

**PRÁCTICA EMPRESARIAL: APOYO EN LA CONSULTORÍA, DISEÑO
ESTRUCTURAL Y MANEJO DE BIM COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL
EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMPRESA ALEXIS VEGA
INGENIEROS S.A.S**

MAYRA ALEJANDRA VALENZUELA GUTIERREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2019

**PRÁCTICA EMPRESARIAL: APOYO EN LA CONSULTORÍA, DISEÑO
ESTRUCTURAL Y MANEJO DE BIM COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL
EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMPRESA ALEXIS VEGA
INGENIEROS S.A.S**

MAYRA ALEJANDRA VALENZUELA GUTIERREZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Civil

**DIRECTOR
ALEXIS VEGA ARGUELLO
Ingeniero Civil, MS.c**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias a Dios por permitirme el buen desarrollo académico durante mi paso por la universidad, gracias a mis padres que estuvieron a mi lado para apoyarme a lo largo de mi carrera y de mi vida, gracias a la Universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de hacer parte de esa gran institución y a su vez por hacer realidad esa meta de convertirme en profesional, gracias a la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S. y a las personas que hacen parte de ella, por contribuir de sobremanera en el complemento de mi formación académica.

Finalmente, agradezco a mis compañeros de carrera, que con su compañía, apoyo y colaboración, hicieron parte de este arduo proceso.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	15
1.2 CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO	16
1.2.1 Vigas.....	17
1.2.2 Columnas.....	17
1.2.3 Cimentación.....	17
1.2.4 Muro estructural.....	17
1.2.5 Viguetas.....	18
1.3 PLANOS ESTRUCTURALES	18
1.4 MEMORIAS ESTRUCTURALES	19
1.5 PRINCIPIOS DE CONTROL DE CALIDAD.....	20
1.6 CANTIDADES DE OBRA.....	21
1.7 SOFTWARES UTILIZADOS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	22
1.7.1 Software ETABS.....	22
1.7.2 Software DC-CAD.....	22
1.7.3 Software DL-NET.....	23
1.8 METODOLOGÍA BIM	23
2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS	24
2.1 EDIFICIO SAN FRANCISCO TOWER.....	24
2.1.1 Generalidades.....	24
2.1.2 Parámetros de diseño	25
2.2 EDIFICIO LA CUMBRE MARDEL.....	26
2.2.1 Generalidades.....	26
2.2.2 Parámetros de diseño	27

2.3 VILLA SOFÍA.....	27
2.3.1 Generalidades.....	27
2.3.2 Parámetros de diseño.....	28
3. DESARROLLO DE ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA.....	29
3.1 DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADOR.....	29
3.1.1 Plantas estructurales.....	29
3.1.2 Ubicación de elementos estructurales.....	29
3.1.3 Despiece de muros.....	30
3.1.4 Detalles.....	31
3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	31
3.2.1 Asignación de cargas para despiece de viguetas.....	32
3.2.2 Diseño de elementos estructurales.....	33
3.2.2.1 Columnas.....	33
3.2.2.2 Vigas.....	34
3.2.3 Modelado de escaleras.....	34
3.3 REVISIÓN DE REFUERZOS COLOCADOS.....	36
3.4 CÁLCULO DE CANTIDADES.....	36
3.4.1 Acero de refuerzo.....	37
3.4.2 Concreto.....	38
3.4.3 Estructuras metálicas.....	38
3.5 ENTREGABLES.....	39
3.5.1 Planos estructurales.....	39
3.5.2 Memorias de cálculo.....	40
4. PRINCIPALES APORTES.....	42
5. CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo estructural proyecto San Francisco Tower.	25
Figura 2. Modelo estructural proyecto la Cumbre Mardel.	26
Figura 3. Modelo estructural proyecto Villa Sofía.	28
Figura 4. Despiece Muro X2 del proyecto Casa Héctor V.	31
Figura 5. Despiece de viguetas en proyecto La Cumbre Mardel.	33
Figura 6 Disposición del refuerzo de escalera en proyecto San Francisco Tower.	35
Figura 7. Despiece de Columna D-4 en proyecto La Cumbre Mardel.	43

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cargas de diseño San Francisco Tower.	25
Tabla 2. Cargas de diseño La Cumbre Mardel.	27
Tabla 3. Cargas de diseño Villa Sofía.	28
Tabla 4. Altura o espesores mínimos.	35
Tabla 5. Elementos de borde, estribos y arranque Muro X1, proyecto Villa Sofía.	37

LISTA DE ANEXOS

Ver documentos adjuntos en el CD pueden ser visualizados en la base de datos de la biblioteca UIS

ANEXO A. PLANTA DE CIMENTACIÓN N-3.20 - LA CUMBRE MARDEL

ANEXO B. DESPIECE DE MUROS - LA CUMBRE MARDEL

ANEXO C. DESPIECE DE COLUMNAS - LA CUMBRE MARDEL

ANEXO D. DESPIECE DE VIGAS DE CIMENTACIÓN - LA CUMBRE MARDEL

ANEXO E. PLANTA DE ENTREPISO N+0.00 - LA CUMBRE MARDEL

ANEXO F. DIAGRAMAS DE A_s REQUERIDO EN VIGAS N-1.50 Y N+0.00 [mm²]

ANEXO G. DIAGRAMAS DE A_s REQUERIDO EN VIGAS N+1.60 Y N+4.70 [mm²]

ANEXO H. DIAGRAMAS DE A_s REQUERIDO EN VIGAS N+7.60 Y N+16.10 [mm²]

ANEXO I. DIAGRAMAS DE A_s REQUERIDO EN COLUMNAS [mm²]

ANEXO J. SEPARACIÓN MÁXIMA DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

ANEXO K. CANTIDAD DE RAMAS EN ESTRIBOS DE COLUMNAS

ANEXO L. RESUMEN DE CANTIDADES VILLA SOFÍA

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL: APOYO EN LA CONSULTORÍA, DISEÑO ESTRUCTURAL Y MANEJO DE BIM COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMPRESA ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S.*

AUTOR: Mayra Alejandra Valenzuela Gutiérrez**

PALABRAS CLAVE: Cantidades de obra, concreto reforzado, control de calidad, diseño estructural.

DESCRIPCIÓN:

El papel fundamental de una estructura es proporcionar un sistema estable, duradero y sobre todo seguro; es por esto que el rol del ingeniero civil cumple una función importante en el análisis y diseño de las mismas. Este artículo es el producto de la realización de una práctica empresarial que se llevó a cabo en la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S., una empresa competitiva por la calidad en la prestación de sus servicios a nivel regional y nacional. Así mismo, se describe la metodología y las diversas actividades realizadas como auxiliar de diseño estructural, control de calidad y aplicación de software BIM, de los diferentes proyectos estructurales trabajados a lo largo de la práctica en la empresa. Por una parte, se realizó la verificación de despieces de elementos estructurales en cuánto al área de diseño estructural, asegurando que estos diseños, además de cumplir las necesidades del cliente, siguieran a cabalidad con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Por otro lado, se realizó el cálculo de cantidades de obra, conformación de planos estructurales y generación de reportes para la presentación de las memorias de cálculo.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ms.C Alexis Vega Arguello

ABSTRACT

TITLE: INTERNSHIP: SUPPORT IN CONSULTING, STRUCTURAL DESIGN AND MANAGEMENT OF BIM AS A CIVIL ENGINEERING ASSISTANT IN CONSTRUCTION PROJECTS AT ALEXIS VEGA INGENIEROS S.A.S.*

AUTHOR: Mayra Alejandra Valenzuela Gutiérrez**

KEYWORDS: Take-off, reinforced concrete, quality control, structural design.

DESCRIPTION:

The fundamental role of a structure is to provide a stable, durable and a safe system; this is why the civil engineer's role plays an important function in their analysis and design. This article is the product of the realization of an internship that was carried out in the company Alexis Vega Ingenieros S.A.S., a competitive company in the quality of the provision of its services at regional and national level. Likewise, the methodology and the multiples activities carried out as an intern of structural design, quality control and the application of the software BIM of the different structural projects worked throughout the practice in the company are described. On the one hand, the exploded drawing verification of structural elements regarding the structural design field was carried out, ensuring that these designs, in addition to meeting the needs of the client, were fully compliant with the Colombian Regulation of Construction Earthquake Resistant, NSR-10. On the other hand, the calculation of take-off, creation of structural plans and generation of reports for the presentation of the calculation reports was made.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ms.C Alexis Vega Arguello

INTRODUCCIÓN

El hombre moderno con el uso de nuevas tecnologías y herramientas informáticas, ha logrado acceder a todo tipo de conocimiento que este necesita y a su vez a tener las capacidades y destrezas para escoger, suprimir y manejar la información, de manera que pueda tomar decisiones acertadas para conseguir óptimos resultados de acuerdo al área que se desenvuelva. Si bien, la teoría es un punto fundamental de partida hacia el conocimiento de un estudiante, lo cierto es, que para que este adquiera habilidades, técnicas y análisis, frente a situaciones concretas, la práctica empresarial es una gran opción, dado que es uno de los medios más significativos para el enriquecimiento de estas competencias; que a su vez le otorgarán la experiencia inicial necesaria para desenvolverse con seguridad en su campo profesional¹.

El principal objetivo de una estructura es proporcionar un sistema estable, duradero y seguro; es por esto que el rol del ingeniero civil, en especial el que se dedica netamente a la parte estructural, juega un papel importante a la hora de analizar y diseñar estructuras, puesto que la estructura debe cumplir su propósito. Hay muchos aspectos en nuestro entorno construido, que se basan en estructuras físicas, como edificaciones que proporcionan lugares para vivir y trabajar, puentes que facilitan atravesar obstáculos, fábricas en las que se ensamblan distintos productos, represas para almacenar agua, entre otras; que necesitan tanto estructuras para funcionar, como ingenieros estructurales para diseñarlas².

¹ AGUDELO LÓPEZ E. and KURMEN FIGUEROA R., “La Práctica Empresarial Como Método De Enseñanza Universitaria. Elemento Clave Para La Competitividad,” Suma Negocios, vol. 3, no. 1, pp. 149–155, 2012

² ANWAR N. and NAJAM F. A., Structures and Structural Design. 2016

La práctica empresarial realizada en la empresa Alexis Vega Ingenieros S.A.S., tuvo como objetivo complementar y dar soporte a la formación académica adquirida por el estudiante, al desempeñar el cargo de auxiliar de ingeniería y brindar apoyo en el diseño estructural, control de calidad y manejo de herramientas BIM, de los diferentes proyectos trabajados a lo largo de la práctica; mediante la aplicación de formación profesional, logrando así un ambiente laboral en el cual pueda conocer sus fortalezas y debilidades.

1. MARCO TEÓRICO

Para facilitar la comprensión del presente artículo, se incluye un marco teórico en el cual se enunciarán y describirán algunos de los conceptos y términos utilizados, con el fin de que el lector se familiarice con el contenido del mismo.

1.1 DISEÑO ESTRUCTURAL

Para el diseño de estructuras, es fundamental plantear el problema, suponer acciones razonables, definir las dimensiones generales, y ensayar diversos sistemas estructurales para resolverlo. La elección de un tipo de sistema estructural, seguramente es uno de los factores que más influye en el costo de un proyecto. Es por esta razón, que el proyectista debe tener en consideración las características de la mano de obra, el equipo disponible y a su vez el proceso constructivo adecuado. Luego de elegir el sistema estructural, se idealiza para estudiar los efectos de las solicitaciones a las cuales está sometida³, siguiendo la metodología de diseño que se encuentra en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10^{4 5}.

Al realizar un análisis estructural, inicialmente se requiere el conocimiento de las cargas que actúan sobre la estructura y de las dimensiones de los elementos que la conforman. Dichos datos son imprecisos al iniciar el diseño, puesto que sólo se

³ GONZÁLEZ CUEVAS O. M. and FERNÁNDEZ VILLEGAS F. R., “Aspectos fundamentales del concreto reforzado,” p. 802, 2005

⁴ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, “Reglamento Colombiano de construcciones sísmo-resistentes. NSR-10.,” vol. Título C, pp. 530–827, 2010.

⁵ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, “NSR-10 Requisitos generales de diseño y construcción sísmo resistente,” Nsr-10, vol. TÍTULO A, p. 186, 2010.

conoce de manera aproximada las dimensiones que tendrán los elementos; sin embargo, estas influyen en el valor del peso propio y en el comportamiento estructural del conjunto. Debido a esto, el ingeniero proyectista va ajustando los datos iniciales, a medida que se afina el análisis⁶, teniendo en cuenta los requisitos del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado, para garantizar que la estructura, en caso de un sismo, responda satisfactoriamente el alcance y propósito de las normas sismo resistentes⁷.

1.2 CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO

El concreto es una mezcla compuesta de arena, grava, agua y en algunas ocasiones rocas, las cuales están unidas por medio de un material conglomerante llamado cemento, que presenta propiedades de adherencia y cohesión, formando una pasta que se endurece con el tiempo. Algunas veces, se agregan aditivos con el fin de mejorar ciertas características del concreto como lo son la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. El concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión, lo cual limita su aplicabilidad como material estructural. Por esta razón, se dio paso al concreto reforzado, una combinación de concreto y acero en la que este último proporciona la resistencia necesaria a tensión de la que carece el concreto⁸.

El acero de refuerzo también logra resistir fuerzas de compresión y es usado en columnas, al igual que en otros miembros estructurales; por esta razón es preciso definir los principales elementos que conforman un sistema estructural de concreto reforzado. A continuación, se presentará la definición de estos:

⁶ GONZÁLEZ CUEVAS O. M. and FERNÁNDEZ VILLEGAS F. R., Op. Cit.

⁷ MUÑOZ M, H. A. "Manual del Acero Gerdau Diaco para Construcciones Sismo Resistentes," p. 274, 2012

⁸ McCORMAC J. C. and BROWN R. H., "Diseño de Concreto Reforzado," p. 724, 2011

1.2.1 Vigas. Las vigas son elementos estructurales que normalmente se ubican de forma horizontal o aproximadamente horizontal dentro de una estructura y su longitud es considerablemente mayor a las dimensiones de su sección transversal. Las vigas reciben cargas perpendiculares a su eje axial, generando un comportamiento a flexión, y a su vez, puede presentar efectos de cargas axiales, fuerzas cortantes y torsiones. Su función principal es soportar las cargas provenientes de los entrepisos para transmitir las a las columnas, las cuales convergen entre sí en un punto llamado nudo ^{9 10}.

1.2.2 Columnas. Las columnas son elementos estructurales verticales, cuyas dimensiones de su sección transversal son considerablemente menores a su longitud y en las cuales la altura de esta es por lo menos 3 veces su dimensión lateral menor. Las columnas son diseñadas principalmente para resistir cargas axiales de compresión, aplicadas en los extremos de los miembros, momentos flectores moderados y fuerzas cortantes en menor magnitud. Estos elementos son los encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación¹¹.

1.2.3 Cimentación. La cimentación es el conjunto de elementos estructurales cuyo objetivo es transmitir las cargas de una edificación o de los elementos apoyados en esta al suelo, sin sobrepasar el límite de capacidad de soporte que dicho suelo es capaz de admitir, para que no presente asentamientos que lleguen a afectar la vida y correcto uso de la estructura¹².

1.2.4 Muro estructural. Los muros estructurales son elementos que, de acuerdo con su relación ancho/alto, se les permite ser diseñados para trabajar absorbiendo efectos de flexión o cortante, acompañados de una carga axial o en su defecto, la

⁹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Op. Cit.

¹⁰ GARCÍA DIGUÉS R. and GARCÍA MARTÍNEZ A., "3.4 Edificio Y Estructura," Curso 1o. Construcción I. Plan 1998, vol. 01, p. 18, 2002

¹¹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Op. Cit.

¹² *Ibíd.*

combinación de todas estas. En este tipo de elementos, una de las dimensiones de su sección transversal es considerablemente mayor a la otra, condición que diferencia al muro estructural de las columnas. De acuerdo a la gran inercia que ofrece una de sus direcciones principales, los muros estructurales son comúnmente usados para rigidizar una estructura que no cumple con los requerimientos de rigidez para cargas laterales. Es por esto que puede hacer parte del sistema resistente a fuerzas sísmicas¹³.

1.2.5 Viguetas. Las viguetas son elementos estructurales semejantes a las vigas, pero con una sección transversal menor a estas. Dichas viguetas hacen parte de una losa nervada y su función es absorber los esfuerzos de flexión que se presentan en los nervios modulares de la placa de losa ¹⁴

1.3 PLANOS ESTRUCTURALES

En la fase final del diseño, lo que se realiza es la comunicación de los resultados obtenidos en el proceso descrito, a las personas que van a ejecutar la obra. Para esto, es necesario la elaboración de planos estructurales y sus respectivas especificaciones. Este aspecto es muy importante, dado que el entregar planos claros, sencillos y completos, con especificaciones precisas, evita errores y confusiones a los constructores¹⁵.

Es indispensable que cada plano se encuentre firmado por un ingeniero civil facultado para ese fin, puesto que es el que obra como diseñador estructural

¹³ Ibíd.

¹⁴ Ibíd.

¹⁵ GONZÁLEZ CUEVAS O. M. and FERNÁNDEZ VILLEGAS F. R., Op. Cit.

responsable. Además, es necesario incluir lo que la NSR-10 sugiere, garantizando que se encuentren los siguientes aspectos¹⁶:

- Especificaciones de los materiales de construcción que se van a usar en la estructura.
- Tamaño y localización de todos los elementos estructurales, así como sus dimensiones y refuerzo.
- Precauciones y consideraciones que se deben tener en cuenta durante la construcción.
- Localización y magnitud de las fuerzas de preesfuerzo.
- Tipo y localización de las conexiones entre elementos estructurales.
- Grado de capacidad de disipación de energía bajo el cual se diseñó el material estructural del sistema de resistencia sísmica.
- Cargas vivas y de acabados supuestas en los cálculos.
- Grupo de uso al cual pertenece la edificación.

Adicional a estas especificaciones, los planos deben contener las vistas en planta de la estructura, escalas, niveles, el tamaño y ubicación de los elementos estructurales, junto con sus dimensiones y refuerzo, detalles de uniones, empalmes de dichos elementos e información adicional que el ingeniero proyectista considere necesaria para la correcta construcción de la obra ^{17 18}.

1.4 MEMORIAS ESTRUCTURALES

Las memorias estructurales, son los procedimientos descritos de forma detallada de los cálculos necesarios para el diseño estructural, en el desarrollo de un

¹⁶ COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, “Resolución Número 0017 del 4 de diciembre de 2017,” pp. 1–115, 2017

¹⁷ MUÑOZ M, H. A. Op. Cit.

¹⁸ CÁCEREZ SUAREZ J. de J. and JAIMES TORRES S. P., “Manual de Dibujo para Proyectos de Ingeniería Civil Orientado a Estructuras,” Univ. Ind. Santander, 2007

proyecto de construcción¹⁹. Estas deben sustentar lo plasmado en los planos estructurales, indicando los criterios a tener en cuenta para el cálculo de los elementos estructurales; debe incluirse una descripción del sistema estructural usado y estar de manera clara las cargas verticales, el grado de capacidad de disipación de energía del sistema de resistencia sísmica, el cálculo de la fuerza horizontal equivalente, el tipo de análisis estructural utilizado y la verificación de la no excedencia de las derivas máximas y demás parámetros requeridos por la NSR10^{20 21}.

Al usar un modelo de análisis, se deben especificar los datos de entrada al procesador; los datos de salida pueden ilustrar resultados, sin embargo, requiere de una memoria explicativa de su utilización²².

1.5 PRINCIPIOS DE CONTROL DE CALIDAD

En una organización, el impacto de la calidad, va más allá de la satisfacción del cliente, puesto que está en juego la reputación de la misma. Por esta razón, la orientación hacia la calidad da como resultado conductas, actitudes y procedimientos, que proporcionan un valor agregado al cumplimiento de las necesidades y expectativas de las partes²³.

La calidad de los productos y servicios de una entidad, se determina por la capacidad de satisfacción y valor percibido de los clientes. Una buena gestión de

¹⁹ MUÑOZ M, H. A. Op. Cit.

²⁰ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Op. Cit.

²¹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, “Reglamento Colombiano de construcciones sísmo-resistentes. NSR-10.,” vol. TÍTULO B, pp. 530–827, 2010.

²² COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, Op. Cit.

²³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIONES, “Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001,” vol. 49, no. 571, Bogotá: ICONTEC 2015, pp. 1–32,

calidad hace que una organización identifique claramente sus objetivos y determine aquellos procesos y recursos necesarios para lograr resultados deseados²⁴.

1.6 CANTIDADES DE OBRA

Las cantidades de obra son la cuantificación de materiales, que se realizan en base a los planos y conociendo las especificaciones técnicas, las cuales involucran, de manera directa, los costos de una determinada obra. Dichas cantidades tienen unidades de medida, por ejemplo, la cantidad de metros cúbicos de concreto, la cantidad de kilogramos de acero de refuerzo, entre otras. De los cuales dependerá en gran parte el presupuesto²⁵.

Para el cálculo de las cantidades de obra, es necesario un método que permita la obtención de información de una manera rápida, ordenada y ágil, y que además de esto, proporcione la posibilidad de revisar y modificar los datos cuantas veces se requiera.

Se pueden emplear los siguientes pasos para la obtención de cantidades de obra:

- Identificar la unidad de medida.
- Listar materiales: Colocar las especificaciones técnicas y planos que incluyan los materiales que componen la actividad.
- Clasificar los materiales.
- Convertir las unidades.

²⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIONES, “NTC-ISO 9000 Sistemas de Gestión de la Calidad - fundamentos y vocabulario,” no. 571, Bogotá: ICONTEC 2015.pp. 1–23,

²⁵ NAVARRO HUDIEL S. J., “Take-Off (Cantidades de Obra),” 2008.

1.7 SOFTWARES UTILIZADOS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL

1.7.1 Software ETABS. “ETABS es un programa de análisis y diseño con un propósito especial, sofisticado y fácil de usar; desarrollado específicamente para sistemas de edificaciones. Este software posee una poderosa e intuitiva interfaz gráfica, con procedimientos de modelaje, análisis y diseño. Aunque es fácil y sencillo para estructuras simples, ETABS también puede manejar los más grandes y complejos modelos de edificios, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales; haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción”²⁶.

“Mediante el uso del programa ETABS, se modela y analiza tridimensionalmente la estructura. Por medio de un proceso interactivo se crea la edificación, con lo cual se define la geometría y conformación de la esta. El programa calcula inicialmente la matriz de rigidez, considerando deformaciones axiales y de corte, y a partir de ella, obtiene las deformaciones, reacciones y elementos mecánicos para el correspondiente diseño”²⁷.

1.7.2 Software DC-CAD. “DC-CAD es un software que recopila la información de geometría, análisis y diseño de las solicitaciones de otros programas, para que con esa información él pueda generar el despiece del acero de refuerzo de los diferentes elementos estructurales, que pueden ser: vigas, viguetas, columnas o muros estructurales; generando así los planos de construcción de acuerdo a la norma sismo resistente NSR-10”²⁸.

²⁶ CAICEDO J. G., PALACIO N. J. C., and MORENO V. A., “Proyecto de diseño estructural para la construcción de un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en el sector de la comuna 4 de Soacha,” *Creat. Commons*, vol. 151, pp. 10–17, 2015

²⁷ *Ibíd.*

²⁸ *Ibíd.*

1.7.3 Software DL-NET. “El DL-NET en sus versiones estándar y profesional, es el programa gráfico más completo que existe en el mercado para la creación de listas de figuración de refuerzo y manejo de plantas de figuración. El DL-NET estándar es la nueva versión del DL-Cad y ha sido diseñado para ser más agradable y práctico que su antecesor; dirigido principalmente a firmas de ingeniería constructoras y consultoras que necesiten de listas de figuración”²⁹.

1.8 METODOLOGÍA BIM

BIM es el acrónimo de la frase inglesa “Building Information Modeling” (Modelado de la Información de una Edificación) y se refiere a las nuevas metodologías de trabajo en el diseño, construcción y gestión de edificios, de manera computarizada, coordinada y continua. Por lo cual se puede decir, que BIM es un proceso que facilita la coordinación, simulación y visualización de modelos 3D, enfocados a la construcción e infraestructura³⁰.

Lograr que la información de un proyecto pueda ser coordinada por múltiples usuarios, aun cuando se ocupan de diferentes áreas, es esencial para el desarrollo del mismo. De esta manera, arquitectos e ingenieros podrán trabajar en el mismo proyecto con total certeza de que la información será actualizada de forma automática entre las partes³¹.

²⁹ PARA G., BLACKBERRY I., and SOFTWARE D., “Manual de usuario,” p. 57.

³⁰ SIERRA APONTE L., “Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM ‘Building Information Modeling,’” Eloi Coloma Pico, 2016

³¹ COLOMA PICÓ E., “Introducción a la tecnología BIM,” Dep. d’Expressió Gràfica Arquít. I, vol. 1, p. 40, 2008.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PROYECTOS

Durante el desarrollo de la práctica empresarial, se logró la participación en las fases de diseño estructural, control de calidad y producción de entregables, de los diferentes proyectos que se llevaron a cabo. A continuación, se presenta una breve descripción de algunos de los principales proyectos en los cuales se brindó mayor apoyo.

2.1 EDIFICIO SAN FRANCISCO TOWER

2.1.1 Generalidades. El proyecto San Francisco Tower, será un edificio residencial que se encontrará ubicado en el barrio San Francisco en la ciudad de Bucaramanga, el cual contará con 5 niveles de parqueaderos, 2 de ellos son de sótanos, 20 de apartamentos y un último nivel para las zonas sociales. El edificio también dispondrá de dos ascensores y dos escaleras para el futuro uso de los residentes del edificio.

El sistema estructural seleccionado para dicho proyecto, consiste en un sistema combinado, muros y pórticos de concreto reforzado, resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía y con losa aligerada armada en una dirección.

2.1.2 Parámetros de diseño

Tabla 1. Cargas de diseño San Francisco Tower.

Ocupación	Carga Muerta: Sobre-impuesta [kN/m ²]	Carga Viva [kN/m ²]
Apartamentos	4.6	1.8
Parqueaderos	1.2	2.5
Zonas sociales	2.8	5.0
Áreas técnicas	3.0	6.0

Esta edificación pertenece a un grupo de uso I, ubicada en una zona de amenaza sísmica alta.

La cimentación se proyecta en losa de cimentación continua, para un perfil de suelo tipo D, con una capacidad admisible $Q_a=300\text{kN/m}^2$, y una profundidad de cimentación de 5.60 m.

Figura 1. Modelo estructural proyecto San Francisco Tower.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

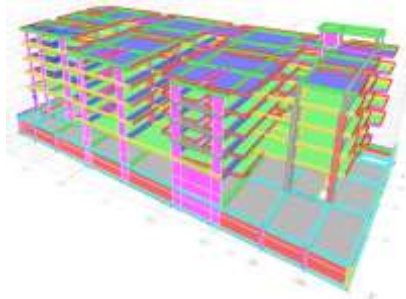
2.2 EDIFICIO LA CUMBRE MARDEL

2.2.1 Generalidades. El proyecto de la Cumbre Mardel, será un edificio residencial que se encontrará ubicado en el barrio La Cumbre del municipio de Floridablanca, Santander, el cual contará con 5 niveles de apartamentos más un nivel de sótano.

Al igual que en el edificio San Francisco Tower, en la Cumbre se seleccionó un sistema estructural combinado, muros estructurales y pórticos acoplados, resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) y con losa aligerada armada en una dirección.

Una de las particularidades de este proyecto es la gran carga viva a la cual estará sometida la estructura en el entrepiso del nivel N+0.00, debido a que este será de tipo comercial. Las grandes solicitaciones, demandan secciones de mayor dimensión para los elementos estructurales, es por esto que la altura de los elementos de la losa de ese nivel es mayor a las demás.

Figura 2. Modelo estructural proyecto la Cumbre Mardel.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

2.2.2 Parámetros de diseño

Tabla 2. Cargas de diseño La Cumbre Mardel.

Ocupación	Carga Muerta Sobre-impuesta [kN/m ²]	Carga Viva [kN/m ²]
Comercial	3.55	6.0
Social	3.45	5.0
Apartamentos	5.25	1.8
Tanque	3.05	12.5

Esta edificación pertenece a un grupo de uso I, ubicada en una zona de amenaza sísmica alta.

En cuanto a la cimentación, y como la estructura estará ubicada en una zona con suelos de baja capacidad de soporte, será un sistema de cimentación profunda con pilotes, cabezales y vigas de enlace entre estos últimos.

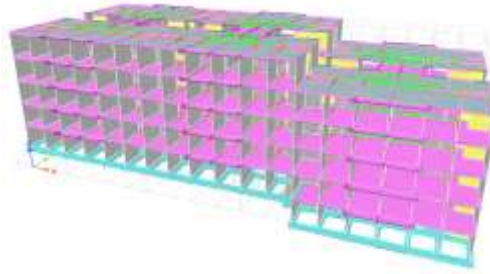
2.3 VILLA SOFÍA

2.3.1 Generalidades. Villa Sofía, será un edificio residencial ubicado en Barbosa, Santander, tendrá 5 niveles de apartamentos y un nivel de cubierta.

El sistema estructural propuesto para este proyecto será de muros de concreto reforzado con capacidad moderada de disipación de energía.

Este edificio contará con dos niveles de cimentación, las cuales se proyectan en zapatas con vigas de enlace, con capacidad admisible del suelo $Q_a=150\text{kN/m}^2$ y una profundidad de cimentación de 2.50 m.

Figura 3. Modelo estructural proyecto Villa Sofía.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

2.3.2 Parámetros de diseño

Tabla 3. Cargas de diseño Villa Sofía.

Ocupación	Carga Muerta: Sobre-impuesta [kN/m ²]	Carga Viva [kN/m ²]
Apartamentos	4.6	1.8
Balcones	4.6	5.0
Cubierta	0.5	0.5

La edificación pertenece a un grupo de uso I, la cual se encuentra ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia.

3. DESARROLLO DE ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA

La práctica empresarial se desarrolló siguiendo la metodología de gestión de proyectos, la cual se desglosa en diferentes etapas, cada una con sus correspondientes actividades, las cuales se mencionarán a continuación:

3.1 DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADOR

3.1.1 Plantas estructurales. Las plantas estructurales son esquemas que contienen información en planta de la localización de los elementos estructurales tales como columnas, vigas, muros, zapatas, viguetas, entre otros. Además de cumplir dicha función, también brindan información acerca de la separación entre elementos, sus dimensiones y niveles en los que se encuentran.

La labor del dibujo de plantas estructurales inicia con la recepción de información del proyecto que se va a trabajar, como por ejemplo la geometría de la edificación que se encuentra en los planos arquitectónicos. Haciendo uso de archivos CAD, se muestran las diferentes plantas, alzados y cortes arquitectónicos, tomando estos como base para realizar la primera interpretación de la edificación. Todo esto, con el fin de lograr la correcta identificación de cada uno de los espacios que tendrá la estructura en un futuro, para que cumpla tanto con la configuración arquitectónica como con el uso de la misma.

3.1.2 Ubicación de elementos estructurales. Luego, se procede a formar una plantilla base para localizar los elementos estructurales, la cual se denomina bloque de fondo, con dicho bloque se inicia el trazado de los ejes para ubicar las vigas,

columnas y muros estructurales, teniendo en cuenta las dimensiones iniciales que propone la arquitectura.

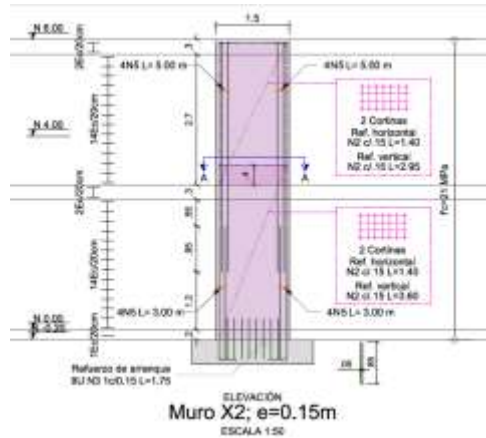
Durante la fase de dibujo, puede detectarse la necesidad de incluir un elemento que no estaba contemplado inicialmente en la arquitectura, por lo cual se procede a discutir la incorporación de este en común acuerdo entre el ingeniero encargado de diseño y el arquitecto del proyecto.

Con el primer bosquejo terminado, se procede a dar nomenclatura a todos los elementos estructurales dibujados, es decir, colocar un nombre al elemento dependiendo la ubicación de este tanto en planta como en alzado, siguiendo la orientación de los ejes anteriormente dispuestos.

Una vez finalizado el dibujo, este se contrasta con el modelo de análisis elaborado por el ingeniero proyectista, verificando que la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales sean las correctas, de lo contrario informar las inconsistencias.

3.1.3 Despiece de muros. Una vez el ingeniero proyectista cuenta con el diseño de los muros estructurales, se procede a dibujarlos. Para dicho dibujo, es necesario utilizar unos bloques dinámicos con el objetivo de facilitar el trabajo y para que estos sean claros y precisos. Se comienza dibujando el ancho del muro para colocar los elementos de borde y para las mallas se dibuja primero la sección transversal, con el fin de determinar hasta donde deben ir colocadas.

Figura 4. Despiece Muro X2 del proyecto Casa Héctor V.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

3.1.4 Detalles. Además del dibujo de las plantas con sus elementos estructurales y los despieces de muros, se realizaron diferentes detalles necesarios para la conformación de los planos, entre ellos están las estructuras metálicas como cerchas y escaleras, sus conexiones y elementos adicionales como correas y perlines.

En la mayoría de los casos, se tenía un ejemplo de estos detalles en otros proyectos realizados anteriormente en la empresa, los cuales fueron tomados para ser modificados según las especificaciones del proyecto que se estuviese trabajando. Sin embargo, si no se encontraba una guía del detalle, este se realizaba de acuerdo al diseño proporcionado por el ingeniero proyectista.

3.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En esta sección, se describen algunos de los procesos del análisis estructural que se llevaron a cabo durante la práctica.

3.2.1 Asignación de cargas para despiece de viguetas. Para el diseño estructural de las viguetas de los diferentes proyectos trabajados, se realizó el análisis para cada una de ellas, utilizando el método de área aferentes. Primero, se calculan las cargas que actúan sobre cada vigueta, teniendo en cuenta la ocupación de la estructura, así:

$$Carga\ muerta = 3.55 [kN/m^2]$$

$$Carga\ viva = 6 [kN/m^2]$$

$$Longitud\ aferente = 0.8 [m]$$

$$Carga\ muerta = 3.55 * 0.8 = 2.9 [kN/m]$$

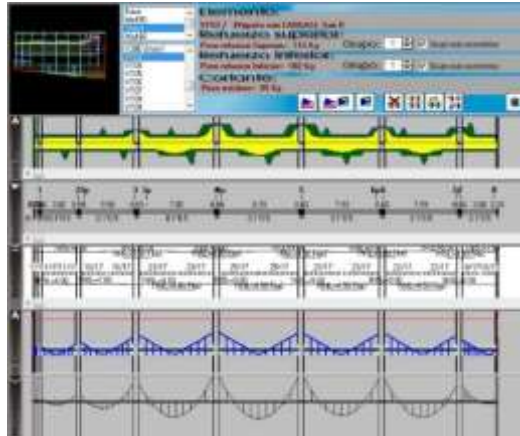
$$Carga\ viva = 6 * 0.8 = 4.8 [kN/m]$$

Con estas cargas, se puede realizar el despiece en el software DC-CAD, dibujando cada vigueta con sus respectivas dimensiones y longitudes, definiendo el número de vanos y el tipo de apoyos.

Es ahora cuando se procede a asignar las cargas para que el software realice un análisis de estas, generando así los diagramas de cortante, momento, acero longitudinal y transversal, permitiendo a su vez seleccionar el número de barras que cumple con dichas solicitaciones, siguiendo los requerimientos del Reglamento Sismo Resistente, NSR-10³².

³² MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Op. Cit.

Figura 5. Despiece de viguetas en proyecto La Cumbre Mardel.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

Como paso final, se exportaron los despieces de las viguetas diseñadas, al software AutoCAD para la conformación de los planos de despieces estructurales.

3.2.2 Diseño de elementos estructurales. Para el diseño de algunos de los elementos estructurales se utilizó el modelo de análisis elaborado por el ingeniero proyectista, del cual se exportaron las solicitaciones de vigas y columnas, para importarlas en el software DC-CAD. En primer lugar, se nombra cada elemento de acuerdo a la nomenclatura especificada en las plantas estructurales, luego se hace un chequeo de la geometría de estos para que de esta manera se inicie el proceso de despiece.

A continuación, se explica brevemente los pasos a seguir para el despiece de columnas y vigas.

3.2.2.1 Columnas. Para el despiece de las columnas, se realizan los respectivos chequeos de cuantía para el refuerzo longitudinal y de los estribos de confinamiento en cuanto al refuerzo transversal, el cual se encuentra en C.21.6.4 del Reglamento sismo resistente.

Para este último se realizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel en donde se calculó la longitud l_0 , longitud que nos indica hasta donde deben ir los estribos de confinamiento, también se calculó la máxima separación de estos y la cantidad de ramas necesarias en cada sección.

Se debe admitir que el programa DC-CAD no realiza un impecable despiece de estos elementos, en especial en columnas, por lo cual es necesario verificar cada una de ellas, con su respectiva longitud de empalme y solicitaciones de acero de refuerzo, para obtener las cantidades exactas de acero al final de este proceso.

3.2.2.2 Vigas. Al igual que en las viguetas, y debido a las solicitaciones anteriormente exportadas del modelo de análisis, se disponen los diagramas requeridos para su despiece. Es de gran importancia verificar que la viga se encuentre controlada a tensión a causa del refuerzo colocado, para esto se dispone de una hoja de cálculo proporcionada por el ingeniero proyectista, en la cual se pueden realizar los respectivos chequeos siguiendo la sección C.10 de la NSR-10.

También se realiza el respectivo diseño a cortante y el chequeo del refuerzo transversal que se encuentran en las secciones C.11 y C.21 respectivamente, del Reglamento Sismo Resistente, NSR10³³, verificando la longitud de la zona de confinamiento, la separación máxima entre estribos y la cantidad de ramas que necesita.

3.2.3 Modelado de escaleras. Para diseñar una escalera, se realiza el modelo de la losa que la conforma, hallando el espesor de esta de acuerdo a la Tabla 6, tomando en consideración que el espesor mínimo es de 15 cm.

³³ Ibíd.

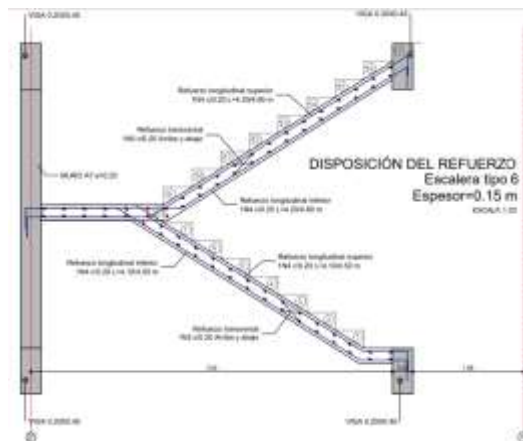
Tabla 4. Altura o espesores mínimos.

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Fuente: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, “Reglamento Colombiano de construcciones sísmo-resistentes. NSR-10.,” vol. Título C, pp. 530–827, 2010.

Teniendo la altura asumida, se propone un ancho de diseño de 1 metro para facilidad de cálculos, luego se definen las cargas vivas y muertas que se deben asignar para modelar la losa y diseñar el refuerzo longitudinal con la carga última $1.2D+1.6L$. Adicional a esto, para seleccionar el refuerzo transversal de retracción, se atendió a la cuantía mínima requerida por la sección C.7.12.2 de la NSR-10.

Figura 6 Disposición del refuerzo de escalera en proyecto San Francisco Tower.



Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

3.3 REVISIÓN DE REFUERZOS COLOCADOS

Esta actividad fue realizada para dar cumplimiento al control de calidad de los despieces de elementos estructurales como vigas y columnas, las cuales fueron diseñadas por alguno de los ingenieros que hacen parte del proyecto.

Las revisiones se desarrollaron de acuerdo a los requerimientos de la NSR-10, entre las cuales están los valores máximos y mínimos para las dimensiones de estos elementos, espaciamiento de estribos confinados y no confinados, cuantías máximas y mínimas, longitudes de desarrollo, empalmes, ganchos de las barras de acero longitudinal y transversal, acero requerido versus acero suministrado, entre otras.

Para el desarrollo de la metodología, se tomará como ejemplo la realizada al tomar el acero requerido por el software de análisis y compararlo con el acero suministrado por los despieces.

Primero, se calculó el área de acero suministrado según el número de barra colocada, teniendo en cuenta la tabla C.3.5.3-2 de la NSR-10, luego, utilizando el modelo de análisis, se determinó el requerimiento de acero para el elemento, realizando así la comparación entre estos, verificando, además de que el acero suministrado sea por lo menos igual al requerido, que cumpla con las cuantías máximas y mínimas reglamentadas en la NSR-10 y que las barras en el despiece cumplan con el espaciamiento mínimo y recubrimiento.

3.4 CÁLCULO DE CANTIDADES

El cálculo de cantidades, se realiza con el fin de facilitar la futura fase de programación de pedidos de materiales y para tener una estimación del

presupuesto de los mismos. Para esta actividad, se tomará como ejemplo el proyecto de Villa Sofía, ubicado en Barbosa, Santander. A continuación, se describen los procesos realizados para obtener las cantidades de los materiales a usar.

3.4.1 Acero de refuerzo. Las cantidades de acero de refuerzo se hallaron utilizando unas hojas de cálculo proporcionadas por el ingeniero proyectista, quién explicó brevemente el uso de las mismas. Para cada uno de los elementos estructurales, fue necesario conocer el diámetro de la barra, la cantidad y la longitud de estas, ya sean de refuerzo longitudinal o transversal, para poder hallar el peso en kg (Ver Tabla 7).

Tabla 5. Elementos de borde, estribos y arranque Muro X1, proyecto Villa Sofía.

Sec.	Cant	#Barra	Longitud [m]	Peso [kg]
	12	N4	4.5	53.36
	12	N4	5.5	65.21
Corte A	128	N2	0.88	27.82
	128	N2	0.22	6.96
Corte B	80	N2	0.63	12.45
	8	N4	4	31.62
Arranque	6	N3	1.56	5.20

Fuente: Alexis Vega Ingenieros S.A.S.

Un ejemplo del cálculo para la fila 1 de la tabla 7, se puede ver a continuación:

$$Peso\ barra = \frac{Área\ [mm^2] * Dac\ [kg/m^3]}{1000000}$$

$$Peso\ barra\ N4 = \frac{126.68 * 7800\ [kg/m^3]}{1000000}$$

$$\text{Peso barra N4} = 0.988 \text{ [kgf/m]}$$

$$\text{Peso elemento} = \text{Cant} * \text{Peso barra} * \text{Long}$$

$$\text{Peso elem.} = 12 * 0.988 * 4.5 = 53.36 \text{ [kg]}$$

De esta manera se obtienen las cantidades de acero de refuerzo restantes, de algunos de los elementos estructurales. Sin embargo, para las cantidades de acero de refuerzo de vigas y viguetas, se utilizó el software DL-NET, obteniendo de inmediato los reportes de dichas cantidades (Ver Anexo L), lo cual ahorró gran parte del trabajo.

3.4.2 Concreto. Para calcular las cantidades de concreto, se tomó el modelo de análisis de la estructura, realizado por el ingeniero proyectista. Inicialmente se creó un patrón de carga para el peso propio con multiplicador de 1, luego se seleccionó un tipo de elemento estructural, como por ejemplo los muros, los cuales fueron aislados visualmente en el modelo; luego se ingresó a las secciones de los elementos para definir el factor del peso en cero, a todos los elementos excepto a los que se les quería calcular el volumen de concreto. Se dio inicio análisis estructural del modelo para encontrar la reacción en la base en dirección z, del patrón de carga creado anteriormente. De esta manera, se procedió a dividir dicho valor en el peso específico del concreto y así obtener el volumen deseado.

El proceso anterior se debió realizar para cada tipo de elemento estructural, con el fin de presentar un informe detallado del volumen de concreto requerido para la edificación.

3.4.3 Estructuras metálicas. En el caso de las estructuras metálicas, el procedimiento fue muy similar al de acero de refuerzo, calculando las cantidades de

acero de los perfiles de las correas, las platinas de unión y cantidad de pernos utilizados para la cubierta liviana.

3.5 ENTREGABLES

Esta fase se realiza con el fin de comunicar los resultados obtenidos del diseño estructural, de forma física, por medio de planos estructurales y sus respectivas memorias de cálculo.

3.5.1 Planos estructurales. La adecuación de los planos estructurales, consistió en colocar las plantas estructurales, despieces y detalles de los elementos diseñados y demás diseños que se requieran para cada proyecto, los cuales serían entregados posteriormente como resultados del trabajo realizado.

El procedimiento que se llevó a cabo para la presentación de los planos estructurales se presenta a continuación:

Inicialmente, se propone una escala para las plantas y despieces de los elementos estructurales, verificando que se adecúen a las dimensiones de impresión de los planos. Luego se realiza una revisión de los textos, chequeando que no se superpongan unos con otros, que se encuentren en la ubicación adecuada y que cada detalle tenga su título y descripción.

Cuando el proyecto a diseñar es de gran magnitud como edificaciones de cinco pisos o más, se dispone de un archivo de AutoCAD para los diferentes elementos, es decir, uno que contenga las plantas estructurales y uno para cada despiece de elementos como muros, columnas y vigas. Sin embargo, si es el proyecto es de menor magnitud como una casa, se realiza un solo archivo que contiene todo lo anteriormente mencionado.

El fin de esto, es organizar cada plano, independientemente del archivo en el cual se encuentre, de manera constructiva, es decir, primero estarían la planta de cimentación, despieces de zapatas y vigas de enlace, luego despiece de muros y columnas, seguido por el entrepiso número 1 y el despiece de sus correspondientes vigas y viguetas, de esta forma con los entrepisos siguientes. Así, se garantiza un mejor manejo de estos en la fase de construcción.

3.5.2 Memorias de cálculo. Los planos deben ir acompañados por las memorias de cálculo en las cuales se describen los procedimientos para la realización de los diseños. Dichas memorias requieren la firma del ingeniero que realizó el diseño estructural.

El procedimiento para el desarrollo de esta actividad, se describe así:

En primer lugar, se diseña una portada para el proyecto que se esté trabajando, junto con una tabla de contenido, la cual se modificaba al finalizar la conformación de las memorias. Contiene unos ítems fijos, además de los documentos del ingeniero responsable y los soportes de calidad de la empresa, se encuentra el análisis sísmico, las tablas de especificaciones generales, solicitudes y resultados de análisis.

Luego de definir el contenido dependiendo del sistema estructural, de los elementos secundarios y de las características especiales del proyecto, se generó por medio del software de análisis, los reportes de asignaciones de cargas, geometría de los elementos modelados, propiedades de los materiales, junto con los resultados del análisis, que se tomaron en consideración para el diseño de cada uno de los elementos. También, dependiendo de cada proyecto, se incluyeron los diseños de elementos adicionales, como estructuras metálicas y sus conexiones, cubiertas, piscinas, entre otros.

Para finalizar, se incluyeron los demás reportes y hojas de cálculo necesarias para completar el contenido y así proceder a la numeración de páginas, verificación de encabezados y logos y demás detalles para la presentación de las memorias de cálculo.

4. PRINCIPALES APORTES

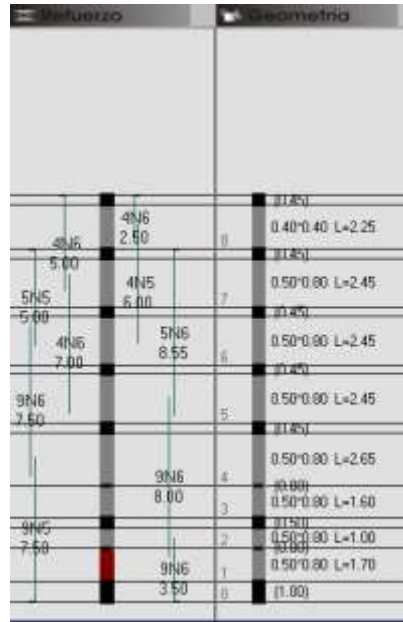
Como se mencionó anteriormente el programa DC-CAD, no realiza un impecable despiece de las columnas estructurales, por lo cual los ingenieros de la empresa las exportaban y corregían en el programa AutoCAD, lo que generaba una inconsistencia en las cantidades de obra exportadas del software DL-NET, causando que dichas cantidades tuviesen que ser calculadas a mano.

Uno de los aportes principales que se brindó a la empresa, fue realizado en el proyecto La Cumbre Mardel, en el cual se efectuó el despiece de las columnas; ejecutando las correcciones de estos, en el mismo software DC-CAD. El procedimiento realizado para este aporte fue el siguiente:

Primero, se contrastó el refuerzo de acero suministrado con el acero requerido por el modelo de análisis, verificando que el número de barras cumpliera con la cuantía máxima y mínima, según la NSR-10. Estas barras debían ser suministradas de manera que, al realizar el proceso constructivo, fuesen fáciles de manejar, con respecto a la cantidad y longitud de las mismas.

Luego de esto, se seleccionó cada tramo de columna y se le asignó la sección transversal correspondiente; para este último fue necesaria la utilización de otros de los aportes realizados en la empresa, los cuales consistían en dos hojas de cálculo en las que se definieron las longitudes de la zona de confinamiento, la separación máxima de estos estribos y la cantidad de ramas que requería dicha sección (Ver anexos J y K). De esta manera se logró un primer chequeo del despiece de las columnas, modificando a su vez la longitud de empalme y ganchos según la metodología de la NSR-10.

Figura 7. Despiece de Columna D-4 en proyecto La Cumbre Mardel.



Fuente: Software DC-CAD.

Finalmente, gracias a esta modificación, se consiguieron las cantidades de acero de las columnas de dicho proyecto, de una manera rápida y efectiva con el software DL-NET, sin que estas tuviesen que ser corregidas.

5. CONCLUSIONES

Las actividades realizadas durante la práctica empresarial, se llevaron a cabo siguiendo la metodología propuesta, de acuerdo a esto, se logró el apoyo en la verificación de los despieces de elementos estructurales, se calcularon las cantidades de obra de los diferentes proyectos y se colaboró en el control de calidad de los mismos. Todo esto, permitió complementar y dar soporte a la formación académica adquirida hasta el momento en el pregrado.

Se adquirió el afianzamiento de los softwares especializados en el análisis estructural y en despieces de los elementos estructurales, logrando una mejor perspectiva de los distintos procedimientos que se requieren para la realización del diseño estructural, dando paso a la ampliación de los conocimientos y garantizando el cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

Se realizó la obtención de cantidades de obra de los proyectos trabajados, de una manera rápida y eficiente, contando con la ayuda del software DL-NET y con las hojas de cálculo proporcionadas por el ingeniero proyectista.

Cabe mencionar que se intentó el apoyo en el software Revit (Autodesk), siendo este una herramienta BIM, para el dibujo de los proyectos trabajados, sin embargo, a pesar de ser una gran herramienta de trabajo, requería de una gran inversión de tiempo para adaptarse a este, incluyendo la capacitación de los ingenieros de diseño de la empresa. Debido a esto, se podía generar un leve atraso en los proyectos y además, los clientes no estaban dispuestos a costear un adicional por el modelo 3D generado. Por esta razón, se decidió continuar con la metodología que se venía trabajando en la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO LÓPEZ E. and KURMEN FIGUEROA R., “La Práctica Empresarial Como Método De Enseñanza Universitaria. Elemento Clave Para La Competitividad,” *Suma Negocios*, vol. 3, no. 1, pp. 149–155, 2012.

ANWAR N. and NAJAM F. A., *Structures and Structural Design*. 2016.

CÁCEREZ SUAREZ J. de J. and JAIMES TORRES S. P., “Manual de Dibujo para Proyectos de Ingeniería Civil Orientado a Estructuras,” Univ. Ind. Santander, 2007.

CAICEDO J. G., PALACIO N. J. C., and MORENO V. A., “Proyecto de diseño estructural para la construcción de un centro comunitario de desarrollo de proyectos productivos en el sector de la comuna 4 de Soacha,” *Creat. Commons*, vol. 151, pp. 10–17, 2015.

COLOMA PICÓ E., “Introducción a la tecnología BIM,” *Dep. d’Expressió Gràfica Arquit. I*, vol. 1, p. 40, 2008.

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, “Resolución Número 0017 del 4 de diciembre de 2017,” pp. 1–115, 2017.

GARCÍA DIGUÉS R. and GARCÍA MARTÍNEZ A., “3.4 Edificio Y Estructura,” *Curso 1o. Construcción I. Plan 1998*, vol. 01, p. 18, 2002.

GONZÁLEZ CUEVAS O. M. and FERNÁNDEZ VILLEGAS F. R., “Aspectos fundamentales del concreto reforzado,” p. 802, 2005.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIONES,
“Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001,” vol. 49, no. 571, Bogotá: ICONTEC
2015.pp. 1–32,

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIONES,
“NTC-ISO 9000 Sistemas de Gestión de la Calidad - fundamentos y vocabulario,”
no. 571, Bogotá: ICONTEC 2015.pp. 1–23,

McCORMAC J. C. and BROWN R. H., “Diseño de Concreto Reforzado,” p. 724,
2011.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,
“Reglamento Colombiano de construcciones sísmo-resistentes. NSR-10.,” vol.
Título C, pp. 530–827, 2010.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,
“NSR-10 Requisitos generales de diseño y construcción sísmo resistente,” Nsr-10,
vol. TÍTULO A, p. 186, 2010.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,
“Reglamento Colombiano de construcciones sísmo-resistentes. NSR-10.,” vol.
TÍTULO B, pp. 530–827, 2010.

MUÑOZ M, H. A. “Manual del Acero Gerdau Diaco para Construcciones Sismo
Resistentes,” p. 274, 2012.

NAVARRO HUDIEL S. J., “Take-Off (Cantidades de Obra),” 2008.

PARA G., BLACKBERRY I., and SOFTWARE D., “Manual de usuario,” p. 57.

SIERRA APONTE L., "Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM 'Building Information Modeling,'" Eloi Coloma Pico, 2016.