

**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INTERVENTORÍA EN EL PROYECTO  
DE AMPLIACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO - POPAYÁN**

**JULIANA ANDREA BUSTOS PAREDES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN  
POPAYÁN – CAUCA  
2016**



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INTERVENTORIA EN EL PROYECTO  
DE AMPLIACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO - POPAYÁN**

**JULIANA ANDREA BUSTOS PAREDES  
C.C: 1061736272**

**DIRECTOR:  
ING. HUGO EDUARDO MUÑOZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN  
POPAYÁN-CAUCA  
2016**



## NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniería Civil.

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Director

Popayán, Septiembre de 2016



## DEDICATORIA

*“A Dios que me ha guiado en el camino y me ha dado perseverancia y fortaleza para continuar y culminar mis estudios; A mis padres que siempre han estado a mi lado impulsándome y llenándome de consejos los cuales fueron fundamentales para llegar al final; a mi hermana que ha sido un apoyo incondicional en mi vida, y a todas las personas que me han acompañado en esta etapa tan importante.”*



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por darme sabiduría y guiarme para culminar esta etapa*

*A mis padres que siempre han tenido las palabras precisas para impulsarme a alcanzar mis objetivos y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me motivó para llegar al final.*

*A mi hermana que ha sido mi apoyo incondicional en todas decisiones que he tomado y gracias a sus consejos logré cumplir mis metas*

*A mis compañeros que me acompañaron durante mi formación como profesional y que nunca dudaron en brindarme ayuda cuando la necesitaba.*

*Al grupo de ingenieros y arquitectos en la obra de ampliación del centro comercial campanario por recibirme tan amablemente y compartir conmigo todos sus conocimientos y experiencia, preparándome para ser un profesional competente en mi área y adquirir una visión de lo que es trabajar en un proyecto de tal importancia para la ciudad como lo es este.*

*Finalmente me gustaría agradecer a la Universidad del Cauca y a todos los docentes y personal que se esforzó por enseñarme y preocuparse por mi formación ética y profesional.*



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>4. INFORMACIÓN GENERAL.....</b>	<b>19</b>
4.1. EMPRESA RECEPTORA.....	19
4.2. TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA .....	20
4.3. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA .....	20
4.4. DURACION DE LA PASANTIA.....	20
<b>5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
5.1. GENERALIDADES .....	21
5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	27
<b>6. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.....</b>	<b>30</b>
<b>7. EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL .....</b>	<b>32</b>
7.1. CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	32
7.1.1. Acero.....	32
7.1.2. Formaleta.....	36
7.1.3. Concreto.....	38
7.1.4. Estructura metálica.....	45
7.2. CIMENTACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL.....	52
7.2.1. Pantallas y Barretes.....	54
7.2.2. Viga cinturón y Viga corona.....	61
7.2.3. Pilotes (Caissons) y Arranque de columnas.....	66
7.2.4. Vigas de amarre.....	71



7.3. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DE LA OBRA.....	73
7.3.1. Vigas, viguetas y Columnas.....	73
7.3.2. Losas de entrepiso y cubierta.....	76
7.4. PAVIMENTOS.....	79
7.4.1. Pavimento rígido y flexible.....	79
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>.....</b>



## LISTA DE TABLAS

- *Tabla N° 1: Fórmulas para calcular la longitud de desarrollo de acuerdo a la norma de diseño y construcción sismo resistente de 2010.*
- *Tabla N° 2: Valores de longitudes de desarrollo, por caso simplificado.*





## LISTA DE FIGURAS

- *Figura N° 1: Vista satelital de la ubicación del lote para el proyecto de ampliación.*
- *Figura N° 2: Planta arquitectónica de sótano.*
- *Figura N° 3: Planta arquitectónica de primer piso.*
- *Figura N° 4: Planta arquitectónica de segundo piso.*
- *Figura N° 5: Planta arquitectónica de tercer piso.*
- *Figura N° 6: Planta de cubiertas.*
- *Figura N° 7. Descripción de la marcación de las barras corrugadas de acero.*
- *Figura N° 8. Ganchos estándares para barras (a) refuerzo principal; (b) estribos y flejes.*
- *Figura N° 9. Separadores hechos con mortero para garantizar recubrimientos.*
- *Figura N° 10. Pantalla formaleteada lista para ser fundida.*
- *Figura N° 11. Medición del asentamiento del concreto mediante la prueba del Slump.*
- *Figura N° 12. Piscina para el curado de especímenes de concreto.*
- *Figura N° 13 y 14. Prueba de Resistencia con el ensayo del martillo esclerométrico*
- *Figura N° 15. Ground Penetrating Radar Equipment*
- *Figura N° 16. Operario usando el radar para marcar la zona de la toma de núcleos*
- *Figura N° 17. Ficha técnica de Antisol blanco.*
- *Figura N° 18. Hormiguero presente en la base de una columna.*



- *Figura N° 19. Ficha técnica de sika top 121 monocomponente.*
- *Figura N° 20. Grout fundido bajo placa base de columna metálica.*
- *Figura N° 21. Ficha técnica de sika grout 212.*
- *Figura N° 22. Pata de columna metálica sobre base en sika grout.*
- *Figura N° 23, 24, 25 y 26: Prueba de tintas.*
- *Figura N° 27. Ensayo de ultrasonido.*
- *Figura N° 28. Prueba de espesores de pintura en los elementos metálicos.*
- *Figura N° 29. Estado inicial de la construcción.*
- *Figura N° 30. Estado inicial de la construcción (zona futura acceso a jumbo)*
- *Figura N° 31. Almeja de construcción para excavación de zanjas de muros colados*
- *Figura N° 32. Almeja de construcción realizando excavación de las zanjas para pantallas y barretes.*
- *Figura N° 33. Excavación para pantallas y barretes.*
- *Figura N° 34. Personal realizando el amarre del refuerzo para las pantallas y barretes.*
- *Figura N° 35. Embudo conectado a la tubería con profundidad igual a la de la excavación.*
- *Figura N° 36. Personal ubicando la tubería dentro de la excavación.*
- *Figura N° 37. Fundición de una pantalla.*
- *Figura N° 38. Asentamiento concreto usado en pantallas y barretes.*
- *Figura N° 39. Exposición del refuerzo en las pantallas pre-excavadas.*



- *Figura N° 40. Anclajes viga cinturón.*
- *Figura N° 41. Fundición tramo de viga cinturón.*
- *Figura N° 42. Refuerzo de un tramo de viga corona.*
- *Figura N° 43. Medición de la separación entre estribos de un tramo de viga corona.*
- *Figura N° 44. Excavación manual por el método de los anillos troncónicos.*
- *Figura N° 45. Viga corona y anclajes. En la excavación arranques de columna.*
- *Figura N° 46. Excavación manual de caisson.*
- *Figura N° 47. Anclaje excéntrico.*
- *Figura N° 48. Formaleta en madera de un tramo de viga de amarre.*
- *Figura N° 49. Personal armando el refuerzo de la columna.*
- *Figura N° 50. Saco de sika grout usado para fundir la base de la columna metálica.*
- *Figura N° 51. Saco de sika top 122 usado para realizar resanes en las columnas combinadas.*
- *Figura N° 52. Losa reforzada con malla electrosoldada y conectores de cortante.*
- *Figura N° 53. Curado de la losa por inundación cubierta con fique para mantener la humedad.*
- *Figura N° 54. Curado de la losa aplicando anti sol.*
- *Figura N° 55. Fundición de la losa del pavimento rígido en sótano.*
- *Figura N° 56. Área del sótano lista para fundir.*
- *Figura N° 57. Grieta sobre carrera 15.*



➤ *Figura N° 58. Apuntalamiento de la pantalla.*



## LISTA DE ANEXOS

- Anexo A: Certificación práctica profesional por parte de la entidad receptora.
- Anexo B: Resolución No. 643 de 2015.
- Anexo C: Copia Certificados de calidad de materiales (acero, malla electrosoldada, pintura, soldadura)
- Anexo D: Reporte ensayos de espesores de pintura y soldaduras.
- Anexo E: Registro de resistencias de las muestras de concreto.
- Anexo F: Resultado de resistencias por el método del esclerómetro para elementos que no cumplen con resistencia de diseño.
- Anexo G: Pruebas del Proctor modificado y resultados de densidades (Geofísica).
- Anexo H: Registro de densidades tomados con el densímetro nuclear.
- Anexo I: Copia del Formato de Liberación diligenciado (fundición de columnas y pantalla central del ascensor).
- Anexo J: Copia Notas en la Bitácora de Obra



## 1. INTRODUCCIÓN

La pasantía es una práctica de campo o de oficina donde el estudiante aplica sus conocimientos adquiridos para resolver situaciones particulares que se le presenten. Además el estudiante continúa con su proceso formativo adquiriendo experiencia que ayudará en la etapa profesional.

En la actualidad en la ciudad de Popayán están en ejecución varios proyectos ingenieriles, reconociendo que la principal actividad económica del municipio es el comercio, se encuentran dos grandes proyectos de infraestructura para centros comerciales en la ciudad. Uno de ellos es el Centro Comercial Campanario, el cual se está mejorando y ampliando para las necesidades que requiere la comunidad payanesa.

La constructora ARINSA S.A, ofrece la oportunidad al estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca a vincularse en tales proyectos e iniciar su práctica o pasantía como modalidad de trabajo de grado para obtener el título como profesional. Este proyecto da la posibilidad al estudiante de aplicar sus conocimientos, técnicos y prácticos para seguir un control en la ejecución de la obra, tanto en la utilización de materiales, como en procesos constructivos, donde el estudiante puede contribuir con sus aportes para la solución de problemas que se presenten en la obra.

El presente documento presenta información sobre las labores desempeñadas como auxiliar de interventoría en la obra de ampliación del centro comercial campanario durante el periodo de realización de la práctica (diciembre 2015- abril 2016), de la misma forma se exponen tablas y un registro fotográfico que se relaciona a la información suministrada referente a las actividades supervisadas y al desarrollo del proyecto en el cual se participó.



## 2. RESUMEN

La práctica profesional en el proyecto de ampliación del Centro Comercial Campanario como auxiliar de interventoría fue desarrollado desde el catorce (14) de diciembre del 2015 hasta el primero (1) de abril del 2016, realizando un total de quinientas ochenta (580) horas, cumpliendo con las quinientas setenta y seis (576) horas estipuladas por la Universidad del Cauca para obtener el título de ingeniería civil.

Durante este periodo de tiempo dentro de la obra, la cual se encontraba en una etapa estructural, se desarrollaron labores de interventoría, para verificar y comprobar que se estuviera cumpliendo con las especificaciones descritas por la norma sismo resistente de 2010, teniendo en cuenta las características y el nivel de complejidad del proyecto. Labores tales como el chequeo de aceros de vigas, columnas, pantallas, barretes, dados, zarpas, y todos los elementos estructurales en concreto reforzado, que hacían parte de la cimentación de la construcción, a los cuales se les revisaban los diámetros de las varillas, el número de estribos, las longitudes de desarrollo y traslapes, longitudes de los ganchos, recubrimientos y en general que se siguiera el plano del despiece diseñado por el ingeniero calculista para proceder a la fundición, donde a su vez se solicitaba la prueba del asentamiento (Slump), y la toma de muestras para enviar al laboratorio y obtener los resultados de las resistencias.

Con respecto a las losas de entresijos, los pisos y las rampas de acceso y salida del sótano, se revisaron de igual manera los mismos puntos nombrados anteriormente, con unos adicionales como dilataciones, juntas, acabados, etc.

En la primera etapa del proyecto se inició el movimiento de tierras y se realizó el estudio de suelos por parte de la ingeniera Gloria Inés Rosales Flórez. Estudio en el cual se encontraron capas de suelos no aptos para funcionar como estratos portantes, bastante profundos, por esto se realizó un mejoramiento de la subrasante con material de roca muerta, y se definió una estructura para el pavimento rígido que sería en todo el sótano, y pavimento flexible en la construcción de la nueva vía de acceso al centro comercial campanario. Con base en la Norma Técnica Colombiana del 2010 y la Norma del Instituto Nacional de Vías, se desarrollaron los ensayos pertinentes a los materiales, y se revisó el



grado de compactación y todas las características, con las especificaciones que indican estas normas.

Respecto a la estructura metálica provista por la empresa *Metálicas e Ingeniería S.A*, Se revisó:

Que las piezas usadas correspondieran a las especificadas en el diseño, se chequearon los plomos, las soldaduras, espesores de pinturas y otros puntos importantes que garantizan la calidad de los procesos y los materiales.

Las actividades se desarrollaron de forma progresiva con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, cumpliendo con el tiempo establecido en el cronograma, y obteniendo como resultado final una práctica profesional llena de conocimientos, y experiencias, que permitieron complementar la formación académica recibida en la Universidad del Cauca.

Cabe resaltar que los puntos descritos en el presente informe son resultado de la observación, medición y chequeos en obra. También se presentan documentos técnicos que rigen las actividades desarrolladas y la información que se anexa hace parte del trabajo en campo, los cálculos para diseño y planos fueron facilitados por la constructora.





### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

- Participar como Auxiliar de Interventoría de Obra en el proyecto de Ampliación del Centro Comercial Campanario, con énfasis en el área estructural, con el fin de garantizar la calidad de los procedimientos que se efectúan durante el período de construcción.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Supervisar los procesos relacionados con la construcción de la estructura que se lleven a cabo durante la construcción de la ampliación del Centro Comercial Campanario.
- Velar por el cumplimiento de los diseños en obra.
- Hacer cumplir lo relacionado con la Supervisión Técnica de acuerdo con la Norma NSR -10 e INVIAS.
- Conocer a profundidad el desarrollo de los procesos en la obra evaluando el control de calidad de los materiales, el manejo adecuado de la seguridad industrial, hacer cumplir las especificaciones dada por los especialistas a cargo de la parte estructural, de suelos, arquitectónicos, etc.
- Verificar que se realicen ensayos a los materiales para determinar sus propiedades y características (resistencia, densidad, etc.) con el fin de determinar y corregir inconformidades.
- Entregar un informe general de la experiencia obtenida como pasante en el desarrollo de construcción de la ampliación del Centro Comercial Campanario, donde se establezcan los logros cumplidos.



- Poner en práctica y desarrollar los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil, complementándolos y reforzándolos, para basados en la experiencia, alcanzar un buen desarrollo a nivel profesional.



## 4. INFORMACIÓN GENERAL

### 4.1 ENTIDAD RECEPTORA



Nombre: Arinsa arquitectos e ingenieros S.A

Dirección: Carrera 9 No 24 AN 21 Campanario Centro Comercial oficina 301

Teléfonos: 3176578520 / PBX 8234763

Página web: <http://constructoraarinsa.wixsite.com/arinsa>

Tipo de sociedad: Sociedad Anónima

Actividad principal: Construcción

Gerente de proyectos: Ing. Hugo Eduardo Muñoz

Ingeniero Jefe inmediato: Jacqueline Fernández Ordoñez



**ARINSA ARQUITECTOS E INGENIEROS S.A** es una empresa constructora de proyectos de infraestructura de excelente calidad, con las mejores tecnologías, entre las cuales se encuentran la construcción de viviendas, edificaciones, conjuntos habitacionales y residenciales, apartamentos, hoteles y centros comerciales, consolidándose como una de las mejores en el departamento del Cauca, con excelentes estándares de calidad.

#### **4.2 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

Ingeniero Hugo Eduardo Muñoz Muñoz.

#### **4.3 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA**

Ingeniera Jacqueline Fernández Ordoñez.

#### **4.4 DURACIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL**

La modalidad adoptada con la que se desarrolló el trabajo de grado tuvo una duración de 580 horas, iniciándose el 14 de Diciembre de 2015 y terminando el 1 de abril de 2016, teniendo en cuenta que la asistencia se realizó de forma continua durante el período de diciembre a febrero (época de vacaciones) y desde febrero al mes abril, de forma intermitente cuando se iniciaron las actividades académicas, se completaron un total de 16 semanas.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

### 5.1 GENERALIDADES

CAMPANARIO CENTRO COMERCIAL es un proyecto consolidado en la ciudad de Popayán, promovido y construido por la sociedad ARINSA ARQUITECTOS E INGENIEROS S.A, cuyo principal objetivo, es fortalecer el desarrollo económico y el crecimiento de la capital caucana y de sus alrededores<sup>1</sup>.

Este proyecto se desarrolla en un lote de 7000 m<sup>2</sup>, ubicado en la parte posterior del Centro Comercial Campanario primera etapa, donde anteriormente se encontraba la zona de parqueadero. Localizado en la Carrera 9 #24AN-21.

En la siguiente vista satelital se muestra la ubicación del lote del proyecto:

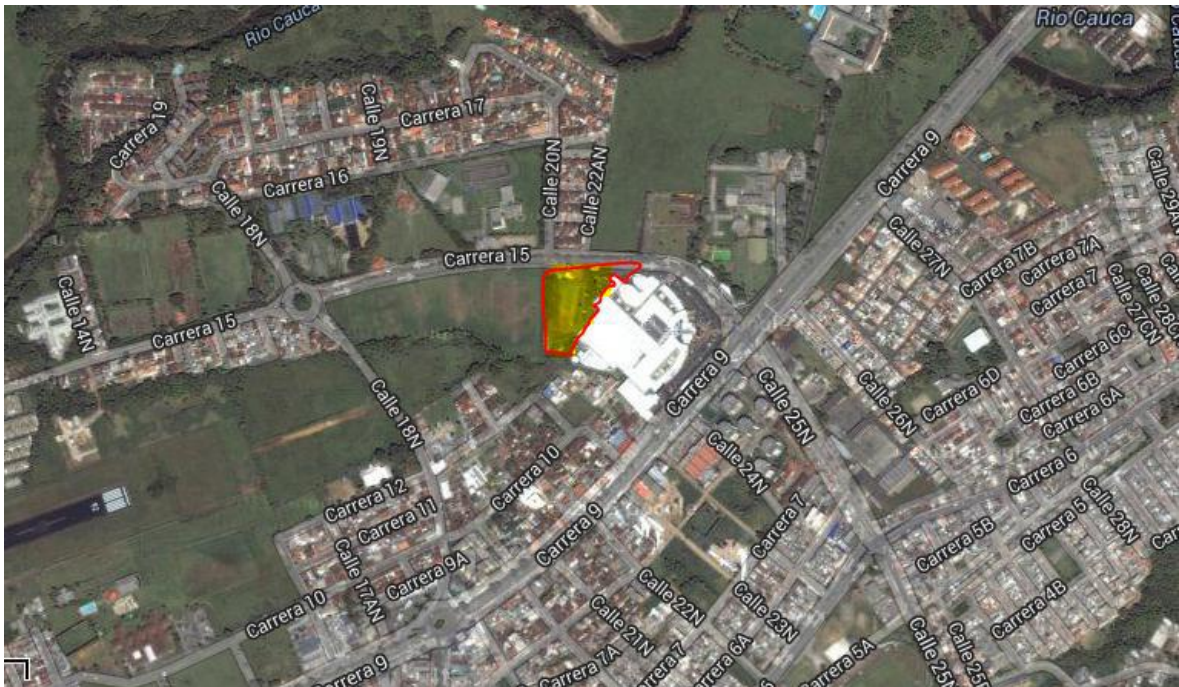


Figura N°1. Vista satelital de la ubicación del lote para el proyecto de ampliación  
(Fuente: Google Earth)

<sup>1</sup> <http://constructoraarinsa.wixsite.com/arinsa/new-page-c1c50>

Su diseño arquitectónico, considera una edificación en estructura metálica, de 3 pisos con un sótano para parqueadero de vehículos livianos. El proyecto también comprende la pavimentación de la Calle 20N, que se ubica en un costado del lote y servirá de acceso al centro comercial.

En las siguientes figuras se muestra la planta arquitectónica del sótano, del primero, segundo, tercer piso y cubierta del proyecto:

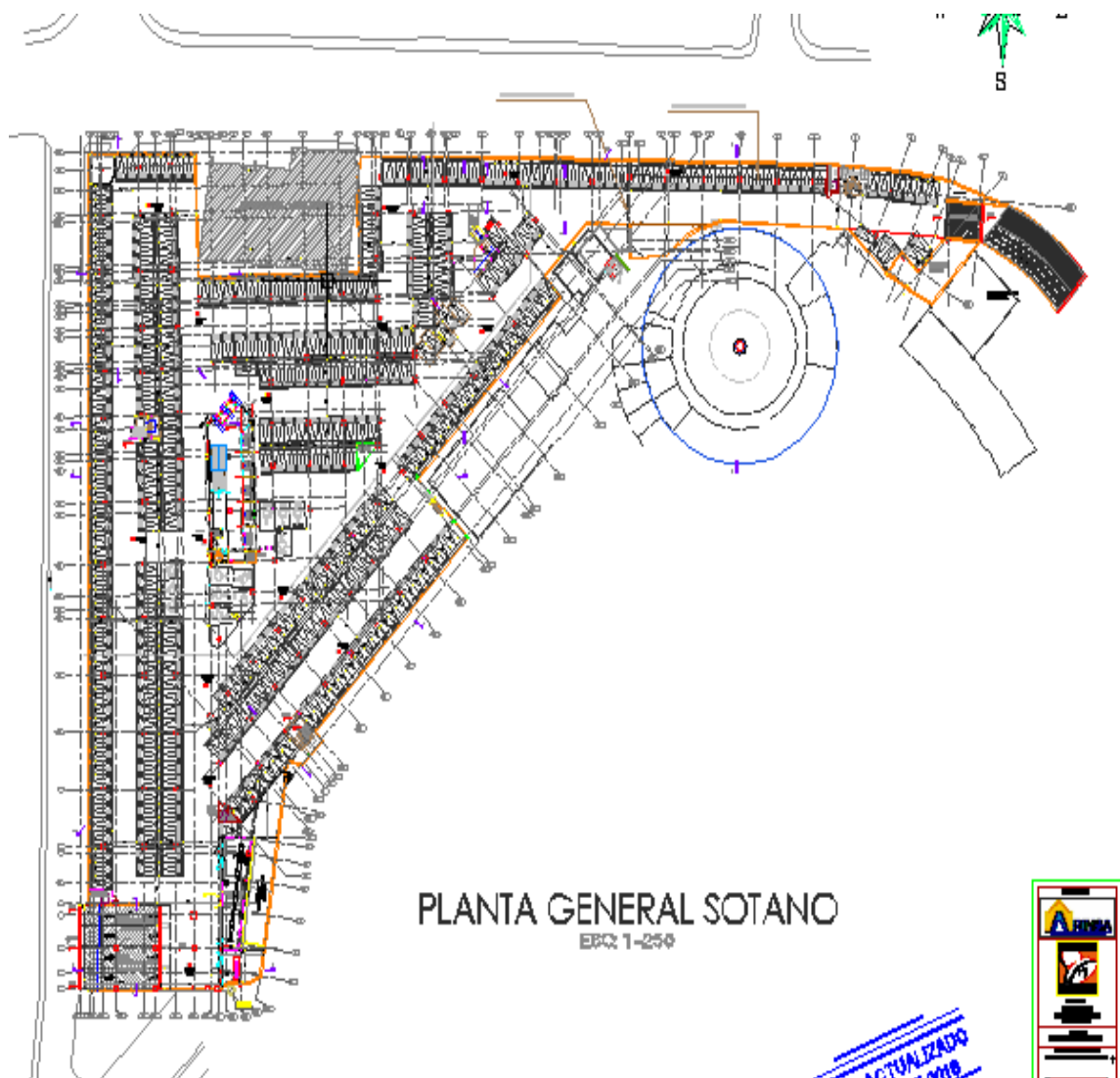


Figura N°2. Planta arquitectónica de sótano (Fuente: Diseños arquitectónicos ARINSA)



Figura N°3. Planta arquitectónica de primer piso (Fuente: Diseños arquitectónicos ARINSA)

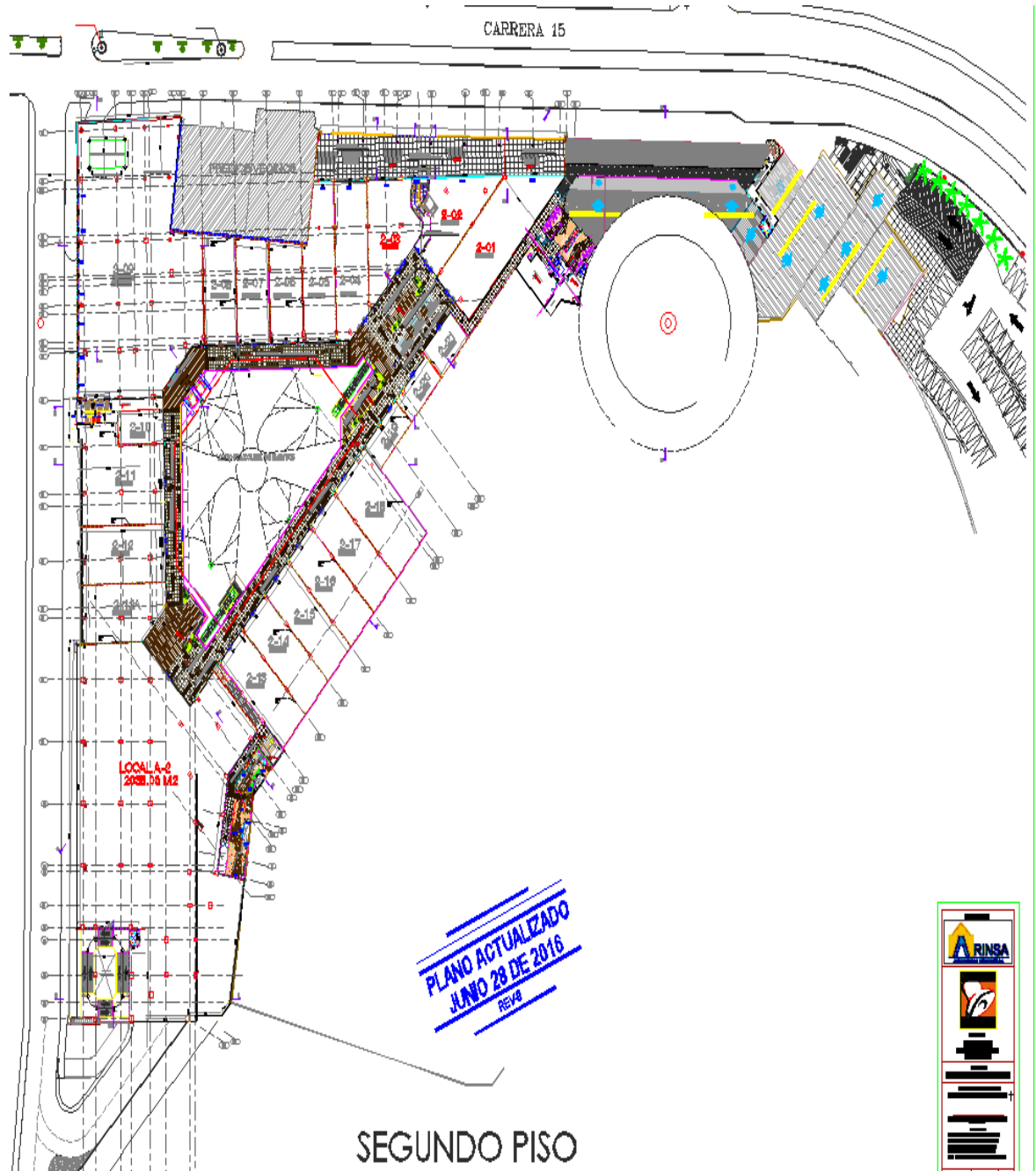


Figura N°4. Planta arquitectónica de segundo piso (Fuente: Diseños arquitectónicos ARINSA)



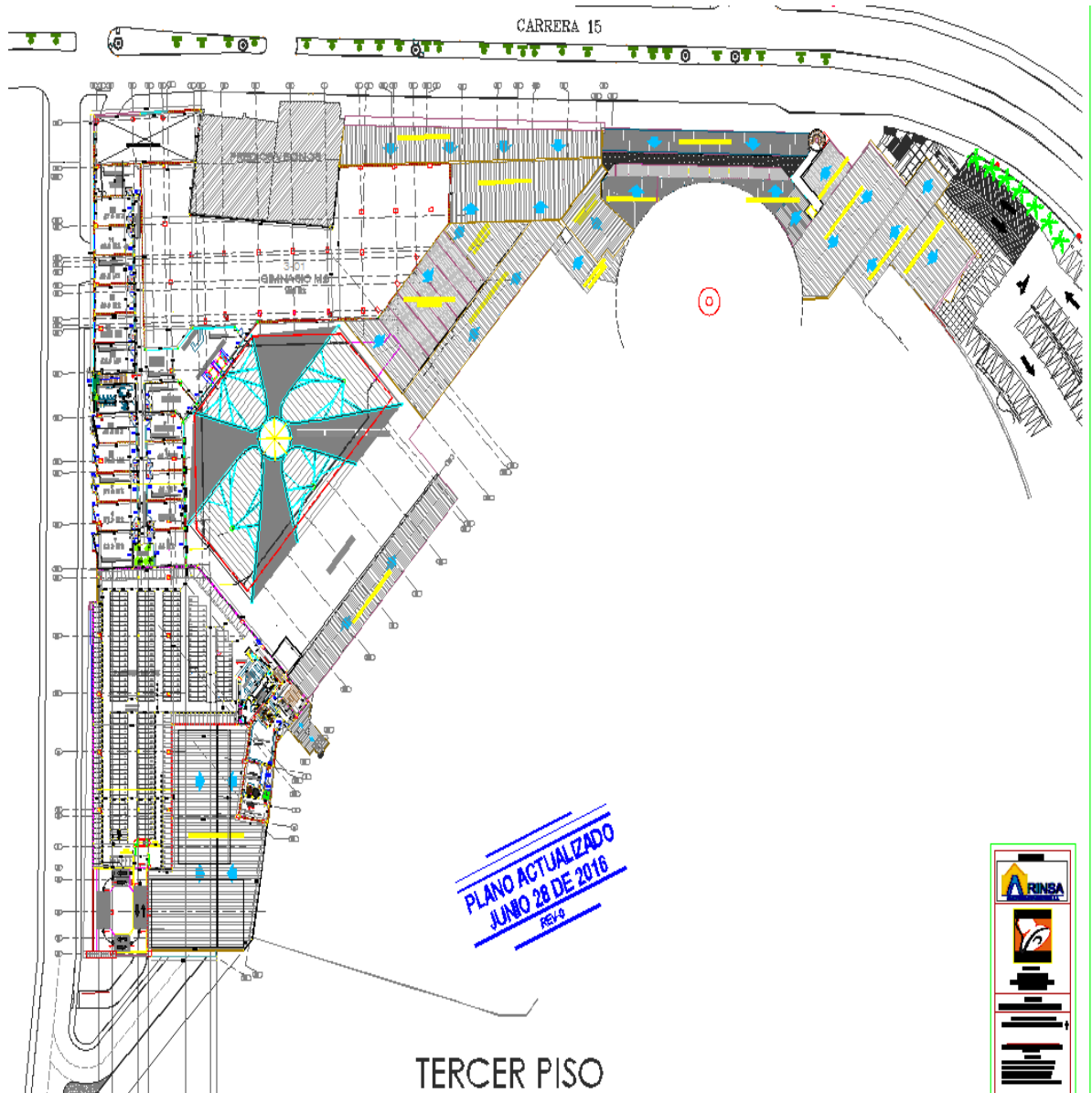


Figura N°5. Planta arquitectónica de tercer piso (Fuente: Diseños arquitectónicos ARINSA)

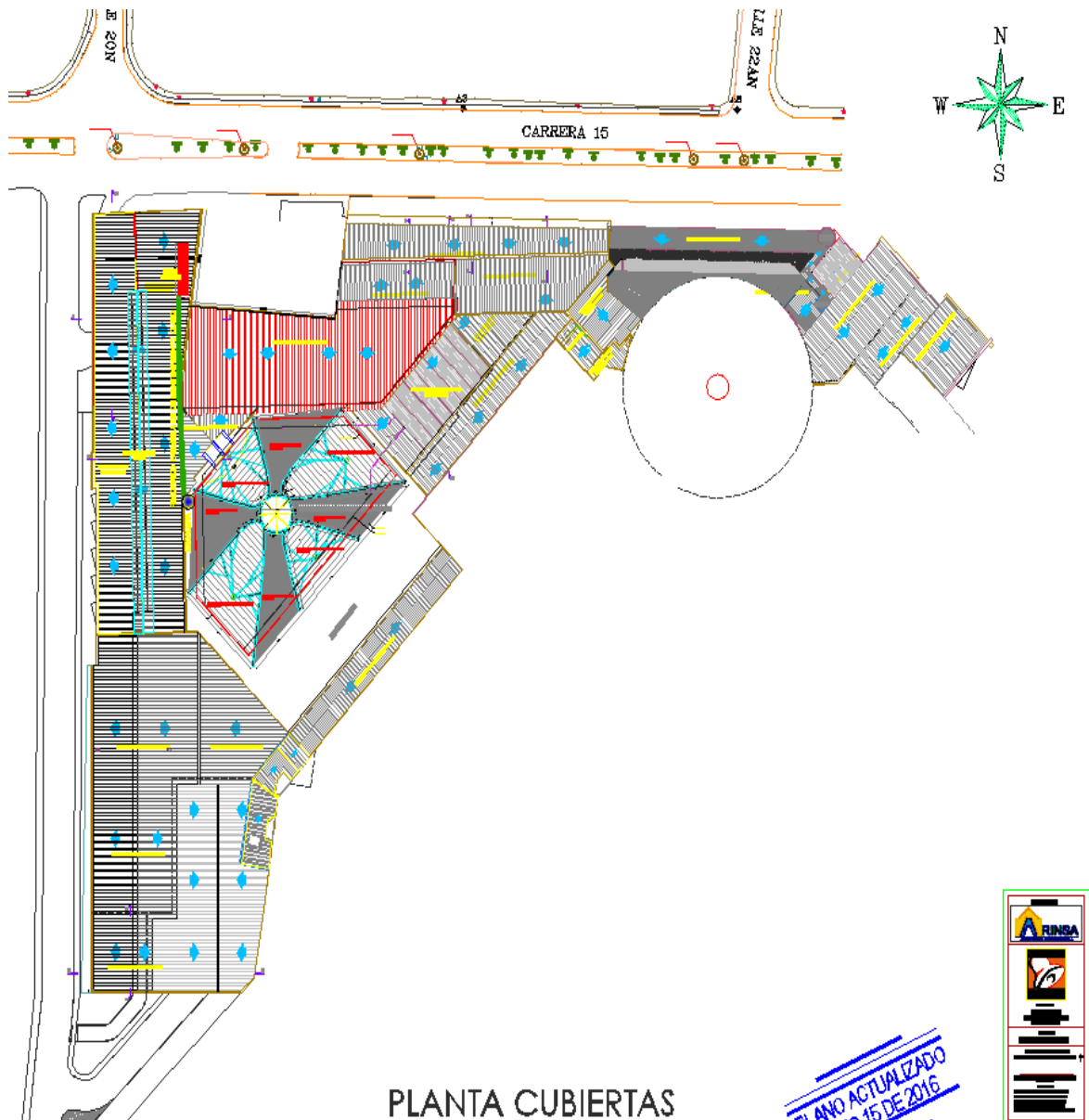


Figura N°6. Planta de cubiertas (Fuente: Diseños arquitectónicos ARINSA)



## 5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Campanario segunda etapa es una obra de Baja complejidad de acuerdo con las especificaciones de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (entre 1 y 3 niveles). Sin embargo debido a las exigencias de la zona en la que se encuentra y la magnitud e importancia del proyecto, es indispensable que se cumplan con los requerimientos mínimos para garantizar calidad y seguridad a los usuarios<sup>2</sup>.

“La construcción de estructuras de edificaciones que tengan más de tres mil (3.000) metros cuadrados de área construida, independientemente de su uso, deberá someterse a una supervisión técnica de acuerdo con lo establecido en este Título y en los decretos reglamentarios correspondientes.”<sup>3</sup>

El lote que cuenta con 7000 m<sup>2</sup>, cumple con el artículo anterior, por esto fue necesario contratar a la empresa de interventoría *Avenida Capital*<sup>4</sup> para que realizara el seguimiento, inspección y control de los procesos ingenieriles, arquitectónicos y administrativos, quienes a su vez subcontrataron a HES ingeniería S.A.S para que se encargara únicamente de la interventoría de la parte estructural.

Con relación a la información que se obtuvo en los distintos ensayos y pruebas, se realizó el diseño estructural de la ampliación del centro comercial tanto de la cimentación como del esqueleto de la edificación, siguiendo en lo posible el diseño arquitectónico planteado previamente.

---

<sup>2</sup> TÍTULO A. “REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE” NSR-10

<sup>3</sup> Normas en Construcciones Sismo Resistentes, artículo 18 “Obligatoriedad”. título V. (supervisión técnica de la construcción). ley 400 de 1997

<sup>4</sup> <http://www.avenidacap.com/>



El diseño estructural consta de un sistema aporricado conformado por columnas compuestas y vigas metálicas (perfiles IPE y HEA), que se encargan de soportar las cargas generadas por los demás elementos estructurales como losas de entrepiso y muros de mampostería reforzada (tipo dovela), y los no estructurales como: muros livianos, columnas falsas en placa y barandas. De igual forma, las cargas vivas de diseño a la que se verá sometida, y en el proceso de construcción, al equipo necesario para continuar con el avance de la obra, tales como: grúas, cargadores, mini cargadores, andamios, plumas grúa etc. Y finalmente al material que se debe acopiar sobre las losas.

Todas estas cargas deben ser soportadas por los estratos de suelo que se encontraron en el proceso de movimiento de tierras, los cuales no resultaron ser aptas por su alto potencial licuable por esto se realizaron cimientos del tipo pilotes con profundidades alrededor de los 10 m, buscando trasladar dichas cargas a los estratos con mayor capacidad portante. Para las estructuras livianas cimentadas en el sótano o los muros de contención se emplearon cimientos superficiales tipo: losa de cimentación, zapatas, vigas de cimentación, además se realizó un mejoramiento de la subrasante con material de roca muerta y un geo textil NT y geo malla biaxial.

La estructura del pavimento rígido para las losas del sótano es la siguiente:

### **Estructura del Pavimento Rígido<sup>5</sup>**

Losa de Concreto MR 3.8 Mpa = 15 cm.

Sub Base Granular (INVIAS ART 320-07) = 15 cm

Relleno con material seleccionado (INV 220-07) = 30 cm

Geo textil NT y Geo malla Biaxial

---

Espesor total = 60 cm.

Con respecto a la pavimentación de la vía de acceso al centro comercial, el cual soportará un tráfico pesado se definió que sería un pavimento flexible con la siguiente estructura

---

<sup>5</sup> ESTUDIO DE SUELOS AMPLIACION CAMPANARIO. GIRF, Gloria Inés Rosales Flórez.



### **Estructura del Pavimento flexible<sup>6</sup>**

Carpeta asfáltica tipo MDC – 2 = 5 cm

Base granular INV 330-07; 100% PM = 20 cm

Sub base granular INV 320-07; 100% PM = 30 cm

Relleno seleccionado, INV 220-07; 95% PM = 20 cm

Suelo existente color café con trazas amarillas = --

---

<sup>6</sup> ESTUDIO DE SUELOS AMPLIACION CAMPANARIO. GIRF, Gloria Inés Rosales Flórez.



## 6. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

Este documento se desarrolla en torno a la construcción del Centro Comercial Campanario segunda etapa, el cual está compuesto por tres capítulos que abarcan el desarrollo de la práctica profesional; el primer capítulo trata sobre la cimentación y los elementos estructurales que la conforman como lo son las vigas de amarre, la viga cinturón, los caissons, dados, pantallas y barretes. El segundo capítulo hace referencia a la estructura principal de la edificación, iniciando desde el montaje del perfil metálico, hasta la fundición de las losas de entrepiso, y todas las actividades relacionadas. Por último, el tercer capítulo está dedicado a la pavimentación del sótano y de la vía de acceso al centro comercial. En estos tres capítulos se hace un enfoque a los chequeos que se realizaron a cada una de las actividades y obras realizadas con base en la norma sismo resistente de 2010 (NSR-10), a la norma del instituto nacional de vías INV, y la norma internacional American Society for Testing and Material ASTM.

### CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

- Acero.
- Formaleta.
- Concreto.
- Estructura metálica.

### CIMENTACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL

- Pantallas y Barretes.
- Viga cinturón y Viga corona.
- Pilotes (Caissons) y Arranque de columnas.



- Vigas de amarre.

## CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DE LA OBRA

- Vigas, viguetas y Columnas.
- Losas de entrepiso y cubierta.

## PAVIMENTOS

- Pavimento rígido y flexible



## 7. EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL

A continuación se da a conocer el trabajo de campo que se desarrolló como auxiliar de interventoría en la construcción del Centro Comercial Campanario segunda etapa, verificando dimensiones, confrontando especificaciones, comprobando a su vez la calidad de: los procesos constructivos, la mano de obra, materiales, equipo, etc.

Las actividades se realizaron de acuerdo con lo estipulado por la Universidad del Cauca en el programa de Ingeniería Civil para el Trabajo de grado mediante la modalidad de PASANTIA y por medio de la Resolución No. 643 del 02 de diciembre del 2015.

### 7.1. CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Durante la labor de interventoría se realizaron chequeos esenciales para garantizar la calidad y el desarrollo apropiado de los procesos constructivos, además de toma de muestras y revisión de los resultados obtenidos en los ensayos de calidad para los materiales.

El principal paso para garantizar la apropiada ejecución de cualquier tarea, es la localización topográfica, La cual se realizó con ayuda de una comisión de topografía que se encontraba permanentemente en la obra, quien contó con una estación total para ejecutar estas tareas. Se realizó el trazado de pantallas, barretes, vigas de amarre. La marcación de niveles para excavación, ubicación de anclajes para arranque de columnas, etc.

#### 7.1.1. Acero

- Para empezar es necesario contar con el certificado de calidad del material provisto por la empresa, para verificar que cumpla con las especificaciones técnicas y de resistencia necesarias para al armado de los refuerzos de los elementos estructurales.
- Las barras deben estar libres de defectos, dobladuras y curvas que no puedan ser enderezadas<sup>7</sup>. También deben estar limpias, para garantizar la

---

<sup>7</sup> TÍTULO C.3.5. “ACERO DE REFUERZO” NSR-10



adherencia al concreto. De acuerdo a la NSR-10 título C.3.5.3.1, “En el territorio colombiano solo se permite acero corrugado fabricado bajo la norma NTC 2289”. “La norma NTC 2289 (ASTM A706M) cubre barras corrugadas de acero de baja aleación, destinadas a aplicaciones donde se requieren propiedades controladas de tracción, de soldabilidad, o de ambas. La norma requiere que las barras sean marcadas con la letra W para definir que el tipo de acero cumple con esta norma.” de acuerdo a esto, se revisó que las barras tuvieran la marca con la letra “W”.

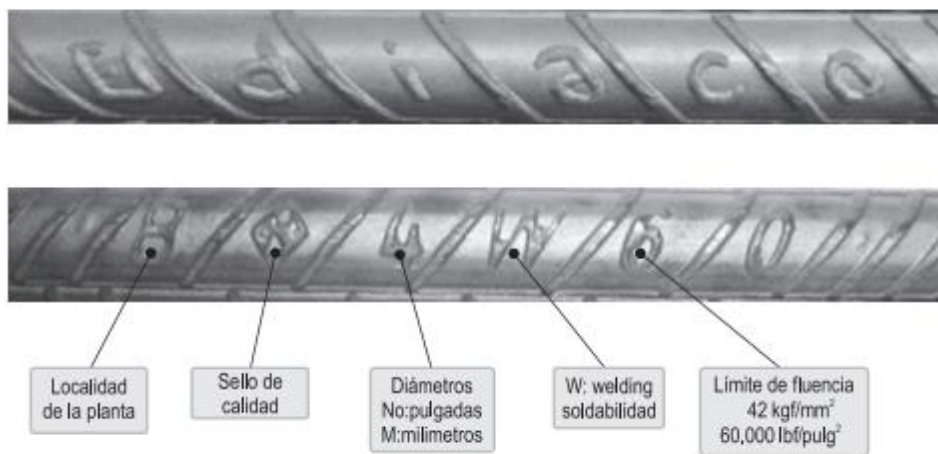


Figura N° 7. Descripción de la marcación de las barras corrugadas de acero (Fuente: manual del acero Geraurd Diaco para construcciones sismo resistentes).

- Otro aspecto importante a revisar fue la longitud de desarrollo<sup>8</sup>, que es la distancia necesaria para que la barra no se desprege del concreto. Se calcula de acuerdo al diámetro de la barra, si se trata de un refuerzo superior pues se ha demostrado que si bajo el refuerzo dentro de la formaleta de las vigas queda mucho concreto, se presenta exudación del agua de la mezcla y del aire atrapado, los cuales se desplazan hacia arriba durante el proceso de vibración, acumulándose en la parte inferior de las barras, causando una pérdida significativa en la resistencia de adherencia para barras con más de 300 mm de concreto fresco vaciado por debajo de ellas, y la longitud de desarrollo se incrementa en un factor de 1.3.

<sup>8</sup> TÍTULO C.12. “LONGITUDES DE DESARROLLO Y EMPALMES DEL REFUERZO” NSR-10



**C.12.2.2** — Para barras corrugadas o alambres corrugados,  $\ell_d$  debe ser:

Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores y alambres corrugados	Barras No. 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que $d_b$ , recubrimiento libre no menor que $d_b$ , y estribos a lo largo de $\ell_d$ no menos que el mínimo del Título C del Reglamento NSR-10 o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no menor a $2d_b$ y recubrimiento libre no menor a $d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left( \frac{f_y \Psi_t \Psi_e \lambda}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Tabla N° 2: Fórmulas para calcular la longitud de desarrollo de acuerdo a la norma de diseño y construcción sismo resistente de 2010.

### LONGITUD DE DESARROLLO BÁSICA

#### CASOS SIMPLIFICADOS

$f_y = 420$  MPa  
 $\Psi_T = 1.0$   
 $\Psi_T = 1.3$  Refuerzo superior  
 $\Psi_s = 1.3$  Usar  $\Psi_T \Psi_s = 1.7$

Barra	Diámetro	$f'_c = 21$ MPa		$f'_c = 24.5$ MPa		$f'_c = 28$ MPa	
		$\Psi_T = 1.0$	$\Psi_T = 1.3$	$\Psi_T = 1.0$	$\Psi_T = 1.3$	$\Psi_T = 1.0$	$\Psi_T = 1.3$
#3	95.3	41.9	54.5	38.8	50.4	36.3	47.2
#4	127.0	55.9	72.6	51.7	67.2	48.4	62.9
#5	158.8	69.8	90.8	64.7	84.1	60.5	78.6
#6	190.5	83.8	108.9	77.6	100.9	72.6	94.4
#7	222.3	97.8	127.1	90.5	117.7	84.7	110.1
#8	254.0	111.7	145.3	103.5	134.5	96.8	125.8
#9	285.8	125.7	163.4	116.4	151.3	108.9	141.5
#10	317.5	139.7	181.6	129.3	168.1	121.0	157.3

Tabla N° 3: Valores de longitudes de desarrollo, por caso simplificado (Fuente: Manual de Diseño Sismo Resistente de 2010).

Debido a las dimensiones de algunos elementos estructurales que requerían un refuerzo con barras de gran tamaño, y no alcanzaban las longitudes de desarrollo necesarias, se realizaron ganchos de 90° o 180°. La NSR-10 en el título C.7.1 especifica los parámetros que deben cumplirse de acuerdo al diámetro de la barra.

En la siguiente figura se observan los tipos de ganchos estándar usados normalmente en construcción.

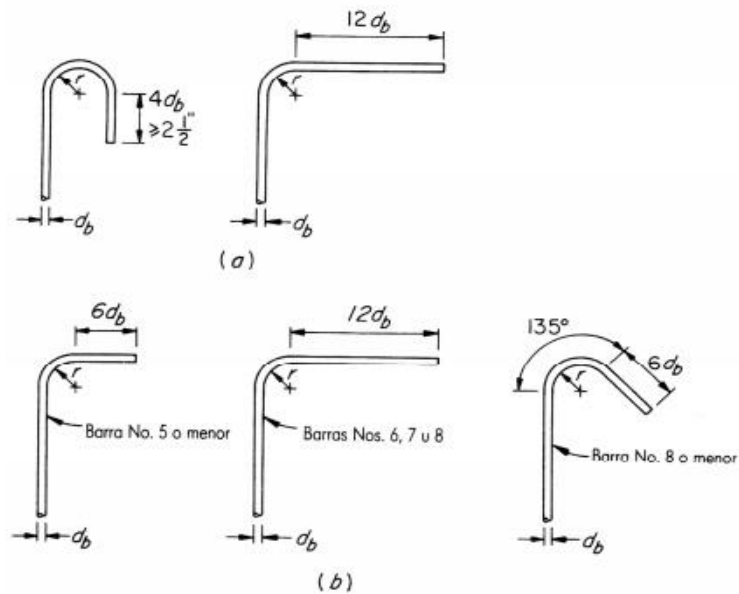


Figura N° 8. Ganchos estándares para barras (a) refuerzo principal; (b) estribos y flejes (Fuente: Norma de Diseño Sismo Resistente de 2010).

- La longitud de traslapo fue otro ítem importante a la hora de revisar el refuerzo y se calculó de la siguiente manera

$$L_t = L_d * 1.3$$

- Se chequeó que los recubrimientos<sup>9</sup> de las barras fueran apropiados, esta separación de la formaleta con el acero de refuerzo se logró haciendo uso de pequeños bloques de concreto pobre.

En la imagen se muestran los pequeños bloques (panelas) para garantizar el recubrimiento



*Figura N° 9. Separadores hechos con mortero para garantizar recubrimientos (Fuente: propia).*

### **7.1.2. Formaleta**

En las formaletas se revisó que estuvieran adecuadamente arriostradas y amarradas, para mantener su posición, forma y sean capaces de resistir todas las solicitudes a las cuales puedan ser sometidas, se ajustaban para impedir la pérdida de mortero.

---

<sup>9</sup> TÍTULO C.7.7. “PROTECCIÓN DEL CONCRETO PARA EL REFUERZO” NSR-10

Todas las superficies interiores debían estar completamente limpias y tratadas con gran cuidado para mantener las superficies lisas, compactas, de textura normal y uniforme.

El desencofrado se realizó cuando el concreto había endurecido lo suficiente para soportar con seguridad su propia carga, más cualquier otra sobrepuesta que pudiera colocársele.

Era necesario revisar la verticalidad de la formaleta para elementos verticales como columnas, pantallas y muros de contención (plomos).



*Figura N° 10. Pantalla formaleteada lista para ser fundida. (Fuente: propia).*

### 7.1.3. Concreto

Todo el concreto que se usó en la fundición de elementos estructurales en la obra venía mezclado desde la planta y era transportado por una mixer. Los chequeos que se hicieron al concreto fueron los siguientes: Se realizó la prueba del Slump con base en las especificaciones de la norma técnica Colombiana NTC 396 “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO, la cual consiste en Una muestra de concreto fresco que se coloca en un molde troncocónico y se compacta mediante una varilla. El molde se levanta permitiendo que el concreto se asiente. El asentamiento corresponde a la diferencia entre la posición inicial y la desplazada de la superficie superior del concreto. Las mediciones se deben tomar en el centro de la cara superior.” Cada tipo de concreto debía cumplir con un asentamiento por lo que siempre se realizaba esta prueba.



*Figura N° 11. Medición del asentamiento del concreto mediante la prueba del slump (Fuente: propia).*

- Se tomaron muestras del concreto usado para la fundición de los elementos, tales como cilindros y viguetas, los cuales fueron ensayados en laboratorio para medir la resistencia a la compresión y el módulo de rotura, como lo establece la norma NTC 550 y 673, los ensayos realizados se basan en las especificaciones del instituto nacional de vías, INV E- 401,

402, 403, 404, 410 y 412. Estas muestras se sometieron a curado por inmersión, en unas piscinas con cal ubicadas en la obra como se ve en la siguiente imagen.

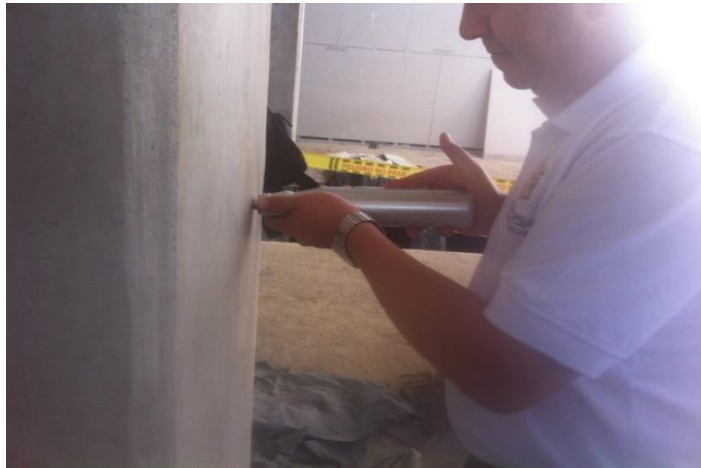


Figura N° 12. Piscina para el curado de especímenes de concreto (Fuente: propia).

- En caso que las muestras no alcanzaran la resistencia a la edad de los 28 días, se debían ensayar a los 56 días, pero por fallas en la toma de las muestras estas resistencias no lograron alcanzar tal valor. Por lo tanto se determinó el índice esclerométrico de los elementos de concreto con ayuda de un martillo de acero impulsado por un resorte el cual proporciona una estimación de la resistencia a la compresión del concreto, basándose en su dureza superficial, medida de acuerdo a la magnitud del rebote producto de

la presión ejercida sobre la superficie a estudiar. El procedimiento se encuentra descrito en la norma INV E- 413- 07.

Esta prueba no se debe tomar como base para aceptar o rechazar un concreto, por eso fue necesario obtener unos núcleos del elemento guiados por la norma INV E- 418 -07.



*Figura N° 13. Prueba de Resistencia con el ensayo del martillo esclerométrico (Fuente: propia).*



*Figura N° 14. Prueba de Resistencia con el ensayo del martillo esclerométrico (Fuente: propia).*



En las siguientes imágenes se muestra el equipo usado para marcar las áreas donde se iban a tomar los núcleos las cuales se encontraban libres de acero de refuerzo.



Figura N° 15. Ground Penetrating Radar Equipment (Fuente: propia).



Figura N° 16. Operario usando el radar para marcar la zona de la toma de núcleos (Fuente: propia).



- El curado<sup>10</sup> de estos elementos estructurales es fundamental para alcanzar la resistencia de diseño, para esto, una vez fundidas columnas y algunas pantallas, se envolvieron con plástico transparente, las losas se cubrieron con costales los cuales se humedecían, los muros de contención y las pantallas y barretes que protegían las cimentaciones de las edificaciones vecinas, se regaron con una manguera, para las vigas se hizo uso de productos para evitar la evaporación del agua por exposición directa al sol. Se utilizó Antisol blanco, aquí se presenta la ficha técnica del producto:

## HOJA TECNICA DE PRODUCTO

### Antisol® Blanco

#### CURADOR PARA CONCRETO Y MORTERO EN AMBIENTE NORMAL

##### DESCRIPCION

**Antisol Blanco** es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material.

**Antisol Blanco** cumple con la norma ASTM C 309 y NTC 1977 como curador para concreto. Este curador es Tipo I-D clase A, conforme con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 156.

##### USOS

**Antisol Blanco** se usa para curar el concreto garantizando el completo desarrollo de resistencias. Está especialmente indicado para el curado de concretos y morteros, en particular cuando se tiene grandes superficies expuestas al sol y al viento. La película que forma el curador sobre el concreto fresco retiene el agua y evita el resecamiento prematuro.

Previene la formación de fisuras en pisos y pavimentos. Ideal para proteger estructuras y pavimentos de concreto en clima cálido y en lugares con dificultad en el abastecimiento de agua.

**Antisol Blanco** puede ser usado en todo tipo de obras de ingeniería tales como pavimentos rígidos, pistas de aviación, muelles, presas, silos, bodegas, estructuras en concreto deslizado, etc

##### VENTAJAS

- Impide el resecamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias.
- **Antisol** se aplica una vez, reduciendo así los costos del curado de concretos y morteros por mayor rendimiento en la mano de obra.
- Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes.
- Viene listo para usar y es fácil de aplicar.
- Ayuda a controlar la fisuración en grandes áreas expuestas al sol y al viento, como en pavimentos rígidos o pisos en concreto.
- Como agente curador sobre morteros tipo **SikaTop** debido a la ausencia de solventes.

Figura N° 17. Ficha técnica de Antisol blanco (Fuente: <https://col.sika.com/>).

<sup>10</sup> TITULO C.5.11 "CURADO". NSR-10.

- Un día después<sup>11</sup> de la fundición en el momento del desencofrado se revisó que el elemento no tuviera hormigueros, que son partes donde por una mala ejecución de la vibración, no alcanza a llegar el concreto, estos chequeos se realizaron en las vigas, columnas, cabezales, pantallas y muros de contención.



*Figura N° 18. Hormiguero presente en la base de una columna (Fuente: propia).*

El elemento debía ser reparado cuidadosamente, para esto se usó un producto de Sika para realizar resanes. En caso que en el hormiguero se observara el

<sup>11</sup> REPARACIONES EN EL CONCRETO. <http://www.guafa.com/costos/esc.html5>



refuerzo, era necesario picar el concreto suelto, retirarlo y realizar el resane. Aquí la descripción del producto:

## HOJA TECNICA DE PRODUCTO

### SikaTop®-122

MORTERO DE REPARACIÓN, MODIFICADO CON POLÍMEROS,  
PARA REPARACIONES ESTRUCTURALES.

<b>DESCRIPCION</b>	<b>SikaTop-122</b> es un mortero cementoso modificado con resina acrílica, de dos componentes, de consistencia pastosa, con altas resistencias mecánicas y gran adherencia al soporte, especialmente diseñado para reparaciones en elementos estructurales de concreto.
<b>USOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Como mortero de reparación o nivelación en estructuras de concreto, tales como: vigas, columnas, postes, graderías, pilotes, tuberías, etc.</li><li>• Especialmente indicado para reparaciones de gran espesor, en superficies verticales o sobre cabeza.</li><li>• Como recubrimiento de gran adherencia, impermeable, resistente al desgaste y con altas resistencias mecánicas para la protección, reparación y mantenimiento de obras hidráulicas, galerías y túneles. Para la reparación de pisos con altas exigencias mecánicas.</li><li>• Para juntas de albañilería de gran resistencia y relleno de hormigueros.</li></ul>
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Excelente adherencia al soporte</li><li>• Rápido desarrollo de resistencias</li><li>• Alta resistencia a la flexión y al desgaste</li><li>• Alta resistencia al impacto</li><li>• Es impermeable</li><li>• No es corrosivo ni tóxico</li><li>• Reforzado con fibras sintéticas</li><li>• Su aplicación no requiere formaleta.</li><li>• Apto para estar en contacto con agua potable.</li></ul>
<b>MODO DE EMPLEO</b>	<p><b>Preparación de la superficie:</b> <b>Concreto/Mortero:</b> La superficie debe estar rugosa, sana, limpia (libre de grasa, polvo, lechada de cemento u otras sustancias extrañas). Antes de la aplicación del producto se debe saturar la superficie con agua, evitando empozamientos. El perfil de la superficie debe ser mínimo tipo CSP-5 conforme a la Guía No. 03732 del ICRI. Conformación del área a reparar según recomendación de la Guía No. 03730 del ICRI.</p> <p><b>Acero de refuerzo:</b> El acero de refuerzo preferiblemente debe ser preparado por limpieza mecánica removiendo y retirando todos los vestigios de óxido. Grado de limpieza mínimo hasta grado comercial (SSPC-SP 6). Cuando la corrosión ocurre en presencia de cloruros, el acero puede ser lavado con agua a alta presión después de la limpieza mecánica para retirar incrustaciones de sal remanentes. Para mejorar la adherencia del acero de refuerzo usar <b>SikaTop Armatex-110 EpoCem</b> ó <b>SikaTop Armatex 108</b> (consultar hoja técnica).</p> <p><b>Preparación del producto:</b> En un recipiente de boca ancha vierta primero el componente líquido (Modul A) luego el polvo (Componente B) en forma gradual durante la mezcla.</p>

Figura N° 19. Ficha técnica de Sika top 122 (Fuente: <https://col.sika.com/>).

#### 7.1.4. Estructura Metálica

Para la estructura metálica se realizaron varios chequeos y algunas pruebas para verificar la calidad de las soldaduras, la calidad de la pintura y sus espesores.

- El primer chequeo que se hizo a los perfiles metálicos que serían parte del refuerzo de las columnas, fue el chequeo de la verticalidad (plomos). Este se realizó con una plomada la cual estaba sujeta desde la parte superior por una persona a cargo del montaje la cual tomaba la medida, y desde la parte inferior de la columna se realizaba el mismo proceso de medida. Si la medida era la misma entonces la columna estaba completamente vertical. Fue necesario tener mucho cuidado al realizar estas medidas porque las tolerancias se calculaban en milímetros, tomando la altura del entrepiso y dividiéndolo entre 500. ( $\Delta=h/500$ ;  $\Delta$ : desviación, h: altura del entrepiso)<sup>12</sup>
- El proceso de grouting bajo la placa base de la columna metálica, era de vital importancia pues debía fundirse antes de realizar el armado de la columna y su posterior formaleteo, ya que el concreto convencional que se usaría para fundir la columna, tendría gran dificultad en alcanzar a llenar este espacio.

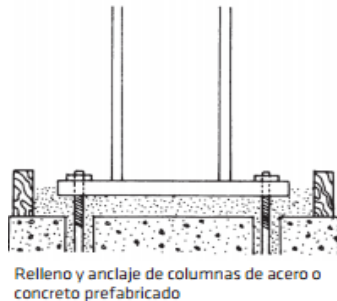


Figura N° 20. Grout fundido bajo placa base de columna metálica (Fuente: <https://col.sika.com/>).

Este grout es una mezcla con mayor resistencia, con consistencia más fluida. A continuación se presenta la ficha técnica del producto empleado en obra:

<sup>12</sup> CAPÍTULO XVIII - Instrucción de Acero Estructural (EAE)

## HOJA TECNICA DE PRODUCTO

### SikaGrout®-212

#### MORTERO SIN CONTRACCIÓN PARA ANCLAJES Y RELLENOS DE PRECISIÓN

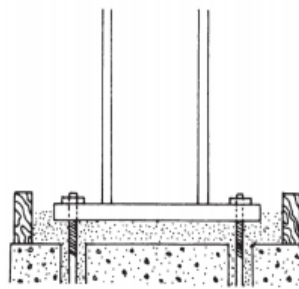
##### DESCRIPCION

El **SikaGrout-212** es un mortero sin contracción, listo para usar en rellenos de anclajes y trabajos de nivelación. Ha sido especialmente diseñado para obtener la consistencia y penetración apropiadas para cada tipo de aplicación, mantiene su estabilidad volumétrica en sentido vertical, desarrollando y alcanzando altas resistencias iniciales y finales.

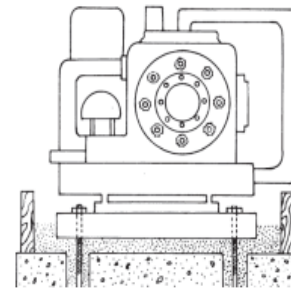
Este grout es ideal cuando se requiere una consistencia fluida y una gran penetrabilidad. Igualmente es ideal cuando por razones de alta temperatura del ambiente o dificultad de la colocación se requiera mantener un mayor tiempo la manejabilidad.

##### USOS

El mortero **SikaGrout 212** se usa como relleno en zonas confinadas, cuando se requiera: alta resistencia, adherencia y estabilidad volumétrica vertical del relleno. Usar especialmente para:



Relleno y anclaje de columnas de acero o concreto prefabricado



Relleno y anclaje de equipos sometidos a cargas dinámicas

Anclaje de pernos.

- Rellenos para la nivelación de equipos y maquinaria en la industria (motores, turbinas, compresores, bombas...)
- Relleno bajo columnas de acero o prefabricados de concreto.
- Inyecciones de mortero estructural.
- Resane de hormigueros y reparación de fallas en sistemas estructurales de concreto.
- Elaboración de concreto sin contracción para rellenos estructurales.

Figura N° 21. Ficha técnica de Sika grout 212 (Fuente: <https://col.sika.com/>).



Figura N° 22. Pata de columna metálica sobre base en Sika grout (Fuente: propia).

- En algunos casos fue necesario realizar soldaduras en la obra, sobre los perfiles metálicos, se realizaron pruebas a estas soldaduras para evaluarlas.

Se realizaron dos tipos de pruebas

- a) Prueba de tintas (líquidos penetrantes)<sup>13</sup>: que consta en rociar una base en spray de color violeta sobre la soldadura, el cual se limpia inmediatamente con un trapo hasta conseguir retirar la tinta casi en su totalidad, posteriormente se aplica un spray revelador de color blanco, y si la soldadura resulta tener muchas porosidades se reflejarán sobre la tinta blanca, las pecas de color violeta de la tinta rociada con anterioridad.

Esta prueba es visual.

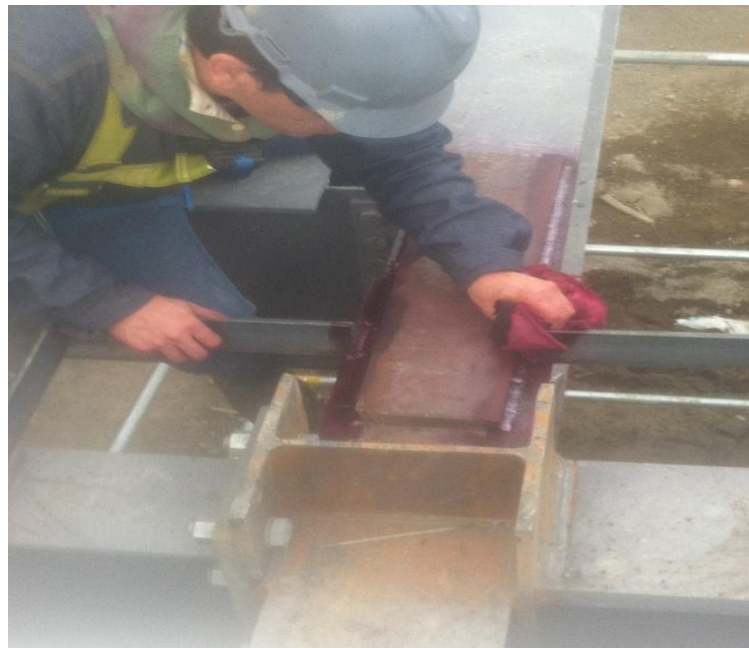
---

• <sup>13</sup> ASTM E165 Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination

Los resultados obtenidos en las soldaduras en sitio realizadas por el personal de Meisa, fue aceptable, demostrando la calidad y capacidad de los soldadores.



*Figura N° 23. Aplicación de la tinta violeta sobre la soldadura (Fuente: propia).*



*Figura N° 24. Limpieza de la primera tinta (Fuente: propia).*





Figura N° 25. Aplicación del revelador (Fuente: propia).



Figura N° 26. Resultado final (Fuente: propia).

- b) Se realizó también un ensayo de ultrasonido a algunas soldaduras para comprobar que también cumple con la norma AWS (American Welding

Society) que es la sociedad americana de soldadura. Consiste en aplicar un gel sobre la soldadura, para pasar el equipo que emite ondas y se reflejan sobre una pantalla que va conectada a esta pieza.

El resultado para las pruebas de ultrasonido realizadas, fueron favorables y aceptadas por interventoría.



Figura N° 27. Ensayo de ultrasonido (Fuente: propia).

- Respecto a la calidad de la pintura y su aplicación se realizaron pruebas aleatorias a algunos elementos como vigas y columnas metálicas con la aplicación previa de la pintura anticorrosiva para revisar si los espesores eran los adecuados y también revisar que la adherencia del producto al elemento de acero fuera aceptable.

Para determinar la calidad de la adherencia de la pintura se utiliza una cinta la cual se adhiere a la superficie pintada del elemento que se va a evaluar, y se traza una x. Al despegar la cinta, si donde se realizó la x, se despegó la pintura, es porque no se siguieron las recomendaciones. Estos criterios de aceptación los otorga la norma ASTM. También con ayuda de un

medidor digital de espesores se realiza la prueba del espesor de las pinturas, este debe estar debidamente calibrado y el certificado debe ser revisado por la interventoría.

Los resultados obtenidos para los espesores de pinturas fueron en general aceptables a excepción de algunos elementos a los cuales fue necesario realizarles otra capa de pintura.



*Figura N° 28. Prueba de espesores de pintura en los elementos metálicos (Fuente: propia).*

## 7.2 CIMENTACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL

La primera actividad que se desarrolló fue el reconocimiento de la obra, la cual se encontraba en una etapa de estructuración de los elementos de cimentación; se encontraban listos varios tramos de las pantallas y barretes, al igual que las vigas corona y cinturón, los caissons excavados con la pilotadora, los cuales estaban listos para ser descabezados y varias vigas de amarre. Por otro lado se había iniciado ya el montaje de la estructura metálica y la fundición de un tramo de losa de primer piso, al igual que unas cuantas columnas, pantallas para los ascensores y el foso para la rampa eléctrica.

A nivel del sótano, se encontraban listos algunos módulos a nivel de mejoramiento con roca muerta, listos para continuar con la capa de sub-base.

En las siguientes figuras se muestra el estado inicial de la obra al llegar como auxiliar de interventoría:



*Figura N ° 29. Estado inicial de la construcción (Fuente: propia).*



*Figura N°30. Estado inicial de la construcción (Fuente: propia).*

### **7.2.1 Adecuación del lote.**

Para iniciar con la ampliación del centro comercial fue necesario realizar una adecuación del lote en el cual se había proyectado su ubicación, empezando por la demolición del pavimento del parqueadero que se encontraba anteriormente, pero antes era necesario realizar un estudio de suelos para conocer el estado actual de los estratos en donde se realizaría la cimentación de la edificación y así definir los tipos de cimientos que se usarían para soportar las cargas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de suelos y la interpretación de los valores de cada ensayo realizado, se decidió emplear cimentación profunda del tipo pilotes, para la estructura principal del proyecto y así poder transmitir las cargas a los estratos más profundos que presentan características más favorables.

Y para las estructuras livianas del sótano, cimientos superficiales (vigas de cimentación, zapatas y zapatas corridas). También se tomó la decisión de realizar un mejoramiento de la sub rasante.



## 7.2.2 Pantallas y Barretes

Dado que existen edificaciones y vías que colindan con la zona de construcción del sótano, fue necesario estabilizar los cortes con pantallas y barretes, las cuales se realizaron en todo el perímetro donde se realizaría la excavación. El material excavado poseía una consistencia blanda hasta los 9m de profundidad, con presencia de suelos finos y cohesivos, también bolos y cantos sueltos que podrían desestabilizar las excavaciones.

### 7.2.2.1 Proceso constructivo

Las pantallas y barretes se realizaron usando el método de los muros colados, que consta en realizar una zanja donde posteriormente se pondrá el refuerzo y se vaciará el concreto, las pantallas contaban con unas profundidades variables entre 6,50 y 7m. Para hacer la excavación de las zanjas se utilizó una almeja de excavación que es una máquina compuesta de cables. Consta de una pluma de la cual pende una cuchara prensora<sup>14</sup>, formada generalmente por dos mandíbulas articuladas en su parte superior, que se ajustan una con otra por los bordes cuando se encuentran juntas. Esta máquina puede excavar, recoger el material y verterlo en una misma vertical, o cerca de la misma, y por debajo o por encima del nivel de la máquina, siendo esta propiedad la que la distingue del resto de aparatos de excavación. Para estabilizar las paredes se usó lodo bentonítico.

---

<sup>14</sup> <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/cuchara-bivalva/>

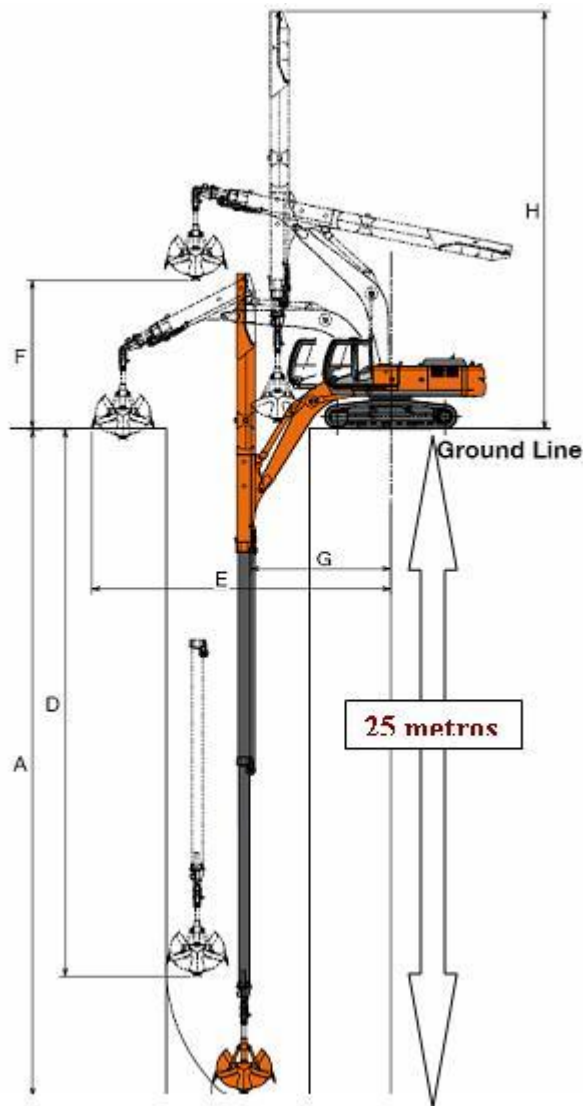


Figura N° 31. Almeja de construcción para excavación de zanjas de muros colados  
(Fuente: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/cuchara-bivalva/>)

Se quería una impresión rústica para las pantallas que serían visibles en el sótano, por esto una vez abiertas las zanjas, estabilizadas con el lodo bentonítico, se puso el refuerzo, sin realizar la formaleta, para poder desarrollar esta idea.

El refuerzo consta de unas parrillas de barras de acero. La cantidad de acero depende del diseño estructural influenciado por el empuje del suelo e hidrostático,

resistencia, módulos de rigidez y los criterios sísmicos. Por esto es fundamental el estudio de suelos previo a la construcción de este tipo de elementos estructurales.

En el momento en el que se inició el proceso de interventoría, la comisión de topografía realizó la localización y nivelación de acuerdo a los planos de cimentación PLC – 01-R17, PLC – 06-R0, PLC – 06-R1; se realizó la excavación a una profundidad de 6,50m y 7m por cambio en el nivel superior a partir del eje P. Se nivelaron y se fijaron las parrillas. Se continuó con la fundición.

En la siguiente imagen se muestra la almeja empleada en la obra para realizar las excavaciones.



*Figura N° 32. Almeja de construcción realizando excavación de las zanjas para pantallas y barretes (Fuente: propia).*





*Figura N° 33. Excavación para pantallas y barretes. Se observa el nivel que alcanzan las aguas freáticas en la zona (Fuente: propia).*

Los barretes se realizaron empleando el mismo proceso constructivo que para las pantallas.

Estos iban intercalados entre las pantallas brindándoles soporte, con una profundidad de 11,50m (mayor al de las pantallas), espesor de 0,40m y una longitud de 2m.



*Figura N° 34. Personal realizando el amarre del refuerzo para las pantallas y barretes (Fuente: propia).*

Una vez ubicado el refuerzo dentro de las excavaciones, se aseguraba, para garantizar recubrimientos y en el momento de vaciado el concreto no perdiera su posición debido a las fuerzas de empuje.



*Figura N° 35. Embudo Tremie conectado a la tubería con profundidad igual a la de la excavación (Fuente: propia).*



Figura N° 36. Personal ubicando la tubería dentro de la excavación (Fuente: propia).



Figura N° 37. Fundición de una pantalla (Fuente: propia).

### 7.2.2.2. Controles

Para controlar los procesos, se verificaron las profundidades y el ancho de las zanjas usando un flexómetro. Tomando como referencia el nivel dado por topografía se chequeó la cota alcanzada en la parte superior del gancho del acero longitudinal, En cuanto a la colocación del refuerzo, se confrontó la cantidad de acero puesto en obra con la especificación que da el diseño estructural; además, se comprobó que el espaciamiento entre las paredes de la zanja y el acero fuese suficiente para que se cumpliera con el recubrimiento del acero, diámetros, traslapes, ubicación y separación requerida entre barras en ambos sentidos entre mallas de refuerzos. Se empleó concreto premezclado provisto por la empresa Concreinsa, con una resistencia a la compresión ( $f'c$ ) igual a 4000 psi o 280Kg/cm<sup>2</sup> para las pantallas, los muros de contención y barretes. Se usó un concreto tremie debido a la presencia del nivel freático, y el modo en el cual sería vaciado (tubo embudo), ya que es un concreto fluido y de alta consistencia. Se esperaban asentamientos de 8"  $\pm$  1".

Se tomaron muestras del concreto tremie usado en la fundición, para realizar la prueba del asentamiento (Slump) de acuerdo a la norma técnica Colombiana NTC 396.

Se revisó que las remisiones del concreto cumplieran con las especificaciones ( $f'c$  = 280 kg/cm<sup>2</sup>) y se tomaron las muestras correspondientes al concreto.



Figura N° 38. Asentamiento concreto usado en pantallas y barretes (Fuente: Interventoría).

### 8.2.2.3. Problemas encontrados y Soluciones implementadas

Se encuentra que las pantallas tienen zonas donde el concreto no alcanzó a llegar completamente, generando la exposición del acero de refuerzo usado en la parrilla, como se ve en la siguiente figura:



Figura N° 39. Exposición del refuerzo en las pantallas pre-excavadas (Fuente: Interventoría).

Se pide realizar una formaleta en el área expuesta para proceder a su fundición, la cual se realizó de inmediato usando las mismas especificaciones del concreto anterior.

### 7.2.3 Viga cinturón y Viga corona

Las pantallas se ubicaron en el perímetro del lote formando un cajón empotrado en el estrato, se fundieron desde la superficie natural del terreno y están dotadas de vigas corona y vigas cinturón en cada nivel de la placa para reforzarla y lograr un trabajo compacto.

### 7.2.3.1 Viga cinturón

La viga Cinturón, cumple una tarea de estabilización provisional de los empujes producidos por el terreno sobre las pantallas de contención durante las excavaciones de los sótanos.



Figura N° 40. Anclajes de Viga cinturón (Fuente: Interventoría).

#### 7.2.3.1.1 Proceso constructivo

Se realizaron anclajes sobre las pantallas y barretes cada 0,15m en la parte superior e inferior de lo que sería la viga con una separación de 0,30m una de la otra, a una profundidad aproximada de 4,62m (cara inferior de la viga). Estos anclajes se adhirieron usando epóxico sika anchor fix -4<sup>15</sup>.

Una vez listos los anclajes, se procedió a armar el refuerzo de la viga cinturón, continuando con el proceso de formateo y finalmente su fundición. Esta viga tiene unas dimensiones de 0,60m x 0,60m.

El concreto empleado para estas vigas era del tipo convencional, presentaba una resistencia a la compresión ( $f'c$ ) igual a 3000 psi o 210Kg/cm<sup>2</sup> Se esperaban asentamientos de 5"  $\pm$  1".

<sup>15</sup> Manual Sika 2015. <https://col.sika.com/>



*Figura N° 41. Fundición tramo de viga cinturón (Fuente: propia).*

### **7.2.3.2 Viga corona**

Las vigas Cabezales cumplen la función de integrar los barretes para que el comportamiento sísmico del conjunto se aproxime lo máximo posible al de muros monolíticos; sirve además para colgar de los barretes el peso de las pantallas adyacentes, que se encuentran apoyadas sobre suelos muy blandos.

### 7.2.3.2.1 Proceso constructivo

Previamente se hizo el descabece de las pantallas y barretes dejando al descubierto los ganchos de su refuerzo, que quedan sobresalientes sobre el nivel superior de los mismos. Estos hacen parte también del acero de la viga corona, para garantizar la integración y funcionamiento conjunto.

Se organiza el castillo a lo largo de todo el cerramiento de las pantallas y barretes de acuerdo al diseño del ingeniero calculista, y haciendo uso de un equipo de topografía se definió la localización de unos anclajes donde luego irían ubicadas las vigas metálicas.

Siguiendo el mismo proceso de la viga cinturón, se realizó el formaleteo, cuidando que se cumplieran los recubrimientos, dimensiones y cantidades de acero. Esta viga tiene dimensiones de 0,50m x 0,60m. Por último se realizó la fundición con un concreto que cuenta con una resistencia a la compresión ( $f'c$ ) igual a 4000 psi o 280 Kg/cm<sup>2</sup>. Se esperaban asentamientos de 5"  $\pm$  1".



Figura N° 42. Refuerzo de un tramo de viga corona (Fuente: propia).

### 7.2.3.3. Controles

Se realiza el seguimiento a la localización y nivelación de vigas, realizado por la comisión topográfica, considerando las coordenadas y cotas establecidas en los planos de construcción. Se chequearon diámetros, longitudes, traslapos, ganchos, separación y cantidad de estribos del acero de refuerzo.



Se verificó que todas las partes del confinamiento de las formaletas estuvieran en posición, con el arriostramiento necesario, se chequean las dimensiones con ayuda del flexómetro y se chequea el nivel de enrase de las vigas.

Antes del vaciado del concreto para la fundición, se constató que el área dispuesta para la fundición se encontrara libre de escombros, se realizó control del asentamiento a cada mixer, establecido en  $5'' \pm 1''$  que en sitio estuvo alrededor de esos valores. En la remisión del concretó se verificó que la mezcla tuviera la resistencia especificada de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Se observó que se realizara el vibrado y curado al día siguiente. Se usó antisol blanco para esta actividad.

Se tomaron las muestras para los ensayos de resistencia del concreto.



Figura N° 43. Medición de la separación entre estribos de un tramo de viga corona (Fuente: Interventoría).

#### 7.2.3.4. Problemas encontrados y Soluciones implementadas

Al verificar la longitud de traslapo en algunas vigas, no se cumple con la estipulada en el diseño, se hace la observación y se corrige.



Se pide corregir la separación entre estribos que en algunos casos fue mayor, reduciendo su cantidad. Se informó al ingeniero a cargo el cual hizo la observación al contratista, ordenando reorganizarlos y ubicar los estribos faltantes.

Al verificar los anclajes para el armado del refuerzo de la viga cinturón, se observó que hacían falta, por lo que se realizó la observación, e inmediatamente se solicitó la localización y e instalación.

#### **7.2.4. Pilotes (Caissons) y Arranques de columnas**

A medida que se realizó la excavación y se llegó al nivel indicado del sótano, se ubicó con ayuda de la comisión de topografía los puntos donde se realizarían las excavaciones para los pilotes, y posteriormente iría ubicada una columna metálica. Estos pilotes se encargan de transmitir los esfuerzos a los estratos más estables que se encuentran a mayor profundidad.

##### **7.2.4.1 Proceso constructivo**

###### **7.2.4.1.1 Excavación mecánica**

Una vez localizado topográficamente el punto donde va el pilote, con ayuda de un equipo mecánico (piloteadora), se realizó la excavación de estos pilotes que poseen diámetro de 1m y una profundidad variable que depende a qué altura se encuentra el rechazo o bolos.

Las paredes de estas excavaciones se estabilizaron con lodo bentonítico y se procedió a su fundición.

El concreto usado posee un  $f'c$  de 3000 psi o 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Al igual que en las pantallas y barretes se pidió que fuera tremie, pues era necesario que tuviera una textura fluida para poder ser vaciado con el tubo embudo, además al ser una excavación profunda se alcanzarían los niveles de las aguas freáticas. El asentamiento esperado es de  $8" \pm 1"$ .

Una vez fundidos los pilotes y después de haber alcanzado la resistencia necesaria, se procedió a descabezarlo para descubrir el refuerzo vertical que más



adelante formaría parte del refuerzo del arranque de la columna metálica (dado), que posee unas dimensiones dependientes del diseño estructural debidas a las cargas que se proyecta van a generarse en esa zona.

Antes de proceder al proceso de fundición, con ayuda del equipo de topografía se localiza y ubica el anclaje sobre cada dado, donde después se hará la instalación de la columna metálica, de igual forma se organizan las barras que serán parte del refuerzo de estas columnas para que cuando se esté armando el castillo, puedan traslaparse.

El concreto de estos dados tiene las mismas características de resistencia que el usado para los pilotes pero es convencional por lo tanto el asentamiento que se espera obtener es de  $5'' \pm 1''$  por ser concreto convencional.

#### **7.2.4.1.2 Excavación manual**

En zonas inaccesibles para el equipo mecánico de excavación de pilotes fue necesario realizarlo de forma manual, usando el método de los anillos troncónicos como se muestra en la siguiente figura:

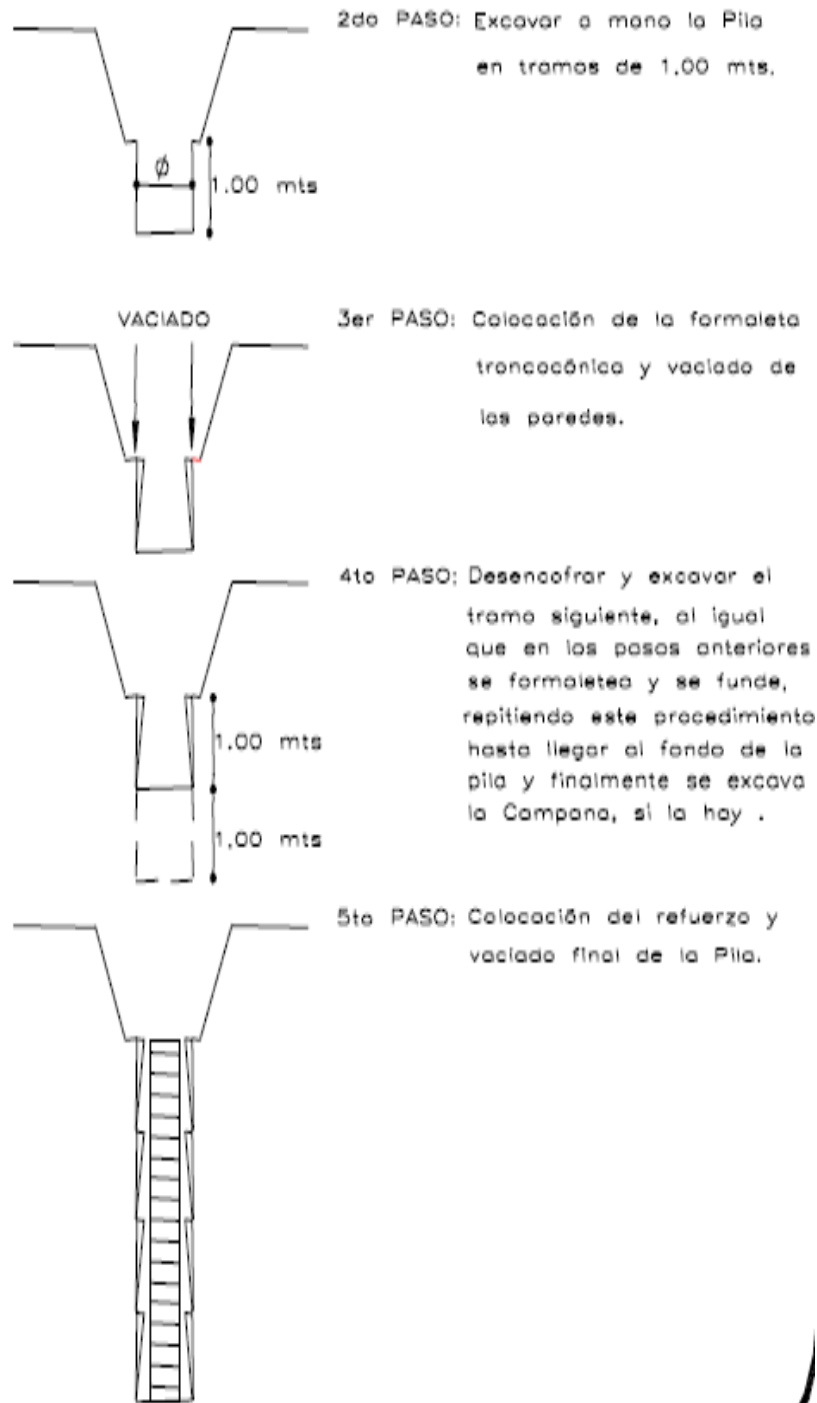


Figura N° 44. Excavación manual por el método de los anillos troncocónicos (Fuente: <http://www.slideshare.net/Jminmobiliaria/figuras-y-planos>).



*Figura N° 45. En la imagen se puede apreciar la viga corona y los anclajes que sobresalen. En la excavación se ven las barras donde se ubicarán las columnas metálicas (Fuente: propia).*

#### **7.2.4.2 Controles**

En el inicio de la práctica profesional sólo se realizaron excavaciones del tipo manual para los caissons, donde se chequeó que se realizara la ubicación del punto central del perímetro del caisson con ayuda del equipo de topografía. Fue necesario revisar que el diámetro de la excavación coincidiera con las dimensiones del pilote a fundir.

Se revisó que efectivamente se alcanzara el rechazo (bolos) en la excavación para proceder a la instalación del refuerzo.

Se revisaron las cuantías, diámetros, separaciones, traslapos, etc. Antes de proceder a la fundición.

Para los arranques de columna, se inició con la localización de los anclajes, se verificaron los diámetros, número de varillas, número de estribos. Se verificó que todas las partes de confinamiento de la formaleta estuvieran adecuadamente

instaladas, con el arriostramiento necesario. Se verificaron las dimensiones y el nivel de enrase.



*Figura N° 46. Excavación manual de caisson.*

#### **7.2.4.3. Problemas encontrados y Soluciones implementadas**

Durante los primeros días de enero del año 2016 se incrementaron las lluvias, generando inundaciones en las excavaciones realizadas, por lo que fue necesario hacer uso de una motobomba para poder continuar con la actividad, además por tratarse de una gran profundidad, estaba presente el nivel freático el cuál se controló de la misma forma.

En la localización de los anclajes sobre los dados, se encontró con que algunos quedaron excéntricos. Se informó al ingeniero calculista quien se encarga de dar la solución a este problema, en una actualización de los planos de cimentación donde las dimensiones de dichos dados son mayores garantizando que el anclaje quedarán dentro del área del caisson. A continuación se presenta la imagen del anclaje excéntrico.



Figura N° 47. Anclaje excéntrico (Fuente: Interventoría).

### 7.2.5. Vigas de amarre

Este tipo de vigas se encarga de unir cada uno de los dados y toda la cimentación en general, conectando cada cabezal con la viga cinturón.

#### 7.2.5.1. Proceso constructivo

Se empieza con el trazo de la viga antes de iniciar con la excavación, esta excavación se realizó con la cuchara de una retro-excavadora.

Una vez lista, se armó el refuerzo, teniendo cuidado y respetando las especificaciones en el plano estructural (número de estribos, separaciones, traslapos, diámetros de las barras, etc.) y de acuerdo a sus dimensiones se hizo la formaleta. El concreto usado en estos elementos estructurales corresponde al mismo usado para la fundición de los dados.



Figura N° 48. Formaleta en madera de un tramo de viga de amarre (Fuente: propia).

### 7.2.5.2. Controles

Se chequearon los diámetros, longitudes, traslapos, ganchos, separación y cantidad de estribos del acero de refuerzo en las vigas de cimentación.

Se revisó la apropiada instalación de la formaleta, que esté correctamente arriostrada y respetando las medidas descritas en el plano estructural.

Se constató que se realizara la prueba del Slump, toma de muestras para ensayos de resistencia y curado al día siguiente.

### 7.2.5.3 Problemas encontrados y Soluciones implementadas

No se realizó adecuadamente el traslapo de las varillas, el cual fue menor, por lo que se informó al ingeniero al frente de la actividad quién autorizó hacer la soldadura de estas.



En algunas vigas no se respetaron las separaciones de los estribos por lo que fue necesario realizar la observación para que se procediera a la instalación de los faltantes.

### 7.3. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DE LA OBRA

#### 7.3.1. Vigas, viguetas y Columnas

El esqueleto de la edificación se conformó por vigas y columnas metálicas, las columnas que deben soportar esfuerzos de compresión están provistos por conectores de cortante (studs), los cuales reducen el área de falla, la soldadura de estos conectores se realizó directamente en la planta de fabricación.



Figura N° 49. Personal armando el refuerzo de la columna (Fuente: propia).

Las columnas metálicas se ajustaron al anclaje que previamente se había ubicado con topografía sobre los dados, Donde se chequeó su verticalidad. Una vez garantizados los plomos de estos perfiles se realizó el grouting, que es una mezcla cementante de alta resistencia y fluidez, la cual se utilizó para crear una base que soportara la columna, y evitar su inestabilidad.



*Figura N° 50. Saco de sika grout usado para fundir la base de la columna metálica (Fuente: Interventoría).*

Cuando las columnas estaban listas (plomadas, y con su base en grout) era posible realizar el armado del refuerzo como se muestra en la imagen anterior. Posteriormente el armado de la formaleta que debía ser chequeada antes del proceso de fundición.

Las vigas metálicas simplemente se unían por los brochales de cada columna conformando la estructura aporticada.

### **7.3.1.1 Controles**

Se verificó que se realizara la localización de los perfiles de acuerdo a planos, también que su sección, dimensiones, etc. fueran las establecidas por los planos de montaje de acuerdo a la zona.

Se chequearon los plomos de los perfiles antes de proceder a realizar la fundición del grout.

Se verificó que se haya instalado el refuerzo transversal de acuerdo al diseño cumpliendo con diámetros, longitud de traslapes, longitud de los ganchos, número de estribos y cuantía especificada.

Se constató que la formaleta estuviera debidamente arriostrada y a plomo, garantizando verticalidad.

En cuanto a la mezcla se verifica que la remisión del concreto esté de acuerdo con el diseño (4000 PSI), se haga la prueba del asentamiento, y se tomen los cilindros de muestra para resistencia. Durante el vaciado se verifica que se haga el vibrado del concreto tanto con vibrador eléctrico como con chipote en la base de las columnas.

### 7.3.1.2. Problemas encontrados y Soluciones implementadas

Durante la fundición de las columnas combinadas no se realizó una apropiada vibración de la mezcla por lo que al día siguiente de vaciado el concreto, en el momento de desencofrar se encontró con que se presentaron hormigueros en varias zonas de las columnas, en ocasiones con exposición del refuerzo, por lo que fue necesario picar el área afectada con un cincel, para retirar el material suelto y se procedió a realizar el resane con Sikatop 122.



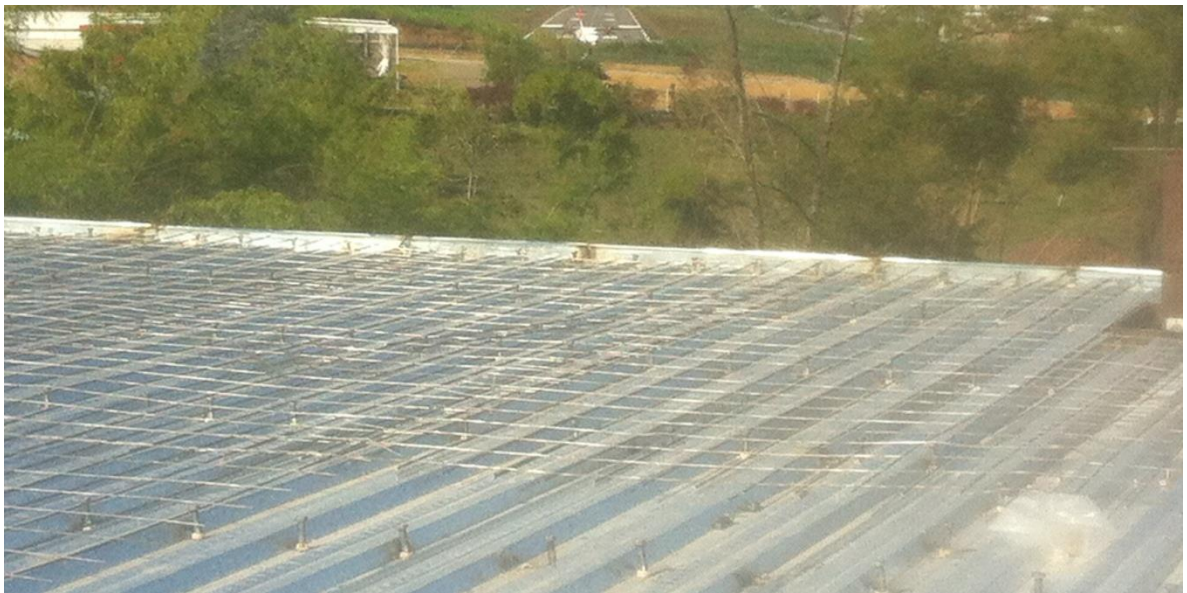
Figura N° 51. Saco de sika top 122 usado para realizar resanes en las columnas combinadas (Fuente: Interventoría).

### 7.3.2. Losas de entrepiso y cubierta.

#### 7.3.2.1 Proceso constructivo

Una vez listos los pórticos de la estructura, se cubrieron con láminas de steeldeck calibre 22 de acuerdo al plano arquitectónico, las cuales le otorgan mayor resistencia a la losa de concreto, disminuyendo su espesor. La losa contaba con un espesor de 0,13m, excepto en las rampas de descarga donde debido a la cantidad de acero debía ser más gruesa. Reforzada además con una malla electrosoldada compuesta de grafil de 5x7mm, y de acuerdo a las cargas proyectadas en el área se ubicaron varillas corrugadas (acero negativo<sup>16</sup>).

También se soldaron conectores de cortante que permiten un mejor anclaje del refuerzo con el concreto, aumentando su resistencia, y facilitando que los dos materiales trabajen como una unidad, Actualmente el NSR-10 avala sólo este tipo de conector para ser usado sobre láminas de metaldeck.



*Figura N° 52. Losa reforzada con malla electrosoldada y conectores de cortante (Fuente: propia).*

<sup>16</sup> TITULO C.23. "Refuerzo Mínimo". NSR-10



### **7.3.2.2. Controles**

Previo a la fundición se verificó que se haya realizado la fundición de la placa base de las columnas y que se haya realizado el apuntalamiento de la placa a fundir para evitar el colapso de la misma.

Se verificó que la lámina se instalara de acuerdo planos y que cumpliera con el calibre y la altura especificada.

Se revisó que la instalación de los studs estuviera de acuerdo a los planos y que se cumplieran con las distancias de distribución, la cantidad, el sitio de instalación (valles) y que estén completamente fijos. En cuanto al refuerzo negativo se verificó que se instalara de acuerdo al plano diseñado con los detalles de la losa. Durante este proceso se revisó la ubicación, diámetros, distribución, traslapes, y recubrimiento.

Al iniciar la fundición se verificó que el área a fundir estuviera completamente limpia, y húmeda para evitar la pérdida del agua de mezcla. En cuanto al refuerzo negativo, se revisó que conservara su posición.

Respecto al concreto se chequeó que se cumpliera con la resistencia de diseño (chequeo orden de remisión del concreto), se realizó la prueba del asentamiento a todos los mixer. Se tomaron las muestras para las pruebas de resistencia.

Se revisó que los niveles del concreto cumplieran con lo especificado, se realizaron las dilataciones y el curado se realizó por inundación de la losa y para mantener la humedad. Se cubrió con fique por 7 días.



*Figura N° 53. Curado de la losa por inundación cubierta con fique para mantener la humedad (Fuente: propia).*

### **7.3.2.3. Problemas encontrados y soluciones implementadas**

En las losas de entrepiso el distanciador usado no garantizó el espesor del recubrimiento por lo que se sugirió seguir usando las panelas fabricadas en sitio que garantice un recubrimiento de 4 a 5 cm.

Se encontraron grietas en la losa de primer piso que debían ser reparadas, por lo que se informó al personal de meisa para que tomaran las medidas necesarias, se sugirió realizar, el sellamiento de estas con sikaflex.

No se estaba siguiendo estrictamente con el proceso de curado de las losas, se pidió que se continuara con el proceso y se aplicara además antisol para evitar la pérdida de humedad.

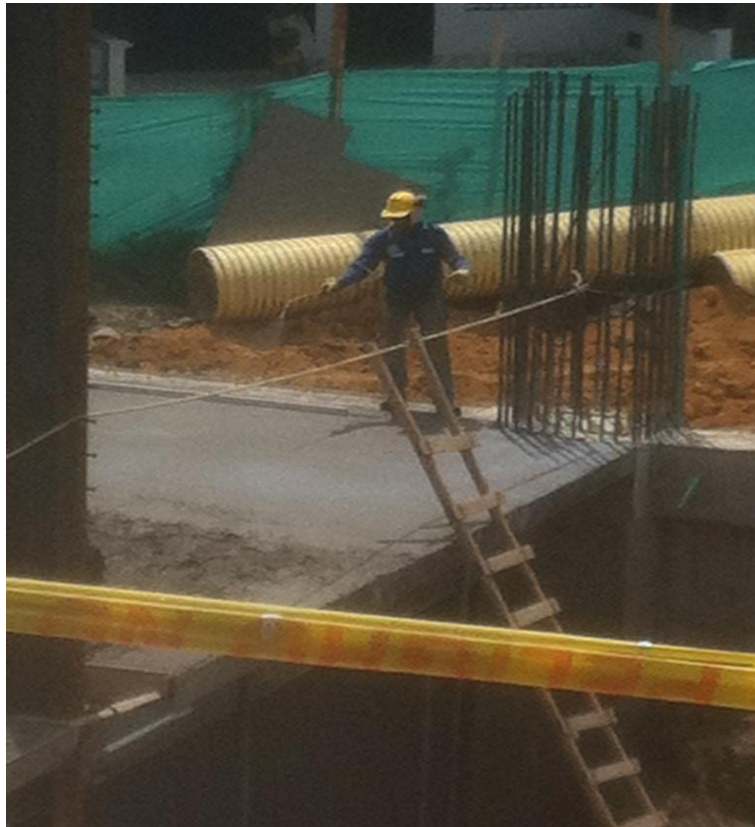


Figura N° 54. Curado de la losa aplicando anti sol (Fuente: propia).

## 7.4. PAVIMENTOS

### 7.4.1. Pavimento rígido y flexible

#### 7.4.1.1. Proceso constructivo

Para la conformación de la estructura de los pavimentos fue necesario retirar el material no apto debido a su gran contenido de agua y sus características cohesivas, ubicando el geo textil y rellenando nuevamente con material de roca muerta. Una vez listos los módulos a nivel de mejoramiento, se tomaron las densidades con el densímetro nuclear, para continuar con el llenado de la siguiente capa de subbase. Esta requería de topografía para chequear los niveles y evitar que en el momento de fundir la losa en el caso del pavimento rígido, no se

redujeran los espesores de la placa, o por el contrario se aumentara (antieconómico).

Cuando la capa de subbase se encontró debidamente nivelada se procedió a tomar nuevamente las densidades de este estrato. Una vez obtenidos los valores definidos por el diseño, se continuó con la fundición de la losa.

La fundición del pavimento rígido de sótano se realizó de la misma forma que las losas de entresijos y cubierta, diferenciándose únicamente en el acabado que se le dio.

Para el endurecimiento de la placa se usó un producto de sika llamado sikafloor, el cual aceleró el proceso de endurecimiento y facilitó el acceso de los trabajadores, quienes necesitaban caminar sobre ella.



*Figura N° 55. Fundición de la losa del pavimento rígido en sótano (Fuente: propia).*

Para la nueva vía de acceso a jumbo, teniendo en cuenta que se trataba de un pavimento flexible, se realizó una tercera capa de base, donde se repitieron los ensayos de densidad y humedad.





#### **7.4.1.2. Controles**

Para los pavimentos fue necesario revisar la calidad de los materiales empleados por eso antes de su uso era necesario que se le realizaran todos los ensayos para conocer sus características y propiedades, como por ejemplo su granulometría, gravedad específica, gravedad específica bulk, ensayos de resistencia, etc.

De acuerdo al resultado del ensayo del próctor modificado se conoció la máxima compactación y la humedad óptima para alcanzar este valor. Estos datos eran introducidos al sistema del densímetro nuclear, además de la profundidad de la capa a estudiar, el cual calculaba el grado de compactación del estrato y su humedad. Es un modo rápido y no destructivo. Las emisiones gamma penetran en el material evaluado y las emisiones que son recibidas por los detectores son cuantificadas. De acuerdo al diseño del pavimento rígido en el sótano se chequeó que las densidades obtenidas por cada módulo para la capa de mejoramiento tuviera una compactación igual o mayor al 90% del PM. Para la capa de sub-base la densidad debía ser mayor o igual al 95% del PM.

El uso de este equipo de medición y la cantidad de ensayos realizados, se basó en la norma INV E – 164 -07.

Para la vía de acceso a Jumbo se requería otro modelo de las capas, la cual contaban con un mejoramiento que al igual que en el pavimento rígido, debía cumplir con una densidad igual o mayor al 90% del PM, el material de sub-base, igual o mayor a 95%, de igual forma para la capa de base, y terminar con los 5cm de carpeta asfáltica.

Todos estos valores obtenidos se registraban en un formato para luego realizar la liberación de la zona de fundición.

También se debían chequear los niveles con ayuda de la topografía para evitar reducir el espesor de la losa para el pavimento rígido y la carpeta asfáltica para el pavimento flexible.

Se revisó que los bordes del área para fundición estuvieran bien compactados, al igual que se supervisó que las juntas de construcción tuvieran ubicados perfectamente los pasadores, que antes de la fundición se acomodara el icopor

alrededor de otros elementos existentes para realizar las juntas de dilatación y se llenaran adecuadamente con el material sellante (sikaflex). Las barras corrugadas para las juntas longitudinales debían cumplir con el diámetro especificado en el detalle del diseño.

Fue necesario revisar que la relación largo/ancho del paño a fundir no fuera a ser mayor a 1,3.

Se revisó que la malla electrosoldada se ubicara correctamente para que proporcionara la cuantía mínima por retracción y temperatura con los respectivos separadores para garantizar el recubrimiento.



*Figura N° 56. Área del sótano lista para fundir (Fuente: propia).*

#### **7.4.1.3. Problemas encontrados y Soluciones implementadas**

Se presentaron varios problemas por la humedad y filtraciones de agua debido a las fuertes lluvias, además por las aguas freáticas, que se solucionaron implementando una red de filtros y sifones, además sellando las grietas por donde penetraba el agua con sikaflex.

Sobre la carrera 15 aparecen grietas, que pueden ser consecuencia de realizar la excavación para sótano sin dejar cuñas o también por no encontrarse el amarre

superior e inferior de las pantallas. Como primera medida se realizó el apuntalamiento de todas las pantallas y se procedió al armado de la viga corona y cinturón.



Figura N° 57. Grieta sobre carrera 15 (Fuente: propia).



Figura N° 58. Apuntalamiento de la pantalla (Fuente: propia).



## 8. CONCLUSIONES

- El sistema de pilotes permite realizar proyectos de gran magnitud cuando otro tipo de cimentación no lo permite, gracias a la ventaja de cimentar en estratos resistentes que se encuentran a grandes profundidades.
- El trabajo de grado con la modalidad de pasantía permite llevar más allá el conocimiento teórico adquirido en la universidad ya que nos involucra en un campo real de acción y nos permite adquirir la destreza necesaria a la hora de tomar una decisión en obra.
- La labor desempeñada en gran parte de la pasantía fue de revisión, cabe resaltar que un buen proceso de interventoría permite construir y entregar un producto de calidad, debido a que regularmente se encuentran errores en los procesos constructivos como lo es el amarre de acero, localización de elementos y fundición de elementos estructurales en concreto.
- La construcción de una obra civil puede llevarse a cabo de una manera eficiente si su planeación, dirección, control y ejecución es llevada por personal capacitado comprometido no solo con el costo de la obra si no con la calidad y funcionalidad de la misma..
- Es importante realizar seguimientos y controles a los procesos constructivos de los elementos estructurales, para así garantizar los requerimientos especificados en los diseños y de esta manera una adecuada funcionalidad.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- Constructora Arinsa S.A.  
<http://constructoraarinsa.wixsite.com/arinsa/new-page-cv3s>
- Norma de diseño en construcción sismo resistente del 2010 NSR-10
- Manual SIKA.  
<https://col.sika.com/>
- Diseños, planos y documentos internos proyecto “Ampliación Centro Comercial Campanario”.
- Norma Técnica Colombiana NTC.
- Diseños Estructurales, CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO. MEISA metálicas e ingeniería.
- Instituto nacional de Vías “INV”.
- Estudio de suelos. Ampliación CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO. Ing. Gloria Inés Flórez. 2014
- Norma ASTM “American Society for Testing Materials”.