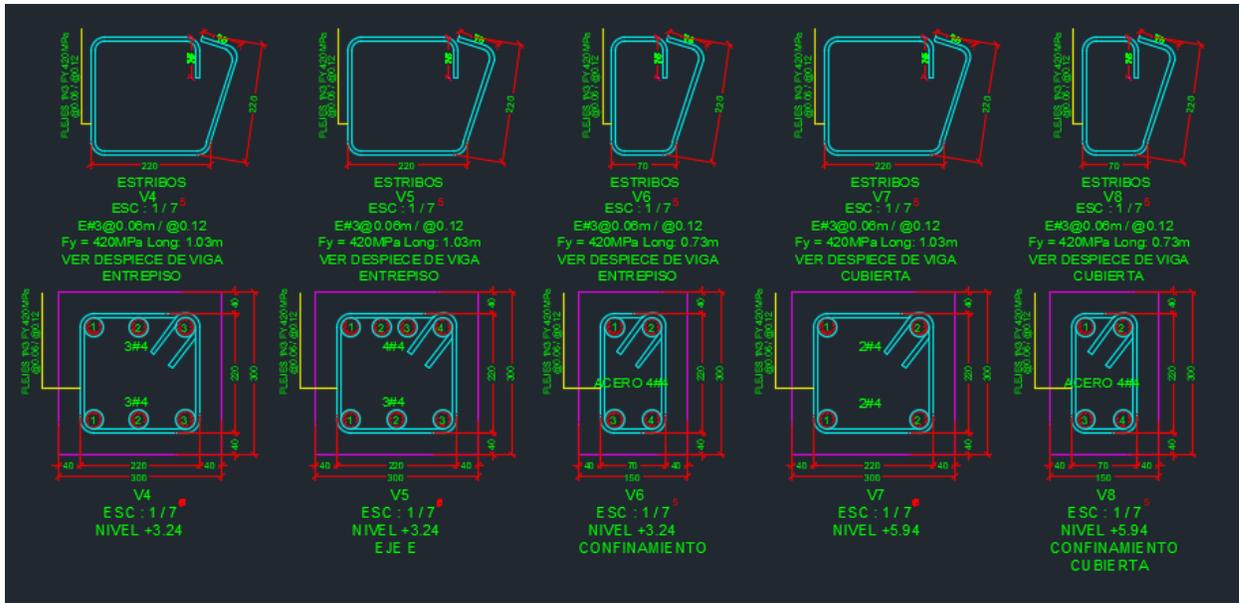


Ilustración 55 Secciones transversales de Vigas.

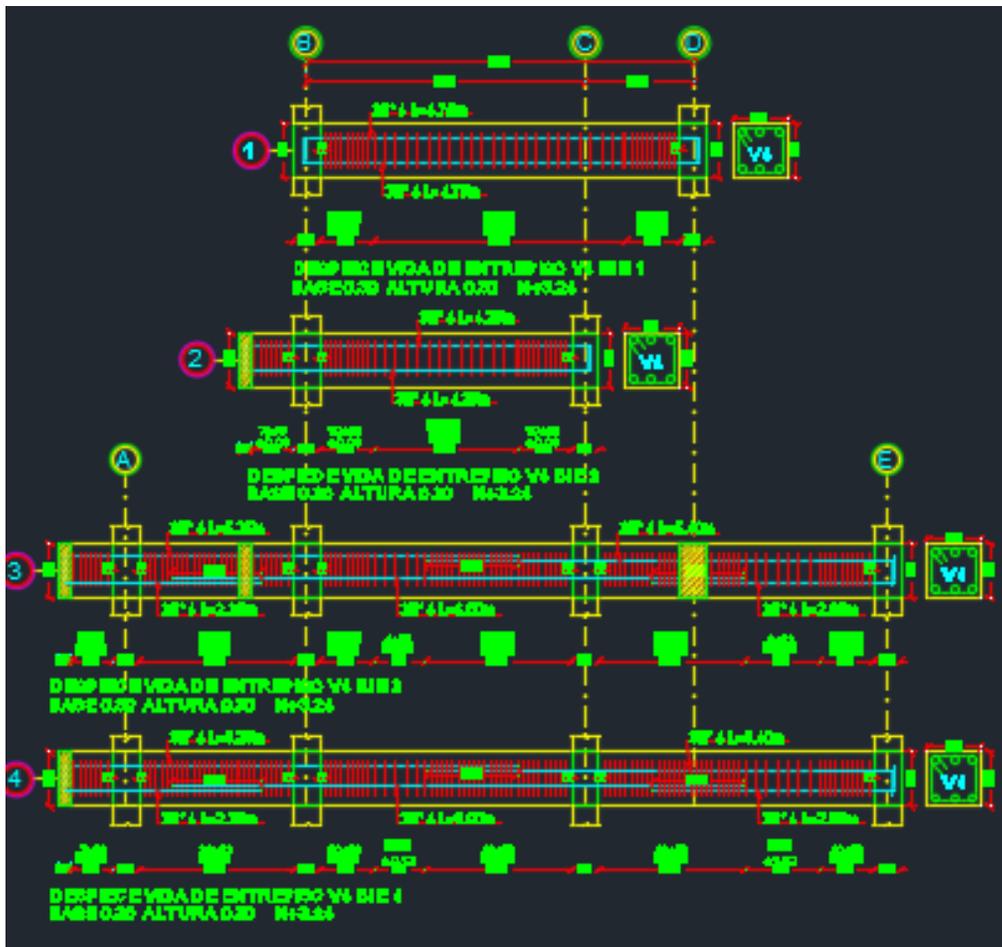


Ilustración 56 Despiece de vigas de entrespiso.

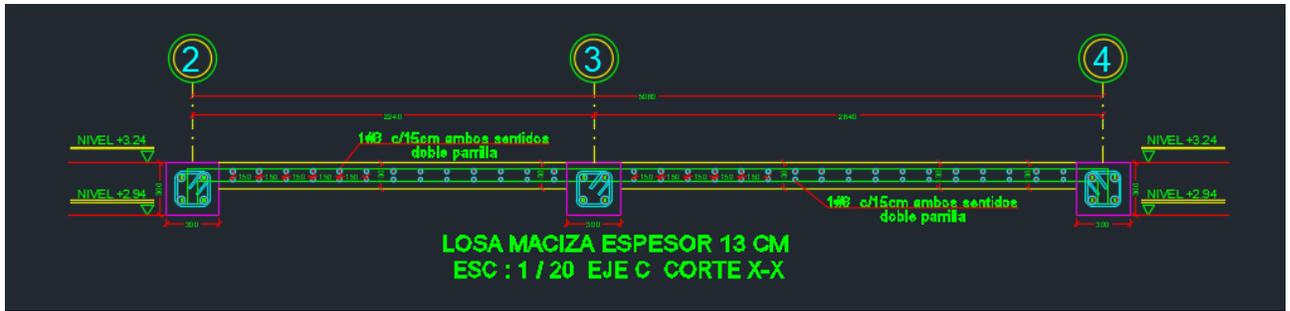


Ilustración 57 Corte losa de entrepiso.

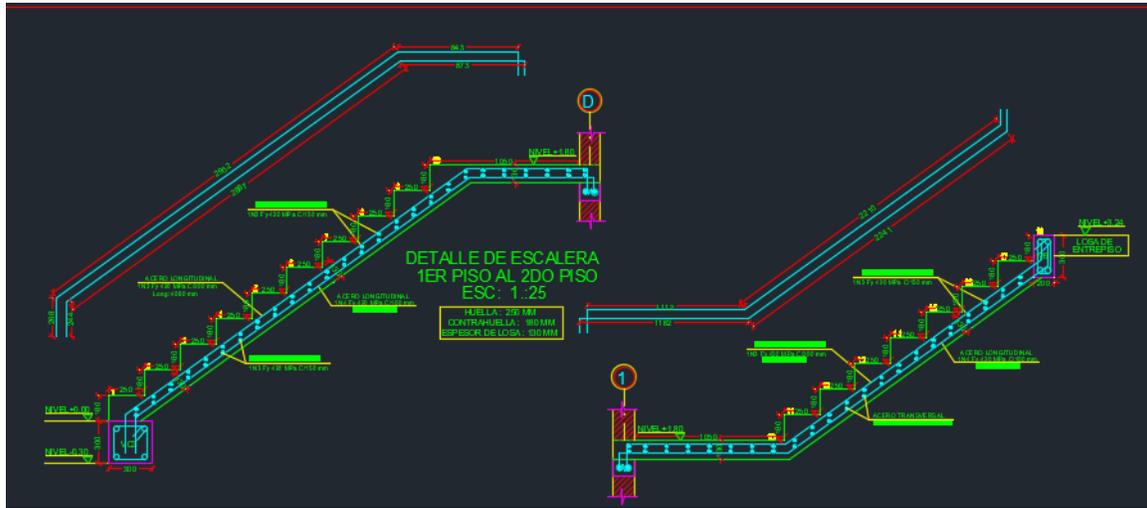


Ilustración 58 Detalle de escaleras.

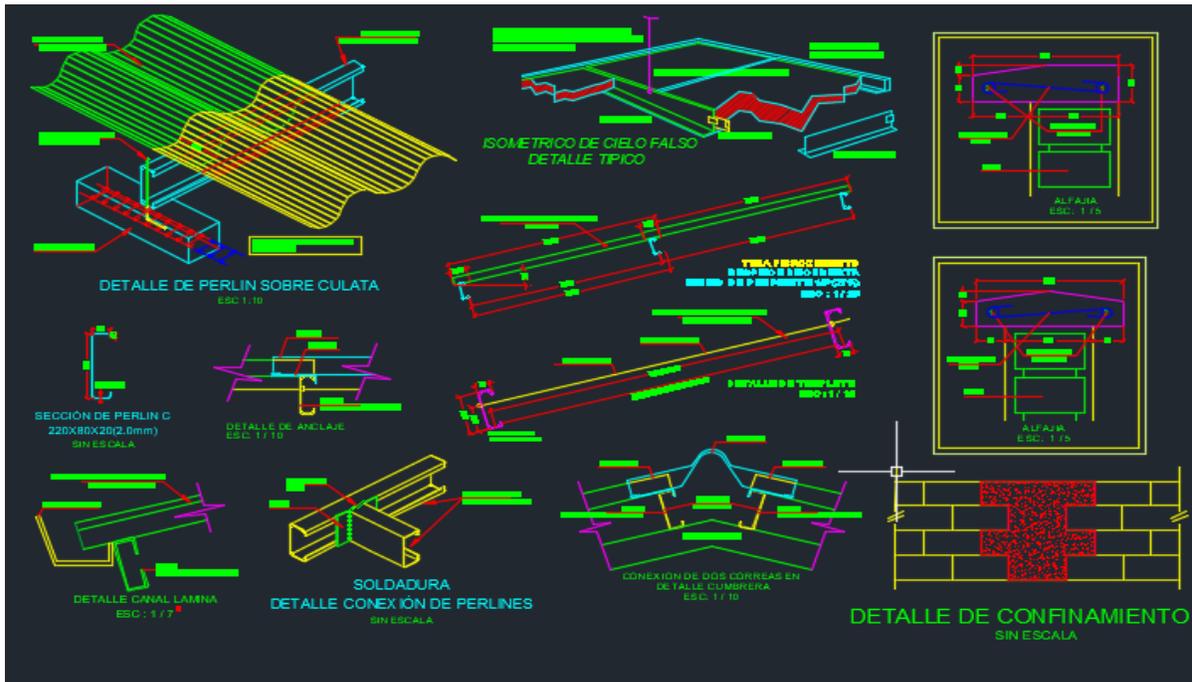


Ilustración 59 Detalles de cubierta.

5.3. DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO MULTIFAMILIAR JOHANA BOLAÑOS.

El siguiente proyecto comprende el diseño estructural de un edificio multifamiliar de cuatro pisos ubicado en el barrio Ciudad Jardín, del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.



Ilustración 60 Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps

5.3.1. Información De Entrada

Se reciben planos arquitectónicos, donde se establece la distribución de los espacios y las recomendaciones arquitectónicas. El sistema estructural utilizado es de pórticos de concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía (DES). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico.

El perfil de suelo es tipo E y la cimentación corresponde a losa maciza, como método de cimentación, con una profundidad de desplante de 0.5m.

Fue necesario dividir la estructura en dos bloques debido a la geometría del lote y el diseño propuesto sobre el mismo. Separar la estructura en dos figuras geométricas regulares permite mayor seguridad del diseño y al mismo tiempo facilita las labores de construcción.



Ilustración 61 Diseño arquitectónico entregado (fachada).

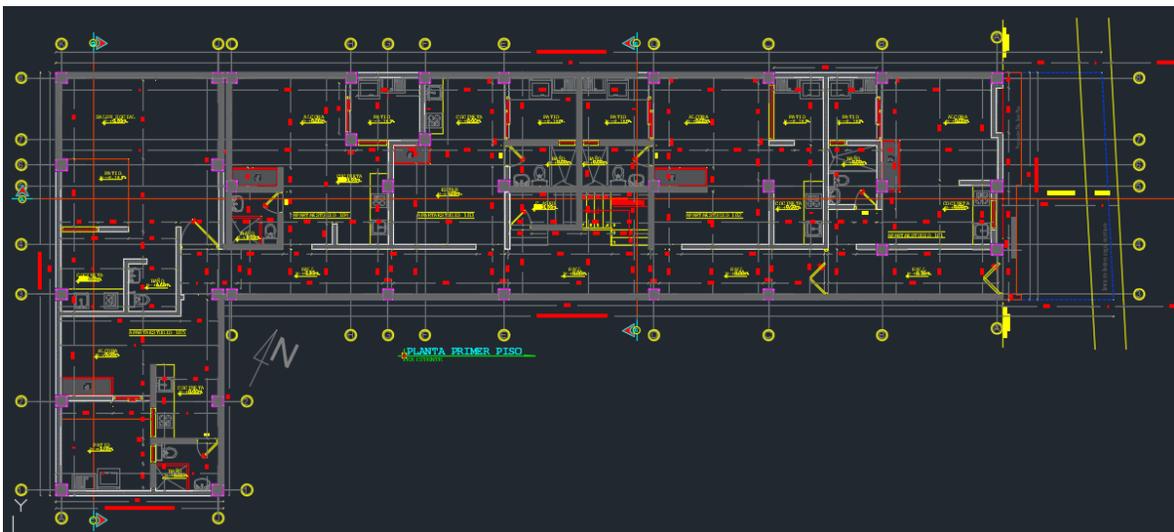


Ilustración 62 Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 1).

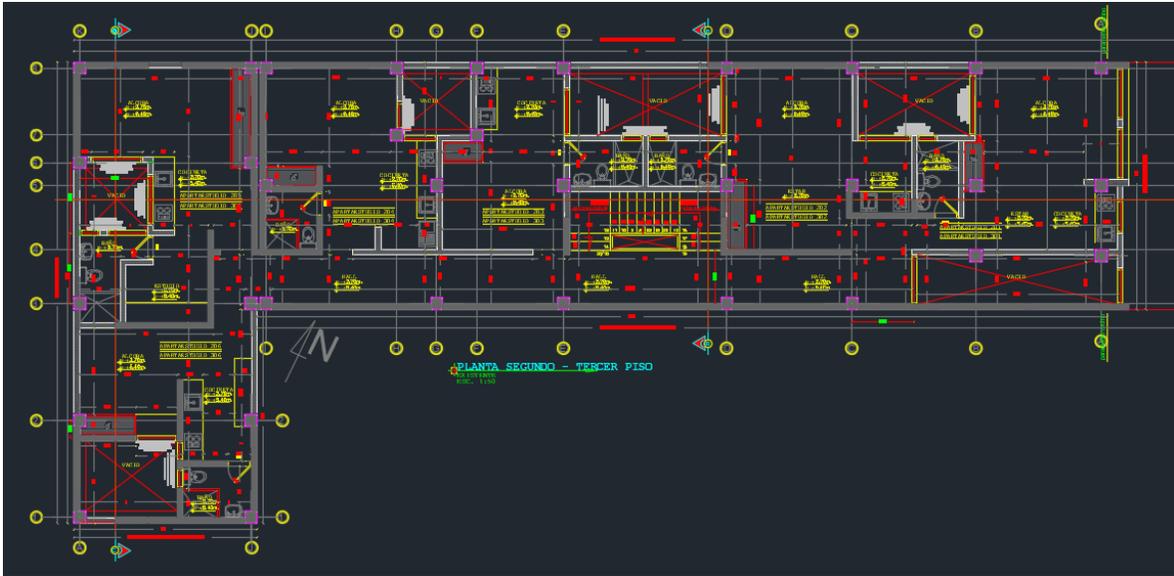


Ilustración 63 Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 2 y 3).

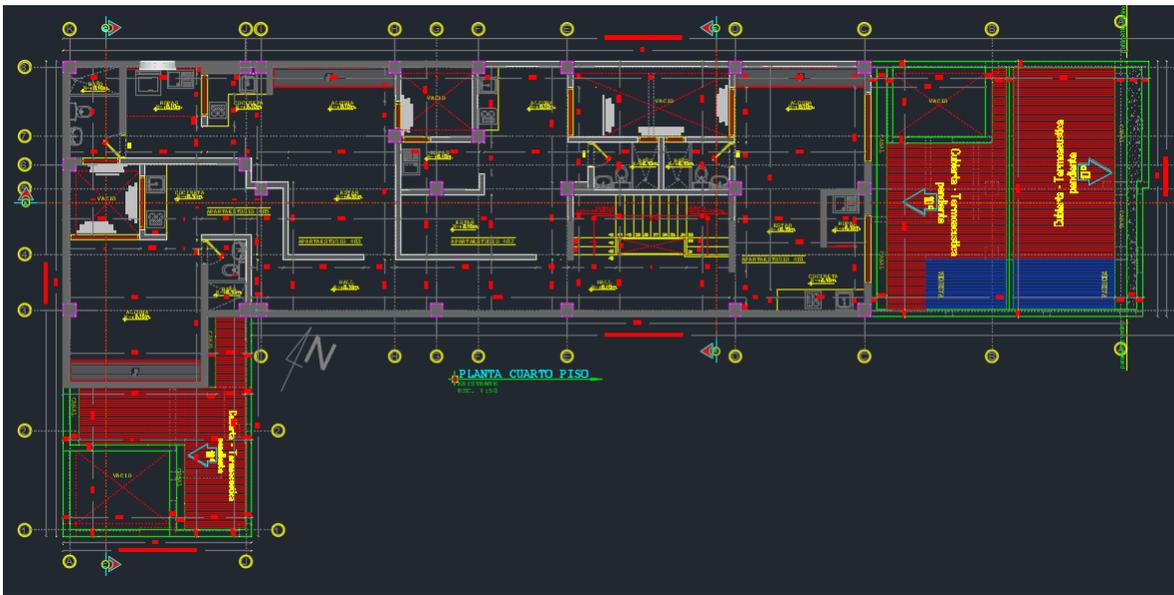


Ilustración 64 Diseño arquitectónico entregado (plano en planta piso 4).

5.3.2. Modelación

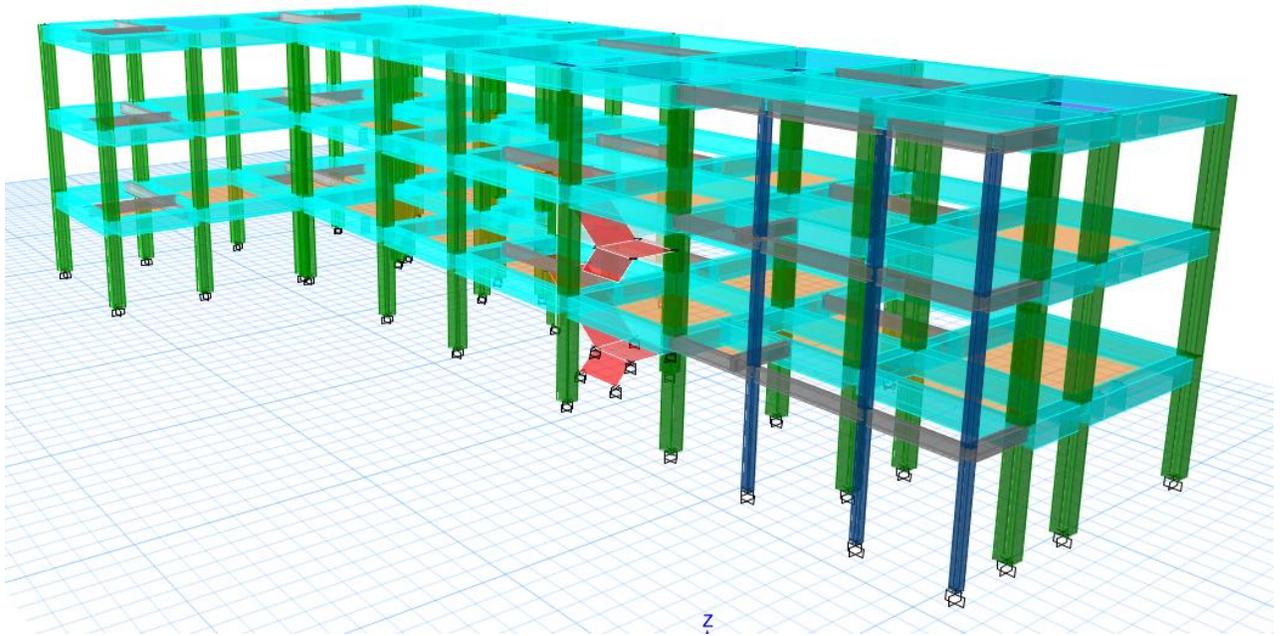


Ilustración 65 Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.

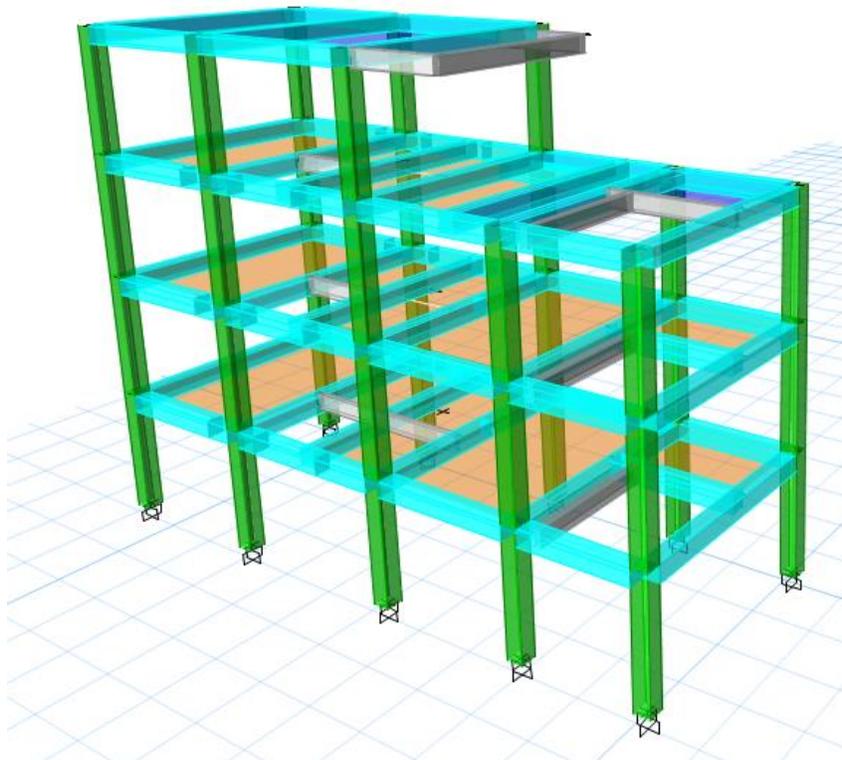


Ilustración 66 Modelo tridimensional del bloque A en ETABS.

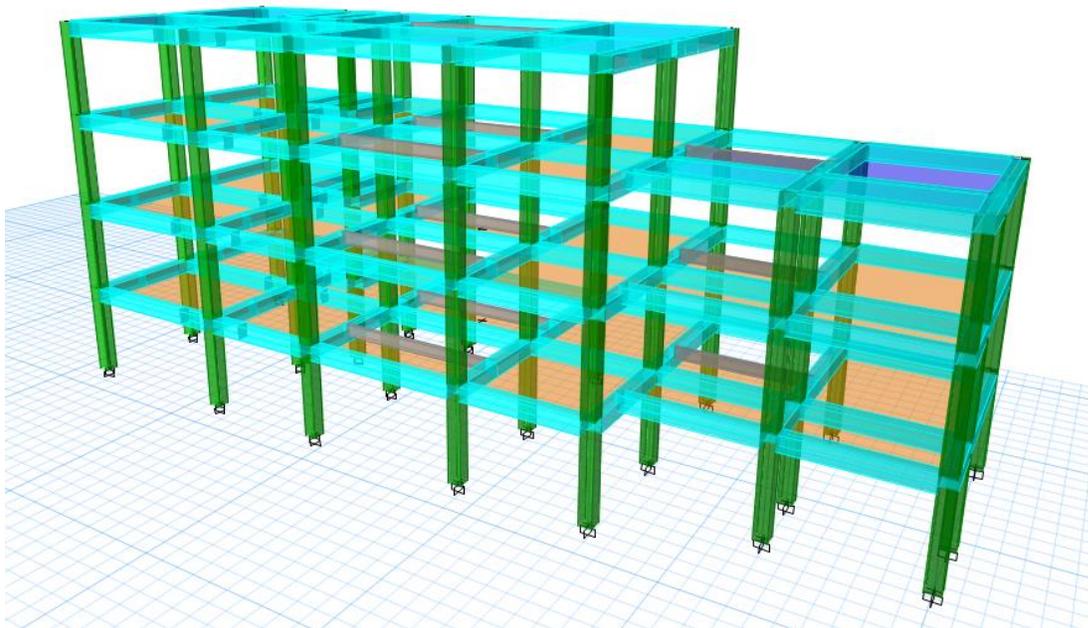


Ilustración 67 Modelo tridimensional del bloque B en ETABS.

Inicialmente se define el sistema estructural a emplear de acuerdo al tipo de estructura y las recomendaciones realizadas por los propietarios del proyecto, teniendo en consideración los parámetros establecidos por la NSR-10, y de acuerdo con la tabla A.3-3 se define el sistema estructural de pórtico resistente a momento, en concreto reforzado con esfuerzo máximo a la compresión de ($f'c$) de 21MPa y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de (fy) de 420 MPa. con capacidad especial de disipación de energía (DES), el cual es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momento, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales, las fuerzas horizontales por tanto se obtiene un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico ($R_0 = 7.0$).

5.3.3. Materiales de diseño

Los materiales utilizados para el diseño son:

Concreto (columnas, vigas, losas, pilas):	$f'c = 21 \text{ MPa}$
Concreto (muros de sótano, pantallas):	$f'c = 21 \text{ MPa}$
Acero de Refuerzo:	$fy = 420 \text{ MPa}$
Acero de perfiles:	$fy = 350 \text{ MPa}$

Ilustración 68 Materiales utilizados.

5.3.4. Cargas

El programa ETABS considera por defecto las cargas del peso propio de la estructura en el análisis y diseño de la estructura, por lo cual no se menciona en las cargas.

Para el cálculo de las cargas se tiene en cuenta lo estipulado en el Título B de la NSR-10.

En la tabla siguiente se presentan las cargas de diseño:

PESO CUBIERTA			
NIVEL CUBIERTA	TEJA DE FIBROCEMENTO	0.2	KN/m ²
	CIELORASAO	0.5	KN/m ²
	CORREAS	0.1	KN/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	0.8	KN/m ²
	CARGA VIVA (P=15°)	0.5	KN/m ²

ENTREPISO			
ENTREPISO	CIELORASO	0.5	KN/m ²
	MUROS NO ESTRUCTURALES LIVIANOS	1	KN/m ²
	ACABADOS DE PISO	1.1	KN/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	2.6	KN/m ²
	CARGA VIVA (RESIDENCIAL)	1.8	KN/m ²

MUERTA TOTAL DE ENTREPISO : **2.60 KN/m²**
VIVA DE ENTREPISO : **1.80 KN/m²**
MUERTA TOTAL DE CUBIERTA : **0.80 KN/m²**
VIVA DE CUBIERTA : **0.50 KN/m²**

Ilustración 69 Cargas de diseño utilizadas.

5.3.5. Fuerza del Viento.

Las cargas de viento se extraen de la modelación realizada en el programa ARQUIMET, tomando como resultado el valor de presión negativa de 0.64 KN/m^2 y positiva de 0.64 KN/m^2 . Los resultados se presentan a continuación:

Cargas de viento (kN)				
Planta	Viento +X	Viento -X	Viento +Y	Viento -Y
Planta Vigas Cubierta	20.698	-20.698	7.043	-7.043
Planta Piso 4	42.788	-42.788	14.476	-14.476
Planta Piso 3	43.440	-43.440	14.561	-14.561
Planta Piso 2	42.142	-42.142	14.028	-14.028

Ilustración 70 Fuerzas de viento.

5.3.6. Carga de granizo

Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar o en lugares de menor altura donde la autoridad municipal o distrital así lo exija. (NSR-10 B.4.8.3.1)

Municipio	Altura Promedio
Popayán	1737 m.s.n.m

Por lo tanto, las cargas de granizo no serán consideradas en el presente diseño.

NOTA: La mayor parte del modelo se realiza en el software de diseño ETABS y se complementan hojas de cálculo en Excel.

5.3.7. Diseño De Los Elementos Estructurales

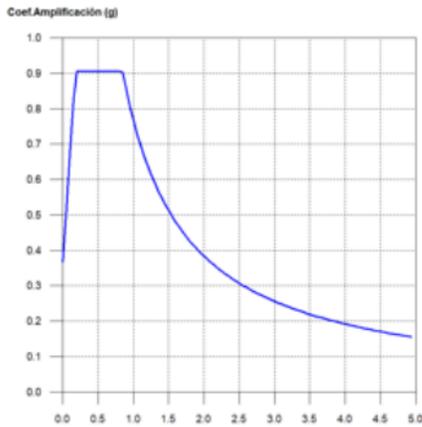
Inicialmente para el diseño se toman en consideración las sugerencias arquitectónicas con respecto al modelo de la estructura, la cual se propone en concreto reforzado. En cuanto a la cubierta se propone usar perfiles en C, cumpliendo los requisitos de resistencia y así generar una estructura más eficiente.

De acuerdo con lo anterior el sistema estructural quedo conformado por columnas y vigas en concreto reforzado, para la cimentación se hace uso de zapatas combinadas.

Con el programa ETABS se empleó el método de cálculo de Análisis dinámico espectral, este análisis consiste en un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal. ETABS calcula la respuesta dinámica máxima de cada modo utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al periodo de vibración del modo, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de la estructura al ser sometida a una excitación que varía en el tiempo.

Para la estructura el espectro de cálculo fue el siguiente:

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{oe} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \cdot \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T \leq T_0$$

$$S_{oe} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \quad T_0 \leq T \leq T_c$$

$$S_{oe} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_c \leq T \leq T_L$$

$$S_{oe} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

$$T \leq T_0$$

$$T_0 \leq T \leq T_c$$

$$T_c \leq T \leq T_L$$

$$T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.906 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Ilustración 71 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25 \text{ g}}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20 \text{ g}}$$

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

$$F_a : \underline{1.45}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{\frac{E}{E}}$$

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25 \text{ g}}$$

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)

$$F_v : \underline{3.20}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{\frac{E}{E}}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20 \text{ g}}$$

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)

$$I : \underline{1.00}$$

Tipo de edificación: I

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_c : \underline{0.85 \text{ s}}$$

T_L: Periodo correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_L : \underline{7.68 \text{ s}}$$

Coefficiente de capacidad de disipación de energía (NSR-10, A.3.3.3)

R_x: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (X)

R_y: Coeficiente de capacidad de disipación de energía de diseño (Y)

R_{x1}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (X)

R_{x1}: 4.73

R_{y1}: Coeficiente de capacidad de disipación de energía (Y)

R_{y1}: 4.73

Donde:

- R_{0x}**: Coeficiente de disipación de energía básico (X) (NSR-10, A.3)
- R_{0y}**: Coeficiente de disipación de energía básico (Y) (NSR-10, A.3)
- Φ_a**: Coeficiente de irregularidad en altura (NSR-10, A.3.3.5)
- Φ_p**: Coeficiente de irregularidad en planta (NSR-10, A.3.3.4)
- Φ_x**: Coeficiente por ausencia de redundancia (X) (NSR-10, A.3.3.8)
- Φ_y**: Coeficiente por ausencia de redundancia (Y) (NSR-10, A.3.3.8)

- R_{0x}**: 7.00
- R_{0y}**: 7.00
- Φ_a**: 1.00
- Φ_p**: 0.90
- Φ_x**: 0.75
- Φ_y**: 0.75

NSR-10 (A.3.7)

Ilustración 72 Datos generales del sismo.

5.3.8. Modos de vibración principales

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.361	0.0048	0.9999	0.0101	0 %	81.41 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 6.2073 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 6.2073 mm
Modo 2	0.280	0.7339	0.0039	0.6792	66.98 %	0 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.7343 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 3.7343 mm
Modo 3	0.189	0.0119	0.0199	0.9999	0.15 %	0 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 1.69627 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 1.69627 mm
Modo 4	0.140	0.0435	0.9853	0.1653	0.02 %	11.5 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.93376 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.93376 mm
Modo 5	0.132	0.2558	0.0082	0.9667	16.56 %	0.02 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.83198 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.83198 mm
Modo 6	0.097	0.0716	0.0015	0.9974	1.6 %	0 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.4487 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.4487 mm
Modo 7	0.081	0.0002	0.9984	0.0565	0 %	5.04 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.31073 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.31073 mm
Modo 8	0.053	0.8596	0.0208	0.5106	11.18 %	0.01 %	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.1341 mm	R = 4.73 A = 1.882 m/s ² D = 0.1341 mm
Total					96.49 %	97.98 %		

Ilustración 73 Coeficientes de participación de la estructura.

5.3.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación $0.90 \cdot V_s/V_d$.

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.90 \cdot V_{s,X}$ 242.681 kN \geq 310.500 kN	1.28
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.90 \cdot V_{s,Y}$ 284.320 kN \geq 310.500 kN	1.09

Ilustración 74 Corrección del cortante basal de la estructura.

5.3.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado “Corrección por cortante basal”.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,x}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,y}$ (kN)
Planta Vigas Cubierta	94.967	94.967	2.920	2.920
Planta Piso 4	165.034	89.162	2.517	1.561
Planta Piso 3	217.952	71.131	2.496	3.849
Planta Piso 2	242.681	45.540	4.030	3.173

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_x (kN)	$F_{eq,x}$ (kN)	Q_y (kN)	$F_{eq,y}$ (kN)
Planta Vigas Cubierta	1.938	1.938	89.162	89.162
Planta Piso 4	1.688	2.373	176.304	96.933
Planta Piso 3	3.273	2.325	249.353	84.267
Planta Piso 2	4.210	1.296	284.320	48.746

Ilustración 75 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente

5.3.11. Verificación de Derivas.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

Desplome local máximo de los muros (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Planta Piso 4	----	----	1 / 328 (M2)	1 / 250 (M1, M2)
Planta Piso 3	----	----	1 / 334 (M2)	1 / 221 (M1, M2)
Planta Piso 2	----	----	1 / 578 (M2)	1 / 284 (M1, M2)

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Ilustración 76 Verificación de derivas.

La anterior tabla indica que el máximo valor de deriva es $(1/190) \times 100 = 0.53\%$, que es menor que el 1% correspondiente al máximo exigido por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia.

5.3.12. Cimentación.

La cimentación se diseñó utilizando losa maciza; se puede observar de mejor manera en los planos estructurales.

5.3.13. Diseño losa maciza.

Se realiza el diseño de la losa de entrepiso con hojas de cálculo en Excel, para ello se tienen en cuenta los cortantes y momentos máximos que se presentan.

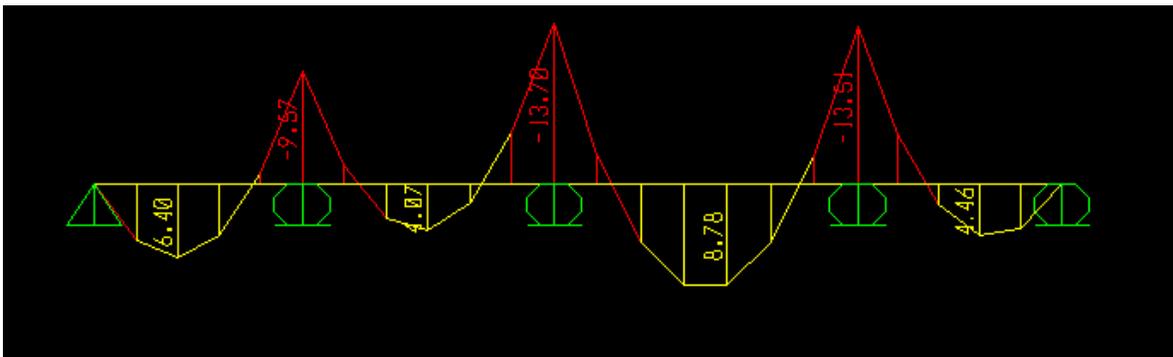


Ilustración 77 Análisis momentos máximos de losa continua en SAP2000.

Carga muerta	6.38	KN/m ²
Carga viva	1.80	KN/m ²
Luz	4.10	m

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_u = 1.2 * 6.38 + 1.6 * 1.8$$

$$W_u = 10.536 \text{ KN/m}^2$$

	21.60	
Vu max		KN
Mu max	13.70	KN-m

Dimensiones		
Ancho	cm	100
Altura	cm	12.0
Recubrimiento	cm	6.0

Materiales		
f'c	Kg/cm ²	210
Fy	Kg/cm ²	4200
d	cm	5.37
As Min	cm ²	1.79
As Max	cm ²	13.41
As T°	cm ²	2.16

	# Barra	Cada (m)	Mu (KN-m)	Mr (KN-m)	Chequeo As	As min
As requerido	4	0.150	13.70	13.95	OK As	OK
As Temperatura	3	0.150				OK

Ilustración 78 Diseño losa entrepiso.

5.3.14. Diseño de correas

Para el diseño de correas se hace uso del programa ARQUIMET.

REPORTE DE CORREAS

PHR C con atiesador 160 x 60 x 20 (2.00 mm)
con Fy = 35.15 Kgf/mm² cada 1.70 m con arriostamiento cada L/2.

SECCION LONGITUDINAL



L1	2.65 m
L2	3.03 m
A1	0.12 m
A2	0.12 m
A3	0.12 m

CONFIGURACION	
TIPO DE CARGA	DISTRIBUIDA
Carga muerta	2.15 KN/m ²
Peso propio correa	0.05 KN/m
Carga viva	0.35 KN/m ²
Carga granizo	0.00 KN/m ²
Viento compresión (Perpendicular)	0.40 KN/m ²
Viento succión (Perpendicular)	0.41 KN/m ²
Pendiente sección transversal	16.92° = 30.4200%

Ilustración 79 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.

5.3.15. Planos Estructurales

En las figuras siguientes se ilustran componentes de los planos estructurales:

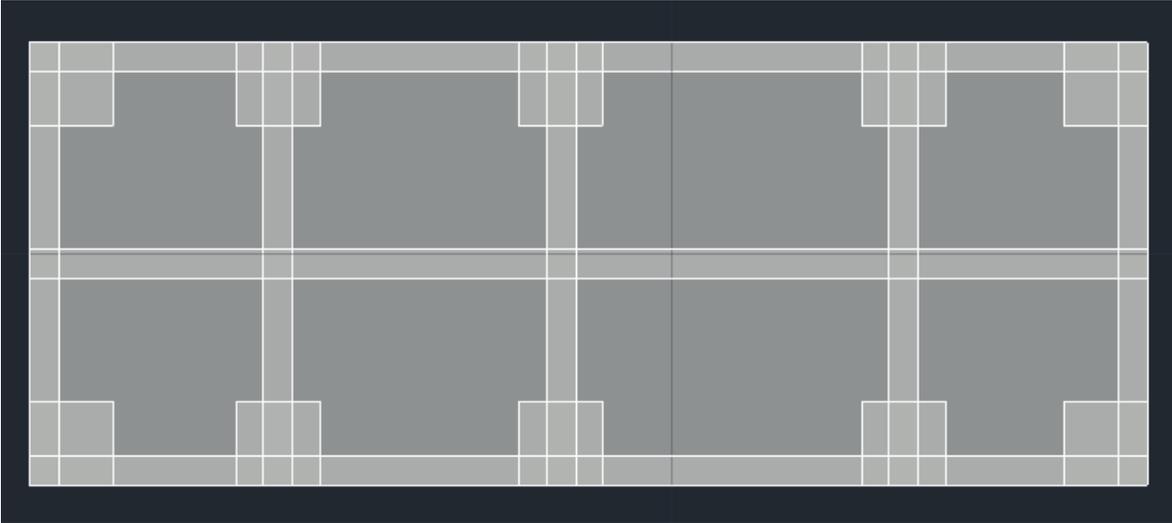


Ilustración 80 Planta vigas y losa de cimentación.

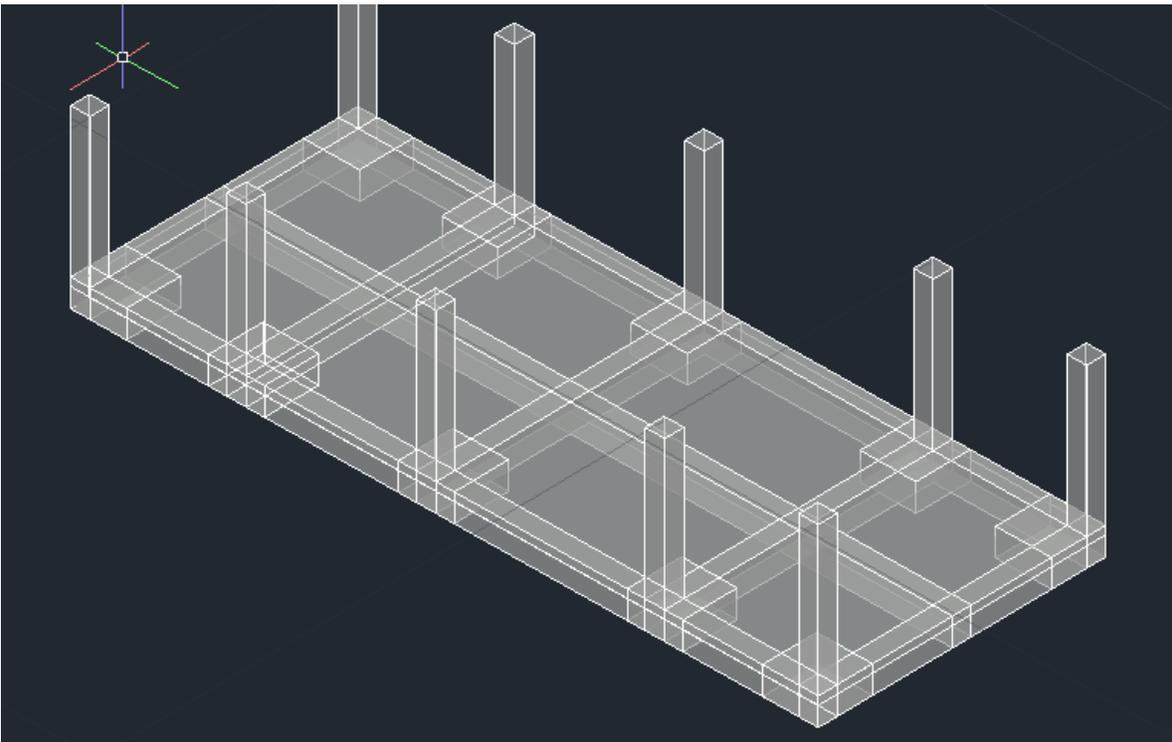


Ilustración 81 Modelo cimentación 3D.

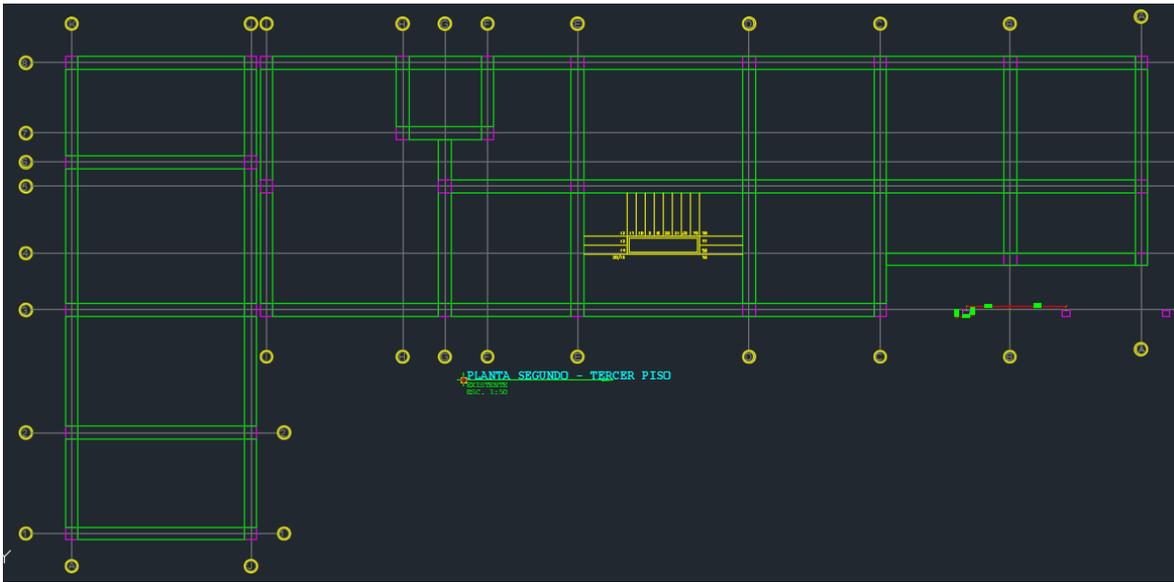


Ilustración 82 Planta de vigas de segundo y tercer piso.

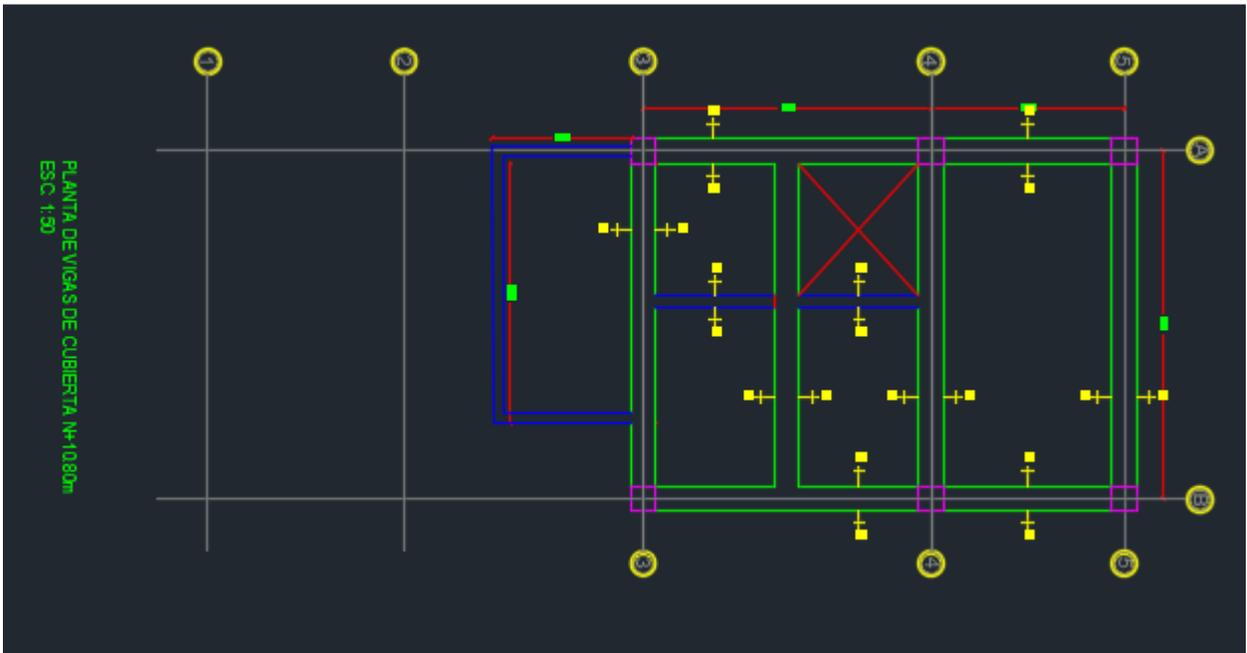


Ilustración 83 Planta de vigas de cubierta bloque A.

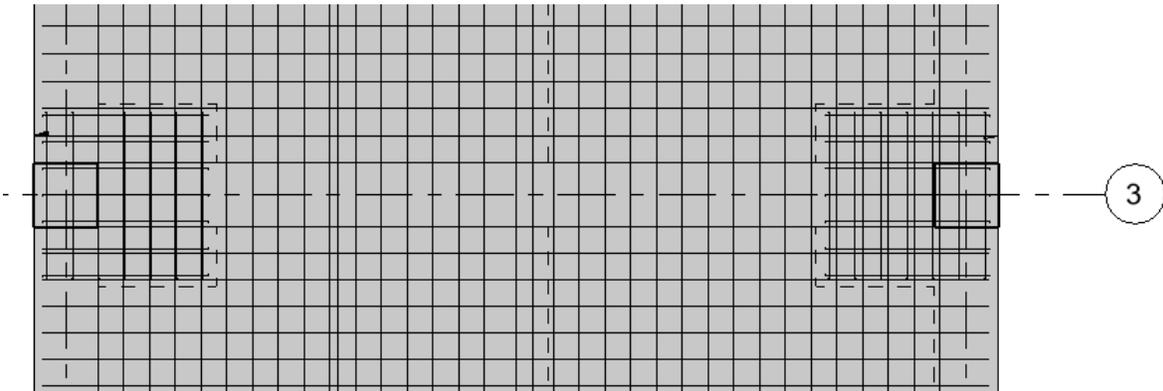
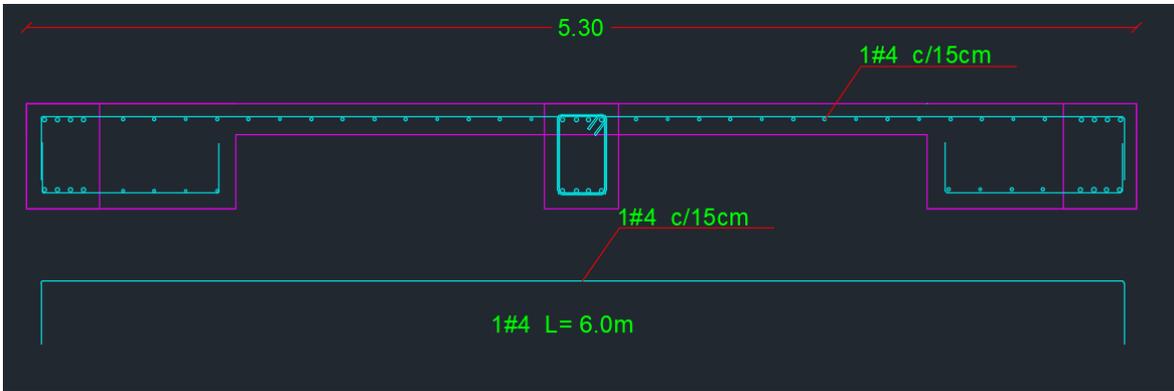


Ilustración 84 Despiece de losa de cimentación, sección transversal.

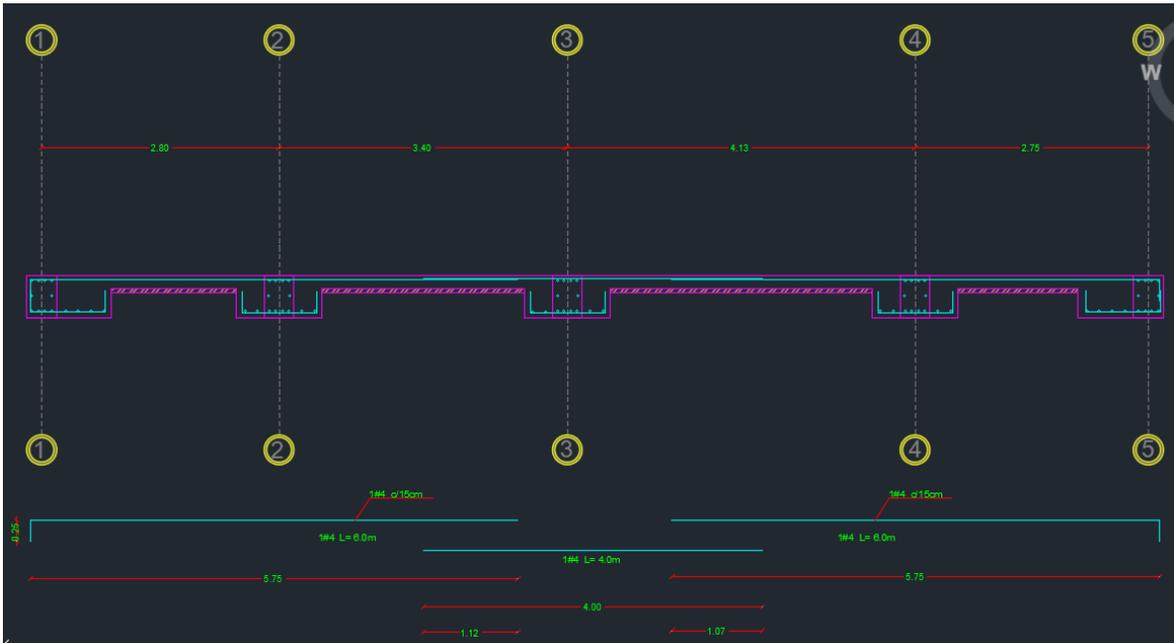


Ilustración 85 Despiece de losa de cimentación, sección longitudinal.

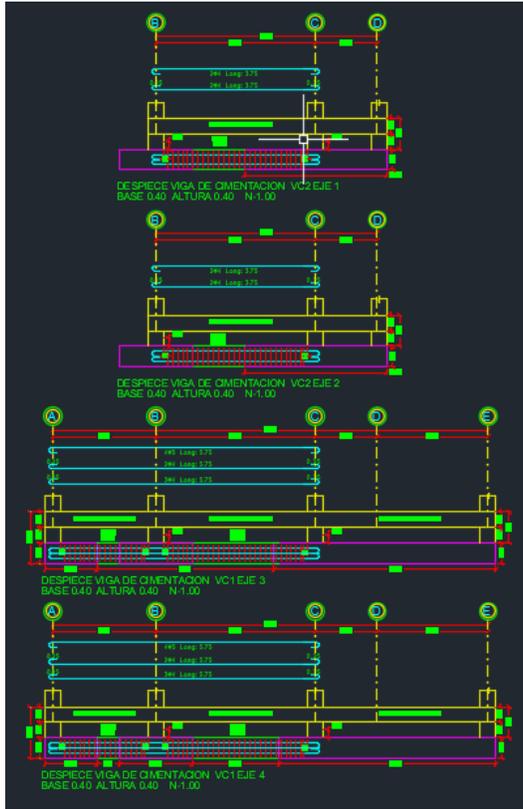


Ilustración 86 Despiece de vigas de cimentación VC1

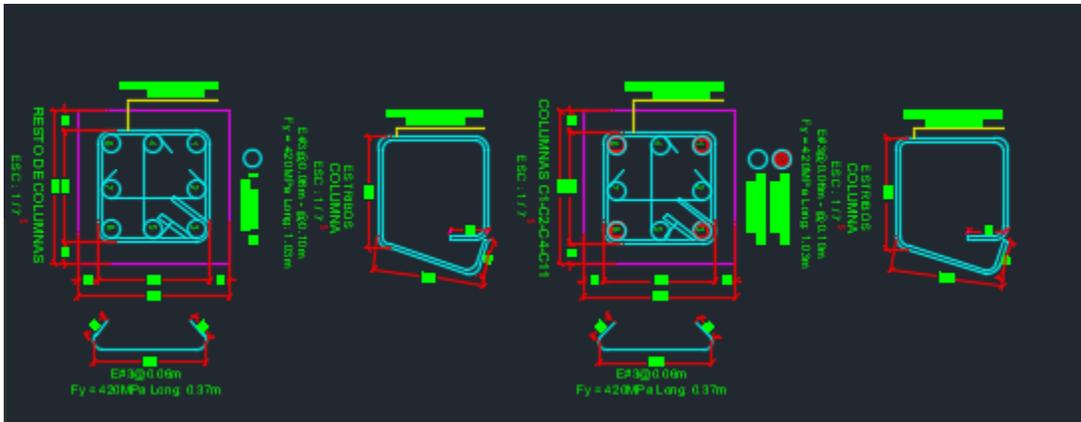


Ilustración 87 Secciones transversales de columnas.

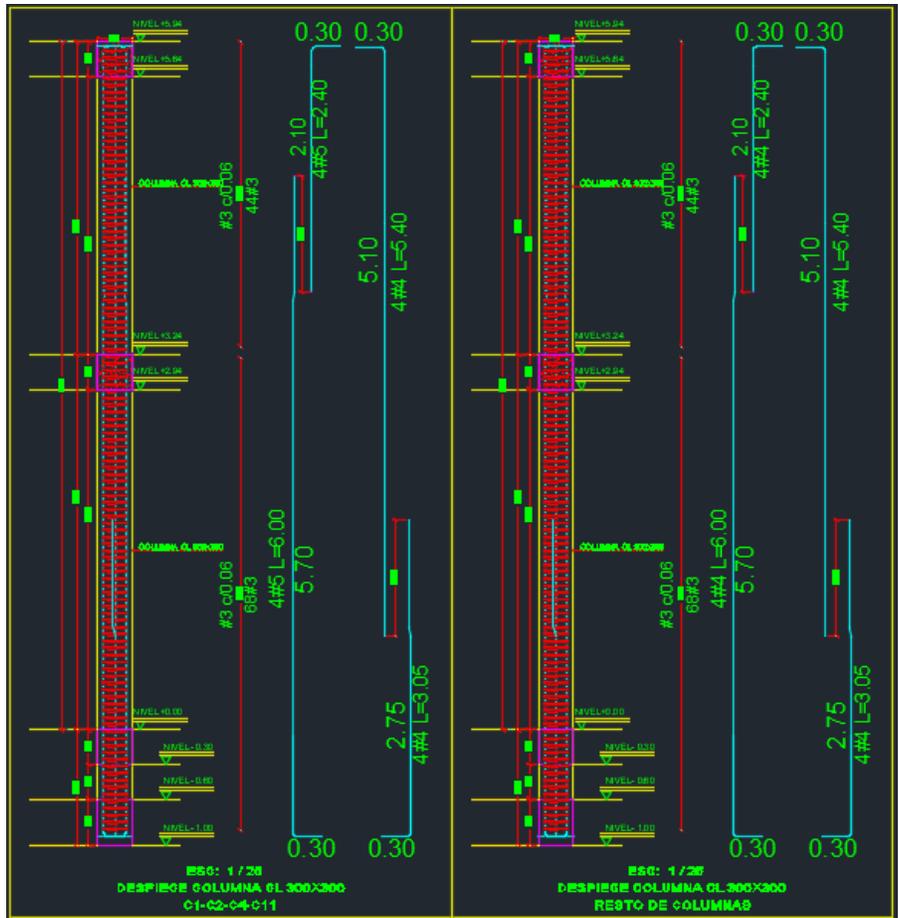


Ilustración 88 Despiece tipo de Columnas.

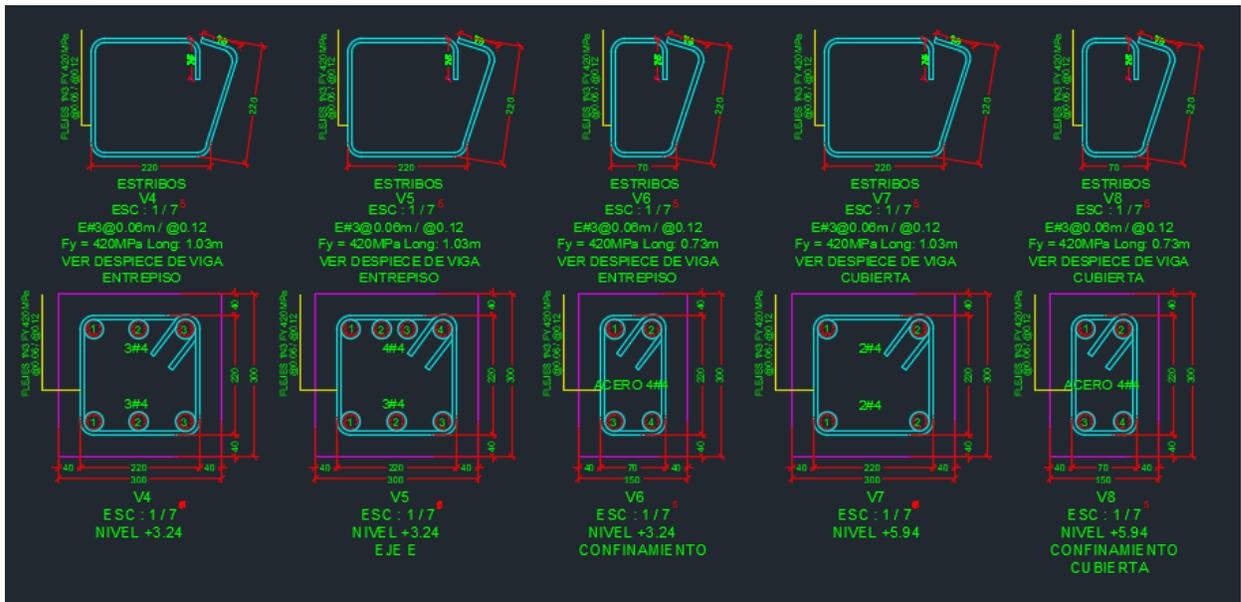


Ilustración 89 Secciones transversales de Vigas.

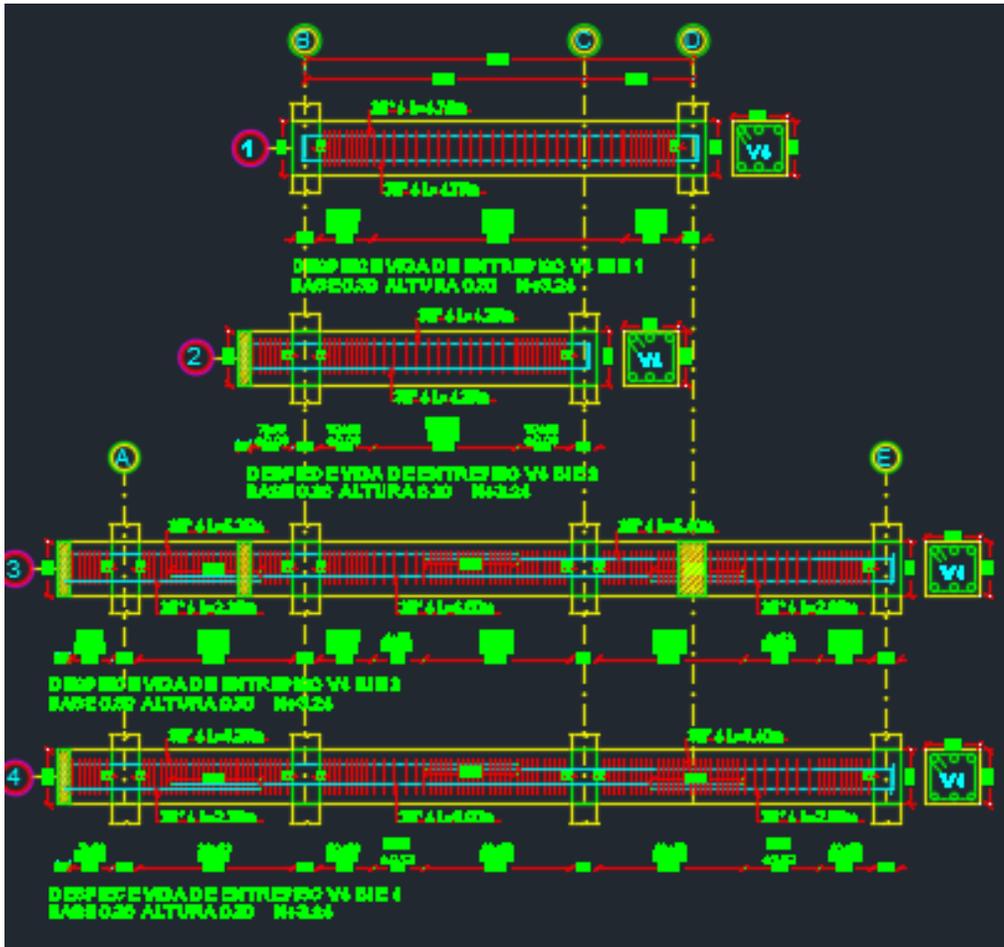


Ilustración 90 Despiece de vigas de entrepiso.



Ilustración 91 Corte losa de entrepiso.

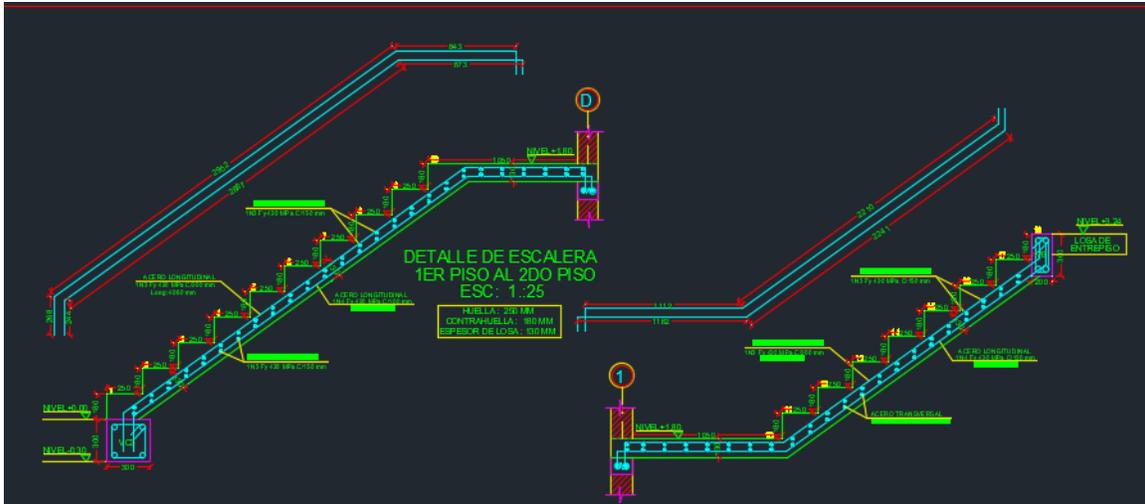


Ilustración 92 Detalle de escaleras.

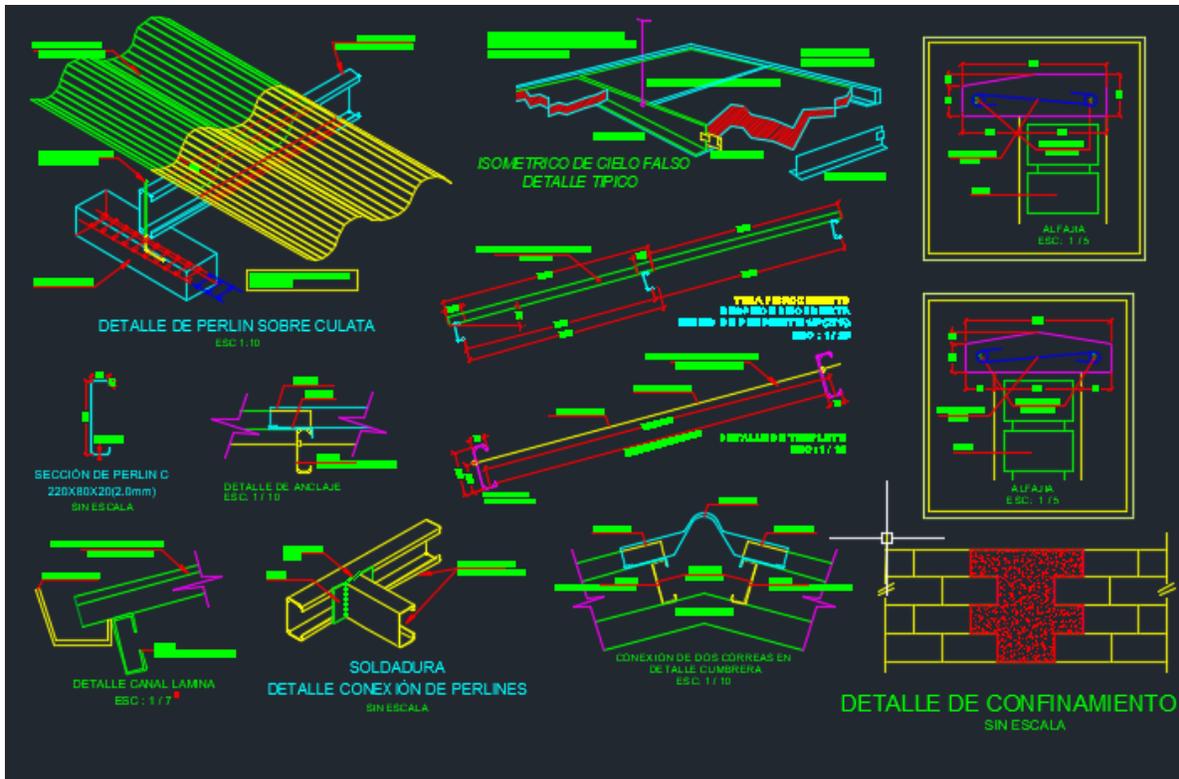


Ilustración 93 Detalles de cubierta.

5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL CASA UNIFAMILIAR PAOLA GUERRERO.

El siguiente proyecto comprende el diseño estructural de una casa unifamiliar de tres pisos ubicada en el barrio El Limonar, del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.



Ilustración 94 Localización del proyecto en el municipio de Popayán, fuente: Google Maps

5.4.1. Información De Entrada

Se reciben planos arquitectónicos, donde se establece la distribución de los espacios y las recomendaciones arquitectónicas. El sistema estructural utilizado es de pórticos de concreto reforzado con capacidad especial de disipación de energía (DES). Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico.

El perfil de suelo es tipo E y la cimentación corresponde a losa maciza como método de cimentación, con una profundidad de desplante de 0.60m.

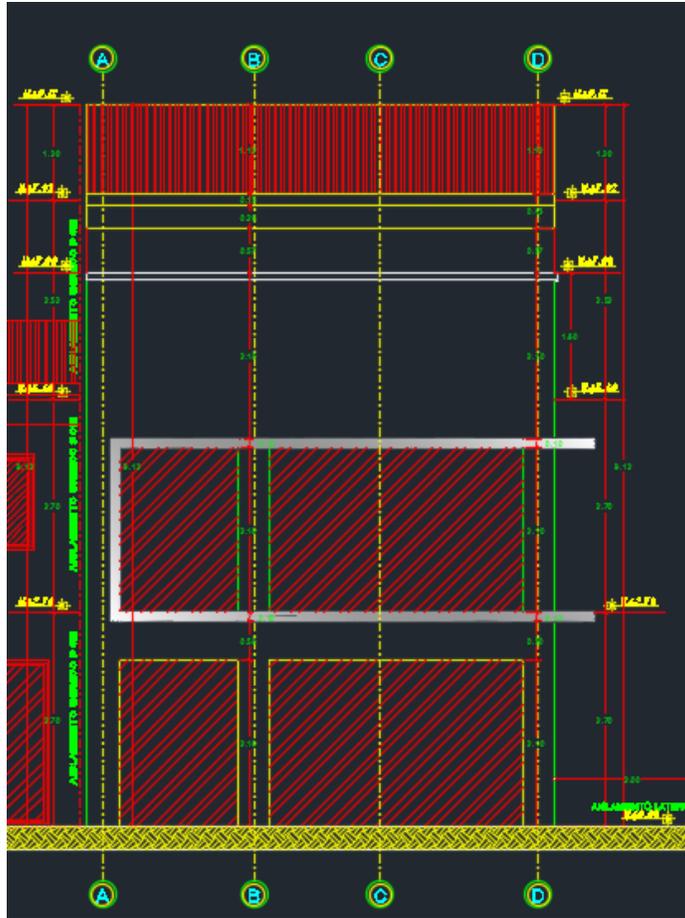


Ilustración 95 diseño arquitectónico entregado (fachada).

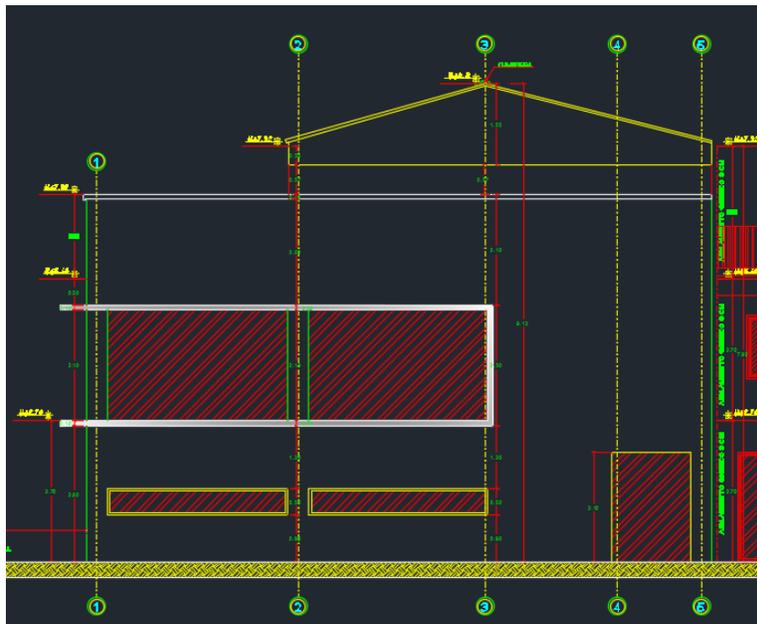


Ilustración 96 diseño arquitectónico entregado (Perfil).



Ilustración 97 diseño arquitectónico entregado (plano en planta).

5.4.2. Modelación

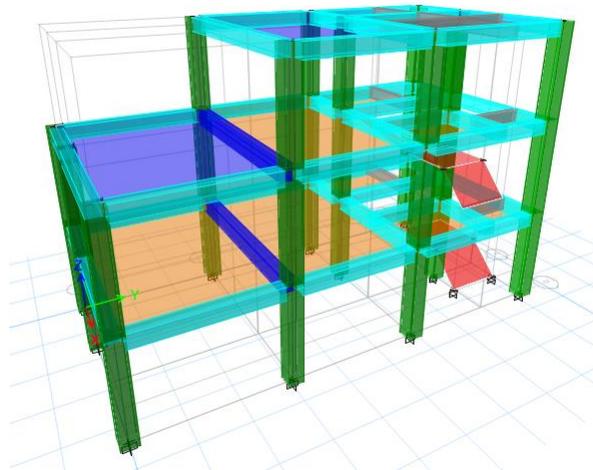


Ilustración 98 Modelo tridimensional de la estructura en ETABS.

Inicialmente se define el sistema estructural a emplear de acuerdo al tipo de estructura y las recomendaciones realizadas por los propietarios del proyecto, teniendo en consideración los parámetros establecidos por la NSR-10, y de acuerdo con la tabla A.3-3 se define el sistema estructural de pórtico resistente a momento, en concreto reforzado con esfuerzo máximo a la compresión de ($f'c$) de 21MPa y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de (f_y) de 420 MPa. con capacidad especial de disipación de energía (DES), el cual es un sistema estructural compuesto por un pórtico espacial, resistente a momento, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales, las fuerzas horizontales por tanto se obtiene un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico ($R_0 = 7.0$).

5.4.3. Materiales de diseño

Los materiales utilizados para el diseño son:

<i>Concreto (columnas, vigas, losas, pilas):</i>	$f'c = 21 \text{ MPa}$
<i>Concreto (muros de sótano, pantallas):</i>	$f'c = 21 \text{ MPa}$
<i>Acero de Refuerzo:</i>	$fy = 420 \text{ MPa}$
<i>Acero de perfiles:</i>	$fy = 350 \text{ MPa}$

Ilustración 99 Materiales utilizados.

5.4.4. Cargas

El programa ETABS considera por defecto las cargas del peso propio de la estructura en el análisis y diseño de la estructura, por lo cual no se menciona en las cargas.

Para el cálculo de las cargas se tiene en cuenta lo estipulado en el Título B de la NSR-10.

En la tabla siguiente se presentan las cargas de diseño:

PESO CUBIERTA			
NIVEL CUBIERTA N+7.92	TEJA DE FIBROCEMENTO	20	Kg/m ²
	CIELORASO	50	Kg/m ²
	CORREAS	10	Kg/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	80	Kg/m ²
	CARGA VIVA (P=15°)	50	Kg/m ²
ENTREPISO			
N+2.70 y N+5.40	CIELORASO	50	Kg/m ²
	MUROS NO ESTRUCTURALES	150	Kg/m ²
	ACABADOS DE PISO	80	Kg/m ²
	CARGA MUERTA TOTAL	280	Kg/m ²
	CARGA VIVA (RESIDENCIAL)	500	Kg/m ²

MUERTA TOTAL DE ENTREPISO :	280 Kg/m²
VIVA DE ENTREPISO :	500 Kg/m²
VIVA DE TERRAZA Y BALCONES :	500 Kg/m²
MUERTA TOTAL DE CUBIERTA :	80 Kg/m²
VIVA DE CUBIERTA :	50 Kg/m²

Ilustración 100 Cargas de diseño utilizadas.

5.4.5. Fuerza del Viento.

Las cargas de viento se extraen de la modelación realizada en el programa ARQUIMET, tomando como resultado el valor de presión negativa de $0.64 \text{ KN}/\text{m}^2$ y positiva de $0.64 \text{ KN}/\text{m}^2$. Los resultados se presentan a continuación:

	Cp	W/+GCpi	W/-GCpi
Muro Sotavento	-0.41	-32.46	-10.79
Paredes Laterales	-0.70	-47.92	-26.26
Techo Barl 1	1.24	54.90	76.57
Techo Barl 2	-0.18	-20.37	1.30
Techo Sotavento	-0.72	-48.89	-27.23

Presión neta para cubiertas en edificaciones abiertas

Ilustración 101 Fuerzas de viento.

5.4.6. CARGA DE GRANIZO

Las cargas de granizo, G, deben tenerse en cuenta en las regiones del país con más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar o en lugares de menor altura donde la autoridad municipal o distrital así lo exija. (NSR-10 B.4.8.3.1)

Municipio
Popayán

Altura Promedio
1737 m.s.n.m

Por lo tanto, las cargas de granizo no serán consideradas en el presente diseño.

NOTA: La mayor parte del modelo se realiza en el software de diseño ETABS y se complementan hojas de cálculo en Excel.

5.4.7. Diseño De Los Elementos Estructurales

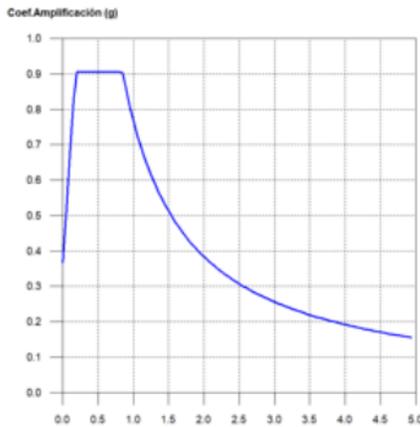
Inicialmente para el diseño se toman en consideración las sugerencias arquitectónicas con respecto al modelo de la estructura, la cual se propone en concreto reforzado. En cuanto a la cubierta se propone usar perfiles en C, cumpliendo los requisitos de resistencia y así generar una estructura más eficiente.

De acuerdo con lo anterior el sistema estructural quedo conformado por columnas y vigas en concreto reforzado, para la cimentación se hace uso de losa maciza.

Con el programa ETABS se empleó el método de cálculo de Análisis dinámico espectral, este análisis consiste en un procedimiento matemático por medio del cual se resuelven las ecuaciones de equilibrio dinámico, mientras las propiedades de rigidez y resistencia de una estructura permanecen dentro del rango de respuesta lineal. ETABS calcula la respuesta dinámica máxima de cada modo utilizando la ordenada del espectro, correspondiente al periodo de vibración del modo, con el fin de obtener las deformaciones y esfuerzos de la estructura al ser sometida a una excitación que varía en el tiempo.

Para la estructura el espectro de cálculo fue el siguiente:

Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{oc} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \cdot \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T \leq T_0$$

$$S_{oc} = 2.5 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I \quad T_0 \leq T \leq T_c$$

$$S_{oc} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I}{T} \quad T_c \leq T \leq T_L$$

$$S_{oc} = \frac{1.2 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I}{T^2} \quad T \geq T_L$$

$$T \leq T_0$$

$$T_0 \leq T \leq T_c$$

$$T_c \leq T \leq T_L$$

$$T \geq T_L$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.906 g.

NSR-10 (A.2.6.1)

Ilustración 102 Espectro elástico de aceleraciones del proyecto.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25} \text{ g}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20} \text{ g}$$

F_a: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos cortos (NSR-10, Tabla A.2.4-3)

$$F_a : \underline{1.45}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{E}$$

A_a: Aceleración horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_a : \underline{0.25} \text{ g}$$

F_v: Coeficiente de amplificación de la aceleración en zona de periodos intermedios (NSR-10, Tabla A.2.4-4)

$$F_v : \underline{3.20}$$

Tipo de perfil de suelo (NSR-10, A.2.4)

$$\text{Suelo} : \underline{E}$$

A_v: Velocidad horizontal pico efectiva (NSR-10, A.2.2)

$$A_v : \underline{0.20} \text{ g}$$

I: Coeficiente de importancia (NSR-10, A.2.5)

$$I : \underline{1.00}$$

Tipo de edificación: I

T_c: Periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y la parte descendente del mismo (NSR-10, A.2.6.1)

$$T_c : \underline{0.85} \text{ s}$$

T_i: Período correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante (NSR-10, A.2.6.1)

T_i: 7.68 s

EVALUACIÓN DE LA DÚCTILIDAD DE LA ESTRUCTURA		
COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA BÁSICO	R _o =	7
COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN ALTURA	Φ _a =	0.9
COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN PLANTA	Φ _p =	1.0
COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN REDUNDANCIA	φ _r	0.75
COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	R	4.725

Ilustración 103 Datos generales del sismo.

5.4.8. Modos de vibración principales

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.231	3.52%	79.56%	0.00%	3.52%	79.56%	0.73%
Modal	2	0.22	77.32%	4.00%	0.00%	80.84%	83.56%	3.97%
Modal	3	0.178	3.20%	0.17%	0.00%	84.03%	83.73%	84.36%
Modal	4	0.081	9.41%	0.19%	0.00%	93.45%	83.92%	87.05%
Modal	5	0.077	0.32%	12.50%	0.00%	93.77%	96.41%	87.05%
Modal	6	0.067	2.78%	0.11%	0.00%	96.55%	96.53%	95.64%
Modal	7	0.05	2.52%	0.33%	0.00%	99.07%	96.86%	97.44%
Modal	8	0.048	0.40%	3.04%	0.00%	99.47%	99.90%	97.48%
Modal	9	0.043	0.38%	0.06%	0.01%	99.85%	99.96%	99.86%
Modal	10	0.032	0.05%	0.01%	0.00%	99.90%	99.97%	99.91%
Modal	11	0.026	0.08%	0.01%	0.29%	99.98%	99.97%	99.97%
Modal	12	0.026	0.00%	0.00%	30.17%	99.98%	99.97%	99.97%

*El número de modos de vibración que contribuyen a la respuesta sísmica garantiza que más del 90% de la masa participe durante el sismo en las dos direcciones principales.

Ilustración 104 Coeficientes de participación de la estructura.

5.4.9. Verificación de la Condición de Cortante Basal.

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 90% del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación $0.90 * V_s/V_d$.

TABLE: Story Forces								
Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story1	Sismo X	Bottom	0	-99193.55	0	663245.8	0	-524748.45
Story1	Sismo Y	Bottom	0	0	-99193.55	-273017.81	524748.45	0
Story1	SPEC X Max	Bottom	246.57	89334.64	11965.23	627450.04	63917.4	476271
Story1	SPEC Y Max	Bottom	467.76	11965.23	91834.2	304002.41	479807.41	65088.95

Load Case/Combo	VX	VY	Vdim/ Vest X	Vdim/ Vest Y
Sismo X	-99193.55	0	-0.900609	-0.925808
Sismo Y	0	-99193.55		
SPEC X Max	89334.64	11965.23		
SPEC Y Max	11965.23	91834.2		

chequeo en X, Vx dinamico > 90% Vx estatico 100%

chequeo en Y, Vy dinamico > 90% Vy estatico 100%

Según (A.5.4.5 NSR-10), El valor del cortante dinámico total en la base, para cualquiera de las direcciones no puede ser menor que los siguientes valores:

- a. Edificios irregulares $V_{s\text{ DIN}} \geq 0.9 V_{s\text{ FHE}} \rightarrow \text{OK}$
b. Edificios regulares $V_{s\text{ DIN}} \geq 80\% V_{s\text{ FHE}} \rightarrow \text{NO APLICA}$

Ilustración 105 Corrección del cortante basal de la estructura.

5.4.10. Cortante Sísmico Combinado y Fuerza Sísmica Equivalente por Planta.

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado "Corrección por cortante basal".

TABLE: Story Forces								
Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story1	Sismo X	Bottom	0	-99193.55	0	663245.8	0	-524748.45
Story1	Sismo Y	Bottom	0	0	-99193.55	-273017.81	524748.45	0
Story1	SPEC X Max	Bottom	246.57	89334.64	11965.23	627450.04	63917.4	476271
Story1	SPEC Y Max	Bottom	467.76	11965.23	91834.2	304002.41	479807.41	65088.95

Ilustración 106 Hipótesis sísmica: Sismo X1 y Sismo Y1 respectivamente

5.4.11. Verificación de Derivas.

Los valores indicados tienen en cuenta los factores de desplazamientos definidos para los efectos multiplicadores de segundo orden.

9. TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X (m)	Y (m)	Z (m)	CHEQUEO <1%	
Story2	B245 SXPP	Max	X	0.28%	11	5.51	11.51	5.4	O.K.
Story2	B245 SXPN	Max	X	0.28%	11	5.51	11.51	5.4	O.K.

9. TABLE: Story Drifts									
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X (m)	Y (m)	Z (m)	CHEQUEO <1%	
Story2	B245 SYNN	Min	Y	0.29%	11	5.51	11.51	5.4	O.K.
Story2	B245 SYNP	Min	Y	0.29%	11	5.51	11.51	5.4	O.K.

Ilustración 107 Verificación de derivas.

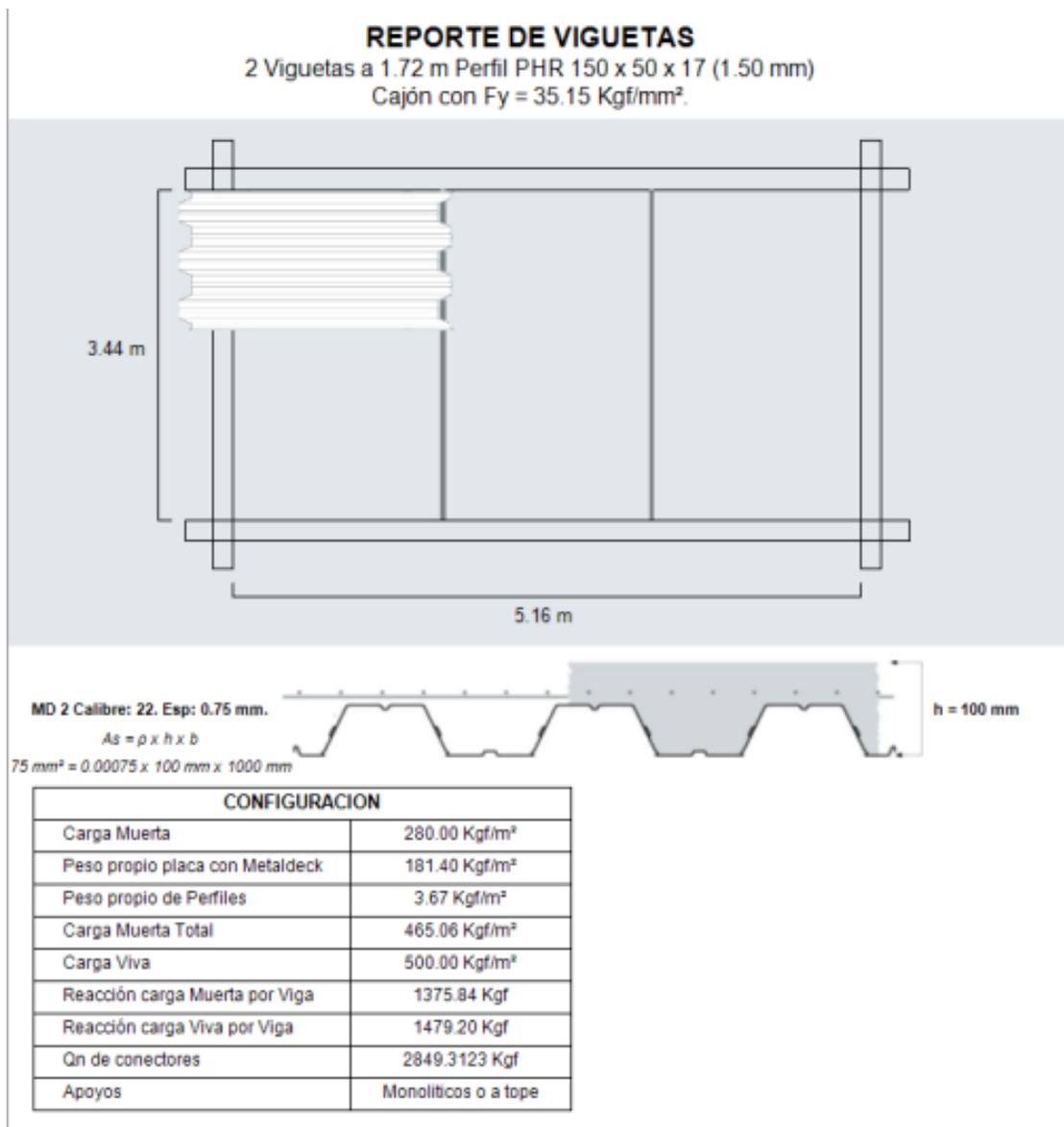
La anterior tabla indica que el máximo valor de deriva es $(1/190) \times 100 = 0.53\%$, que es menor que el 1% correspondiente al máximo exigido por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia.

5.4.12. Cimentación.

La cimentación se diseñó utilizando losa maciza, se puede observar de mejor manera en los planos estructurales.

5.4.13. Diseño losa metaldeck.

Se realiza el diseño de la losa de entrepiso con hojas de cálculo en Excel, para ello se tienen en cuenta los cortantes y momentos máximos que se presentan.



5.4.14. Diseño de correas

Para el diseño de correas se hace uso del programa ARQUIMET.

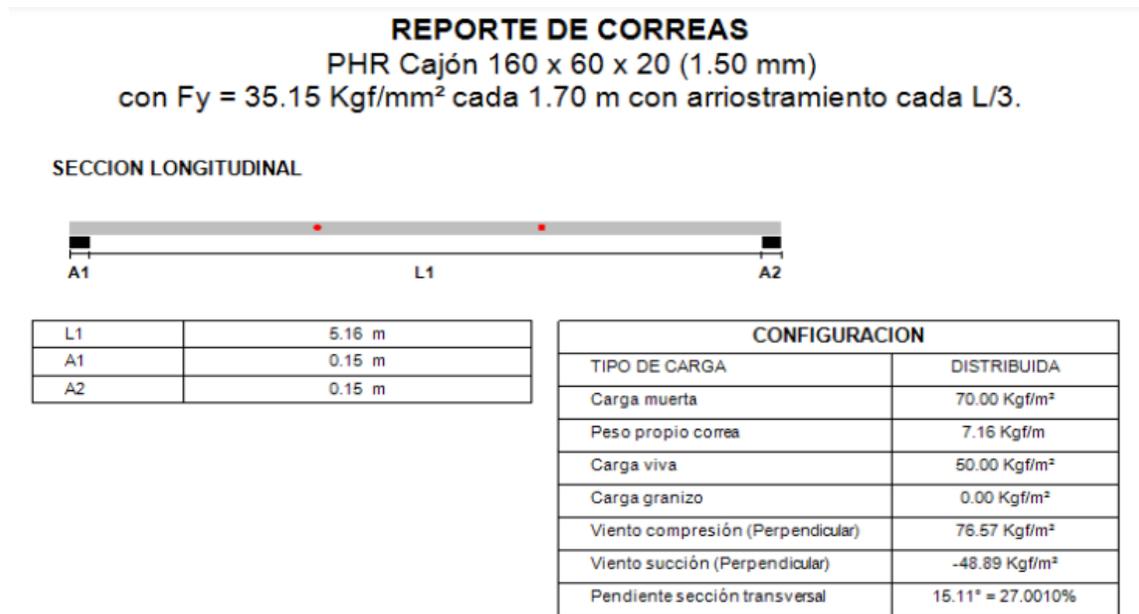


Ilustración 108 Reporte de correas obtenido del programa Arquimet.

5.4.15. Planos Estructurales

En las figuras siguientes se ilustran componentes de los planos estructurales:

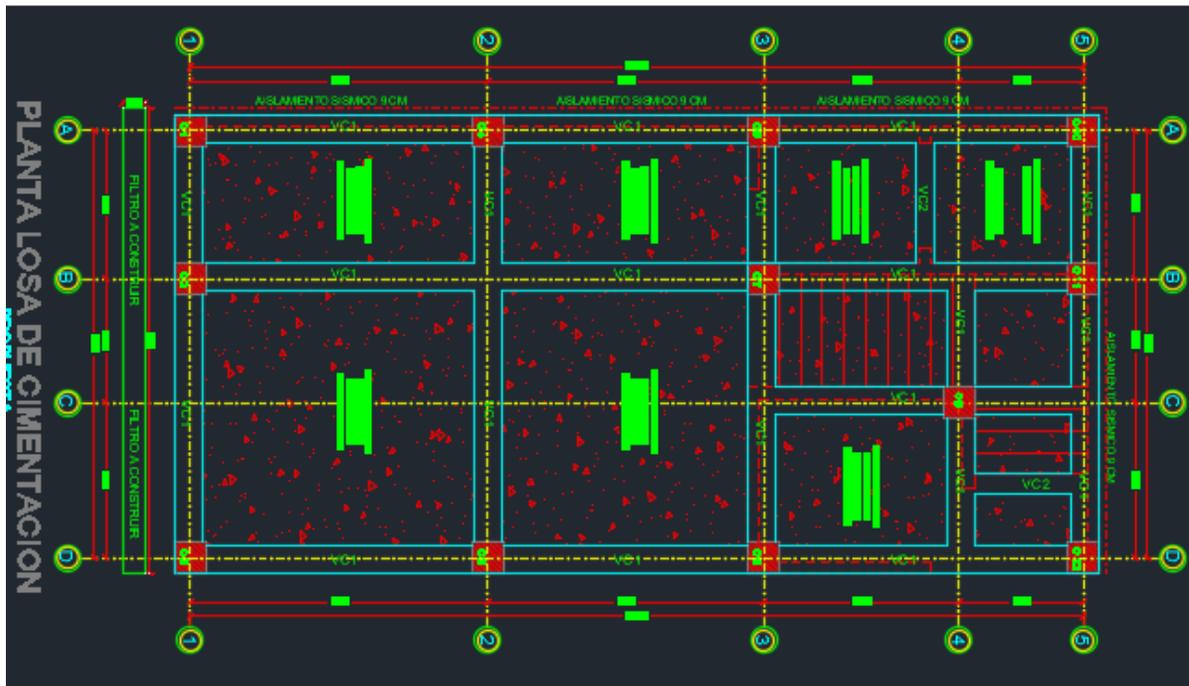


Ilustración 109 Planta losa de cimentación.

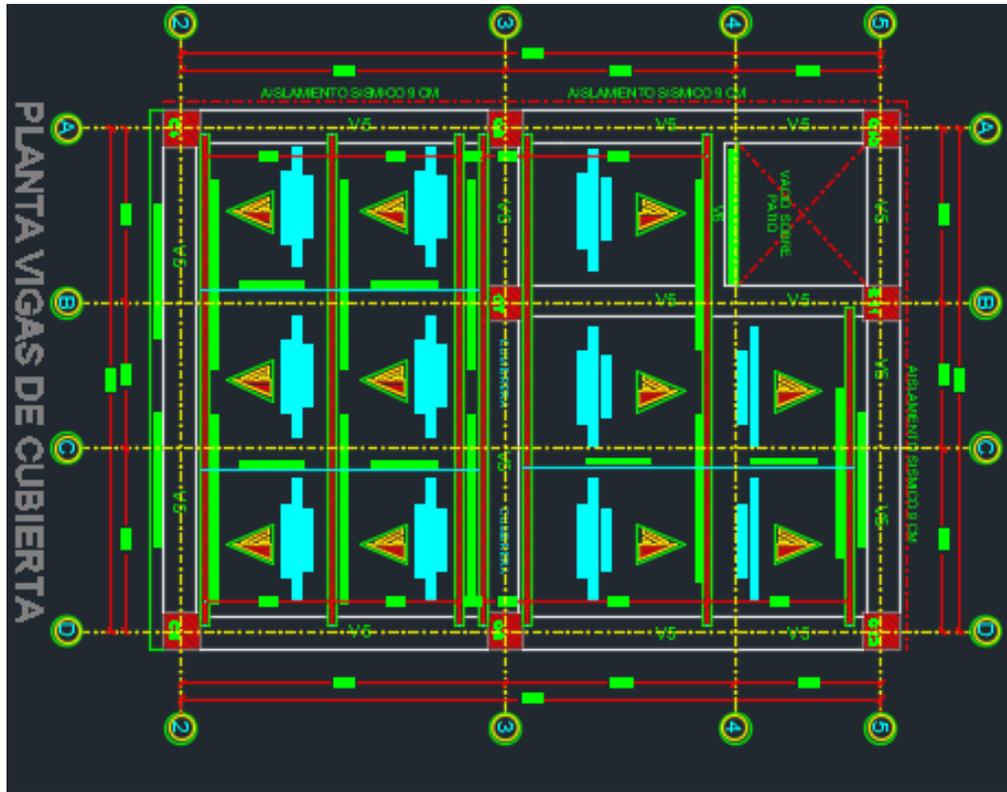


Ilustración 112 Planta de vigas de cubierta.

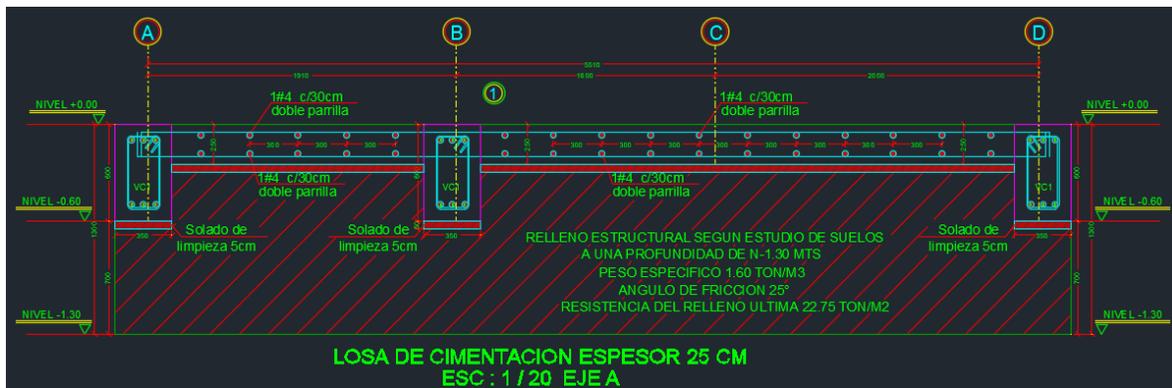


Ilustración 113 Despiece de zapatas Z1.

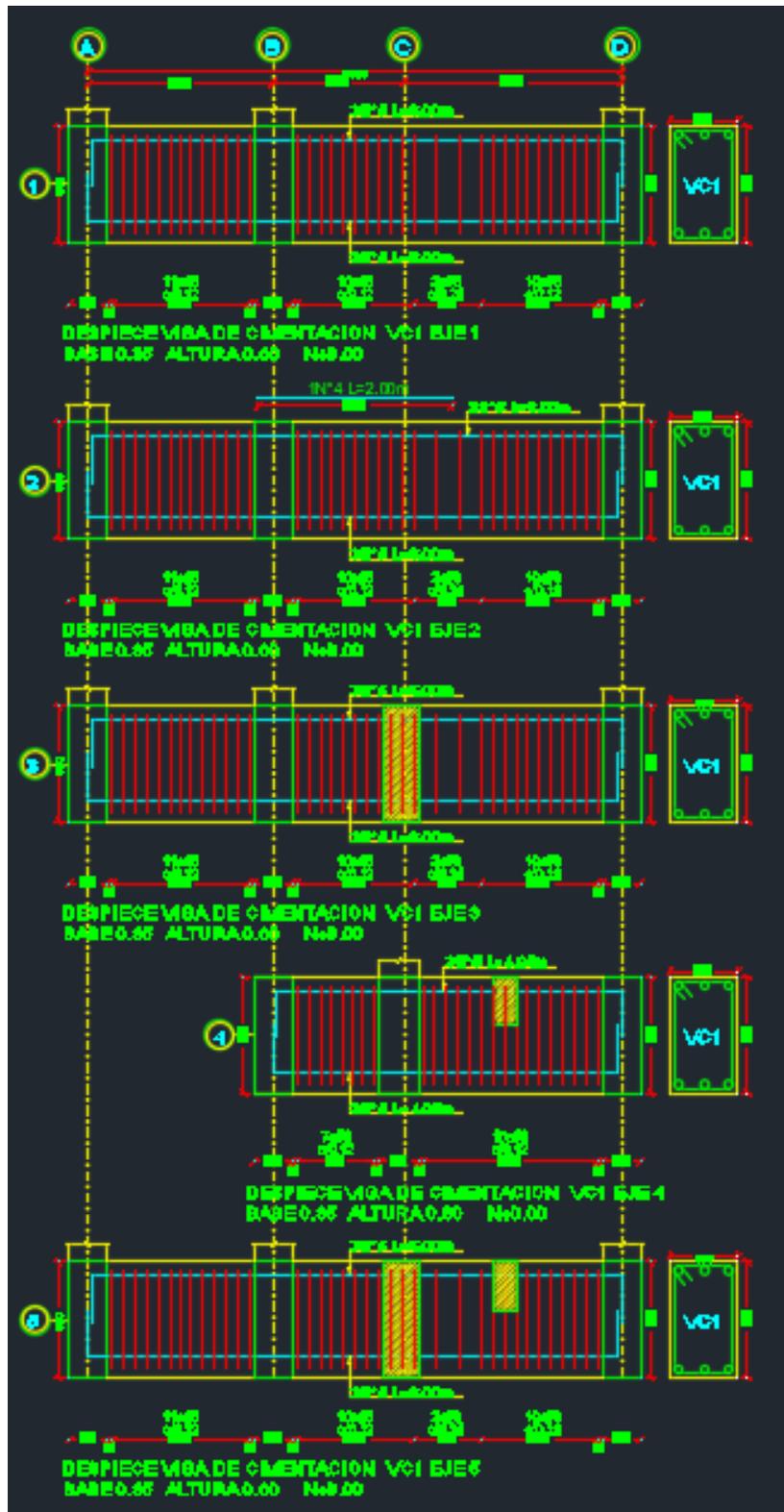


Ilustración 114 Despiece de vigas de cimentación VC1.

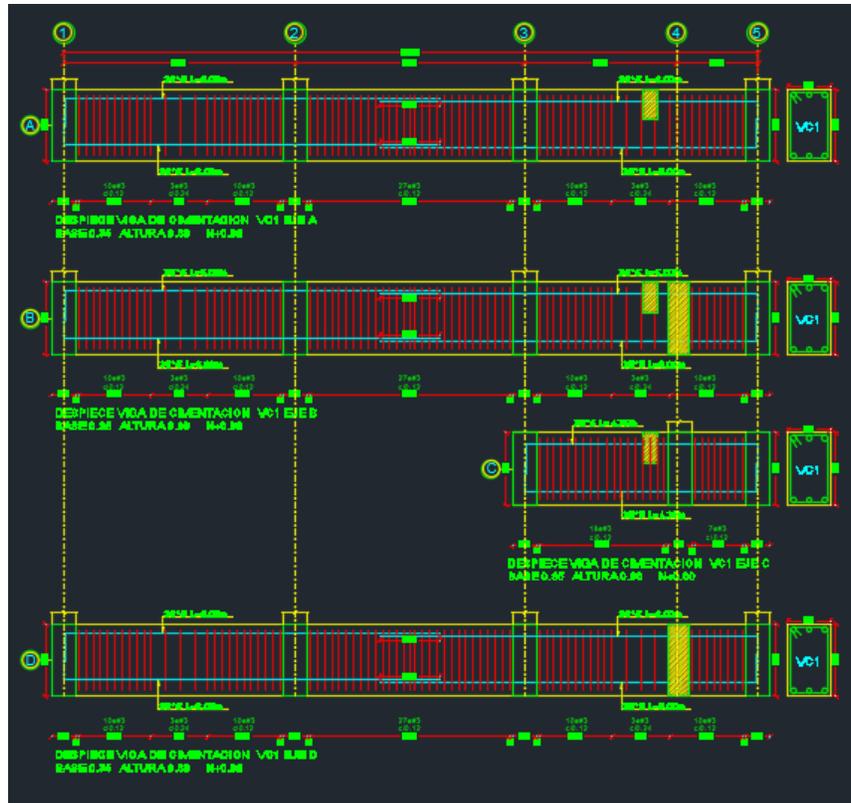


Ilustración 115 Despiece de vigas de cimentación VC1.

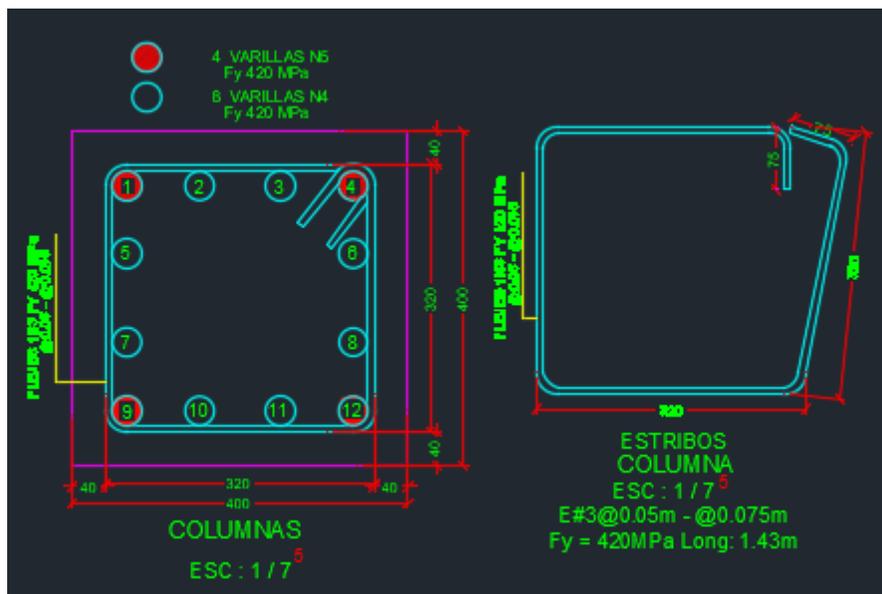


Ilustración 116 Secciones transversales de columnas.

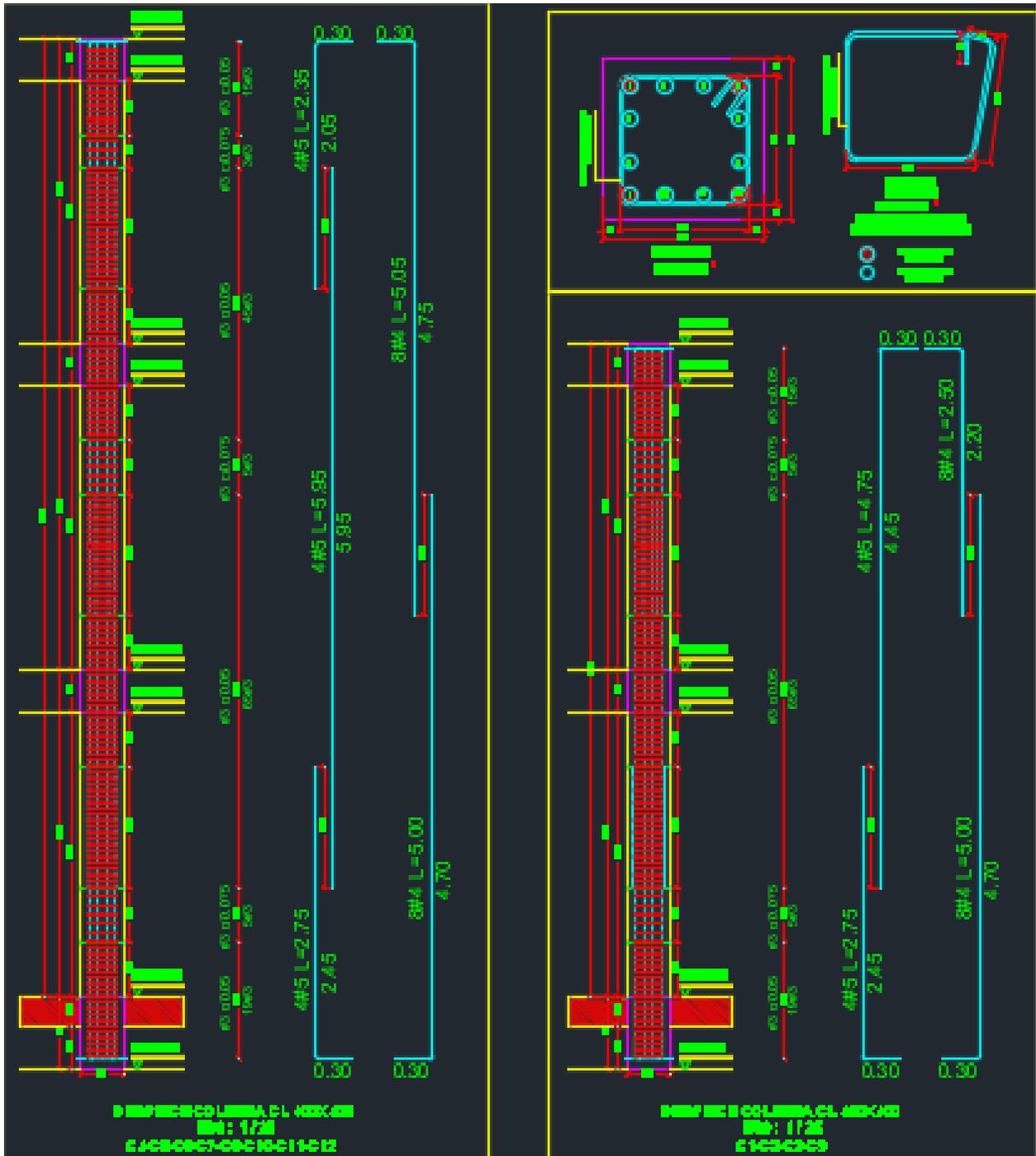


Ilustración 117 Despiece tipo de Columnas.

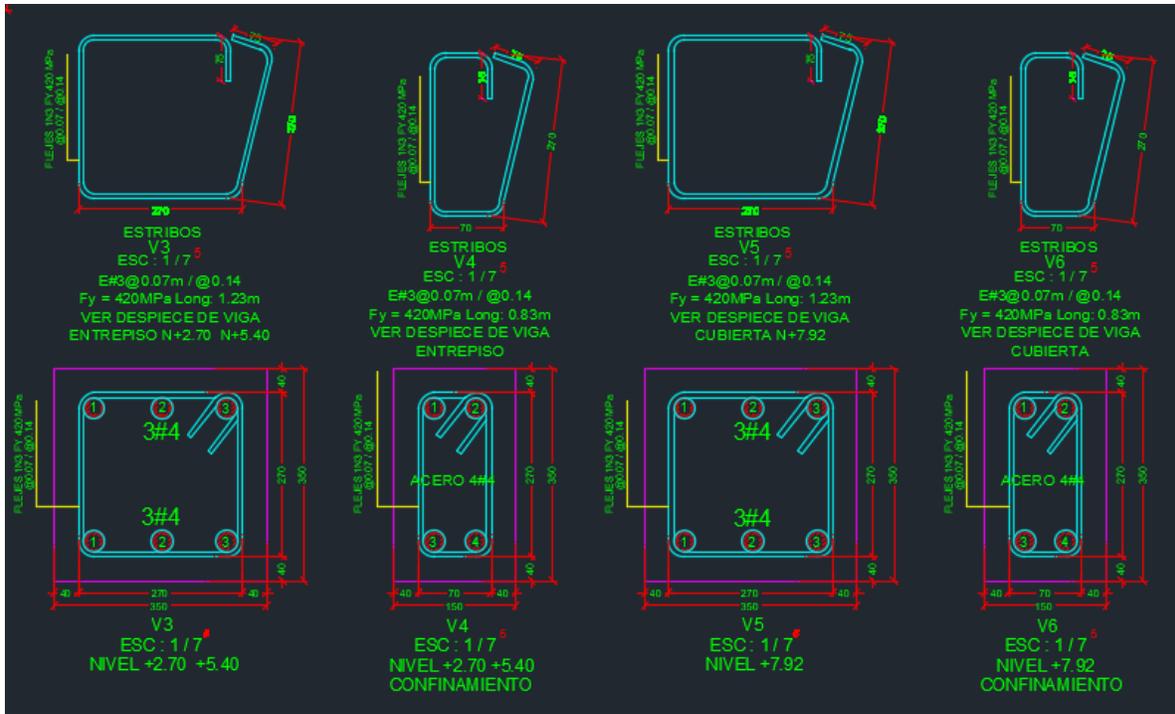


Ilustración 118 Secciones transversales de Vigas.

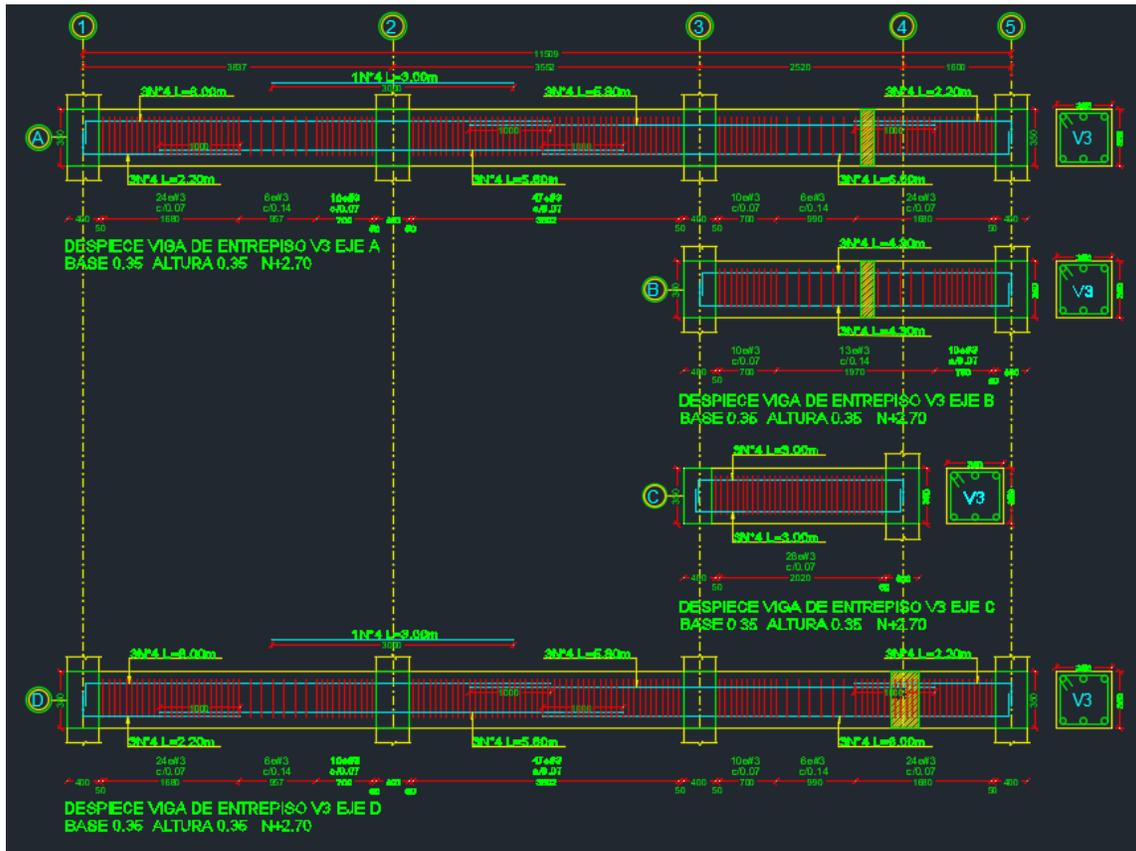


Ilustración 119 Despice de vigas de entrapiso.

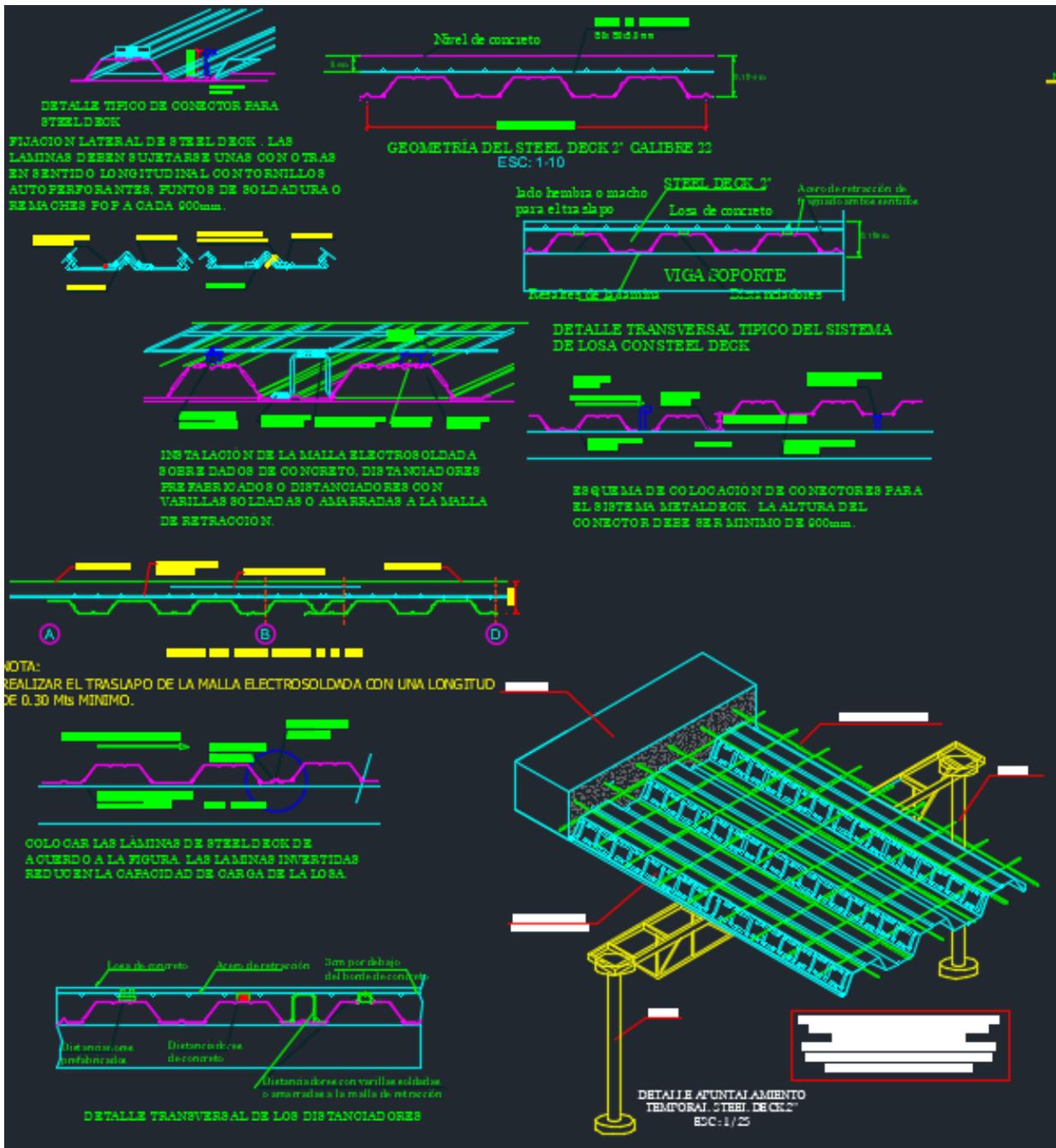


Ilustración 120 Corte losa de entepiso en metaldeck.

6. EXPERIENCIA ADQUIRIDA

1. En el tiempo de ejecución de pasantía se logra reforzar, unificar y adquirir nuevos conocimientos en el ámbito laboral como ingeniero civil, ampliando la perspectiva alrededor de los diseños estructurales empezando desde un análisis de información hasta el diseño de la estructura misma, evidenciando la importancia de poseer bases académicas sólidas provenientes la formación universitaria y del trabajo en equipo.
2. Se logra obtener un criterio propio en el proceso del diseño estructural de edificaciones, los costos que conlleva realizar los distintos diseños y de esta manera es posible adquirir una visión general de la profesión y su interacción en el mercado.
3. Se adquiere experiencia y habilidad en el uso de algunos programas de diseño populares en la actualidad, estando siempre conscientes de la naturaleza de estas herramientas tecnológicas para dar la importancia adecuada a la base de conocimientos y criterios estructurales que permitan hacer un correcto uso de estos programas de diseño.
4. Se desarrolla agilidad como también confianza en la interacción con los diferentes programas de diseño estructural y se recalca la importancia de las hojas de cálculo en Excel que permiten un proceso de diseño más eficiente y confiable.
5. Partiendo de los conceptos adquiridos en la etapa de formación académica, se adquiere amplitud en el conocimiento, manejo e interpretación del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 gracias a su aplicación en la práctica profesional.

7. CONCLUSIONES

- Se da apoyo en el desarrollo de las actividades en la empresa AR&ES INGENIERÍA de manera efectiva, seria y constante, de tal forma que se logra adquirir experiencia en el diseño de proyectos constructivos.
- Los programas ETABS Y SAFE son software de diseño que facilitan en gran medida el desarrollo de un diseño estructural. A partir de ellos se pueden obtener modelos tridimensionales de la estructura y la cimentación, así como planos y verificación de su estabilidad partiendo de los requisitos descritos en la NSR10 de manera eficiente.
- La metodología BIM, a través del programa REVIT, es una tecnología nueva que se está implementando en los proyectos civiles y tiene como objetivo presentar la ubicación detallada de los elementos que componen la obra a través de modelos tridimensionales. Luego, por medio de esta modelación, analizar visualmente, o usando las opciones del programa, las inconsistencias que se puedan presentar debido a sobre posición o cruce entre elementos (tuberías, elementos estructurales, sistema eléctrico, etc.) y gracias a ello elaborar de una mejor manera un proyecto civil antes de iniciar la etapa constructiva.
- Gracias a los nuevos conocimientos adquiridos en el manejo y uso de diferentes software tales como ETABS, SAFE, SAP2000, etc., se logra una mayor amplitud en la comprensión del diseño estructural concluyendo en que las labores del diseñador no están sujetas a una sola metodología.
- Todos los diseños deben cumplir los mismos lineamientos. Éstos son concebir una estructura segura, resistente, estable, dúctil, estética y económica, ciñéndose a la normativa existente.
- Dentro de la concepción de una obra civil, el diseño estructural debe destacarse como una de las partes más organizadas y mejor pensadas, ya que de éste depende en gran medida que la construcción sea adecuada, garantizando la estabilidad de la estructura y por ende la seguridad de las vidas humanas que harán uso de la obra. Por otro lado, debe darse igual importancia a las demás consideraciones y estudios que intervienen en el proyecto, ya que además de lo anterior la estructura debe cumplir con otros parámetros estéticos, normativos, funcionales, entre otros, que se pueden conseguir estableciendo comunicación con los diferentes profesionales que hacen parte del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10.