

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE
OBRAS CIVILES MEDIANTE EL SOFTWARE CYPECAD 2013**

JUAN FELIPE CAMARGO JIMENEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2013**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE
OBRAS CIVILES MEDIANTE EL SOFTWARE CYPECAD 2013**

JUAN FELIPE CAMARGO JIMENEZ

**Trabajo de Grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título
de Ingeniero Civil**

Director

**ING. ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES
Docente Escuela de Ingeniería Civil - UIS**

Tutor

**ING. CRISTIAN RICARDO CABALLERO RAMIREZ
Ingeniero civil – CONSTRUINGENIERIA LTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2013**

A mis padres Abedulio Camargo Benitez y Luz Emilia Jimenez por darme su amor y apoyo incondicional, por su gran esfuerzo que me permite alcanzar esta meta.

A mis hermanos Jose Pablo y Maria Alejandra por ser mi compañía a lo largo de toda mi vida.

A mi novia Margarita María reyes Suarez por su amor incondicional, paciencia y apoyo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater y en especial a la Escuela de Ingeniería Civil, la cual por medio de sus docentes me formó hasta alcanzar este logro.

A mi director Álvaro Viviescas Jaimes, quien siempre creyó y oriento mi trabajo.

A Cristian Ricardo Caballero por su orientación y dedicación durante el desarrollo de la práctica.

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. INFORMACION DE LA EMPRESA	15
2.1 MISION	16
2.2 VISION	16
2.3 OBJETIVO SOCIAL	16
2.4 CALIDAD	17
2.5 TIPO DE SERVICIOS	17
2.6 EXPERIENCIA	17
2.7 CLIENTES	20
3. DESCRIPCION DE LA PRÁCTICA	21
3.1. EDIFICIO MULTIFAMILIAR OTACC CALLE 50	22
3.2. EDIFICIO UNIQ 40	24
3.3. CINASCAR CARRERA 27	26
3.4. EDIFICIO TERRA 26 CONDOMINIO	27
3.5. LA PRADERA CASA 45	29
3.6. TAPISANDER BODEGA 51	30
4. SOFTWARE DE DISEÑO ESTRUCTURAL CYPECAD 2013	32
4.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SOFTWARE	32
4.2. ALCANCE DEL SOFTWARE	32
4.3. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	33
4.3.1. Análisis de cargas	33
4.3.2. Análisis sísmico	33
4.4. DATOS DE ENTRADA	34
4.5. MANUAL DEL USUARIO DE CYPECAD 2013	37
4.6. RESULTADOS	37
4.7. PLANOS Y MEMORIAS	39

5. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES COMPLEMENTARIAS A LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL CON CYPECAD.	42
6. PROCESO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION CON EL USO DEL SOFTWARE CYPECAD VERSION 2013	43
6.1 PREDIMENSIONAMIENTO Y COORDINACION CON LOS OTROS PROFESIONALES.	43
6.2 DATOS DE ENTRADA	44
6.3 MODELADO DE LA ESTRUCTURA	45
6.4 EVALUACION DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS	45
6.5 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA	45
6.6 DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES- VERIFICACION DE DERIVAS	45
6.7 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	45
6.8 DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	46
6.9 RESULTADOS	46
6.9.1 Planos estructurales	47
6.9.2 Memorias de cálculo	47
6.10 REVISION DEL DISEÑO	48
7. CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Evidencia al cumplimiento de los objetivos específicos	50
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo Construingenieria Ltda.	15
Figura 2. Logo OTACC S.A.	22
Figura 3. Modelo 3D Edificio Multifamiliar OTACC Calle 50.	23
Figura 4. Logo Construca S.A.	24
Figura 5. Modelo 3D Edificio UNIQ 40.	25
Figura 6. Logo Cinascar.	26
Figura 7. Modelo 3D Cinascar carrera 27.	26
Figura 8. Modelo 3D edificio Terra 26 Condominio.	28
Figura 9. Modelo 3D La Pradera casa 45.	29
Figura 10. Logo Tapisander.	30
Figura 11. Modelo 3D Tapisander bodega 51.	31
Figura 12. Imagen interfaz CYPECAD para la introducción de datos generales...	35
Figura 13. Imagen interfaz CYPECAD para introducir la normativa de cálculo de la acción sísmica.	36
Figura 14. Imagen interfaz CYPECAD de editor de vigas.	38
Figura 15. Imagen interfaz CYPECAD de editor de elementos de cimentación....	39
Figura 16. Imagen interfaz CYPECAD para la selección de planos para impresión.	40
Figura 17. Imagen interfaz CYPECAD para la selección de listados de obra para exportar memorias de cálculo.	41

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Modelo de presentación de memorias de cálculo estructural Construingeniería Ltda.....	52
Anexo B: Modelo presentación Derivas estructurales Construingeniería Ltda.....	53

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS CIVILES MEDIANTE EL SOFTWARE CYPECAD 2013.¹

AUTOR: JUAN FELIPE CAMARGO JIMENEZ.²

PALABRAS CLAVE: Diseño estructural, norma colombiana sismo resistente, Práctica Empresarial, CYPECAD 2013.

DESCRIPCIÓN:

El cálculo de estructuras es un campo de la ingeniería civil que se debe trabajar con mucha responsabilidad, y donde los conocimientos del diseñador van de la mano a los requerimientos de la normativa sísmica vigente (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10).

Teniendo en cuenta que realizar prácticas empresariales como modalidad de trabajo de grado otorga al estudiante un complemento vital a los conocimientos adquiridos en las aulas de clase y a que en la actualidad en la ciudad de Bucaramanga el auge de la construcción ha generado un incremento en la demanda de ingenieros calculistas, la práctica empresarial se realizó en la empresa CONSTRUINGENIERIA LTA. En la cual se reforzaron y pusieron en práctica los conocimientos adquiridos sobre diseño estructural mediante el uso del software CYPECAD versión 2013.

CYPECAD 2013 es un software de diseño estructural que permite modelar y calcular una estructura basada en la norma sismo resistente vigente para diferentes países de Latinoamérica, además posee herramientas que permiten imprimir los planos y memorias de cálculo del proyecto, agilizando el proceso de diseño.

¹ Proyecto de grado. Modalidad Práctica Empresarial.

² Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Viviescas

SUMMARY

TITLE: INTERNSHIP AS AUXILIARY OF CIVIL STRUCTURAL DESIGN USING THE SOFTWARE CYPECAD 2013.³

AUTHOR: JUAN FELIPE CAMARGO JIMENEZ⁴

KEYWORDS: structural design, CYPECAD 2013, Internship, NSR-10

DESCRIPTION:

The structural design is a very important civil engineering field that entails a great responsibility. The knowledge of the designer works together with the requirements of NSR-10 (regulation of Colombian earthquake-resistant construction).

The internship gives the student a vital complement to the knowledge acquired in the classroom and a chance to start working life. For this reason and the increase of the construction in Bucaramanga the internship was held in the company CONSTRUINGENIERIA LTA. in which learned about structural design using the software CYPECAD 2013.

CYPECAD 2013 is structural design software to model and calculate a standard structure based on earthquake resistant force for different Latin American countries, also has tools that let you print the plans and project calculation reports, streamlining the design process.

³ Undergraduate Thesis Project, Internship Mode

⁴ Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Viviescas

INTRODUCCIÓN

Realizar una práctica profesional como modalidad de trabajo de grado complementa los conocimientos teóricos adquiridos en la academia y aporta al estudiante confianza y disciplina.

Debido a que el auge de la construcción en Bucaramanga ha disparado la demanda de ingenieros calculistas y al énfasis en el área de diseño estructural que ofrece la escuela de ingeniería civil en la universidad industrial de Santander, es pertinente continuar enfocando los estudios en esta área.

En busca de una formación más completa se realizó una práctica empresarial como auxiliar de diseño estructural en la empresa CONSTRUINGENIERIA LTA. Donde se reforzaron conocimientos valiosos sobre el diseño estructural aplicado en edificaciones tales como casas, bodegas, construcciones de numerosas plantas, entre otros; por medio del software CYPECAD 2013.

El diseño de estructuras además de ser un campo muy interesante de la ingeniería, conlleva a una gran responsabilidad. Es por esto que los conocimientos del diseñador van sujetos a las normativas que regulan la construcción de obras civiles (el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10)).

El Software CYPECAD ha sido muy bien acogido en países latinoamericanos, puesto que posee una interfaz de trabajo amigable para el usuario, lo que acelera el proceso de modelamiento numérico de la estructura. Este software que se ha venido desarrollando durante años, puede ser personalizado para que trabaje de la mano de las normas de resistencia sísmicas que rigen cada país, de forma que el modelamiento y diseño son menos complicados de realizar. Otra aplicación muy importante es la impresión de planos y memorias estructurales, herramienta útil para la radicación del proyecto que se está desarrollando en la Curaduría correspondiente, de forma que se aprueben las licencias requeridas para la construcción.

A continuación se presenta un informe de la práctica empresarial realizada, además de un manual donde se especifican los conocimientos básicos adquiridos sobre diseño estructural. Este es un trabajo realizado de la mano de la escuela de ingeniería civil representada por el ingeniero Álvaro Viviescas Jaimes, director de proyecto y la empresa CONSTRUINGENIERIA LTA.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la práctica empresarial en CONSTRUINGENIERIA LTDA, como auxiliar en el departamento de diseño estructural.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar la información existente del software CYPECAD 2013.
- Elaborar una propuesta del procedimiento base del manejo del software por el cual se pueda solucionar el diseño de estructuras civiles.
- Apoyar la realización de diseños estructurales en los diferentes proyectos que realiza Construingeniería Ltda., conforme a las exigencias de la empresa y del cliente, siguiendo el Reglamento NSR-10.
- Realizar informes semanales de los avances en la elaboración del Manual de Usuario que serán enviados al director de proyecto con periodicidad mensual.

2. INFORMACION DE LA EMPRESA



Figura 1. Logo Construingenieria Ltda.

Fuente: Construingenieria Ltda.

NOMBRE	CONSTRUINGENIERIA LTDA.
DIRECCIÓN	Calle 35 No. 28-28 Of. 101 - Bucaramanga
TELÉFONOS	6324486
E-MAIL	gerencia@construingenieria.com
CONSTITUCIÓN	No. 1640 de 22 de julio de 1996. Notaria 8 de Bucaramanga No. 2673 de 10 de Noviembre de 1997. Notaria 8 de Bucaramanga
ACTIVIDAD	INGENIEROS CIVILES CONSULTORES Y CONSTRUCTORES
GERENTE	ABEDULIO CAMARGO BENITEZ. Ingeniero Civil
AFILIACIONES	Cámara de Comercio de Bucaramanga

CONSTRUINGENIERIA LTDA. Nace en al año 1996 como una empresa cuyo objetivo primordial es la prestación de servicios profesionales y celebración de contratos de construcción y consultoría con entidades públicas y privadas en el área de la ingeniería civil, a través de la realización de obras tales como diseños estructurales, hidráulicos, sanitarios, redes de gas, redes contra incendios, para proyectos de vivienda, edificios, establecimientos comerciales y de servicios; además realiza interventorías de construcción de obras civiles; desarrolla gerencia de proyectos y construye obras civiles.

2.1 MISION

CONSTRUINGENIERÍA LTDA., ofrece a sus clientes, productos y servicios relacionados con el sector de la construcción principalmente en Bucaramanga y su área metropolitana. Mediante el apoyo en sistemas de gestión, brinda un alto nivel de calidad, responsabilidad y cumplimiento, siguiendo las normas técnicas y de ingeniería que exigen los diseños y las obras civiles, a través del aprovechamiento de su talento humano y sus recursos operativos y financieros.

2.2 VISION

CONSTRUINGENIERÍA LTDA., pretende establecerse como una de las más reconocidas e importantes empresas consultoras y constructoras de Santander y su área de influencia, caracterizándose por su imagen, reflejada en la calidad, responsabilidad y cumplimiento que garantice la satisfacción de nuestros clientes.

2.3 OBJETIVO SOCIAL

El objeto social de CONSTRUINGENIERIA LTDA. Es la prestación de servicios profesionales en construcción y consultoría de obras civiles con entidades públicas y privadas y en desarrollo de su objeto social podrá:

- Realizar diseños estructurales, hidráulicos, sanitarios, redes de gas y contra incendio.
- Prestar asesorías y hacer estudios ambientales.
- Realizar Interventoría de construcción de obra civil y/o diseño de proyectos.
- Realizar Gerencia de Proyectos.
- Desarrollar proyectos de construcción de obras civiles (vivienda unifamiliar, multifamiliar, edificios, construcciones institucionales, construcciones recreativas y comerciales y construcción de obras de urbanismo).
- Comprar, vender, exportar e importar toda clase de materiales y elementos relacionados con la construcción.
- Comprar, vender o tomar en arrendamiento bienes muebles o inmuebles para el desarrollo de sus actividades.
- Asociarse con otras personas naturales o jurídicas o fusionarse con otras sociedades comerciales de la misma índole para desarrollar objetos sociales afines.

2.4 CALIDAD

CONSTRUINGENIERÍA LTDA., ofrece los servicios de consultoría en estudios y diseños detallados, interventoría de construcciones y/o diseños, gerencia de proyectos y construcción de edificaciones y obras de urbanismo, contando para ello con personas altamente calificadas y tecnología adecuada para satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes y así ampliar nuestra cobertura en el mercado.

2.5 TIPO DE SERVICIOS

CONSTRUINGENIERIA LTDA ofrece los siguientes servicios:

- Asesorías y consultorías de obra.
- Diseños estructurales, hidrosanitarios, redes de gas y contra incendio.
- Adecuaciones, reparaciones, remodelaciones y construcciones de obras civiles y obras de urbanismo.
- Interventoría de diseños y/o construcción de obras civiles.
- Gerencia de Proyectos.
- Asesorías y estudios ambientales.
- Presupuestos de obra.

2.6 EXPERIENCIA

- EDIFICIO CEDES, CARRERA 27 CALLES 34 Y 35, ING. MARIO HUMBERTO TORRES, **5200 m2**, 1988
 - EDIFICIO OLYMPUS, ALTOS DE CABECERA, INGENIERO MARIO HUMBERTO TORRES, **7580 m2**, 1988
 - URBANIZACION PLAZA MARSELLA, AREA URBANA, **7800 M2**, 1992
 - ESTADIO FLORIDABLANCA, **5000 M2**, MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, 1994
 - ESTADIO VILLACONCHA, **5300 M2**, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, 1995
 - HOSPITAL LOCAL DEL NORTE, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, **5700 m2**, 1996
 - URBANIZACION CALATRAVA, MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, SERO INGENIERIA LTDA, 1997
- 17 CASAS DE 320 M2 ... 5440 M2**
- URBANIZACION MIRAMONTI, LAGOS DEL CACIQUE, MUNICIPIO DE

BUCARAMANGA, SERO INGENIERIA LTDA, 1997

40 CASAS DE 240 M2... 9600 M2

- URBANIZACION QUINTA ESTRELLA, CONSTRUCTORA QUINTA ESTRELLA, BARRIO CAMPOHERMOSO, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA

1989 ETAPA II 2600 M2

1992 ETAPA VI 3900 M2

1993 ETAPA VII 2600 M2

1994 ETAPA VIII 2600 M2

1995 ETAPA IX 2600 M2

1996 ETAPA X 2600 M2

1997 ETAPA XI 5500 M2

AREA TOTAL CONSTRUIDA... 22400 M2

- CORPORACION UNIVERSITARIA DE SANTANDER, **UDES**

SEDE LAGOS DEL CACIQUE, BUCARAMANGA

1992 BLOQUE I 760 M2

1993 BLOQUE II 1140 M2

1994 BLOQUE III 1900 M2

1998 BLOQUE IV 2800 M2

AREA TOTAL CONSTRUIDA... 6600 M2

- CASAS CONDOMINIO MONTERREAL, RUITOQUE GOLF COUNTRY, AREA URBANA, 1998

CASA 20 JORGE AZUERO 663 M2

CASA 25 HORACIO BLANCO 660 M2

CASA 18 VICTOR PAILLIE 408 M2

CASA 16 DIANA AMAYA 412 M2

CASA 17 EDGAR AMAYA 558 M2

CASA 29 OLIVA DE AMAYA 573 M2

CASA 13 FERNANDO DUARTE 443 M2

CASA 22 LUIS E. ORDOÑEZ 388 M2

CASA 27 EDUARDO VILAREAL 463 M2

CASA 15 JUAN M ROMERO 359 M2

CASA 5 ALVARO JIMENEZ 422 M2

CASA 33 JESUS RTILLOS 422 M2

AREA TOTAL CONSTRUIDA... 5771 M2

- CONJUNTO RESIDENCIAL REFUGIO DEL LAGO, LAGOS DEL CACIQUE, BUCARAMANGA, ARDECO LTDA, 1998

8 CASAS DE 390 M2... 3120 M2

- CENTRO COMERCIAL Y COMUNITARIO, URBANIZACION EL MINUTO DE DIOS, 1999

CENTRO COMERCIAL 2162 M2

CENTRO COMUNITARIO 5184 M2

AREA TOTAL CONSTRUIDA... 7346 M2

- TRIBUNAS DE SOL Y SOMBRA, ESTADIO DE ATLETISMO MUNICIPAL DE TUNJA, MUNICIPIO DE TUNJA, 3000 M2, 1999
- EDIFICIOS E, F, G, H PARA LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, 4000 m2, UPB FLORIDABLANCA, 2001-2003
- EDIFICIO PORTAL DE CABECERA, 5100 m2, 12 PISOS Y 2 SOTANOS, CALLE 48 CARERA 29 MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, MARZO 2003, CONSTRUCTORA DIGAMMA
- CONJUNTO RESIDENCIAL PORTAL DE OVIEDO, 40 CASAS, MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, OCTUBRE 2003, FENIX CONSTRUCCIONES
- CONJUNTO RESIDENCIAL COLINA CAMPESTRE 40 CASAS, MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, OCTUBRE 2004, FENIX CONSTRUCCIONES
- EDIFICIO BETEL, 3600 M2, 10 PISOS, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, MARZO 2004, BETEL CONSTRUCCIONES
- SUPERMERCADO MEGAREDIL, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, FEBRERO 2005, ARQ MANUEL SERRANO
- DISEÑOS DE LAS REDES DE ACUEDUCTO, ESTUDIO DE SUELOS Y CALCULO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA LOS PROYECTOS BETANIA Y BAVARIA, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, OCTUBRE 2005, ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P
- ELABORACION DE LOS CALCULOS ESTRUCTURALES Y DISEÑOS HIDROSANITARIOS PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS I.E. RODULFO ELOY, I.E. CIRO PUPO, I.E. SAN JOSE, I.E INSPECAM, I.E. BELLO HORIZONTE, I.E. MARIA INMACULADA, VILLAS ROSARIO, I.E. TECNICO PATIOS CENTRO No.2., MUNICIPIO DE BARRANQUILLA, OCTUBRE 2006, CONSULTORES DEL DESARROLLO S.A.
- ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL ACUEDUCTO Y EL ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO; DISEÑO ESTRUCTURAL, ESTUDIO HIDROLOGICO, HIDRAULICO Y DE SOCAVACION, PARA EL PUENTE SOBRE LA QUEBRADA LA DIAMANTE SOBRE EL COSTADO DE LA CARRERA 7 DEL PROYECTO VILLAS DE NAVARRA-PASEO GALICIA., MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, ABRIL 2006, INVERSIONES LA PENINSULA LTDA.
- DISEÑO DE INSTALACIONES, HIDRAULICAS, SANITARIAS, GAS Y RED CONTRA INCENDIO PARA EL PROYECTO CENTRO CULTURAL DEL ORIENTE, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, 2009, CENTRO CULTURAL DEL ORIENTE

- DISEÑOS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS DE GAS Y RED CONTRA INCENDIO PARA LA ZONA FRANCA FOSUNAB, AREA CONSTRUIDA 125000 M2, MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, 2011-2012, FUNDACIÓN FOSUNAB
- DISEÑOS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS DE GAS Y RED CONTRA INCENDIO CENTRO COMERCIAL TERZZETO LIVING CENTER, MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, 2012, NEVERLEMER

2.7 CLIENTES

- URBANAS S.A.
- CORPORACIÓN PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA CDMB.
- ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA AMB.
- CONSTRUCTORA DIGAMMA S.A.
- CENTRO COMERCIAL CAÑAVERAL.
- ALMACENES ÉXITO.
- FUNDEMESA.
- SOCIEDAD DE SANTANDEREANA DE INGENIEROS.
- CONSORCIO AR LTDA.
- URBANIZACION MINUTO DE DIOS
- UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
- MUNICIPIO DE BUCARAMANGA
- MUNICIPIO DE PIEDECUESTA
- FUNDACIÓN FOSUNAB
- NEVERLEMER

3. DESCRIPCION DE LA PRÁCTICA

Durante los cuatro meses de duración de la práctica empresarial que inició el 29 de Junio de 2013, se realizaron diferentes proyectos de diseño estructural bajo el cargo de auxiliar de diseño estructural. Los proyectos de CONSTRUINGENIERIA LTDA provienen de contratos obtenidos con diferentes constructoras y clientes particulares.

Cada uno de los proyectos desarrollados se asignó por el gerente, quien a su vez planteaba el sistema estructural a usar y definía diferentes parámetros para el desarrollo del proyecto. Se resalta el desempeño del ingeniero Cristian Ricardo Caballero, tutor de la práctica empresarial, que con dedicación, paciencia y disposición, se esmeró por compartir conocimientos y por resolver las dudas generadas en el trabajo realizado.

El trabajo en la empresa consistió en la modelación, análisis de resultados, realización de despieces, planos de obra y memorias de cálculo de diferentes proyectos estructurales, lo cual se realizaba con la ayuda del software de diseño CYPECAD 2013.

Los datos de partida para la realización de dichos proyectos consistían en un estudio de suelos de la zona dispuesta para la construcción del proyecto y el diseño arquitectónico que especifica las dimensiones y distribución de la edificación.

Cuando algún chequeo realizado a los elementos estructurales como vigas, columnas, zapatas, entre otros, no cumplían con parámetros exigidos por la norma NSR-10, se evaluaba junto con el ingeniero diseñador la factibilidad de modificar las secciones transversales de los elementos. En ocasiones cuando los cambios a realizar requerían de la redistribución o adición de los mismos, se discutía junto con el arquitecto, quien en definitiva era quien daba la autorización.

Finalmente cada proyecto concluía con la elaboración detallada de planos de obra y el ensamble de las memorias de cálculo, los cuales eran revisadas y corregidas por el ingeniero diseñador.

A continuación se realizara una breve descripción de algunos de los proyectos más significativos en los que se participó durante esta práctica empresarial.

3.1. EDIFICIO MULTIFAMILIAR OTACC CALLE 50



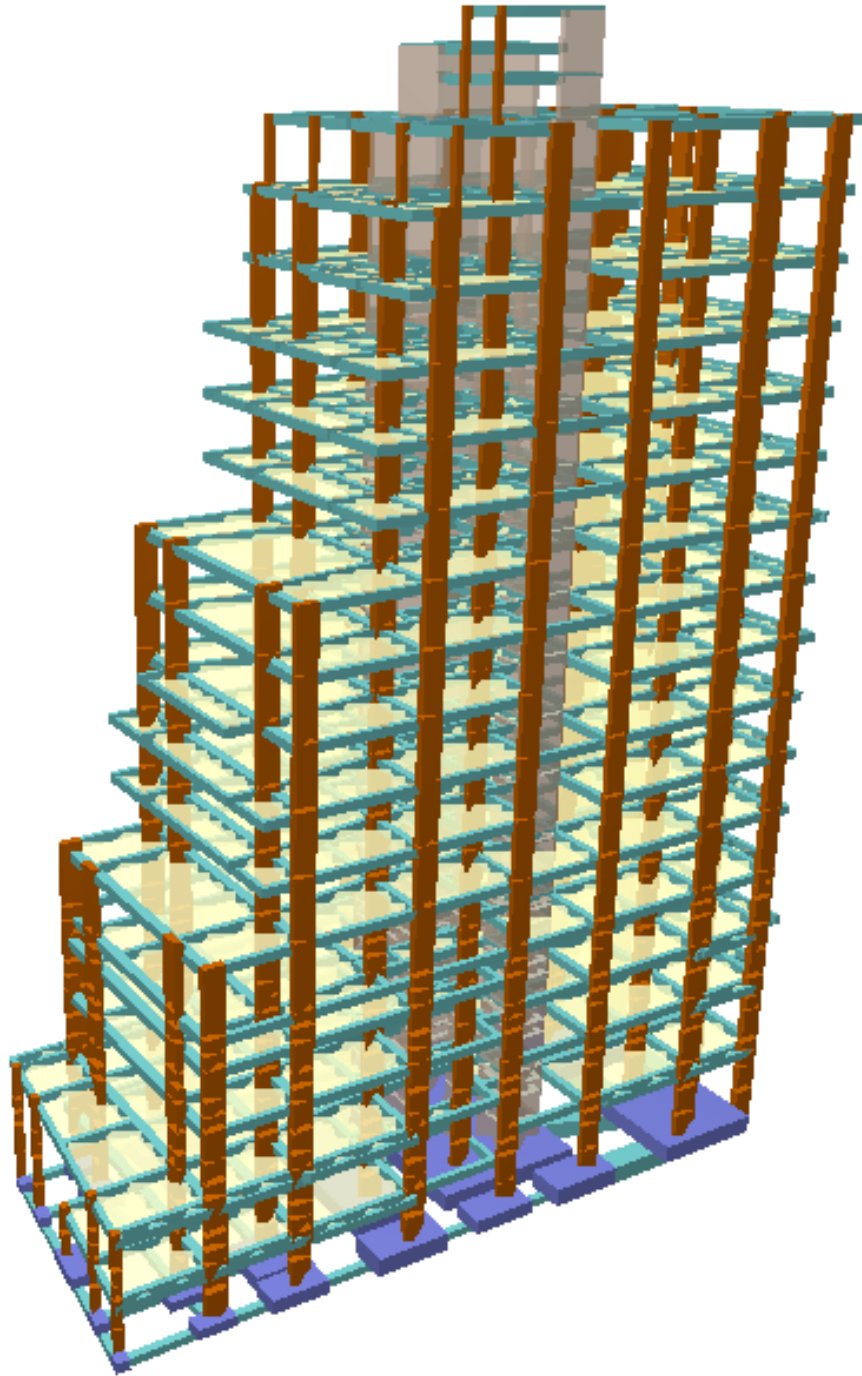
Figura 2. Logo OTACC S.A.

Fuente: OTACC S.A.

El proyecto se localiza en la Calle 50 No. 28-24/34 en la ciudad de Bucaramanga. Este diseño se había venido trabajando desde el año 2012, ocurriendo variaciones arquitectónicas que obligaron a cambiar el modelo en dos ocasiones. Sin embargo, las últimas modificaciones se realizaron en Junio del presente año, y se llevó a cabo el cálculo de una estructura de 23 niveles, contando con 2 niveles de sótanos y 48.55m de altura. El estudio de suelos fue adelantado por el Ingeniero Jaime Suárez D. y el diseño arquitectónico por el arquitecto Luis Ardila Cancino.

Junto con el ingeniero Abedulio Camargo B. se propuso toda la estructura a diseñar. Se trabajó un sistema estructural mixto que contenía columnas y pantallas que soportaban la estructura. También se propuso un sistema de losa aligerada con viguetas y se calculó sus dimensiones (altura de losa, espaciamiento de viguetas, ancho de vigas). De acuerdo al diseño arquitectónico y parámetros del arquitecto, se obtuvieron las cargas vivas y muertas que se aplicarían a la estructura, y se desarrolló el modelo en CYPECAD. En la figura 3. se puede apreciar el modelo tridimensional del edificio.

Se realizaron cambios en la sección de algunas columnas, pues no cumplían derivas. A su vez, el gran peso de la estructura generó problemas con el diseño de la cimentación pues las zapatas exigían un área de gran tamaño. El problema se resolvió al diseñar zapatas que combinaban dos o más columnas. Finalmente el proyecto se cerró el 20 de Julio de 2013 con la firma y entrega de planos estructurales y memorias de cálculo a OTACC S.A. Actualmente OTACC S.A. se encuentra a la espera de la aprobación de las licencias requeridas para dar inicio a la construcción de este proyecto.



**Figura 3. Modelo 3D Edificio Multifamiliar OTACC Calle 50.
Fuente: CYPECAD 2013.**

3.2. EDIFICIO UNIQ 40



Figura 4. Logo Construca S.A.

Fuente: Construca S.A.

El proyecto se encuentra ubicado en la Carrera 40 No. 46-104 en el municipio de Bucaramanga. El estudio de suelos fue facilitado por ALICON & ING. S.A.S. y el diseño arquitectónico por ARQMAX S.A.S. El diseño de este proyecto inició en el mes de Julio de 2013 con el fin de dar solución de vivienda a estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga que desearan arrendar en este proyecto. Consiste en un edificio de 20 niveles, incluyendo 3 de sótanos y una altura de 45.90m sobre el nivel de la vía. Se propuso un sistema mixto de columnas y muros estructurales, estos últimos con el fin de dar lugar y soporte al ascensor de acceso de personal, y del mismo modo, para soportar un innovador ascensor de vehículos, que los traslada entre cualquier sótano de parqueaderos y el nivel de acceso a la vía. En la figura 5. Se representa el modelo tridimensional de la estructura.

El tipo de losa que se modeló fue placa maciza postensada, con lo que el refuerzo en los forjados se disminuyó notablemente. Esta tipología de placa está siendo muy bien acogida en nuestra ciudad pues garantiza la reducción en costos de materiales, aporta gran resistencia a la estructura, confiabilidad y durabilidad. Sin embargo, el cálculo de los cables postensados se llevó a cabo por el ingeniero tutor Cristian Ricardo Caballero, por lo que el diseño de la placa se simplificó y el aporte se redujo a cuestiones de dibujo.

Fue necesario aumentar las dimensiones de algunas columnas debido a que no cumplían comprobaciones de derivas. Se llevó a cabo dos modificaciones en las dimensiones de columnas, puesto que con la primera la estructura continuaba con problemas de derivas.

Debido a la capacidad portante y el tipo de suelo del proyecto, no se logró diseñar la cimentación con zapatas, y vigas de enlace y amarre. Se propuso un sistema de losa flotante con vigas de cimentación que resolvió efectivamente el apoyo de la estructura en el suelo. El proyecto se cerró el día 19 de Agosto de 2013, luego de terminar el dibujo de todos los planos que incluían detalle de escaleras, muros de

contención, despiece de losas, y por último la impresión de las memorias. Actualmente el diseño arquitectónico del proyecto se está modificando, por lo cual, se solicitará un rediseño de la estructura.

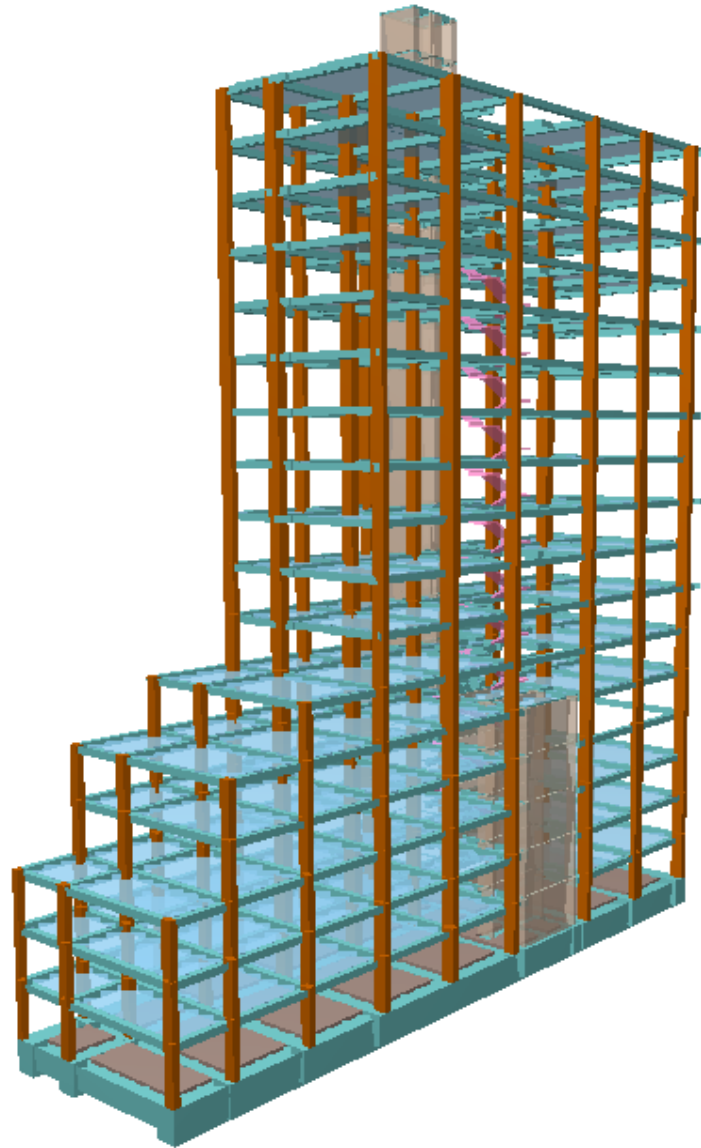


Figura 5. Modelo 3D Edificio UNIQ 40.
Fuente: CYPECAD 2013.

3.3. CINASCAR CARRERA 27



Figura 6. Logo Cinascar.

Fuente: Grupo Automotriz Cinascar.

Este proyecto se encuentra en la carrera 27 No. 52-55 de Bucaramanga. El cliente requería cambiar la estructura existente del local comercial. Se comenzó a trabajar en este proyecto en Agosto del presente año. Éste local se encuentra constituido por una planta de un solo piso con una cubierta metálica soportada por cerchas del mismo material, apoyadas en columnas de concreto reforzado. Se decidió conservar algunas columnas existentes, y se plantearon otras nuevas para llevar a cabo el diseño. En la figura 7. Se puede observar la estructura en 3D.

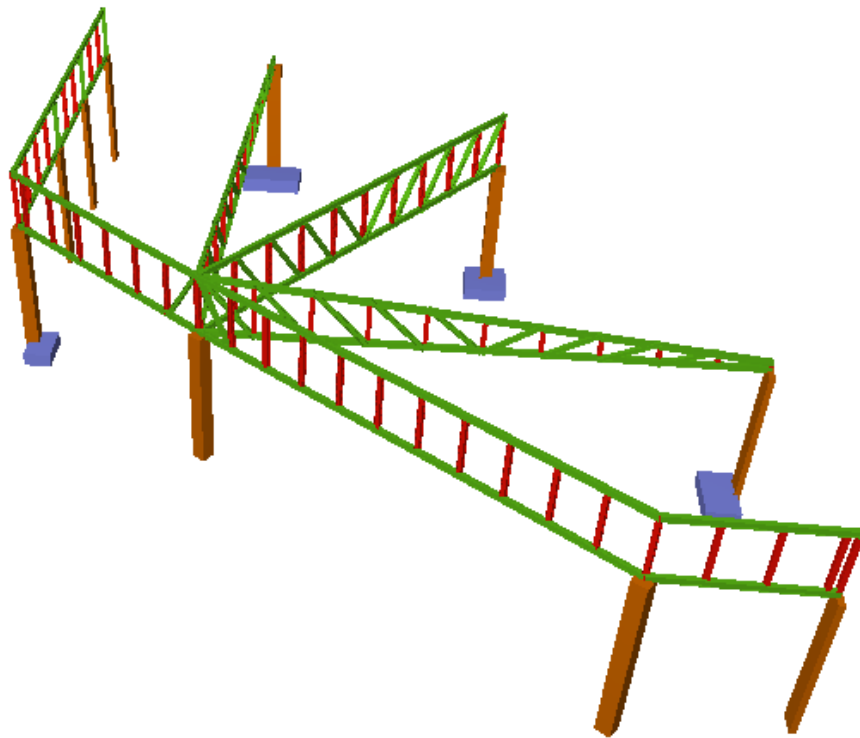


Figura 7. Modelo 3D Cinascar carrera 27.

Fuente: CYPECAD 2013.

Las cerchas que sostienen la cubierta no cumplieron comprobaciones, razón por la cual se optó por aumentar el espesor de sección de los perfiles metálicos de los tramos en falla.

Adicionalmente, se diseñó un muro de cerramiento en mampostería H15 confinado con columnetas dispuestas cada 3m, y fue necesario el diseño de ménsulas cortas donde se apoyarían las cerchas de cubierta en las columnas.

Se dio por terminado el proyecto el 14 de septiembre de 2013 entregando al cliente los planos estructurales y las memorias de cálculo firmadas. El proyecto actualmente se encuentra construido y en servicio.

3.4. EDIFICIO TERRA 26 CONDOMINIO

Propietario: Orlando Rodríguez P.

La ubicación de este proyecto es en la Carrera 40^a No. 25-55/65/67, en el barrio Bolívar de la ciudad de Bucaramanga. Se comenzó a trabajar en este proyecto en Agosto del presente año. Consiste en un edificio multifamiliar de 13 niveles, contando con una zona social en el último nivel, dos sótanos subterráneos de parqueaderos en los primeros niveles, y una altura de 34.60m sobre el nivel de la vía. El diseño arquitectónico fue adelantado por el arquitecto Enrique Quiroga Fajardo.

Se propuso un sistema mixto de columnas y muros, con losa aligerada para dar solución al diseño de la estructura. Cabe resaltar que a nivel de zona social el arquitecto definió una piscina prefabricada y soportada en una estructura en madera, para lo cual se calculó la carga que ésta ejercería sobre la placa. Se prestó especial atención a todos los detalles arquitectónicos del diseño, con el propósito de asemejar el modelo lo más cercano a la realidad. En la figura 8. Se puede apreciar el modelo tridimensional de la estructura.

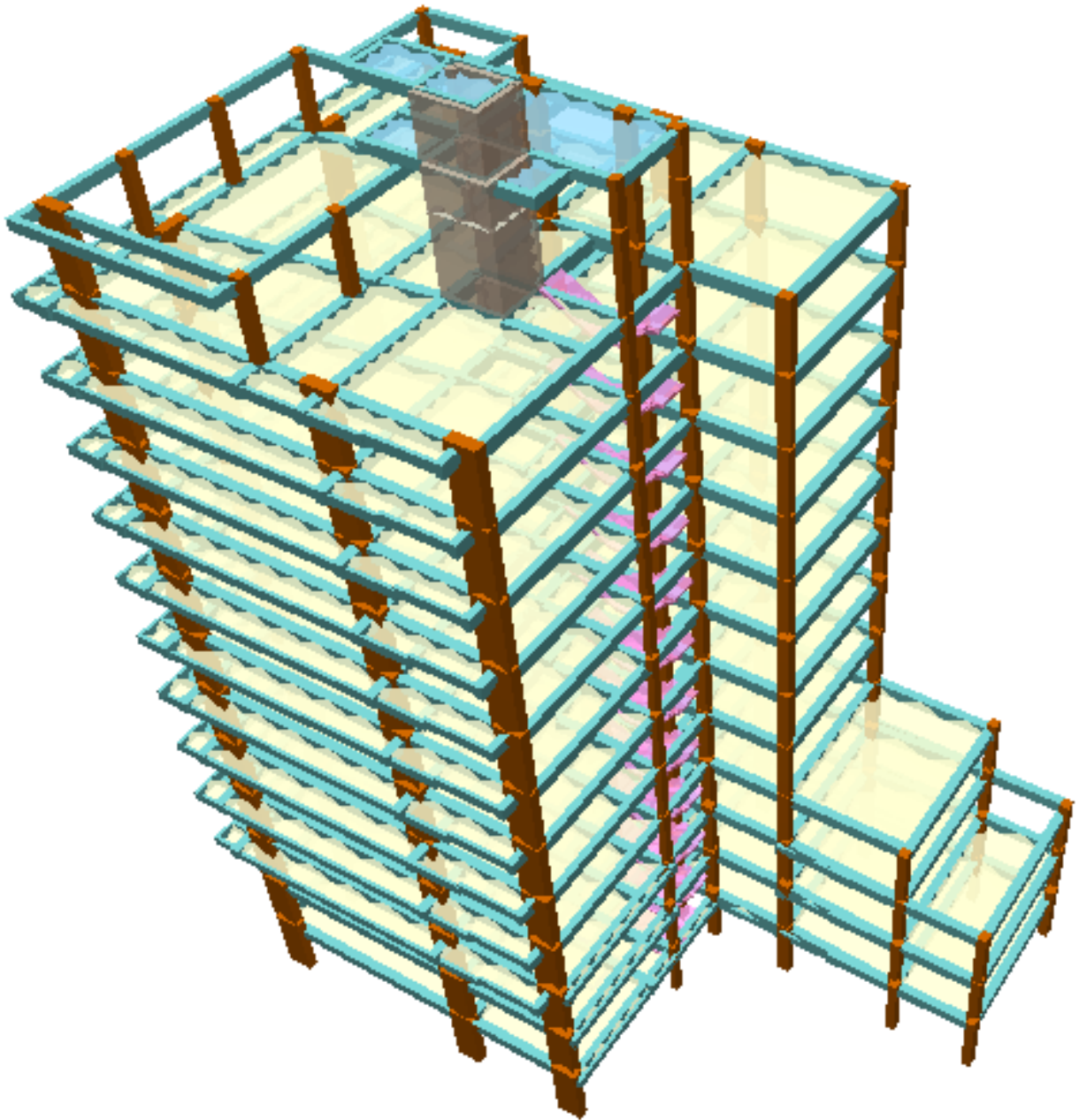


Figura 8. Modelo 3D edificio Terra 26 Condominio.
Fuente: CYPECAD 2013.

El diseño de este proyecto se pausó debido a que el propietario desea hacer algunos cambios al diseño original. CONSTRUINGENIERIA LTDA. Se encuentra a la espera de la respuesta del cliente para proseguir con el diseño de la estructura.

3.5. LA PRADERA CASA 45

Propietario: Angelmiro Sanabria Soler

El proyecto se ubica en el lote 45 del conjunto Pradera, Ruitoque Golf Country Club, y pertenece al municipio de Piedecuesta. Se empezó a trabajar en el diseño en Enero del presente año, y se pausó debido a cambios en el diseño arquitectónico, luego se reinició el diseño en el mes de Septiembre y consiste en una vivienda de tres niveles con cubierta en madera. El diseño arquitectónico fue proporcionado por el arquitecto Miguel Rodríguez Villamizar y el estudio geotécnico fue desarrollado por el ingeniero Cristian Eduardo Rey Galindo.

Se propuso un sistema estructural aperticado con losa aligerada, en el que se llevó a cabo un análisis de cargas de la cubierta en madera con el fin de reconocer las vigas que debían soportar su peso y los muros cuchilla que se disponen entre las vigas y la cubierta. También se requirió el diseño de vigas tipo canal a nivel de cubierta, y el cálculo de dos escaleras semicirculares, acorde al diseño arquitectónico propuesto. En la figura 9. Se puede apreciar el modelo tridimensional de la estructura.

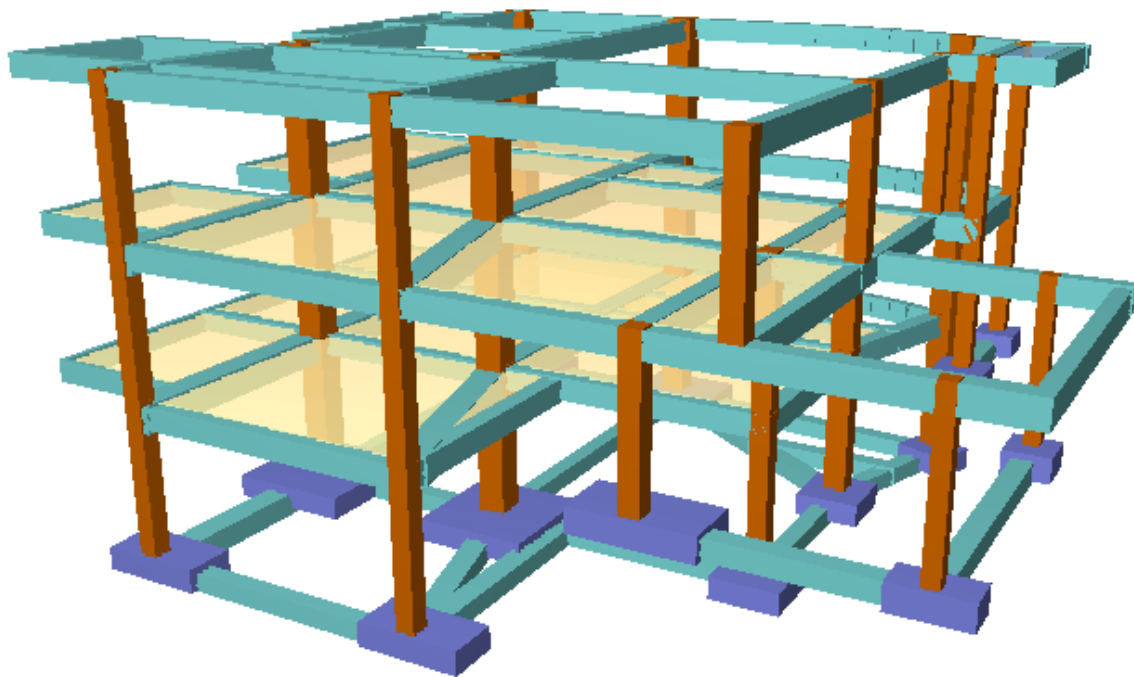


Figura 9. Modelo 3D La Pradera casa 45.

Fuente: CYPECAD 2013.

Tras aumentar la sección de algunas columnas que no cumplían derivas, el modelo cumplió todas las comprobaciones, dando lugar al dibujo, ajuste,

ensamble e impresión de planos y memorias de cálculo. El proyecto se entregó el 17 de Octubre firmado y preparado para ser radicado ante la Curaduría.

3.6. TAPISANDER BODEGA 51



Figura 10. Logo Tapisander.
Fuente: Tapisander.

El proyecto se encuentra ubicado en el parque industrial y comercial Provincia de Soto I, en el municipio de Girón, Santander. Se solicitaba una bodega para almacenamiento que contara con dos placas para oficinas. De la misma manera, se requería una cubierta general metálica, y otra cubierta para las oficinas compuesta por dos tramos de placa maciza y un espacio libre para un domo. La estructura alcanza una altura de 12.00m, el estudio geotécnico fue adelantado por ConstruSuelos LTDA. Y el diseño arquitectónico por el arquitecto Edgar Jaramillo Suarez. Se comenzó a trabajar en esta bodega en el mes de Marzo del año 2012. Tras 3 cambios arquitectónicos importantes se llegó al diseño final de la estructura, con lo cual se comenzó a diseñar en el mes de Julio de 2013.

Se propuso un sistema estructural aporticado y losa con lámina colaborante en Steeldeck con correas metálicas laminadas en frío. Para la cubierta se optó por un sistema de cerchas metálicas con correas y tendones que soportaran el tejado. En la figura 11 se puede observar el modelo en 3D de la bodega.

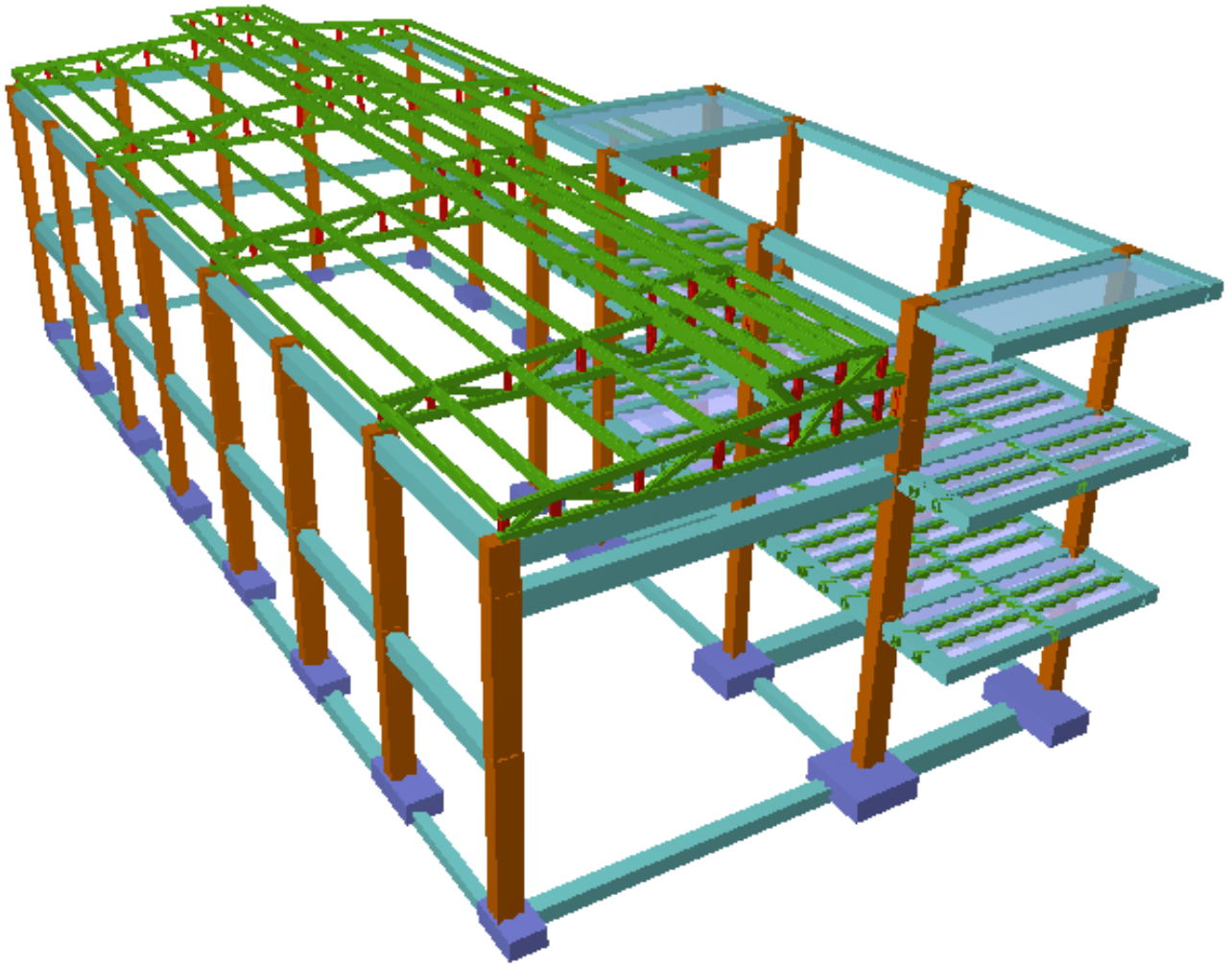


Figura 11. Modelo 3D Tapisander bodega 51.
Fuente: CYPECAD 2013.

Durante este proyecto se tuvo en cuenta un análisis de cargas detallado que incluyera los muros de cerramiento de la bodega, cargas por acabados especiales, cargas de la cubierta metálica, y las cargas vivas correspondientes al uso de la estructura. Los resultados fueron desfavorables, pues las derivas se encontraban en estado crítico, razón por la cual se plantearon columnas adicionales a las existentes. Para la cimentación, el estudio de suelos proponía dos capacidades portantes del suelo diferentes para la zona oriental y occidental del proyecto. Se diseñaron las zapatas con su correspondiente capacidad de suelo y finalmente, el diseño cumplió todas las comprobaciones de CYPECAD. Se logró cerrar el proyecto el 01 de Octubre de 2013.

4. SOFTWARE DE DISEÑO ESTRUCTURAL CYPECAD 2013

CYPECAD 2013 es una herramienta computacional desarrollada en España que permite realizar el dimensionamiento y cálculo de estructuras de hormigón armado y metálicas, sometidas a solicitaciones verticales y horizontales. Es importante resaltar que los procesos de dimensionamiento, diseño y análisis sísmico del software se acogen al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Adicionalmente, CYPECAD 2013 cuenta con un dibujante de planos estructurales, y una herramienta para exportar sus respectivas memorias, que fácilmente se pueden imprimir y/o exportarlos a archivos que pueden ser utilizados en programas conocidos como Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, AutoCAD, entre otros. Esto reduce significativamente el tiempo de trabajo, pues en la mayoría de proyectos sólo se requerirá algunas modificaciones en los planos y memorias estructurales, a decisión del ingeniero calculista.

4.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SOFTWARE

CONSTRUINGENIERIA LTDA cuenta con la licencia vigente para el uso profesional del software CYPECAD 2013 y CYPE 2014, No. 107897. Ésta permite la utilización de todos los programas y módulos de CYPE Ingenieros, sin límite de tiempo ni horario.

4.2. ALCANCE DEL SOFTWARE

El software CYPECAD dispone de diferentes módulos para el cálculo de estructuras de hormigón armado y metálicas, con la capacidad de calcular un edificio de varios niveles, una escalera aislada, muros estructurales, muros de contención, cubiertas metálicas completas con cerchas, correas y tendones, cimentación tipo pilote, losa flotante, zapata aislada, columnas y vigas de diferentes tipos de sección. Sin embargo, uno de los mayores logros de este software es la posibilidad de imprimir planos estructurales para obra, y planos y memorias estructurales para radicación en Curaduría.

Los planos que exporta CYPECAD incluyen plantas de la estructura, despiece de vigas, viguetas, cimientos, columnas, muros estructurales, pantallas, escaleras, cortes de la estructura, y una gran variedad de detalles que se pueden adicionar como la losa de contrapiso y zapata sobre pozo de concreto ciclópeo, entre otros.

4.3. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

4.3.1. Análisis de cargas El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial tridimensional, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: columnas, pantallas, muros, vigas y placas.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se considera la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento rígido del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por lo tanto, cada planta sólo puede desplazarse y girar en su conjunto (3 grados de libertad).

Se mantiene la consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta aunque se introduzcan vigas, y no forjados, en la planta, salvo para las vigas exentas que se desconecten del diafragma rígido y salvo para los muros que no estén en contacto con forjados.

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considera cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona y no se tiene en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportan como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

Las escaleras también disponen de 6 grados de libertad, se resuelven de forma aislada y sus reacciones se transmiten.

4.3.2. Análisis sísmico El cálculo sísmico se lleva a cabo a partir de un análisis modal-espectral completo que trabaja cada modo como una hipótesis singular y realiza la expansión combinación modal para obtener los esfuerzos en los elementos.

La NSR-10 exige el cumplimiento de la condición de cortante basal mínimo cuando se aplica el método dinámico modal-espectral, para el cálculo de la acción sísmica. Esta comprobación se encuentra implementada en CYPECAD tanto para el reglamento colombiano, como para otros países. El software también tiene en cuenta los criterios de diseño por capacidad de la norma.

Por otro lado, es posible contar con el efecto de los elementos no estructurales, y elementos constructivos de la edificación en proceso, para el análisis sísmico de la misma.

4.4. DATOS DE ENTRADA

Para el modelamiento de una estructura se debe proporcionar los siguientes datos al programa:

- Nombre proyecto
- Resistencia a compresión del concreto(f'_c)
- Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo(f_y)
- Capacidad portante del suelo
- Municipio donde se encuentra el lote
- Tipo de edificación
- Coeficiente de disipación de energía y coeficiente de irregularidad
- Tipo de suelo
- Criterio de armado por ductilidad(DMI, DMO, DES)

En la figura 12. Se puede observar los diferentes datos generales mencionados anteriormente.

Figura 12. Imagen interfaz CYPECAD para la introducción de datos generales.
Fuente: CYPECAD 2013.

En datos generales, para definir la acción sísmica es necesario situarse geográficamente para especificar la norma rigente y los diferentes parámetros de sitio. Esto se evidencia en la figura 13

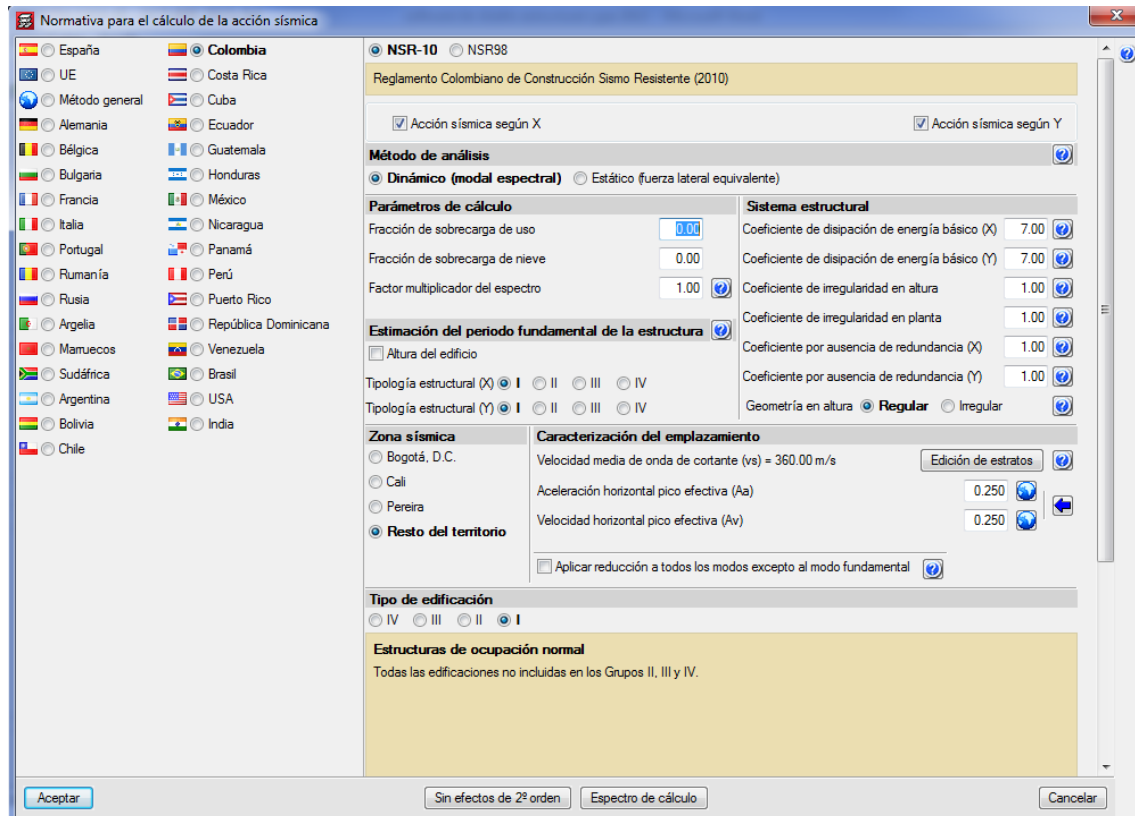


Figura 13. Imagen interfaz CYPECAD para introducir la normativa de cálculo de la acción sísmica.

Fuente: CYPECAD 2013.

Siendo los anteriores los datos más relevantes, se puede empezar a modelar la estructura. Para ello existen tres maneras de introducir el entramado de vigas y columnas, que son:

- Introducción automática de obras: DXF, DWG y modelos CAD/BIM.
El módulo Introducción automática de obras: DXF, DWG y modelos CAD/BIM de CYPECAD dispone de dos opciones que han sido concebidas para generar automáticamente la estructura utilizando la información de los ficheros.
- Con ayuda de DXF o DWG usados como plantillas.
Se puede introducir los soportes y las vigas de la estructura con el apoyo de un dibujo en formato DXF o DWG. En esta modalidad es posible utilizar las capturas a los elementos del dibujo en formato DXF o DWG de modo que se ajusten a las posiciones que tienen en estos ficheros con una precisión máxima de milímetros.
- Introducción por coordenadas globales o relativas.
El programa también permite la introducción de columnas y vigas por coordenadas referidas al origen de coordenadas o a cualquier otro punto.

Es posible aplicar cargas a toda una planta en el editor de cargas vivas y muertas. A su vez, el programa permite cargas adicionales en la estructura de tipo área, lineales o puntuales. También se puede aplicar hipótesis de carga externas a las propias del software con el fin de chequear otros casos de carga.

4.5. MANUAL DEL USUARIO DE CYPECAD 2013

En la pestaña de ayuda del software se puede encontrar toda la información requerida para el correcto uso de CYPECAD, tanto guías rápidas como manuales completos, ejemplos prácticos y búsqueda por contenido, facilitando aún más el desarrollo del proyecto. Adicionalmente, CYPE Ingenieros ofrece soporte técnico en su sitio web, cursos en línea y presenciales, con el fin de fortalecer el conocimiento que se tiene del software y su manejo.

4.6. RESULTADOS

CYPECAD dispone de herramientas que permiten comprobar todos los resultados gráficos en pantalla.

Tras el cálculo es posible visualizar la estructura con su deformada en tres dimensiones con escala de colores, debido a las hipótesis simples o por combinaciones de hipótesis, incluyendo al sismo. De igual manera el software permite observar la estructura en movimiento, en modo animación, de la hipótesis seleccionada.

Los desplazamientos, esfuerzos, combinaciones de esfuerzos y cuantías de placas, losas de cimentación y forjados reticulares se pueden representar en diagramas de isovalores (gráficos de colores en el que cada color representa un valor) y en diagramas de isolíneas (curvas que unen puntos geométricos con el mismo valor). CYPECAD realiza también la consulta gráfica de envolventes de esfuerzos, flechas, etc.

El software permite modificar los armados de todos los elementos con la consiguiente comprobación en zapatas, vigas, pilares y forjados de viguetas.

Con el editor de armado de vigas se obtiene la visualización completa de la viga y permite modificar gráficamente los resultados, añadir, borrar, unir, dividir barras longitudinales y estribos, así como modificar las longitudes y los ganchos del acero de refuerzo. El despiece de la viga en el CYPECAD 2013 se muestra cómo podemos ver en la figura 14.

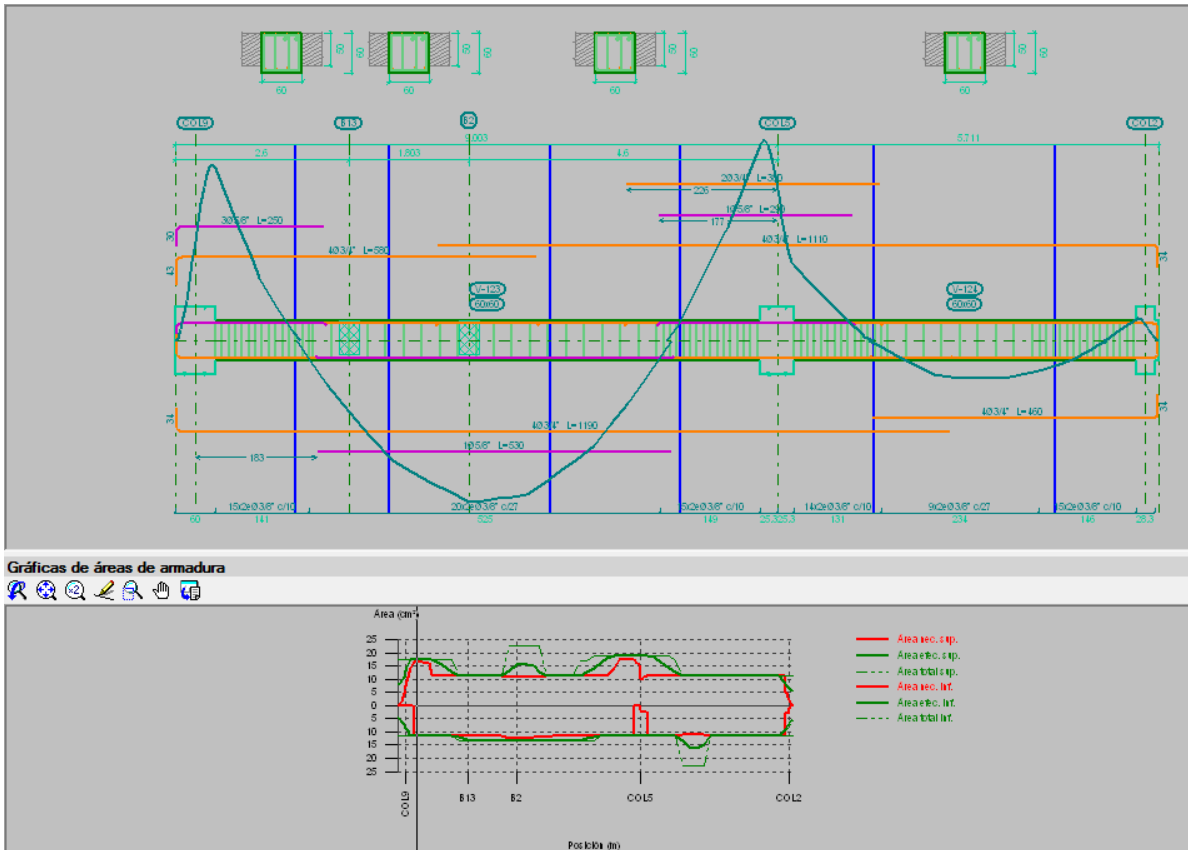


Figura 14. Imagen interfaz CYPECAD de editor de vigas.
Fuente: CYPECAD 2013.

Al mismo tiempo CYPECAD brinda la posibilidad de copiar armados entre vigas de la misma o de diferentes plantas y agrupar pórticos de la misma planta antes y después del cálculo.

También ofrece igualar automáticamente los armados de negativos en forjados de viguetas, teniendo en cuenta criterios de longitudes o cuantías y longitudes. De ese modo se obtienen armados más uniformes y, por tanto, de mayor facilidad constructiva.

El programa facilita copiar el armado de una planta a otra, modificar la geometría después del cálculo e introducir armaduras sin calcular.

La edición de zapatas, encepados, placas de anclaje, y vigas centradoras y de atado es una herramienta que posibilita la comprobación de cualquier geometría y armado definido por el usuario. Permite obtener los listados de todas las comprobaciones efectuadas en la cimentación y observar su grado de cumplimiento. La figura 15 muestra el editor de elementos de cimentación que consta de diferentes parámetros de edición y la visualización del despiece y geometría del elemento.

Es posible igualar la geometría, la tipología y los armados de cimientos, vigas centradoras, vigas de atado y placas de anclaje.

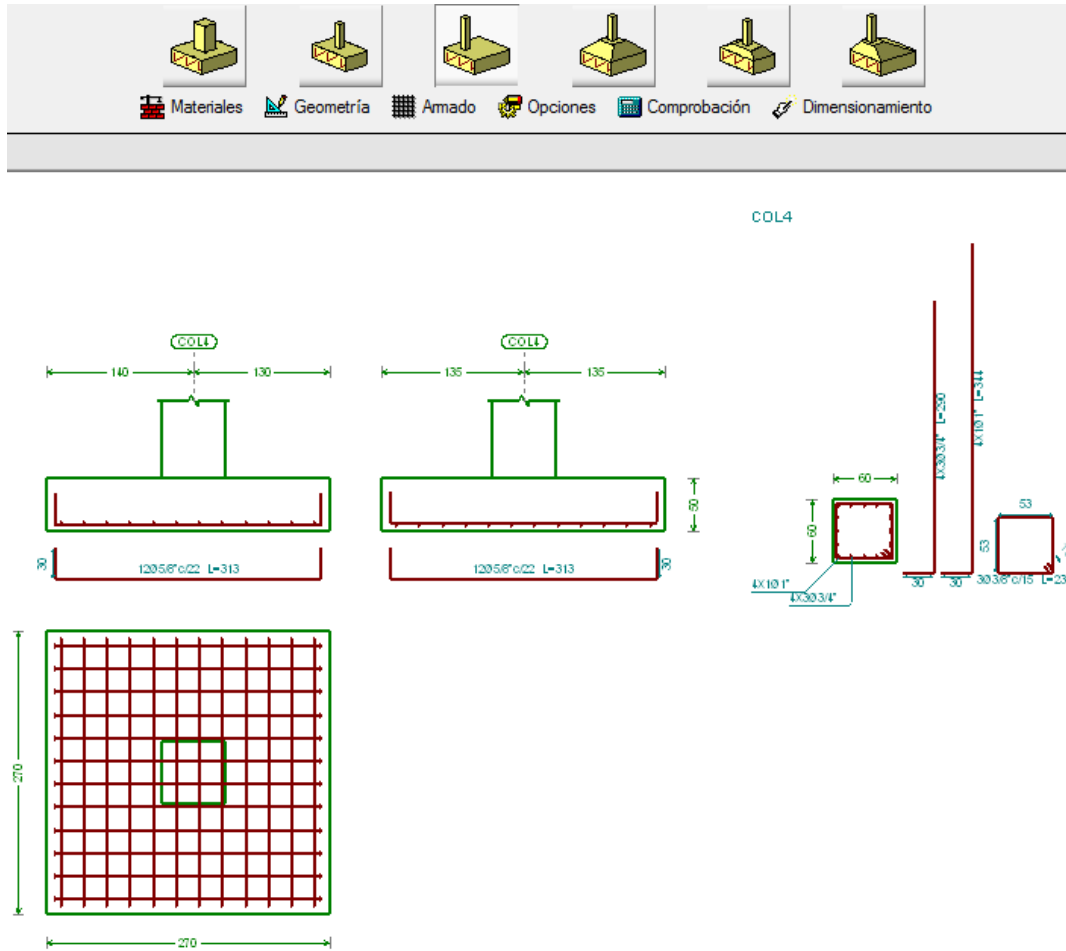
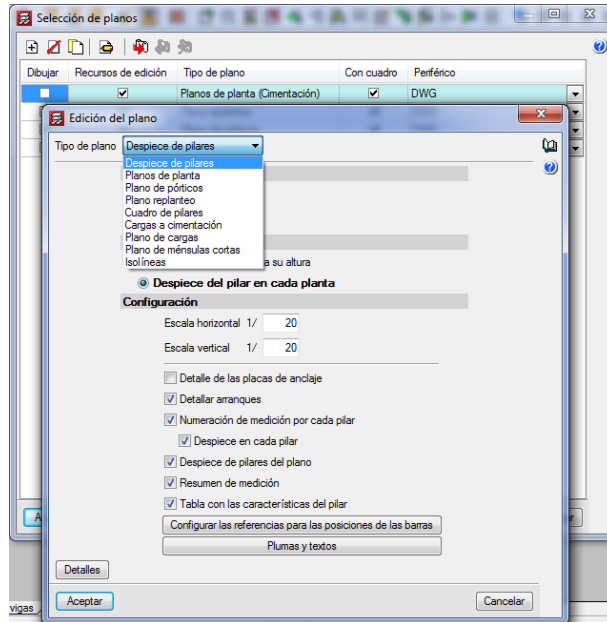


Figura 15. Imagen interfaz CYPECAD de editor de elementos de cimentación.
Fuente: CYPECAD 2013.

4.7. PLANOS Y MEMORIAS

CYPECAD cuenta con una herramienta de impresión y exportación de memorias y planos del proyecto. El software dispone de una configuración predeterminada de estos y es posible modificar el formato, tamaño de papel, escala, tamaño de letra, rótulo, etc. Esta herramienta facilita y agiliza el trabajo del ingeniero, ya que el software otorga la posibilidad de editar los planos casi completamente listos en AutoCAD, ajustándose a los criterios del ingeniero calculista. La figura 16 muestra la herramienta de selección de planos y los diferentes tipos, además de algunos de los detalles y especificaciones que el programa permite modificar.



**Figura 16. Imagen interfaz CYPECAD para la selección de planos para impresión.
Fuente: CYPECAD 2013.**

Por otro lado, existe la posibilidad de exportar las memorias de cálculo en archivos de texto y/o imprimirlas directamente al papel. CYPECAD permite obtener memorias de cálculo de columnas, vigas, cimentación, escaleras y estructuras metálicas, chequeo de derivas, justificación de la acción sísmica, y datos generales de la obra en curso, entre otros. El listado de las diferentes opciones se encuentra en la figura 17

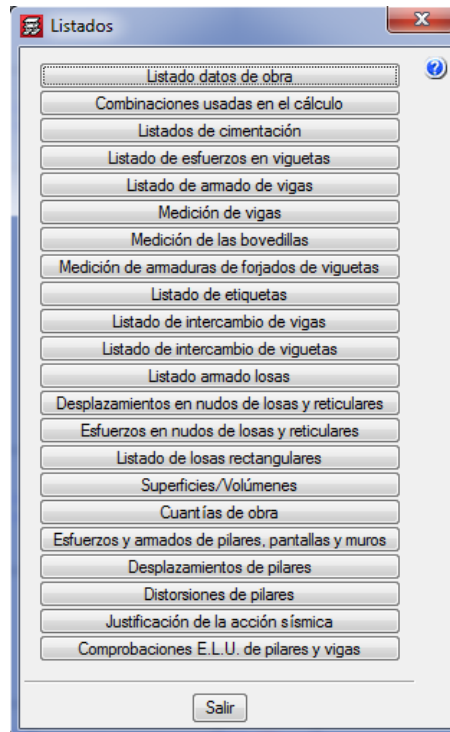


Figura 17. Imagen interfaz CYPECAD para la selección de listados de obra para exportar memorias de cálculo.
Fuente: CYPECAD 2013.

5. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES COMPLEMENTARIAS A LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL CON CYPECAD.

Para dar por terminado el cálculo y entregar al cliente los documentos firmados, se necesita afinar los resultados que arroja el CYPECAD versión 2013.

Las memorias de cálculo se exportan a Microsoft Office Word y Microsoft Office Excel versión 2010 para luego completar un solo libro ajustado al modelo de presentación de la empresa de consultoría.

Por otro lado, AutoCAD LT 2012 es un software, principalmente utilizado para dibujo, muy necesario para el desarrollo del cálculo de proyecto pues facilita el diseño arquitectónico, el dibujo de detalles adicionales y el trabajo geométrico que se requiera.

Con el objetivo de procesar estructuras netamente metálicas, CYPE posee la aplicación Nuevo Metal 3D versión 2013 (Licencia No. 107897), que proporciona una plataforma de trabajo tridimensional donde se puede desarrollar proyectos que requieran calcular uniones soldadas y atornilladas, placas de anclaje, y dimensionamiento general de una estructura en metal. Maneja una biblioteca con una gran variedad de secciones reconocidas, editables y con una amplia gama de materiales que facilita cualquier diseño. Aunque no se desarrollaron proyectos con estructura en madera, Nuevo Metal 3D también trabaja este tipo de material, siempre acogiéndose a la NSR-10.

6. PROCESO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION CON EL USO DEL SOFTWARE CYPECAD VERSION 2013

En este capítulo se describe el proceso de diseño estructural estandarizado de edificaciones que se realiza en la empresa CONSTRUINGENIERIA LTDA y que cuenta con un alto estándar de calidad y confiabilidad. Este proceso cumple a cabalidad con todas las exigencias normativas de la NSR-10.

6.1 PREDIMENSIONAMIENTO Y COORDINACION CON LOS OTROS PROFESIONALES.

La determinación del sistema estructural usado en cada proyecto se realiza entre el ingeniero Abedulio Camargo y el cliente, quienes teniendo en cuenta parámetros geométricos, presupuesto, uso de la estructura y distribución arquitectónica, definen la opción más apta para la estructura en particular.

La definición de las características de la estructural se realiza entre los diferentes sistemas estructurales sismo resistentes determinados por la norma tales como: muros de carga, pórticos, combinado y dual. Además se determina el material estructural empleado como: concreto estructural, mampostería estructural, estructuras metálicas y madera.

Dentro de los sistemas estructurales más usados en los proyectos desarrollados por CONSTRUINGENIERIA LTDA se encuentran:

- Sistema aporticado con placa maciza armada en una dirección.
- Sistema aporticado con placa maciza postensada.
- Sistema aporticado con placa aligerada armada en una dirección.
- Sistema de placa con lamina colaborante (steeldeck) con correas en perfiles metálicos laminados en frio.

6.2 DATOS DE ENTRADA

Localizando el lugar donde se construirá la edificación dentro del territorio nacional dividido por la zonificación sísmica dada en el capítulo A.2 de la NSR-10 el CYPECAD 2013 define automáticamente los parámetros A_a y A_v , además de los coeficientes de sitio F_a y F_v .

Es necesario definir el coeficiente de importancia I de la edificación, que hace referencia a la importancia de la edificación para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo. Esto se hace definiendo la naturaleza de la ocupación de la edificación.

Otra de las opciones que tiene el software es definir el método de análisis que puede ser dinámico (modal espectral) o estático (fuerza lateral equivalente). Los proyectos realizados se trabajaron con un método dinámico que es equivalente al espectro elástico de diseño mencionado en el capítulo A.2 de la NSR-10.

Para los niveles de amenaza sísmica (alta, intermedia o baja) se debe seleccionar la opción de disipación de energía requerida (mínimo, moderado, especial) que sea capaz de responder ante los movimientos sísmicos esperados. En la zona de Santander por tener un nivel de amenaza sísmica alta se requiere que la estructura tenga una capacidad de disipación de energía especial (DES).

Para definir el grado de irregularidad de la estructura y su procedimiento de análisis, el programa ofrece la posibilidad de definir los diferentes parámetros del sistema estructural tales como: coeficiente de irregularidad en altura, coeficiente de irregularidad en planta, coeficiente por ausencia de redundancia, coeficiente de disipación de energía y la geometría en altura (regular o irregular).

Las propiedades de los materiales de construcción se definen en datos generales. En el caso del concreto se puede variar la resistencia en la compresión de acuerdo al concreto a usar y al tipo de elemento. Para el acero se puede variar la resistencia a la fluencia y los diferentes diámetros de las barras, además de la longitud y disposición de los ganchos de anclaje.

Con los datos obtenidos en el estudio de suelos se obtiene un valor de capacidad portante del suelo y su tipo, además de la profundidad mínima a la que se debe construir los cimientos, estos valores son suministrados al CYPECAD en los datos generales.

Contando con el diseño arquitectónico los planos son separados por plantas y usados como plantillas para el dibujo de los elementos estructurales.

6.3 MODELADO DE LA ESTRUCTURA

Usando los planos arquitectónicos como plantillas se inicia con la definición geométrica de los diferentes elementos como columnas, pantallas, muros estructurales, elementos de cimentación, vigas de cimentación y forjado.

El programa CYPECAD 2013 cuenta con herramientas de captura, ajuste, prolongación y edición que facilita el dibujo y definición de los elementos, además su visualización 3D permite tener un mayor control de la edificación.

6.4 EVALUACION DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS

Con las dimensiones de los elementos de la estructura definidos en CYPECAD 2013, descrito en el capítulo 6.2 se evalúan todas las solicitaciones que pueden afectar la edificación de acuerdo con los requisitos descritos en el título B de la NSR-10. Estas incluyen: el efecto gravitacional de la masa de los elementos estructurales, o peso propio, las cargas de acabados y elementos no estructurales, las cargas muertas, las fuerzas de viento, las deformaciones impuestas por efectos reológicos de los materiales estructurales, asentamientos del suelo que da apoyo a la fundación y cargas vivas según el uso o zona.

El software realiza comprobaciones para las diferentes combinaciones de carga propuestas en el título B de la NSR-10

6.5 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA

De acuerdo con las condiciones de análisis de carga y análisis sísmico descritos en el capítulo 4.3. El software realiza el cálculo de la estructura.

6.6 DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES- VERIFICACION DE DERIVAS

En el listado de comprobaciones se exporta la tabla de distorsión de pilares en donde se evidencia el cumplimiento o no de las derivas. En el caso del no cumplimiento el ingeniero diseñador plantea una solución que puede consistir en aumento de sección transversal, redistribución o adición de columnas, por mencionar las más comunes.

6.7 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Tal como se ha venido mencionando el CYPECAD realiza el chequeo de las diferentes solicitaciones debido a las fuerzas sísmicas internas obtenidas del análisis y a las fuerzas mayoradas debido a carga muerta, viva y otras solicitaciones.

Cuando algún elemento estructural no cumple con las comprobaciones el programa advierte en el informe final de cálculo y resalta el elemento u elementos

con un color rojo. En este caso es necesario entrar al editor de dicho elemento, ya sea una viga, columna o zapata, y verificar cual es la razón del no cumplimiento.

Durante este procedimiento se realizan cambios pertinentes que pueden consistir en adición de refuerzo, cambio en su distribución, variación en la resistencia de los materiales, o la modificación en la sección transversal del elemento.

6.8 DISEÑO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado, de acuerdo con el capítulo A.1.3.6. de la norma NRS-10. Los elementos no estructurales hacen referencia a escaleras, muros de contención, piscinas, acabados, y elementos arquitectónicos.

Cabe aclarar que las instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas hacen parte de los elementos no estructurales. En CONSTRUINGENIERIA LTDA se cuenta con un departamento de ingeniería especializado en aguas, ellos diseñan las instalaciones hidráulicas y sanitarias de los proyectos, mientras que en el área eléctrica y mecánica de los proyectos no están contemplados en el alcance de la empresa.

6.9 RESULTADOS

Los resultados del diseño se condensan en planos y memorias de cálculo que deben ser presentados bajo los parámetros descritos en el capítulo A.1.5 de la NSR-10.

El CYPECAD 2013 cuenta con herramientas de impresión y exportación de planos y memorias de cálculo. Esta configuración del software se encuentra previamente descrita en el capítulo 4.7 y hace parte de las especificaciones más atractivas para el usuario.

6.9.1 Planos estructurales Los planos estructurales son la herramienta más importante que tiene el ingeniero calculista de transmitir a la obra los diseños realizados; del detalle y exactitud de estos depende el éxito del proceso constructivo.

El CYPECAD 2013 imprime planos de plantas, despiece de vigas, columnas, pantallas, muros estructurales, estructuras metálicas, escaleras y elementos de cimentación. Siendo esta una herramienta muy completa todavía deja varios detalles que el usuario debe modificar.

Para el caso del despiece de vigas es necesario modificar en ocasiones la longitud de los ganchos, especificar los ejes arquitectónicos y verificar longitudes de traslapos.

Por otro lado los planos de columnas exportados desde CYPECAD 2013 tienen el 100 por ciento del refuerzo traslapado en un mismo lugar. Esto según la norma no es adecuado para estructuras diseñadas para sitios de amenaza sísmica alta que requieren de una capacidad de disipación de energía especial. Por esta razón se debe realizar manualmente la distribución de traslapos en columnas de manera que solo un 50 por ciento del refuerzo se encuentre traslapado en la misma luz.

Los planos estructurales deben ir firmados o rotulados con un sello seco por un ingeniero civil facultado para ese fin y quien obra como diseñador estructural responsable.

6.9.2 Memorias de cálculo En el caso de las memorias de cálculo, el usuario ensambla la información de acuerdo con los parámetros y el orden exigido por la normativa y los formatos establecidos por la empresa. La disposición de la información es la siguiente:

6.9.2.1 Portada En la portada está contenida información como el nombre del proyecto, ubicación del proyecto (municipio, dirección), fecha de expedición, número de revisión o versión, firma del ingeniero calculista junto con su número de matrícula profesional. Ver anexo 1.

6.9.2.2 Listado datos de obra En esta sección de las memorias contiene: nombre del proyecto y normas que se consideraron para su evaluación, acciones

consideradas e hipótesis de carga y sus diferentes combinaciones, los diferentes coeficientes usados para el cálculo, datos geométricos de plantas y elementos estructurales y materiales utilizados con sus respectivas propiedades.

6.9.2.3 Justificación de acción sísmica Esta sección describe las características y datos generales del sismo como: el espectro de cálculo, los coeficientes de participación, centros de masa y rigidez e hipótesis de cortante basal.

6.9.2.4 Listado de cimentación El listado de cimentación consiste en una descripción especificada de cada uno de los elementos que componen la cimentación. Hace un informe detallado de la geometría de cada elemento, junto con los chequeos realizados; mostrando los valores límite o máximos y los valores de cálculo obtenidos.

6.9.2.5 Chequeo de derivas El chequeo de derivas se realiza por medio de los valores obtenidos en la tabla de desplazamientos de pilares, la cual es exportada a EXCEL, donde se programa y se calculan los valores de acuerdo a las especificaciones descritas en el capítulo A.6 de la NSR-10. El chequeo se debe realizar para dos direcciones de aplicación del sismo, dirección x y dirección y. Las tablas obtenidas se deben agregar al archivo de WORD. Ver anexo 2.

6.10 REVISION DEL DISEÑO

La revisión de planos y memorias es realizada por el ingeniero Abedulio Camargo Benítez quien si es necesario plantea las correcciones que se requieran y al final da el visto bueno del proyecto.

Para la entrega del proyecto al cliente se entregan las memorias de cálculo y planos de obra debidamente firmados por el ingeniero diseñador.

7. CONCLUSIONES

Se realizó la práctica empresarial en la empresa CONSTRUINGENIERIA LTDA. De la mano del gerente, ingeniero Abedulio Camargo B., y del tutor, ingeniero Cristian Ricardo Caballero, cumpliendo el tiempo especificado por el reglamento de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para cumplir el requisito de Proyecto de Grado en la modalidad de Práctica empresarial.

Se completó la práctica empresarial siguiendo las normas de la empresa CONSTRUINGENIERIA LTDA. Con responsabilidad, cumplimiento y respeto, llevando en alto el buen nombre de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Durante la práctica se realizaron un total de seis diseños estructurales completos, recibiendo un importante aporte intelectual, en el sentido que se estudió, analizó y diseñó estructuras de baja, mediana y gran altura. Del mismo modo, dentro de cada estructura se realizó el cálculo de columnas, pantallas, muros estructurales, vigas de hormigón reforzado y metálicas, zapatas aisladas, combinadas, vigas de cimentación, cimentación con losa flotante, losas aligeradas, losas macizas, losas con lámina colaborante Steeldeck con correas metálicas, escaleras, cubiertas metálicas y cubiertas en madera.

Se estudió los parámetros, requisitos y recomendaciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 de los títulos A, B, y C para el diseño de una estructura en Hormigón Armado.

Todos los diseños fueron desarrollados en el software CYPECAD 2013, adquiriendo un gran conocimiento en su utilización, desempeño y detalles. Se logró explotar las ventajas que ofrece CYPECAD 2013 sobre otros software de diseño estructural, culminando los proyectos a trabajar eficazmente, en el menor tiempo posible, y siguiendo las recomendaciones de los ingenieros Cristian Ricardo Caballero y Abedulio Camargo, al igual que basándose en las normativas de la NSR-10.

Se elaboró una propuesta de procedimiento base por el cual se puede solucionar el diseño de estructuras civiles, a través del software CYPECAD 2013 a lo largo del capítulo 6. Adicionalmente, la compañía CYPE Ingenieros proporciona un Manual para el Usuario, soportado con imágenes y videos, donde se expone detalladamente todas las actividades necesarias para desarrollar un proyecto.

OBJETIVO	CAPITULOS
Recopilar y analizar la información existente del software CYPECAD 2013	Capítulo 4, secciones 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5., 4.6., y 4.7.
Elaborar una propuesta del procedimiento base del manejo del software por el cual se pueda solucionar el diseño de estructuras civiles	Capítulo 6, secciones 6.1., 6.2., 6.3., 6.4., 6.5., 6.6., 6.7., 6.8., y 6.9.
Apoya la realización de diseños estructurales en los diferentes proyectos que realiza Construingeniería Ltda. conforme a las exigencias de la empresa y del cliente, siguiendo el reglamento NSR-10	Capítulo 3, secciones 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., y 3.6.
Realizar informes semanales de los avances en la elaboración del manual de usuario que serán enviados al director de proyecto con periodicidad mensual	La realización y entrega de los informes constituyen la base de este trabajo y su desarrollo.

Tabla 1: Evidencia al cumplimiento de los objetivos específicos

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente NSR-10.**
- CYPECAD [en línea]. **CYPECAD** [citado en 18 de Septiembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://cypecad.cype.es/>>.
- CYPECAD [en línea]. **CYPE Ingenieros** [citado en 19 de Septiembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.cype.es/cypeingenieros/>>.
- CYPE Ingenieros S.A. (2013). **Manual del Usuario CYPECAD.**
- McCORMAC, Jack (1996). **Structural Steel Design: LRFD Method.**
- SEGURA, Jorge (1999). **Estructuras de Concreto I.** Universidad Nacional de Colombia. 4^a ed.

ANEXOS

Anexo A: Modelo de presentación de memorias de cálculo estructural Construingeniería Ltda.

 CONSTRUINGENIERIA LTDA Ingeniería Cívica Consultores y Construcciones		NOMBRE PROYECTO	
DISCIPLINA	MEMORIA CALCULO ESTRUCTURAL	Fecha:	
NOMBRE DOCUMENTO	NOMBRE PROYECTO	Rev.:	PÁGINA 1 DE
No. DOCUMENTO		Archivo: NOMBRE ARCHIVO	

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
NOMBRE PROYECTO
LOCALIZACIÓN

Diseño:

IMAGEN MODELO 3D DEL PROYECTO

Firma Ingeniero responsable
No. Matricula

CIUDAD, FECHA

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
	dd/mm/aa				

1

Anexo B: Modelo presentación Derivas estructurales Construingeniería Ltda.

Derivas X: Situaciones sísmicas $1,00s_x + 0,30s_y$							
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp, X (mm)	Desp, Y (mm)	Derivas X %	Derivas Y %	Derivas Y TOTAL %