

**APOYO EN PROCESOS DE REVISIÓN Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DEL  
DISEÑO ESTRUCTURAL PARA PROYECTOS CON ESTRUCTURAS EN ACERO**

**PRESENTADO POR  
LAURENT MARÍA BOHÓRQUEZ RÍOS  
ID: 000270340**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2018**

**APOYO EN PROCESOS DE REVISIÓN Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DEL  
DISEÑO ESTRUCTURAL PARA PROYECTOS CON ESTRUCTURAS EN ACERO**

**LAURENT MARÍA BOHÓRQUEZ RÍOS**

**ID: 000270340**

**DIRECTOR ACADÉMICO**

**GUSTAVO ANDRÉS OSPINA IDARRAGA**

**Ingeniero Civil**

**DIRECTOR EMPRESARIAL**

**FABIÁN ANDRÉS MARTÍNEZ MUÑOZ**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2018**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma Jurado N°1

---

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, Noviembre de 2018

## DEDICATORIA

*A Dios que siempre estuvo en cada paso y decisión.*

*A mis padres que son el motor de mi vida y que me dieron su esfuerzo, apoyo y amor para cumplir la meta.*

*A mis hermanos que siempre estuvieron para motivarme en el día a día.*

*A mis pequeñas sobrinas que son mi fuente para querer ser mejor cada día.*

*A mis amigos que siempre me sacaron una alegría y me enseñaron que existe la lealtad.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de la mejor manera y con las mejores personas.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por tener a excelente grupo docente, quienes me enseñaron todos los conocimientos durante el pregrado.

Al Ing. Miguel Antonio Peralta y al grupo de trabajo en general de Peralta Ingeniería S.A.S. por abrirme las puertas, ética profesional y brindarme tantos conocimientos nuevos y herramientas tecnológicos, para cumplir con las funciones asignadas de la mejor manera.

Al director empresarial el Ing. Fabian Andrés Martínez, por brindarme respaldo y apoyo durante el tiempo de práctica.

Al director académico el Ing. Gustavo Andrés Ospina, por su tiempo y constante apoyo en el proceso de la práctica empresarial y para finalizar la vida universitaria.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ILUSTRACIONES .....	vii
LISTA DE TABLA.....	viii
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO .....	ix
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1. CARACTERÍSTICAS.....	5
3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	5
3.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES .....	6
4. PERALTA INGENIERÍA S.A.S.....	17
5. PROYECTO SANITAS .....	18
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	18
5.2. VERSIÓN 1 .....	19
5.3. VERSIÓN 2 .....	24
5.4. VERSIÓN 3 .....	27
5.5. SUMINISTRO DE MATERIAL .....	31
5.6. NORMATIVAS.....	33
6. APORTE AL CONOCIMIENTO .....	42
7. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
8. CONCLUSIONES .....	44
9. BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diseño de Pantalla anclada.....	9
Ilustración 2. Diseño de Zapata aislada.....	11
Ilustración 3. Pórticos arriostrados concéntricos.....	13
Ilustración 4. Pórticos arriostrados excéntricos.....	13
Ilustración 5. Construcción compuesta.....	14
Ilustración 6. Secciones compuestas.....	15
Ilustración 7. Conectores cortantes.....	15
Ilustración 8. Esquema de entrepiso.....	16
Ilustración 9. Logo de la empresa.....	17
Ilustración 10. Planta de Cimentación - Versión 1.....	21
Ilustración 11. Sección Bordes de losa.....	22
Ilustración 12. Sección losa con vigueta.....	22
Ilustración 13. Sección losa con viga.....	23
Ilustración 14. Pedestal.....	24
Ilustración 15. Planta de Cimentación - Versión 2.....	25
Ilustración 16. Planta de Cimentación - Versión 3.....	28
Ilustración 17. Sección de Placa Flotante.....	29
Ilustración 18. Anclaje de viga a muro.....	29

## LISTA DE TABLA

Tabla 1. Ventajas y Desventajas del acero estructural. ....	6
Tabla 2. Sistemas de contención. ....	8
Tabla 3. Cimentaciones superficiales. ....	10
Tabla 4. Consumo de acero y concreto de la cimentación. ....	26
Tabla 5. Proveedores en la ciudad de Bucaramanga. ....	31
Tabla 6. Laminas o Plantinas. ....	32
Tabla 7. Accesorios para conexiones. ....	32
Tabla 8. Concreto. ....	33
Tabla 9. Normas técnicas para la etapa General. ....	35
Tabla 10. Continuación de la Tabla 9. ....	36
Tabla 11. Continuación de la Tabla 9. ....	37
Tabla 12. Normas técnicas para el diseño sistema piso steel deck. ....	38
Tabla 13. Normas técnicas para el diseño de viguetas y vigas, sistema de piso. ....	39
Tabla 14. Normas técnicas para diseño de viguetas tipo acastillada. ....	40
Tabla 15. Normas técnicas para el diseño de miembros compuestos rectangulares en pie o armado. ....	40
Tabla 16. Normas técnicas para el diseño de conexiones. ....	40
Tabla 17. Normas técnicas para el diseño de placa base de las columnas. ....	41



## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** APOYO EN PROCESOS DE REVISIÓN Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL PARA PROYECTOS CON ESTRUCTURAS EN ACERO

**AUTOR(ES):** Laurent María Bohórquez Ríos

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Gustavo Andrés Ospina Idarraga

### **RESUMEN**

Este documento contiene las características, ventajas y desventajas de usar las estructuras de acero en las edificaciones, además cuenta con el uso de este tipo de estructuras en un proyecto de la ciudad de Bucaramanga que fue diseñado por Peralta Ingeniería S.A.S., el cual da solución a los inconvenientes encontrados durante el proceso, como lo fue el nivel freático encontrado con anticipación y las limitantes existentes, como lo era la necesidad de grandes luces, es por eso que el proyecto tiene un sistema estructural de muros compuestos y una cimentación con placas flotantes, convirtiéndolo en unos de los edificios pioneros en construcción con acero en la ciudad. También contiene los diferentes sistemas constructivos y de cimentación conocidos por la norma NSR-10, lo cuales fueron incluidos dentro del proyecto, esquemas de las vigas compuestas, las diversas versiones de las plantas de cimentación, las especificaciones de los cambios realizados en cada versión, procesos de construcción del sistema compuesto y la lista de proveedores para suministrar el material.

### **PALABRAS CLAVE:**

Acero, Sistema compuesto, Placas flotantes, Concreto

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** SUPPORT IN PROCESSES OF REVISION AND CONTROL OF THE EXECUTION OF STRUCTURAL DESIGN FOR PROJECTS WITH STEEL STRUCTURES

**AUTHOR(S):** Laurent María Bohórquez Ríos

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Gustavo Andrés Ospina Idarraga

### **ABSTRACT**

This document contains the characteristics, advantages and disadvantages of using steel structures in buildings. It also has the use of this type of structures in a project of the city of Bucaramanga, which was designed by Peralta Ingeniería S.A.S., which gives a solution to the problems encountered during the process, as it was found with anticipation and the existing constraints, groundwater, as it was the big lights, so that the project has a structural system of compound walls and a foundation with floating plates, and it will be one of the buildings construction pioneered with steel in the city. Also contains different construction and Foundation systems known by the standard, the which were included within the project, diagrams of composite beams, different versions of the Foundation plants, the specifications of the changes made in each version, processes of construction of the composite system and the list of providers to supply the material.

### **KEYWORDS:**

Steel, Composite system, Floating plaque, Concrete

### **V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día vivimos en un mundo donde la seguridad se basa en la construcción tradicional, es decir, el ladrillo y concreto, pero como en toda modernidad existen grandes cambios, es por eso por lo que ahora la construcción en acero ha tomado fuerza. En Colombia, en los años cuarenta este tipo de estructuras se veían reflejadas en obras importantes como los edificios de la Caja Agraria, Residencias Colón y Esso, en un medio como el de este país donde hay condiciones sísmicas especiales y suelos blandos, los bajos pesos de estas estructuras las hacen óptimas para ser implementadas (Tiempo, 1994). Además, ligereza no es sinónimo de inseguridad, que es lo que nos ofrece una estructura metálica, sino se habla más bien de una ductilidad en las edificaciones que permiten deformarse sin llegar a romperse.

A pesar de haberse realizado estructuras de acero cuando apenas se daba a conocer en países extranjeros y un gran ejemplo de ello fue el edificio del Banco de Bogotá de la Cra. 10 con Cll. 14 (Tiempo, 1995), donde en esa época se importaban los aceros de Alemania o Estados Unidos, ya que en el país no se producía nacionalmente, por lo que era necesario importarlo o armarlo por medio de cordones de soldadura (Lopez & Giraldo, 2008), lo cual lo hacía más costoso que construir con concreto, pero ahora con la producción de aceros propios en Colombia, construir con acero vale lo mismo que realizarlo con concreto, haciéndolo más factible económicamente para la construcción.

No obstante, el acero es amigable con el medio ambiente, ya que se puede reciclar hasta un 100% (Monro, 2018); es más flexible, tolera la acción sísmica, se conoce más exacto su comportamiento, no tiene límites en las formas y tamaños que se deseen, su costo en mano de obra en relación al tiempo son menores y por último, su tiempo de construcción dura 40% menos en comparación a las demás (Codimec,

2017). Por otra parte, en cuestión de empleo y el PIB, la construcción con estructuras metálicas según Fedemetal y CAMACERO (Cámara Colombiana del Acero), el 2.5% del PIB pertenece a este sector y genera 16.300 puestos de trabajo. Adicionalmente, Colombia cuenta con cinco productores de acero, ubicados en su mayoría en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca y con un principal exportador de acero extranjero que nacionaliza.

Es por eso por lo que empresas como Peralta Ingeniería S.A.S. se han dedicado a darle fuerza a este sistema, dando una solución más a la construcción en zonas de alta sismicidad o edificaciones de grandes alturas e incluso a obras en espacios reducidos. Por tanto, en este documento se plasmará la importancia de las especificaciones y normas para un buen diseño de estas estructuras, como esto varía dependiendo del material y tipo de sección; en este tipo de estructuras la soldadura y uniones es lo más importante que se debe tener en cuenta para cumplir con la ductilidad deseada, es por eso que en la parte de especificaciones y recomendaciones se mirara mucho sobre los cuidados de la soldadura, los perfiles, los pernos y sobre todo el mantenimiento que se debe realizar para un completo rendimiento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GENERAL**

Apoyar la revisión, seguimiento y control de los procesos constructivos del diseño estructural para proyectos con estructuras en acero para la empresa Peralta Ingeniería S.A.S de acuerdo con las recomendaciones de los supervisores académico y empresarial asignados.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apoyar como auxiliar de ingeniería en el departamento de diseño estructural en los procesos de revisión y ejecución de proyectos con estructuras metálicas.
- Apoyar el seguimiento a las recomendaciones y normativas técnicas estipuladas para el diseño de estructura metálica en los proyectos asignados durante la práctica empresarial.
- Apoyar la alimentación de base de datos del departamento de compras, específicamente en la recopilación de información de proveedores de materiales para la ejecución de estructura metálica.
- Apoyar la elaboración de la plantilla de presupuesto de ejecución de obras de estructuras en acero.

### 3. MARCO TEÓRICO

Cuando se habla de construcción a otras personas lo primero que le viene a la mente es concreto, pero actualmente existen muchos sistemas más de construcción como los prefabricados de hormigón, la madera, la tapia, entre otras, pero en este caso se comenta sobre el acero como material estructural. Las estructuras metálicas se convierten en una opción segura en zonas sísmicas, gracias a la resistencia y ductilidad que poseen para doblarse sin romperse, ya que absorben la energía; en cuestión de construcción, el acero se convierte como un suministro más de la obra, lo cual lo convierte en una construcción más rápida, adaptable, limpia y precisa, además el acero tiene una mayor relación de resistencia/peso que cualquier otro material, en cuanto al medio ambiente, se puede reciclar hasta un 85% y fundir para generar nuevos aceros (Madsen, 2005).

En algunos países europeos este tipo de sistemas constructivo es dominante edificios comerciales, debido a su flexibilidad en el diseño, su facilidad en los ensambles, reducción de costos financieros, ya que un periodo de construcción más corto reduce el tiempo durante el cual se debe pagar el interés, reduce el ruido y el polvo, genera menor cantidad de residuos, mínima el uso de columnas verticales en un edificio, no sufre deformaciones ni encogimientos y cuando se le protege adecuadamente, no se pudre ni se descompone (Corus, 2013).

Pero como todo material estructural tiene sus ventajas y desventajas, esto depende del perfil que se use, el sistema constructivo, y sobre todo el tipo de proyecto que se desea realizar. A continuación, se hablará de algunas sus características, los beneficios de usar este sistema, y ejemplos de implementación en la edificación, contención y cimentación.

### **3.1. CARACTERÍSTICAS**

Como todo tipo de material estructural tiene sus características lo hace diferente a los demás materiales; en el caso del acero, la alta resistencia para grandes luces, la uniformidad donde el paso del tiempo no se le nota, la elasticidad en los cálculos exactos, que lo hacen preciso y más compatibles a lo diseñado, la durabilidad que posee en la vida útil a la que fue diseñada, la ductilidad ante una tragedia, la tenacidad una combinación perfecta entre resistencia y ductilidad, es decir, tiene capacidad de deformarse durante su fabricación y montaje, sin causarse ningún tipo de daño temporal o permanente, son algunas de las características que destacan al acero como material estructural. (McCormac & Csernak, 2012).

### **3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Aunque en Colombia el acero no es considerado como un material económico en el ámbito constructivo, no deja de ser un sistema constructivo seguro y flexible, y es por eso por lo que las empresas productoras de acero buscan masificar su uso. Por ese motivo las ventajas de su uso estructural los beneficia y lo hace considerarse como una opción para estructuras o edificaciones especiales, donde el concreto no es la solución económicamente (Corus, 2013). Pero como todo material estructural, el acero tiene sus falencias, una de la más grandes e importantes es la corrosión, que es cuando están expuestos al aire y agua, esto se ve más en las zonas costeras, aunque ya hay soluciones como las pinturas para disminución del efecto o alternativas como los aceros intemperizados. En la tabla 1, se presentan algunas ventajas y desventajas de este material.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas del acero estructural.

<p style="text-align: center;"><b>VENTAJAS</b> (Urdaneta, 2010)</p>	<p style="text-align: center;"><b>DESVENTAJAS</b> (McCormac &amp; Csernak, 2012)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es producido industrialmente lo cual se vuelve como un suministro más de la obra.</li> <li>• Al ser elaborado entra en el grupo de prefabricados lo que lo hace más factible a la hora de construir.</li> <li>• Es mejor tolerable a las acciones sísmicas gracias a que posee una respuesta flexible.</li> <li>• Su comportamiento es más elástico a diferencia de otros sistemas constructivos.</li> <li>• Al tener mejor conocimiento de la ruta de circulación de la carga, se tiene un análisis estructural más simple y exacto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Susceptibilidad al pandeo, entre más largos y esbeltos mayor es el peligro de pandeo, por eso se utilizan aceros adicionales para rigidizarlas.</li> <li>• Costo extra para la protección contra el fuego, aunque los aceros son incombustibles, el fuego reduce considerablemente la resistencia.</li> <li>• Fatiga, ocurre cuando se genera un gran cambio en la magnitud del esfuerzo de tensión.</li> <li>• Fractura frágil se produce cuando hay fatiga y elemento está a bajas temperaturas, y en condiciones de refuerzo triaxial.</li> </ul>

### 3.3. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Cuando se menciona sistema estructural, lo primero que se piensan son en los sistemas apórticados (Viga-Columna), sistemas de muros (Túnel) y sistemas combinados, los cuales son los considerados por la norma NSR-10 en el Título A. Un sistema estructural se divide en componente o elementos estructurales como la cimentación, donde implica la base de la estructura y sistemas de contención, otro elemento es la super-estructura, redes hidráulicas y eléctricas, y por último los acabados, que implica la fachada, divisiones dentro de la estructura y detalles



finales. Se seguirá con conceptos sobre algunos sistemas de cimentación y constructivos, que se implementaron en el proyecto.

- **CIMENTACIÓN**

En la construcción se conoce como el cimiento de toda la edificación, la cimentación se conoce por ser la parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al suelo sin involucrar la estabilidad de los demás elementos (Muñoz, 2012). Pero para que una cimentación trabaje como se debe, se tiene que tener en cuenta los sistemas de contención y los estabilizantes de taludes, que son los que combaten la erosión y deslizamientos del suelo.

Los sistemas de contención son una solución para la estabilidad de la excavación y la seguridad de los edificios, también para la seguridad de los trabajadores a la hora de levantar la estructura. Existen muchos tipos de estructuras de contención, algunos de ellos son los muros de tierra armada, los muros en gaviones, las pantallas ancladas, los muros de contención de concreto ciclópeo, los rellenos o bermas de roca, entre otros. En la tabla 2 se conocerán las ventajas y desventajas de algunos métodos de contención, dando un mayor conocimiento de sus usos y lo necesario para tener la mejor efectividad del sistema, así mismo se dará a conocer donde son más efectivas cada una. (Gutierrez & Calderon, 2010).

En este caso se hará énfasis en las pantallas ancladas, que son el sistema de contención utilizado en el proyecto, ya que por su doble función de resistir los empujes del terreno y limitar la concentración de agua sobre la cara de talud, se adapta a los proyectos realizados. A continuación, en la ilustración 1, se muestra el diseño de una pantalla anclada del proyecto.

Tabla 2. Sistemas de contención.

<b>MÉTODOS DE CONTENCIÓN</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Relleno o berma de roca	Efectivos para los deslizamientos no muy grandes, actúan como contrapeso en las rotaciones.	Necesitan de una cimentación competente para su instalación.
Muros de contención	Excelentes para estabilizar taludes relativamente pequeños.	Poco eficientes en taludes de gran altura y necesitan una cimentación óptima
Anclajes o Pernos	Útiles en suelos rocosos, especialmente cuando están estratificados.	Requiere de maquinaria especial y su costo es alto.
Pantallas ancladas	Sirven para taludes de tamaño de pequeño a mediano, con capacidad para contener e impermeabilizar taludes.	Posee dudas sobre su efectividad en casos de aguas subterráneas.

Las pantallas ancladas son estructuras constituidas por varillas de acero introducidas a perforaciones realizadas con anterioridad, a las cuales se les inyecta posteriormente cemento líquido, para crear una adherencia entre las varillas y la roca. Se conocen como cimentaciones flexibles, son usadas en cimentaciones profundas y existen dos tipos: La pantalla articulada, la cual se comporta como una viga doblemente apoyada, que estará sometida a grandes desplazamientos y giros, también conocida como soporte o base libre; y la pantalla empotrada, que es como una viga apoyada empotrada, siguiendo el giro en su base despreciable, es insignificante el movimiento de su extremo.

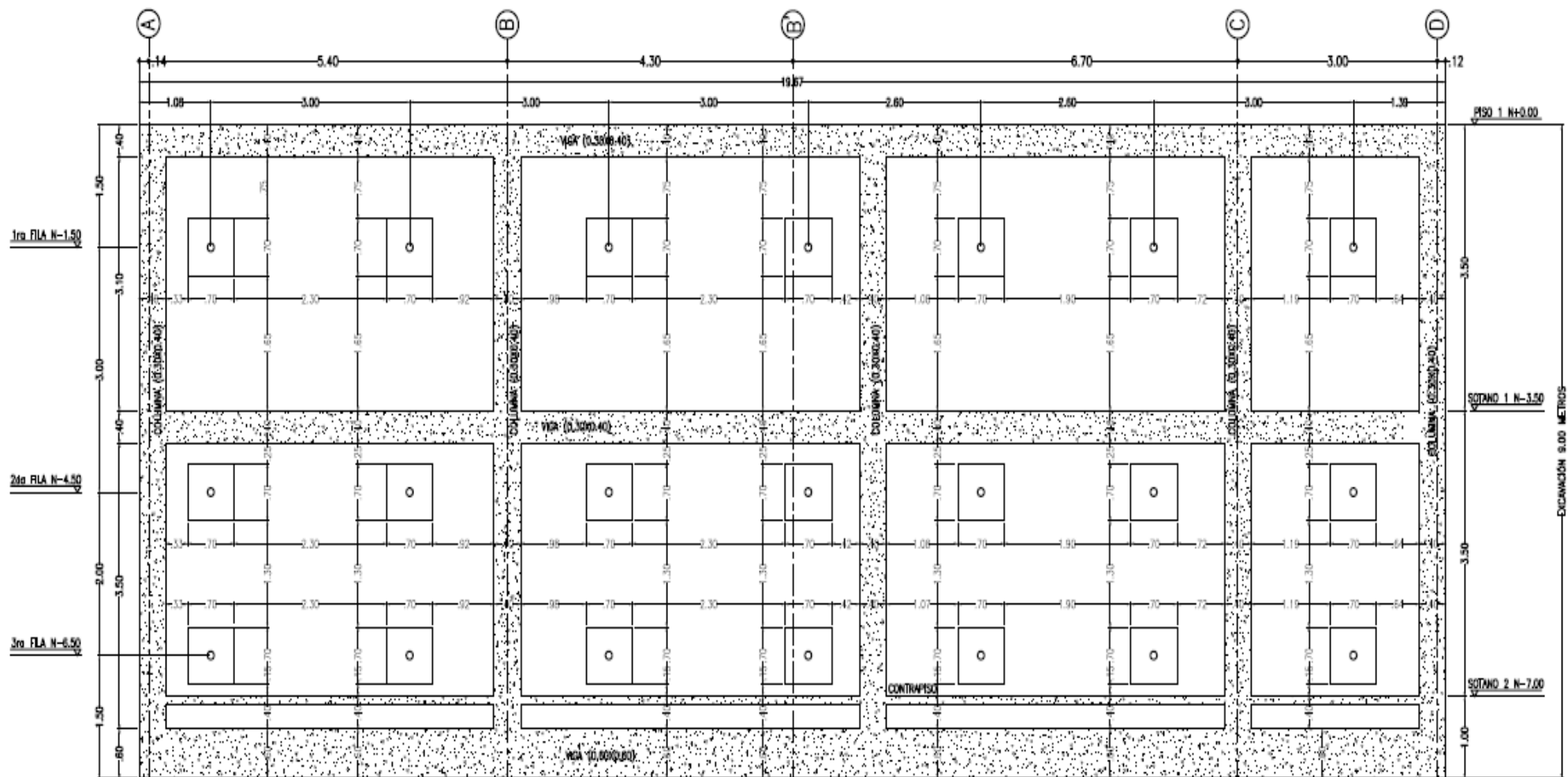


Ilustración 1. Diseño de Pantalla anclada.

En el caso de la cimentación, se practican dos tipos, las superficiales y las profundas, las cuales se diferencian por su geometría, comportamiento, función estructuralmente y sus sistemas de construcción (Vasquez, 2000). En la tabla 2, se habla de las diferentes clases de cimentaciones superficiales, que se caracterizan por su sección transversal mayor a su altura, y por ser usadas en profundidades menores de 4 metros aproximadamente con respecto al nivel del terreno superficial o del sótano.

Tabla 3. Cimentaciones superficiales.

	<b>ZAPATA AISLADA</b>	<b>ZAPATA COMBINADA</b>	<b>LOSA DE CIMENTACIÓN</b>
<b>CONCEPTO</b>	Pueden ser concéntricas, medianera o esquinera, soporta y traslada al suelo la carga de un apoyo individual.	Conocidas por soportar y trasladar al suelo las cargas de varios apoyos.	Se define por soportar y trasladar al suelo la carga de todos los apoyos.
<b>TIPO DE SUELO</b>	Suelos duros y de poca compresibilidad.	Suelos de mediana compresibilidad.	Suelos con capacidad de carga muy baja.
<b>CARGAS</b>	Para cargas moderadas.	Cargas no muy altas.	Cargas uniformes.
<b>BENEFICIOS</b>	Rigidez lateral por medio de conexiones con vigas de amarre.	Reduce los esfuerzos para mejor rigidez.	Disminuye los esfuerzos y los asentamientos.

Pero cuando se quiere mayores profundidades de cimientos, se consideran las cimentaciones profundas, que se conocen por sus secciones transversal menor a su altura, y por ser usadas en profundidades de 4 a 40 metros aproximadamente,

se especifican en dos tipos, los pilotes y las pilas, que se diferencian por sus diámetros superiores y formas de construcción.

En la ilustración 2 se muestra el diseño de una zapata aislada, el cual hace parte del diseño total del proyecto desarrollado durante la práctica, donde se puede observar que es tipo medianera y que va conectada por vigas de amarre, como se comentaba en la tabla 3 del presente documento.

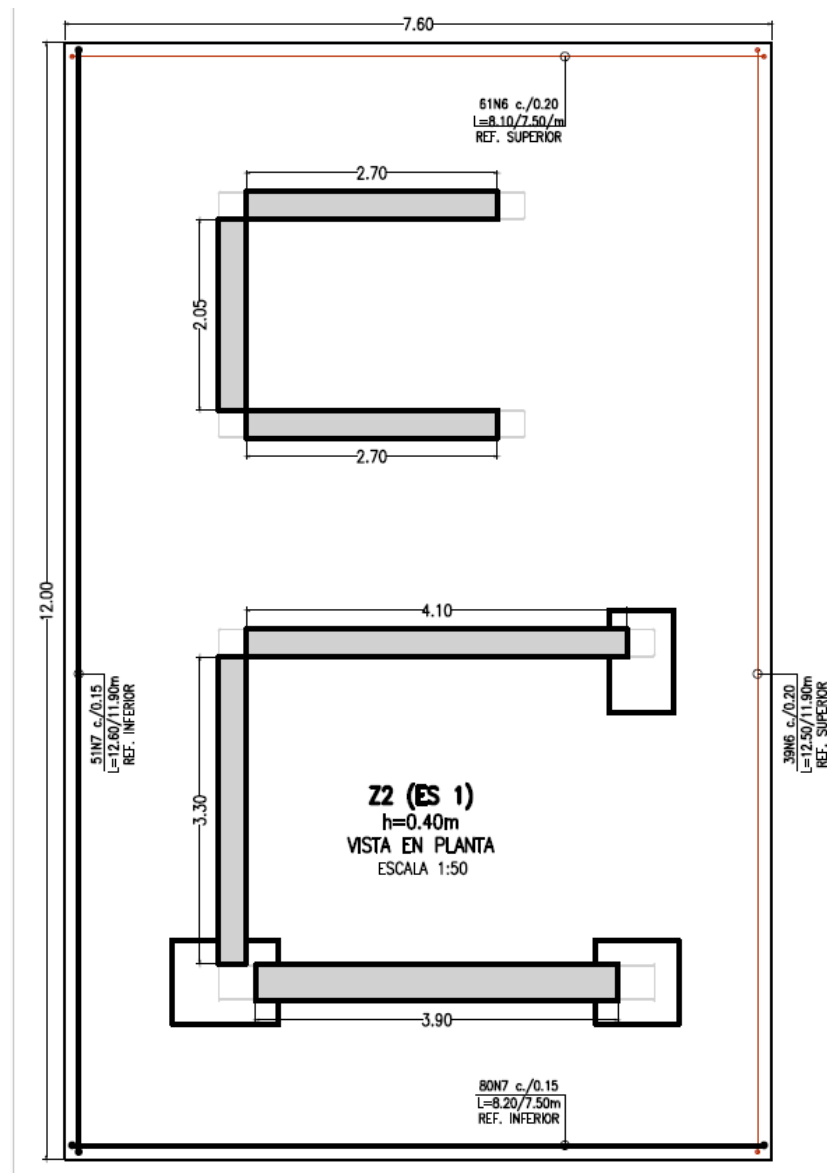


Ilustración 2. Diseño de Zapata aislada.

- **SUPER-ESTRUCTURA**

Se considera como el esqueleto de la edificación, la estructura que va sobre él suelo, se caracteriza por ser diseñada según la resistencia a las fuerzas sísmicas y el grado de capacidad de disipación de energía del material estructural, definido por los títulos A, C Y F de la norma NSR-10.

Según la NSR-10, se reconocen cuatro tipos generales: los sistemas de muros de carga, más conocidos por tener muros de carga y estructurales en toda la edificación, no dispone de un pórtico en sí; el sistema combinado, el cual utiliza muros estructurales para resistir los momentos horizontales y pórticos para las cargas verticales; sistema de pórticos, como su nombre lo indica está conformado por pórticos esencialmente completos que resistente todas las cargas; y por último, el sistema dual, combinación entre pórticos sin diagonales y muros estructurales (AIS,2012). En este caso, se hará énfasis en los sistemas pórticos con arriostramiento y en unas de las nuevas modalidades de construcción, la construcción compuesta.

Los sistemas pórticos arriostrados, son estructuras de concreto o de acero conformadas por la unión de vigas y columnas mediante uniones rígidas o articuladas, es decir, es un conjunto de pórticos y riostras. Este sistema se clasifica en pórticos arriostrados concéntricamente y pórticos arriostrados excéntricamente, en la ilustración 3 y 4, se observan los diferentes tipos de diagonal en ambos pórticos; la diferencia de concéntrica o excéntrica, es que cuando el sistema es concéntrico, significa que la estructura es reticulada y que lo que se busca es evitar o disminuir las excentricidades, en cambio, el excéntrico es diseñado especialmente para disipar energía en forma estable dentro del rango plástico.

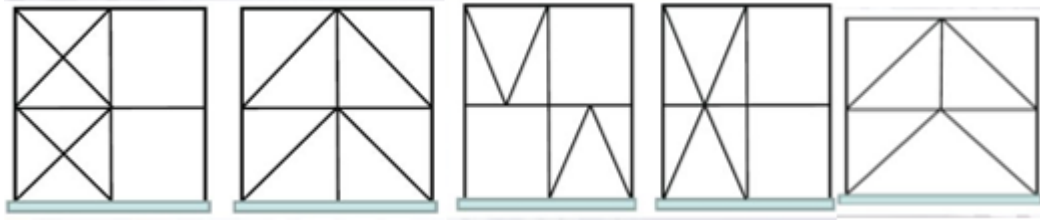


Ilustración 3. Pórticos arriostrados concéntricos.

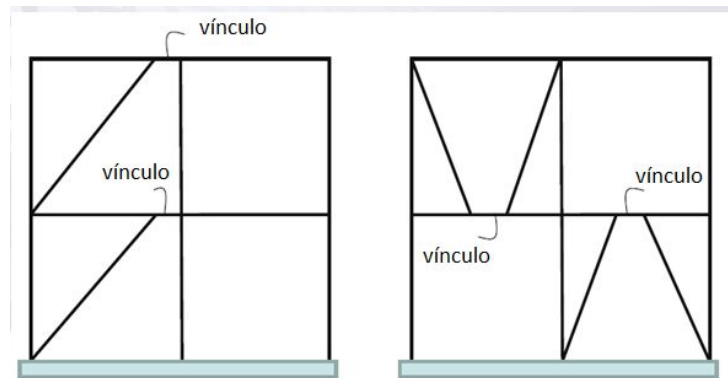


Ilustración 4. Pórticos arriostrados excéntricos.

Además, los arriostramientos concéntricos generan menos desplazamientos laterales que los excéntricos (Rengifo, Herrera, & Rojas, 2017). Como se decía anteriormente estos sistemas también pueden ser en acero, puesto que se conocen como rehabilitadoras sísmicas para la estructura.

Otro concepto, es que estos sistemas son usados para aumentar la rigidez de la estructura y la capacidad de resistir cargas laterales, como los movimientos sísmicos y los vientos, es por eso por lo que el pandeo lateral se considera prevenido en estas estructuras, gracias a sus elementos de arriostramientos diferentes a los elementos estructurales (vigas y columnas), las columnas son realizadas continuamente y las vigas nacen de ellas; también se asume que no hay desplazamientos relativos en las conexiones, lo cual ocurre por los arriostramientos (Faddoul & Castillo, 2011).

Construcción compuesta, también conocida como construcción mixta o construcción híbrida (ilustración 5), la cual consiste en la implementación de dos o más materiales distintivos, que al combinarlos presentan un mejor comportamiento que el de los componentes individuales, la combinación más usada es el acero estructural y el concreto (Crisafulli, 2014).



Ilustración 5. Construcción compuesta

Este tipo de sistema posee beneficios arquitectónicos y funcionales, por ejemplo, las losas de entre piso con espesores reducidos, vigas más largas, espacios más amplios sin necesidad de tantas columnas. Al combinar el acero con el concreto, se contrarrestan las desventajas de cada uno de ellos, es decir, se compensa la baja resistencia a tracción del concreto y se disminuye o evita la inestabilidad del acero, así mismo de que actúen de a manera que mejor desempeño tienen (compresión en concreto y tensión en acero); otra mejora es que el concreto contribuye a la resistencia al fuego de los miembros compuestos, evitando el costo extra para esta protección.



El punto crítico de este tipo de estructuras es la conexión entre los materiales, como adherir ambos materiales para que trabajen de la mejor manera, pero esto depende de la forma en que se construya, ya sea en rellenar un perfil estructural con concreto o en ahogar un perfil en concreto (Ilustración 6), en la segunda opción es necesario implementar elementos que conecten o vinculen los materiales, en ese caso se usan los conectores cortantes, los cuales son elementos de acero que se soldan al perfil, y así mejorar el comportamiento integral de los materiales.

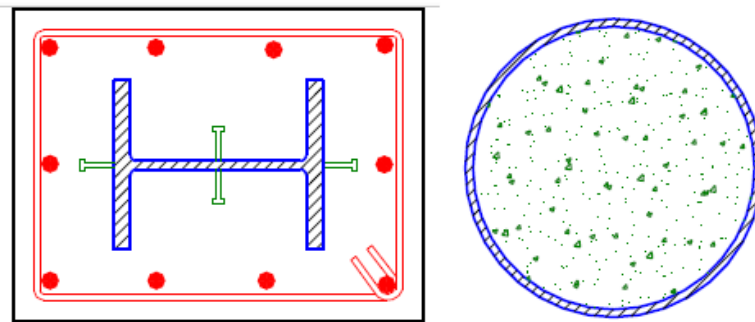


Ilustración 6. Secciones compuestas.

En el lado derecho se contempla un ejemplo de una sección compuesta rellenando de concreto el perfil de acero estructural y en el lado izquierdo, es el ejemplo de un columna o viga de concreto con un perfil de acero estructural sumergido. En la ilustración 7, se observa los conectores cortantes, que se mencionaban anteriormente.



Ilustración 7. Conectores cortantes.

Para el caso de los entrepisos, la forma más usada es la del perfil estructural conectado con la losa de concreto, como se puede observar en la ilustración 8, al perfil se le soldán los conectores cortantes para unirlo con una placa colaborante (Steel deck) el cual se vierte concreto para formar la losa (Cabrera & Romero, 2008).

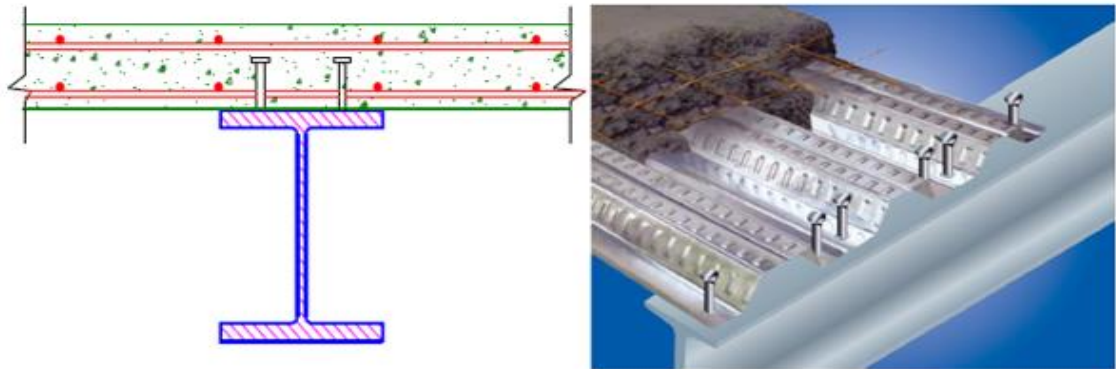


Ilustración 8. Esquema de entrepiso

En el lado derecho se observa el proceso para la losa compuesta con lamina colaborante de acero, usado en los entrepisos, en el lado izquierdo es el esquema de la conexión de la viga con la losa.

#### 4. PERALTA INGENIERÍA S.A.S.

La empresa que fue el lugar de ejecución de la práctica empresarial es Peralta Ingeniería S.A.S., que se encuentra ubicada en la ciudad de Bucaramanga, Santander. Su sede se encuentra en el centro de la ciudad en la calle 35 # 17 – 77, Edificio Bancoquia, anteriormente contaba con una sede en Barrancabermeja, ellos describen su identidad comercialmente como (Peralta, 2017):

*“La empresa PERALTA INGENIERIA S.A.S. dedicada a la construcción de estructuras de concreto y acero y a la consultoría de obras civiles, con fortalecimiento en el área de diseños de estructuras en acero. Cuenta con herramientas tecnológicas innovadoras que les dan un valor agregado a sus proyectos dando confianza y seguridad, e impulsando al desarrollo de alternativas de construcción en la región, incluyendo zonas con amenazas sísmicas. Además, por su compromiso y cumplimiento cuenta con óptimos niveles de calidad, precisión y organización.”*

Empresa destacada por proyectos como: el edificio Pianelli en el barrio San Francisco, el reforzamiento de la bodega de Gavassa, proyectos como Boulevard San Francisco, edificio Varena, entre otros en la ciudad de Bucaramanga, también por algunos proyectos en Barrancabermeja con Ecopetrol y en el colegio británico en Cartagena.



Ilustración 9. Logo de la empresa.

## **5. PROYECTO SANITAS**

### **5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se trata de un edificio destinado a arriendo, ejecutado por la empresa OTACC y diseñado por Peralta Ingeniería S.A.S., el cual está ubicado en la carrera 32 # 48 – 33 en el barrio cabecera de la ciudad de Bucaramanga. El edificio consta de dos sótanos para parqueaderos de carga y 6 niveles de altura para consultorios, con una altura de entre pisos de 3.85 metros y de 3 metros en los sótanos, con fachada de paneles de vidrio y divisiones internas con particiones livianas (Drywall). El diseño se basó en limitantes existentes que contenía el proyecto, los cuales fueron: el espacio necesario para los consultorios, el tamaño de las columnas, las grandes luces de 11 metros y los entrepisos de espesor máximo de 60 cm de altura, por ende, el sistema constructivo de todo el proyecto se definió en perfiles de acero estructural, con sistemas de piso en viguetas laminadas compuestas con losa colaborante (deck) en todos los pisos (incluido sótano y cubierta); las columnas de la edificación son compuestas rectangulares tipo perfil relleno. El sistema de resistencia sísmica está formado de muros de cortantes compuestos de concreto reforzado y perfiles de acero con capacidad especial de disipación de energía (MCC-DES), y con un coeficiente de importancia de grupo de uso II, estructuras de ocupación especial, dado que clasifica como centro de salud, según la NSR-10.

Se escogió este sistema ya que el acero permite la flexibilidad y el concreto la rigidez para las grandes luces y permiten que el entrepiso no sea de gran grosor, además la empresa OTACC quería ser uno de los pioneros en la ciudad Bucaramanga en la construcción con acero, por otra parte, el lote tenía una geometría que solo permitía colocar 4 ejes transversalmente y de 6-8 ejes longitudinalmente. Otra razón de este utilizar este sistema, es que, si se implementaba la construcción tradicional, el entrepiso y las columnas debían ser de gran grosor por el tamaño de la luz que se requería, para este caso, se utilizó la losa compuesta para los entrepisos y perfiles

armados de aceros rellenos de concreto. Pero debido a cuestiones de costo y factores encontrados a la hora de construir, se obtuvieron 3 versiones de los diseños con algunos cambios significativos.

## **5.2. VERSIÓN 1**

Se refiere al diseño inicial del proyecto, en la ilustración 10, se contiene la planta inicial de la cimentación del proyecto, la estructura de acero esta soportada en pedestales de concreto reforzado, los cuales se apoyan en zapatas aisladas enlazadas con vigas de amarre y pantallas de concreto en pozo de los ascensores. Las zapatas tienen dimensiones desde 1 metro hasta 2.7 metros variando según las cargas de las columnas. El sistema estructural de esta versión fue generalmente de muros compuestos y pórticos arriostrados concéntricos compuestos, cada uno en un sentido de la estructura, es decir, transversalmente se usaron los pórticos arriostrados y longitudinalmente los muros compuestos. La altura de los entrepisos fue de 3.85 metros en todos los niveles incluyendo los sótanos, los parqueaderos se diseñaron como parqueaderos normales para vehículos particulares, el tanque del agua se ubicó sobre el sótano 2, las columnas se diseñaron con cambio de secciones en algunos pisos.

El diseño se realizó para una capacidad portante de suelo a 10 metros de profundidad desde el nivel 0.00 del proyecto de 45 toneladas por metro cuadrado para cimientos de 2.0 metros, según el estudio de suelos, con concretos de 28 Mpa para la cimentación y muros compuestos, y de 21 Mpa para las losas de entrepiso, las cuales estaban conformadas por laminas colaborantes, también conocidas como Steel deck de 12 cm de altura, en las siguientes ilustraciones, se muestra secciones de viguetas, vigas y vigas de borde.

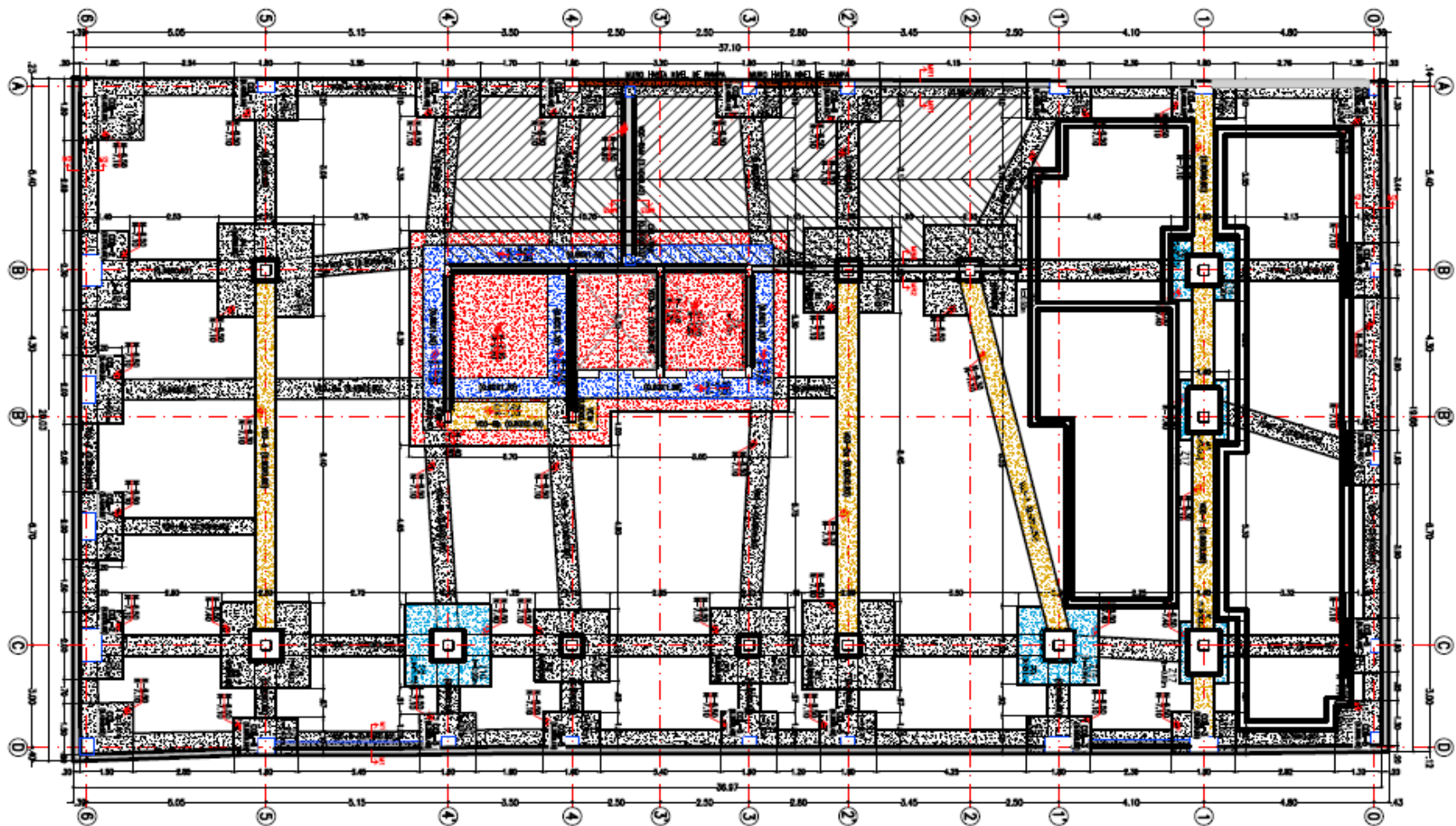


Ilustración 10. Planta de Cimentación - Versión 1.

En las ilustraciones 11, 12 y 13, se observa la implementación de la losa compuesta, usando una lámina colaborante de acero rellena de concreto de 21 Mpa y unido a un perfil en I con conectores de cortante tipo espigo con cabeza.

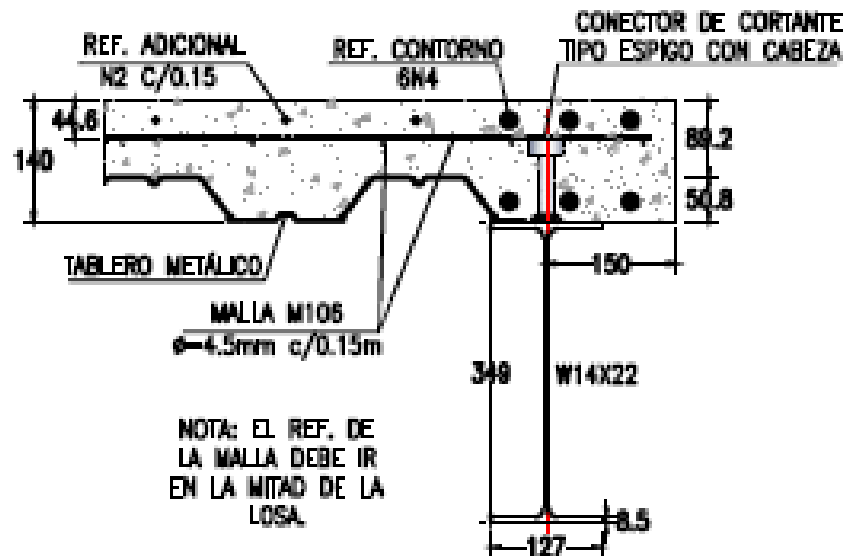


Ilustración 11. Sección Bordes de losa

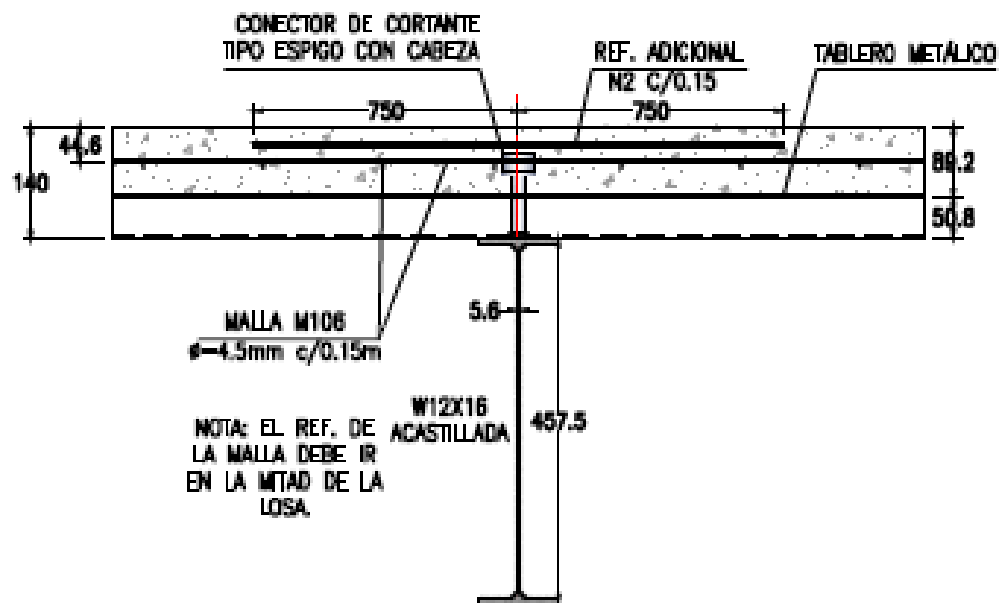


Ilustración 12. Sección losa con vigueta.

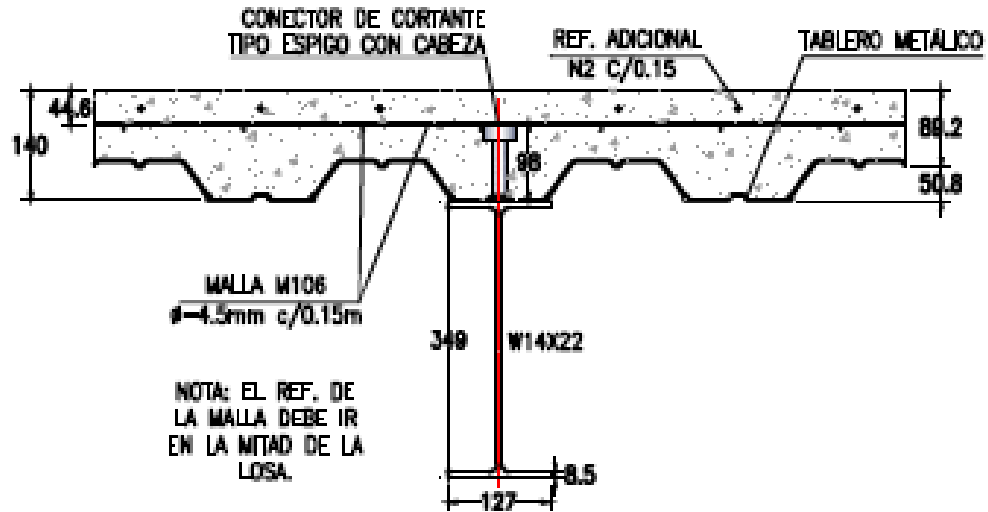


Ilustración 13. Sección losa con viga.

Como es de saberse, el acero tiene desventajas como la corrosión y la protección contra el fuego, en estos casos el diseño cuenta con soluciones para estos dos inconvenientes. Para la corrosión, en este caso se podría generar por el contacto con el agua del nivel freático, esto se evitó al colocar las columnas externas que iban sobre el perímetro del lote, sobre unos pedestales de concreto (Ver ilustración 14) que terminaban arras del nivel cero y se conectaban con las columnas compuestas y en las columnas internas, estas si empezaron desde el nivel del sótano, sobre una capa de grava que utilizo como filtro. Por otra parte, con respecto de la protección contra fuego, al ser sistema compuesto, el concreto le permite soportar esas temperaturas durante las 2 horas requeridas por la norma (NSR-10) según el tipo de edificación para la evacuación, pero en el caso de los entresijos, se colocaron láminas 1/2" para darle protección a la losa compuesta y permitir el mismo tiempo.



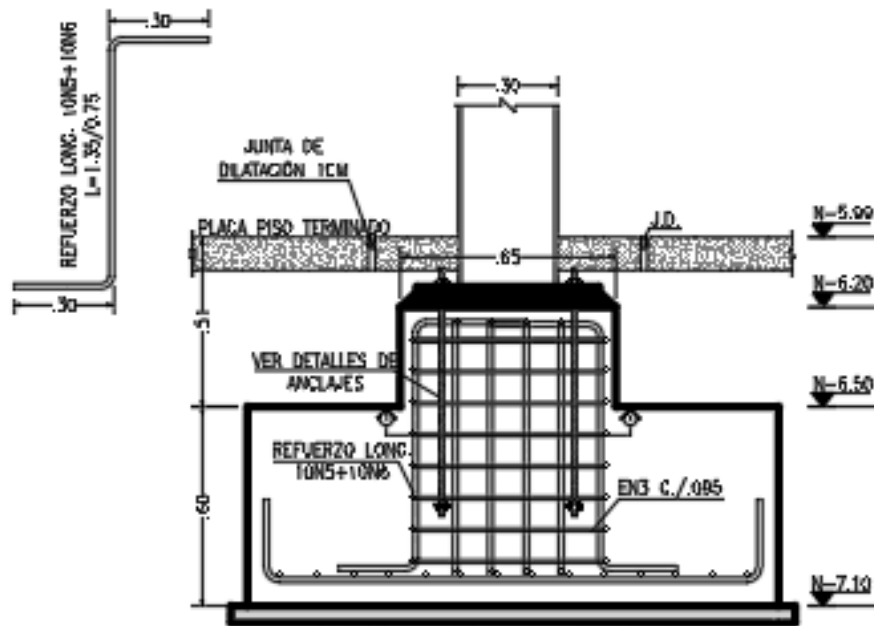


Ilustración 14. Pedestal.

### 5.3. VERSIÓN 2

En la ilustración 15 se muestra la planta de la version 2, donde en comparación a la version 1 no hubo grandes cambios, las modificaciones se realizaron más que todo en la zona de los sótanos, puesto que los parqueaderos no tenían que ser para particulares sino de carga, los cuales son mucho más grandes, es por eso por lo que, para mantener la misma cantidad de parqueaderos, se debió mandar el tanque por debajo del sótano 2 y así quedar con el espacio requerido. Así mismo después de analizar las alturas de los parqueaderos, se vio que no era necesario tener la altura de 3.85 metros de entrepiso, entonces se bajó a 3 metros de altura y me mantuvo la altura de los entrepisos de los niveles superiores.

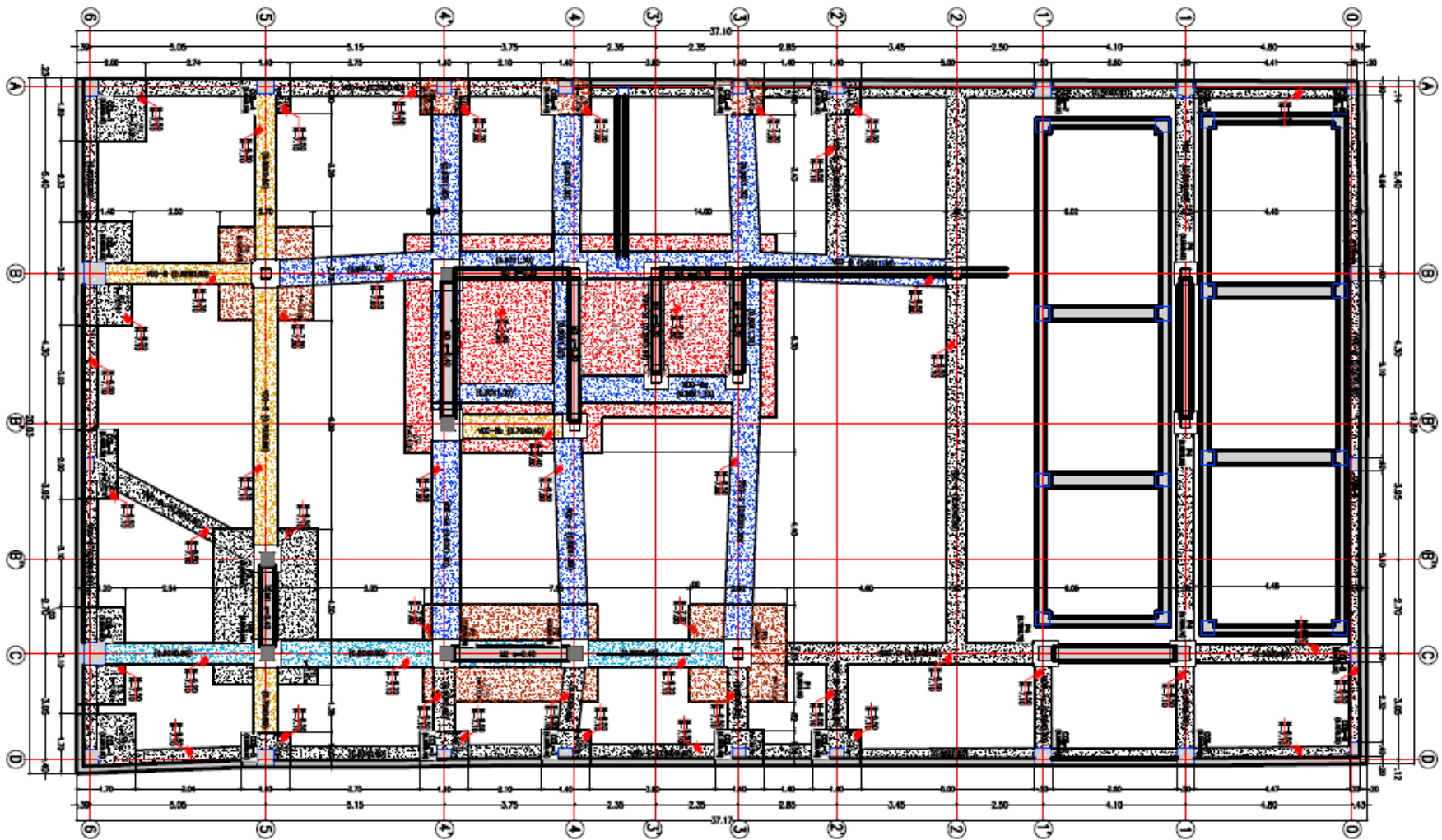


Ilustración 15. Planta de Cimentación - Versión 2.

En cuanto se hizo esta versión, se requirió por parte de la empresa constructora una comparación de las cantidades de acero y concreto, en la parte de la cimentación. Como se muestra en la tabla 4, la diferencia de material fue más grande en el acero que en el concreto, pero igual fue mayor en la cimentación 2.

Tabla 4. Consumo de acero y concreto de la cimentación.

CONSUMO DE ACERO - VERSIÓN 1			CONSUMO DE ACERO - VERSIÓN 2		
ITEM	UNID	PESO	ITEM	UNID	PESO
VIGAS CIMENTACIÓN	Kg	23556	VIGAS CIMENTACIÓN	Kg	36719
PEDESTALES	kg	1970	PEDESTALES	kg	1970
ZAPATAS	Kg	7553	ZAPATAS	Kg	6501
<b>TOTAL</b>	<b>Kg</b>	<b>33079</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Kg</b>	<b>45190</b>

CONSUMO DE CONCRETO - VERSIÓN 1			CONSUMO DE CONCRETO - VERSIÓN 2		
ITEM	UNID	VOL	ITEM	UNID	VOL
VIGAS CIMENTACIÓN	M3	94.57	VIGAS CIMENTACIÓN	M3	103.87
PEDESTALES	M3	1.84	PEDESTALES	M3	1.84
ZAPATAS	M3	112.14	ZAPATAS	M3	119.44
<b>TOTAL</b>	<b>M3</b>	<b>208.55</b>	<b>TOTAL</b>	<b>M3</b>	<b>225.14</b>

La diferencia entre las versiones del consumo de acero fue de 12111 kg, eso es un 36.6% de material extra de la versión inicial, y del consumo de concreto fue de 16.59 m3, eso es solo un 8%, estos cambios se debieron a las modificaciones en los sótanos por los parqueaderos de cargas y por enterrar el tanque.

#### **5.4. VERSIÓN 3**

Se trata de la versión final del proyecto, como se está construyendo en estos momentos, aquí se aplicó la ingeniería de valor y se encontró durante la excavación problemas de mucha agua. Como se puede ver en la ilustración 16, se cambió la cimentación que se trabajaba en las versiones anteriores por losas flotantes, que van por tramos en todo el lote, esto se debió a que el nivel freático se encontró mucho antes de donde estaba y por ende las zapatas aisladas con vigas de amarre no eran la mejor solución, así que se decidió por colocar las placas flotantes sobre una especie de placa de grava de 50 cm para trabajar como filtro, en la ilustración 17, se observa el diseño de una losa de cimentación que tiene un espesor de 0.90 metros, por ende la capacidad portante se redujo de 45 toneladas a solo 10 toneladas, además se debió colocar pozos inyectores y el tanque se ubicó en el tramo de la losa trasera del lote.

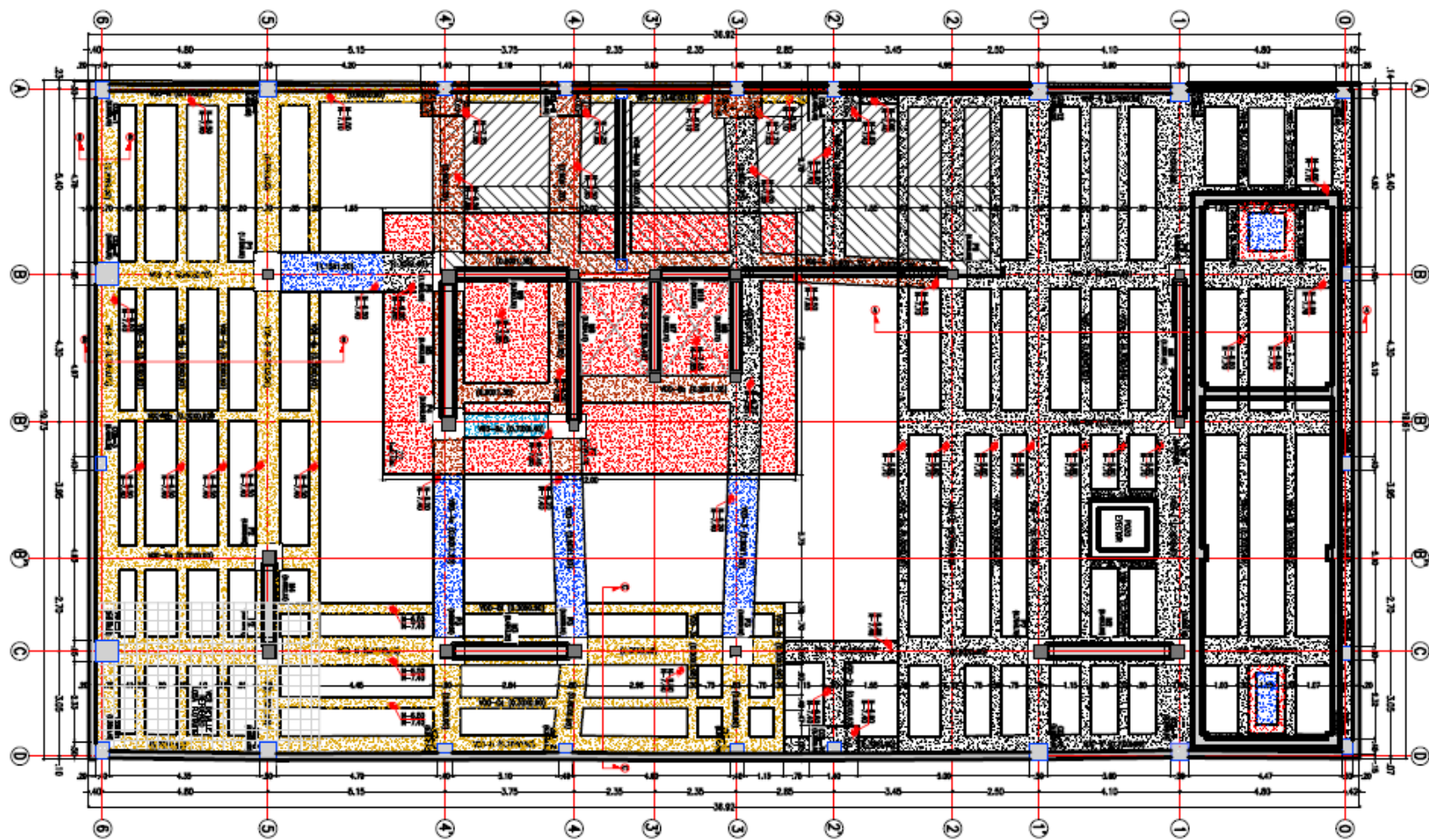


Ilustración 16. Planta de Cimentación - Versión 3.

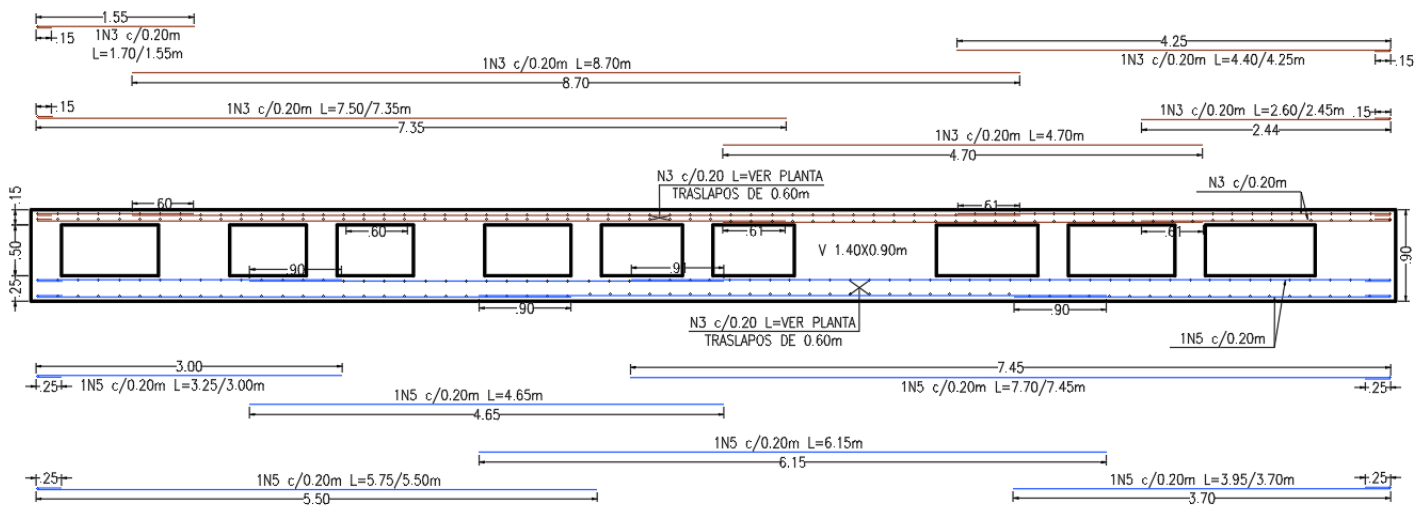


Ilustración 17. Sección de Placa Flotante.

Igualmente, al cambiar las zapatas por losas flotantes, se cambiaron las conexiones con el muro de contención, en la ilustración 18, hay un ejemplo de cómo quedo la conexión del muro existente de contención con las vigas de cimentación que lleva la losa. Se utilizaron varillas 5/8" como conexión y un adhesivo epóxico para unirlo al muro de contención.

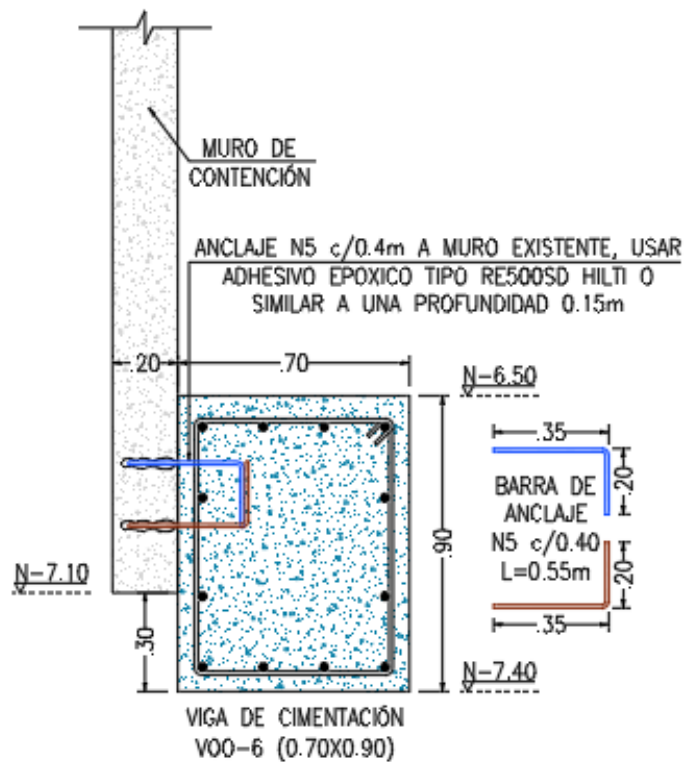


Ilustración 18. Anclaje de viga a muro.

Por cuestiones de la ingeniería de valor, se quitaron los pórticos arriostrados concéntricos compuestos y se reemplazaron por más muros compuestos, ahora todo el sistema estructural es en muros compuestos, las columnas ya no cambian de sección en algunos pisos, se mantiene la misma sección para toda la altura y para poder cumplir esto, se redujeron los espesores de las paredes para dar espacio, los muros de concreto del pozo del ascensor se mantuvieron. Así mismo, gracias a la flexibilidad del arquitecto se pudo aumentar un poco el tamaño de las columnas para mayor rigidez. Las vigas y viguetas son perfiles I (Alma llena), las columnas que van en toda la totalidad de la estructura son armadas con láminas de acero y las que solo suben 4 pisos son en perfiles PTE (perfiles tubulares estructurales) de dimensiones de 20X20, es decir, son perfiles tubulares cuadrados.

La razón por la cual se utilizaron perfiles en I y no las PHR para las losas compuestas es porque si se quiere garantizar el sistema compuesto, es decir, que el concreto trabaje a compresión y la viga de acero en tensión, se deben utilizar unos conectores de cortante, que en este caso se utilizaron de 3/4" y soldados con un espesor de 8 mm, por lo tanto era necesario que la pared a la cual eran soldados debía tener mínimo 8 mm de espesor y los PHR máximo tienen 3 mm de espesor, lo cual la soldadura en este caso lo podría quemar, dado que la soldadura es la que garantiza la transferencia de cortante en el acero y el concreto, se usaron perfiles I.

Se trabajaron vigas compuestas porque eran económicamente más viables que trabajarlas por sí solas, además las vigas compuestas soportan de 3 a 4 veces más carga que por separado. Generalmente durante el vaciado de concreto en las losas, estas se deben arriostrar para evitar el pandeo y movimiento lateral de las láminas por el peso del concreto, pero en este caso no se hizo, sino que en vez de usar riostras, se apuntalaron con parales mientras se fundida, al hacerlo así se ahorraron 7 toneladas en acero y fue algo temporal para la viga, y no pusieron en riesgo las losas, ya que después de fraguado el concreto, la viga ya empieza a trabajar como compuesta y ya es rígida.

## 5.5. SUMINISTRO DE MATERIAL

Para proceder a la construcción del proyecto, fue necesario buscar proveedores de perfiles de acero y de concreto, también de conexiones y demás detalles, en la siguiente tabla se muestra los proveedores encontrados en la ciudad Bucaramanga donde se compraron algunos materiales de la construcción, los cuales sirvieron para alimentar la lista de proveedores que ya tenía la empresa.

Tabla 5. Proveedores en la ciudad de Bucaramanga.

NOMBRE PROVEEDOR	CIUDAD	TELÉFONO
<b>ACERO</b>		
TODO BRONCES	Bucaramanga	(7) 6714507 - 3153856780
FERRETERIA AGROTOD0	Bucaramanga	(57) 6713737 - 3134327290
AGOFER	Bucaramanga	3102955671 - (7) 6917400 Ext: 2008
STECKERL ACEROS SSS	Bucaramanga	(7) 6970606 - 3107032222
GYJ DE ACEROS	Bucaramanga	(7) 6393980 - 3143051201
CYRGO	Bucaramanga	3208818032
COLMENA	Bucaramanga	3142959380
MUNDIAL DE TORNILLOS	Bucaramanga	(7) 6425654 - 3184403691
<b>CONCRETO</b>		
CONCRETERA PREVESA	Bucaramanga	3123290532 - 3144825189
CONCRETERA HOLCIM	Bucaramanga	(577) 6480555 - 3223489740
CONCRETERA ARGOS	Bucaramanga	(7) 6760196 - 3102764556
<b>NEOPRENO</b>		
TECNICAUCHOS & PLÁSTICOS	Bucaramanga	(7) 6428055 - 3164473395
MILCAUCHOS	Bucaramanga	(7) 6711414 - 3175019435
<b>ACERO INOXIDABLE</b>		
VITEMP	Bucaramanga	3182817235 - 3182431980
EL PUNTO DEL INOXIDABLE	Bucaramanga	3182065809 - (7) 6710966
INOXORIENTE	Bucaramanga	3174394250 - (7) 6427088
IMPORINOX	Bucaramanga	(7) 6972777 - 3173709604
ARQUIACEROS	Bucaramanga	31836948 - (7) 6979718
SOLUTIONS	Bucaramanga	3118833030
<b>OTROS</b>		
MALLAS ESPECIALES	Bucaramanga	(7) 6424080 - 3173637231
FERRETERIA ALDIA	Bucaramanga	(7) 6305555
GRUPO EMPRESARIAL ANDINO	Cúcuta	3005300762
AERORENTAL	Bucaramanga	3102775819



Pero además de encontrar proveedores, se cotizaron los materiales como perfiles IPE, W6X9, W14X22, en material ASTM A572, perfiles PTE en acero ASTM A500 Gr. 50, laminas en acero ASTM A36 para algunas conexiones, laminas en acero ASTM A572 para las columnas armadas y otras conexiones, pernos de anclaje en acero ASTM A36 y ASTM A193 Gr. B7, arandelas estructurales en ASTM F436, Tuercas estructurales ASTM A193 Gr. 2H o ASTM A563, el concreto que era de 3000 a 4000 PSI, dependiendo del elemento a fundir, entre otros. Se generaban tablas (Tabla 6 - 8) con las cotizaciones de los proveedores y luego esta información se mandaba a la coordinadora de compras para armar el presupuesto final con los precios más asequibles para la empresa y generar las órdenes de compra.

Tabla 6. Laminas o Plantinas.

ID	ESPESOR	CALIBRE (mm)	MATERIAL	PROVEEDOR STECKERL				
				FORMATO	MATERIAL EQUIVALENTE	PESO (KG)	PRECIO UNITARIO	PRECIO KG
PL.1	1/4"	6	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	A36	135.65	\$ 385,802	\$ 2,844
PL.2	3/8"	9	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	A36	203.47	\$ 552,055	\$ 2,713
PL.3	1/2"	12	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	-	280	\$ 816,340	\$ 2,916
PL.4	5/8"	15	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	-	349.94	\$ 1,020,250	\$ 2,916
PL.5	1"	25	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	A36	583.24	\$ 1,596,328	\$ 2,737
PL.6	1-1/4"	32	A572 GR. 50	4'X8' (1.22X2.44)	-	746.55	\$ 2,087,727	\$ 2,796

Tabla 7. Accesorios para conexiones.

ID	TIPO	DIMENSIONES	MATERIAL	UNIDAD	MUNDIAL DE TORNILLOS
					PRECIO UNITARIO
CO.1	Arandela	7/8"	F436	Und	\$ 372
CO.2	Arandela	3/4"	F436	Und	\$ 245
CO.3	Tuerca	1-1/4"	ASTMA194 - 2H	Und	\$ 3,749
CO.4	Tuerca	7/8"	ASTMA194 - 2H	Und	\$ 1,370
CO.5	Tuerca	3/4"	ASTMA194 - 2H	Und	\$ 866
CO.6	Tuerca	1/2"	ASTMA194	Und	\$ 384
CO.7	Esparrago	-	ASTM A193 GR. B7	Und	\$ 38,080

Tabla 8. Concreto.

ID	DESCRIPCION	UNIDAD	PROVEEDOR HOLCIM	
			PRECIO UNITARIO	SERVICIO DE BOMBA
CON.1	Concreto de 3500 PSI	M3	\$ 273,676	SI

En las tablas se colocaba la información general del material y el precio unitario que daban los proveedores, así mismo para los perfiles y laminas se sacaba el precio por Kg, para tener un precio por peso de la estructura, en algunos casos los proveedores no tenían o manejaban el material o tipo de acero del elemento estructural, entonces ellos ofrecían materiales de equivalencia, en las conexiones son precios por unidad y en el concreto precio por m3 y si incluía el servicio de bomba.

## 5.6. NORMATIVAS

Al haber hablado de los sistemas constructivos, la cimentación, acabados, materiales y proveedores, lo más importante que se debe tener en cuenta al principio de empezar un proyecto es su diseño y para esto, los diseñadores se basan en unas normas y especificaciones que rigen la forma de diseñar son seguridad y adecuadamente. Cada etapa de diseño usa normas, desde la cimentación hasta la estructura final del proyecto, pero no solo lo constructivo tiene normas, los materiales también se basan en normas o en ese caso especificaciones del acero con lo que es conformado el elemento, al igual que los elementos de conexiones, como la soldadura, que tiene especificaciones del aplicado en fábrica y en sitio. Los documentos enunciados a continuación fueron consultados y escogidos como referencia para las consideraciones de diseño planteadas para el desarrollo del proyecto. Se muestran normativas nacionales e internacionales debido a la complejidad del proyecto y a los criterios limitantes tenidos en cuenta para el análisis y diseño de los miembros y conexiones de la estructura.

- NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
- ASCE7-10 Minimum Design Loads for buildings and other Structures.
- ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings.
- AISC341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings.
- AISC Seismic Design Manual.
- AISC Design Manual.
- AISC Design Guide 29-Vertical Bracing Connections-Analysis and Design.
- AISC Design Guide 31-Castellated and Cellular Beam Design.
- AISC Design Guide 1-Base Plate and Anchor Rod Design.
- AISC Design Guide 11-Vibrations of Steel-Framed Structural Systems Due to Human Activity.
- Structural Welding Code Steel AWS D1.8.
- ACI 318 American Concrete Institute.

En las tablas 9 - 17, se muestran las secciones tomadas de las normas comentadas anteriormente con un ejemplo de la etapa o diseño donde fueron implementadas. Se explicará en cada tabla el proceso que se hizo y la sección de la norma en la que se basó para los requisitos, parámetros y chequeos de diseño.

En las tablas 9-11, se hace énfasis de los análisis generales del proyecto, como es el análisis de las cargas axiales y de flexión de las columnas, cargas principales, es decir, la carga muerta, carga viva y la combinación de estas, coeficientes de capacidad portante, las limitaciones de la derivada, relaciones de esbeltez, y todo lo que tenga que ver con los sistemas de resistencia sísmica para el proyecto.

Tabla 9. Normas técnicas para la etapa General.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Análisis de los efectos de las deformaciones, de desplomes de las columnas y las reducciones de rigidez (Axial y flexión).	<b>F.3.3.</b> Análisis. <b>F.3.6.</b> Sistemas arriostrados y muros de cortante.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
Método de análisis para el diseño por estabilidad, usando el método de longitud efectiva.	<b>F.2.21.2.</b> Requisitos generales de estabilidad.	
Carga Muerta	<b>B.3.</b> Cargas Muertas.	
Análisis dinámico tipo modal-espectral con el modelo tridimensional con diagramas rígidos.	<b>A.5.</b> Método del análisis dinámico.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
Carga Viva, estructura tipo proyecto institucional – consultorios, cuartos privados, y áreas de circulación.	<b>B.4.2.1.</b> Cargas vivas requeridas. <b>TABLA B.4.2.1-1.</b> Cargas vivas mínimas uniforme distribuida.	
Sistemas de resistencia sísmica de la estructura.	<b>A.2.</b> Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño.	
Determinar la máxima aceleración horizontal de diseño como fracción de la gravedad, periodo de vibración fundamental aproximado de la edificación.	<b>A.4.</b> Método de la fuerza horizontal equivalente. <b>A.4.2.</b> Periodo fundamental de la edificación.	
Coeficiente de capacidad de disipación de energía, irregularidad en planta y altura.	<b>A.3.9.</b> Uso de elementos disipadores de energía.	

Tabla 10. Continuación de la Tabla 9.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Coeficiente por ausencia de redundancia.	<b>A.3.3.8.</b> Ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
Combinación de sistemas estructurales en planta sin que esto de pie a que la estructura se clasifique como irregular.	<b>A.3.2.5.</b> Combinación de sistemas estructurales en planta.	
Límites de las derivadas máximas.	<b>A.6.4.</b> Límites de la deriva.	
Chequeo de las relaciones de esbeltez para los miembros que hacen parte del sistema de resistencia sísmica, para miembros de ductilidad alta y moderada, tanto vigas y columnas compuestas.	<b>F.3.8.5.5.</b> Muros de cortante compuesto de concreto reforzado y perfiles de acero con capacidad especial de disipación de energía (MCC-DES) Miembros.	
Aceleración espectral sin reducción y con los ajustes de cortante en la base, determinación del valor de cortante a partir del periodo fundamental.	<b>A.4.2.</b> Periodo fundamental de la edificación. <b>A.4.3.</b> Fuerzas sísmicas horizontales equivalentes.	
Análisis de muros, columnas y vigas de concreto reforzado modelado con secciones fisuradas.	<b>C.10.10.1.</b> Análisis elástico de segundo orden.	

Tabla 11. Continuación de la Tabla 9.

<b>PROCESO</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>NORMA</b>
Diseño de las conexiones.	<b>F.3.8.5.6.</b> Conexiones Manual de diseño sísmico.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
Soldadura de las conexiones del sistema de resistencia sísmica (SRS).	<b>F.3.1.4.2.</b> Resistencia esperada del material.	
Diseño de miembros del sistema de piso bajo las combinaciones de cargas gravitacionales y de la losa con lamina colaborante.	<b>CÁPITULO D.</b> Diseño de miembros en tracción.	<b>CÓDIGO</b> <b>AISC 360 –</b> <b>10</b>

La tabla 12, habla de los análisis y chequeos para el diseño del sistema de piso Steel deck, es decir, el diseño de la losa compuesta, pero en el sistema de piso no solo se analiza la losa compuesta, también las vigas, viguetas y vigas tipo acastillada que la soportan, y estos procesos se encuentran en la tabla 13 y tabla 14, respectivamente.

Además de estos análisis y chequeos en la losa compuesta, en los elementos de soporte (viga, viguetas y vigas tipo acastillada), y aspectos generales, también se deben hacer análisis y chequeos para los diseños de los miembros compuestos rectangulares y sus conexiones, como lo expresan las tablas 15 y 16, respectivamente.

Así mismo, se debe analizar los diseños de la placa base que soporta las columnas y esto está indicado en la tabla 17.

Tabla 12. Normas técnicas para el diseño sistema piso steel deck.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Análisis del tablero metálico, deflexiones admisibles.	<b>F.4.7.3.</b> Diseño del tablero como formaleta. <b>F.4.7.3.3.</b> Deflexiones.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
Chequeo como formaleta con coeficiente de carga y resistencia.	<b>F.4.7.3.2.</b> Diseño con coeficientes de carga y resistencia (DCCR).	
Chequeo de interacción simultanea de flexión y cortante en el apoyo y centro de luz.	<b>F.4.7.5.</b> Diseño del tablero y concreto como unidad compuesta. <b>F.4.7.5.8.2.</b> Método de diseño con coeficientes de carga y resistencia (DCCR).	
Chequeo del tablero y concreto como una unidad compuesta por el método de esfuerzos admisibles (DEA).	<b>F.4.7.5.6.</b> Flexión.	
Chequeo del tablero y concreto como una unidad compuesta por el método de diseño con coeficientes de carga y resistencia (DCCR).	<b>F.4.7.5.6.2.</b> Método de diseño con coeficientes de carga y resistencia (DCCR).	
Revisión de la resistencia al cortante por el método de diseño con coeficiente de carga y resistencia (DCCR).	<b>F.4.7.5.7.</b> Cortante.	
Control de deflexiones de la losa compuesta.	<b>F.4.7.5.4.</b> Deflexiones.	
Diseño de conectores a cortante.	<b>F.4.7.5.6.3.</b> Conectores de cortante.	

Tabla 13. Normas técnicas para el diseño de viguetas y vigas, sistema de piso.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Diseño de miembros a flexión, plastificación de la sección, pandeo lateral torsional.	<b>F.2.6.2.</b> Miembros de sección compacta en I con simetría doble y canal, solicitados por flexión alrededor de su eje mayor.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.
Diseño como sección compuesta.	<b>F.2.9.3.</b> Flexión.	
Pandeo local de la aleta a compresión, por flexión alrededor de su eje mayor.	<b>F.2.6.3.2.</b> Pandeo local de la aleta a compresión.	
Verificación de la transferencia de carga entre la viga y la losa de concreto.	<b>F.2.9.3.2.4.</b> Transferencia de carga entre la viga de acero y la losa de concreto.	
Requisitos dimensionales.	<b>F.2.9.3.2.3.</b> Vigas compuestas con losa sobre tablero metálico.	
Resistencia de los conectores de acero tipo espigo con cabeza.	<b>F.2.9.8.2.1.</b> Resistencia de los conectores de acero tipo espigo con cabeza.	
Diseño a compresión para cargas de piso.	<b>F.2.5.</b> Diseño de miembros a compresión.	
Evaluación de efectos de cargas combinadas.	<b>F.2.8.1.</b> Miembros con simetría doble o simple solicitadas por flexión y fuerza axial.	



Tabla 14. Normas técnicas para diseño de viguetas tipo acastillada.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Límites de la relación ancho / espesor.	Especificaciones <b>TABLA B.4.1b</b>	<b>AISC DESIGN GUIDE 31</b> Castellated and Cellular Beam Design

Tabla 15. Normas técnicas para el diseño de miembros compuestos rectangulares en pie o armado.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Diseño de miembros compuestos a compresión.	<b>F.2.9.2.2.2.</b> Resistencia de diseño a compresión.	<b>NSR – 10</b> Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
Diseño de elementos por cortantes.	<b>F.2.7.5.</b> PTE de sección rectangular y miembros en cajón.	
Diseño de miembros solicitados por fuerzas combinadas y por torsión.	<b>F.2.8.1.1.</b> Miembros con simetría doble o simple solicitados por flexión y compresión.	

Tabla 16. Normas técnicas para el diseño de conexiones.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Espesor de la soldadura.	Manual AISC	<b>AWS D1.1 - D1.8</b> Structural Welding Code Steel.

Tabla 17. Normas técnicas para el diseño de placa base de las columnas.

PROCESO	SECCIÓN	NORMA
Dimensiones de la placa base.	Guía de diseño 1	<b>AISC Design Guide 1.</b> Base Plate and Anchor Rod Design.
Evaluación de la resistencia del concreto al arrancamiento.	<b>D.5.2.</b> Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje en tracción.	<b>ACI 318</b> American Concrete Institute.
Requerimientos para cargas cortantes.	<b>D.4.</b> Requisitos generales para la resistencia de los anclajes.	
Interacción de las fuerzas de tracción y corte, chequeo.	<b>D.7.</b> Interacción de las fuerzas de tracción y cortante.	
Evaluación de resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo de los anclajes sometidos a cortante.	<b>D.6.3.</b> Resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo del anclaje sometido a cortante.	
Cortante controlado por un elemento de acero dúctil.	<b>D.3.</b> Requisitos generales.	

## **6. APORTE AL CONOCIMIENTO**

Durante la práctica empresarial en Peralta Ingeniería S.A.S. el crecimiento como persona y profesional ha sido alto, gracias a las actividades asignadas he podido afianzar los conocimientos tanto del pregrado como los nuevos conceptos. Además, he podido extender los vocabularios usados en la ingeniería y en la construcción de estructuras metálicas (Varillas enroscadas, pernos espigo con cabeza, PTE, epóxico, entre otras), así como la lectura de planos estructurales, comandos de AutoCAD para modificaciones de planos o creación de ellos, aplicación de formatos para sacar cantidades.

Otro gran aporte fue la solución de problemas presentados ya sean por costos o inconvenientes encontrados en sitio. Problemas como que el nivel freático se encontró antes de lo que se debía, la unión de los muros de contención con la losa de cimentación, la conexión del pedestal con la columna compuesta, el uso de paraleles en vez de arriostramiento para la fundida de las losas, que el material no esté disponible a la hora de la ejecución del proyecto, entre otros.

Por otra parte, en el momento de buscar los proveedores de acero, se desarrolló conocimiento de los materiales, normas y tipos de perfiles que pueden ser usados en proyectos como el mencionado en el documento, así como las razones por las que se emplea un perfil en I y no una PHR, conceptos importantes sobre el tipo de soldadura y sobre todo su forma de uso según lo que indica los planos, y las diferencias en usar como conexión la soldadura o pernos.

## **7. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

- Se logro cumplir con los objetivos propuestos para esta práctica empresarial, en especial con la base de datos de los proveedores de acero en la ciudad, que quedo para uso de la empresa.
- Una de las labores más importantes en el departamento de diseño estructural es el control en el cumplimiento de las normas y especificaciones que se aplican en el desarrollo del proyecto.
- Es conveniente mantener actualizada la base de datos de los precios de los materiales, para un uso adecuado y continuo a la hora de realizar un presupuesto para cualquier proyecto.
- Se debe mantener un control en el seguimiento de los proyectos en la etapa de ejecución para cuando se presente algún inconveniente poder dar rápida solución.

## 8. CONCLUSIONES

- Al realizar la ingeniería de valor, se evitó el uso de riostras durante el vaciado del concreto en las losas compuestas, ahorrando 7 toneladas de acero en el proyecto, y al cambiar el sistema estructural a únicamente a muros compuestos y con columnas homogéneas en toda la estructura, el peso de la estructura disminuyó 0.15 toneladas de lo que pesaba inicialmente.
- El diseño de la cimentación varió dependiendo de las características del suelo, en este caso paso de zapatas aisladas con vigas de amarre a una placa flotante o también llamada losa de cimentación, por inconvenientes con el agua (Nivel freático), por lo que la capacidad portante paso de 45 toneladas a solo 10 toneladas por metro cuadrado.
- Al desempeñar el estudio de mercado en proveedores que suministren elementos de acero estructural y conexión, se descubrió que en la ciudad de Bucaramanga de los 3 de 10 proveedores que se encontraban eran de acero estructural y el restante suministraban accesorios inoxidable para restaurantes y acero inoxidable para el hogar en general (pasamanos, barandas, entre otros.), lo que se convertía como inconveniente a la hora de buscar el material para construir, pero se pudo resolver en este proyecto satisfactoriamente.
- La construcción de un edificio con estructura en acero nos muestra lo versátil que puede ser como material estructural y lo bien que puede compaginar con limitantes como la altura del entre piso y las grandes luces, en el caso de este proyecto, ya que, si se hubiera diseñado y ejecutado como estructura de concreto tradicional, tendrían columnas de grandes tamaños y altura de entrepiso de gran espesor, para poder cumplir con las grandes luces que se requerían.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

AIS. (2010). *Título F Estructuras Metálicas* .

Agon, S. A. (2017). *Práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en la obra Smart Junin de la empresa HG Constructora S.A.* Universidad Pontificia Bolivariana .

Awad, R. R. (2014). *Análisis y diseño sísmico de edificios* .

Brotóns, P. U. (2006). *Construcción de estructuras metálicas* .

Cabrera, A. Z., & Romero, E. M. (2008). *Interacción dinámica de muros de concreto reforzado y estructura de acero en un edificio alto de la ciudad de México.*

Camargo, F. J., & Moreno, G. A. (2008). *Diseño estructural para el proyecto de construcción edificio Nueva sede fundación Hogar Piccoli Saggi.* Universidad Pontificia Bolivariana.

Codimec. (2017). *ACERO VS CONCRETO. CODIMEC.*

Crisafulli, F. J. (2014). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero* .  
Asociación Latinoamericana del acero.

Cuevas, O. M. (2003). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL.* México.

Faddoul, M. E., & Castillo, D. E. (2011). *Efecto de los arriostramientos en estructuras aporticadas en acero.* Universidad Católica Andrés Bello.

- Federal, G. o. (2004). *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas*.
- Gutierrez, R. A., & Calderon, R. F. (2010). *Lecciones aprendidas en la estabilización de taludes con pantallas ancladas*. Bucaramanga : Universidad Pontificia Bolivariana .
- Jiménez, L. E. (2013). *Auxiliar de ingeniería, elaboración de presupuestos y control de obras civiles*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- López, M. D., & Giraldo, J. J. (2008). Comparación Técnica-Financiera del acero estructural y el hormigón armado.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2012). *Diseño de estructuras de acero* .
- Monro, G. (2018). ACERO VERSUS CONCRETO: ¿CON CUÁN DE ELLOS DEBERÍAS CONSTRUIR? *Allied Steel Buildings*.
- NSR-10, A. C. (2012). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A*. Bogotá D.C., Colombia.
- Peralta, Ingeniería s.a.s. (2017). *Peraltaingenieria.com*. Obtenido de <http://www.peraltaingenieria.com>
- Posada, G. A. (2017). *Apoyo al departamento de diseño estructural de Marval S.A. en los procesos de revisión de diseño estructural* . Bucaramanga : Universidad Pontificia Bolivariana .

Rengifo, M. J., Herrera, J. J., & Rojas, L. F. (2017). *Implementacion del sistema de arriostramiento en pórticoss*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander .

Tiempo, E. (1995). Atrás quedo el concreto . *El Tiempo*.

Tous, J. D. (2016). *Prácticas empresarial como auxiliar de supervisión técnica de obras civiles en la empresa Peralta Ingeniería S.A.S*. Universidad Pontificia Bolivariana .

Urdaneta, G. (2010). Concreto VS Acero: A manera de paralelo.

Vasquez, L. G. (2000). *Diseño y construcción de cimentaciones* . Universidad Nacional de Colombia .

Vega, N. R. (2017). *Apoyo al departamaneto de ingenierías de la empresa Metal Muñoz de occidente realizando cantidades de obra, apu y supervisión de obras, de fabricación y montaje de estructuras metálicas*. Bucaramanga : Universidad Pontificia Bolivariana .