

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



**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DE LOS MATERIALES A  
UTILIZAR EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL  
CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO**

**ANA MARÍA ARANGO CUJAR.  
(100411010568)**

**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**



**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DE LOS MATERIALES A  
UTILIZAR EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL  
CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO**

**ANA MARÍA ARANGO CUJAR.  
(100411010568)**

**DIRECTOR DE PASANTÍA:  
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, y escuchado la sustentación de este por la estudiante y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan a la egresada para que desarrolle las gestiones pertinentes para optar al título de Ingeniera Civil.

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Director**



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios primeramente, A mis padres Martha Cújar y Atanael Arango por brindarme su apoyo en este caminar, y creer siempre en mí y en mis capacidades.*

*A Gloria Galvis por su dedicación y por su compañía infaltable desde que era pequeña, por su amor, su infinita paciencia y atenciones conmigo.*

*A mi padrastro Otoniel Ruiz por su sabiduría, consejos de vida y comprensión para conmigo a cada momento.*

*A mi hermano Juan por tenderme siempre su mano, y ser mi ejemplo a seguir.*

*A mi hermano Luis Felipe, que donde quiera que este sepa que esto es para él y que su recuerdo siempre me acompaña, que lo he extrañado en los últimos meses, que nunca lo olvido en mi corazón ni en mi mente y que le agradezco infinitamente los momentos vividos y su especial cuidado conmigo.*

*A Carlos Andrés López, gracias a Dios por ponerlo en mi camino, para brindarme su amor, su cariño, su compañía, y su apoyo incondicional en este tiempo.*

*A mis padrinos Claudia y Adener por estar ahí cuando los necesite.*

*A cada uno de mis amigos por los momentos compartidos y su amistad tan valiosa, Y en especial A mi mejor amigo Eiver por su amistad integra e incondicional, y su cariño.*

*A mis profesores de la Universidad del Cauca por su formación y los conocimientos aprendidos de tan respetados e íntegros docentes, en especial al Ing. Hugo Eduardo Muñoz por brindarme la grata oportunidad de desarrollar mi ejecución de proyecto de grado en la obra de ampliación del Centro Comercial Campanario y su acompañamiento en ella.*



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.</b>	<b>12</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>3. INFORMACION GENERAL.</b>	<b>13</b>
3.1. ENTIDAD RECEPTORA	13
3.2. DURACIÓN DE LA PASANTÍA	15
3.3. DIRECTOR DE LA PASANTÍA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	15
3.4. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA	15
<b>4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.</b>	<b>16</b>
4.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	16
4.2. UBICACIÓN	18
4.3. PLANOS ARQUITECTONICOS	19
4.4. ESTUDIO DE SUELOS	21
4.4.1. GEOLOGIA DEL SITIO	22
4.4.2. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE SUELOS	24
4.4.3. SISTEMA DE FUNDACIÓN PROPUESTO	25
4.4.4. CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DEL PROYECTO	25
4.5. DESCRIPCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL ADOPTADO.	26
4.6. SISTEMAS DE DRENAJE PROPUESTO	27
<b>5. JUSTIFICACIÓN.</b>	<b>28</b>
<b>6. RESUMEN.</b>	<b>29</b>
<b>7. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA.</b>	<b>30</b>
7.1. SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE FILTROS FRANCESES ENVUELTOS EN GEOTEXTIL	30
7.1.1. DEFINICIÓN	30



7.1.2. PROCESO CONSTRUCTIVO	31
7.1.3. IMPREVISTOS PRESENTADOS	41
7.1.4. CAJAS DE INSPECCION DE LA RED DE FILTROS	42
<b>7.2. SUPERVISIÓN EN PILOTAJE</b>	<b>43</b>
7.2.1. DEFINICIÓN	44
7.2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO CON MAQUINA PILOTEADORA	45
7.2.3. PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES ALTERNO (MANUAL)	50
<b>7.3. SUPERVISIÓN EN VIGAS DE CIMENTACIÓN</b>	<b>51</b>
7.3.1. DEFINICIÓN	51
7.3.2. PROCESO CONSTRUCTIVO	52
<b>7.4. COLUMNAS</b>	<b>55</b>
7.4.1. DEFINICIÓN	55
7.4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO	55
<b>7.5. MONTAJE DE ESTRUCTURA</b>	<b>61</b>
<b>7.6. SUPERVISION EN LOSAS DE ENTREPISO</b>	<b>62</b>
7.6.1. DEFINICIÓN	62
7.6.2. PROCESO CONSTRUCTIVO	64
<b>7.7. LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL SOTANO DE PARQUEADERO</b>	<b>68</b>
7.7.1. DEFINICIÓN	69
7.7.2. PROCESO CONSTRUCTIVO	70
<b>7.8. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS.</b>	<b>82</b>
7.8.1. RESISTENCIA DEL CONCRETO	82
7.8.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	83
7.8.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	84
7.8.4. ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP	84
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>88</b>



## LISTA DE FIGURAS

Fig. N°1. Vista frontal de “AMPLIACIÓN CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”.....	16
Fig. N°2. Vista frontal acceso a sótano.....	16
Fig. N°3. Vista lateral “AMPLIACION CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”.....	17
Fig. N° 4. Vista frontal de acceso “AMPLIACIÓN CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”.....	17
Fig. N°5. Vista aérea del lote del proyecto.....	18
Fig. N° 6. Vista en planta general del sótano de parqueadero.....	19
Fig. N°7. Vista en planta del primer piso.....	20
Fig. N°8. Planta segundo piso.....	20
Fig. N°9. Planta de cubierta.....	21
Fig. N° 10. Perfil estratigráfico 1 del suelo.....	22
Fig. N°11. Perfil estratigráfico 2 del suelo.....	23
Fig. N°12. Cuadro de Resumen de secuencia estratigráfica promedio.....	23
Fig. N°13. Cimentación propuesta.....	25
Fig. N°14. Distribución en forma de bayoneta.....	27
Fig. N°15. Planta de la red de filtros franceses (color verde).....	32
Fig. N°16. Retroexcavadora realizando labores de excavación de filtros.....	33
Fig. N°17. Utilización de hilo para la perfilar.....	34
Fig. N°18. Colocación de cama de piedra sucia.....	35
Fig. N°19. Geotextil drenante no tejido instalado.....	36
Fig. N°20. Material para filtro.....	37
Fig. N°21. Colocación del material de filtro en la zanja.....	38
Fig. N°22. Conjunto de filtro cocido y listo para compactar.....	39
Fig. N°23. Tierra amarilla utilizada para la compactación.....	40
Fig. N°24. Compactación con saltarín.....	41
Fig. N°25. Remoción de filtro parcialmente construido por inundación.....	42



Fig. N°26. Cajas de inspección.....	43
Fig. N°27. Planta de la cimentación.....	44
Fig. N°28. Excavadora removiendo material.....	46
Fig. N°29. Piloteadora R12 SOILMEC excavando.....	46
Fig. N°30. Cuantías mínimas longitudinales y transversales según NSR 10 Pilotes vaciados en sitio.....	48
Fig. N°31. Parrilla de refuerzo.....	48
Fig. N°32. Colocación de refuerzo pilotes.....	49
Fig. N°33. Pilote listo para descabezar.....	50
Fig. N°34. Construcción de pozos indios de cimentación.....	51
Fig. N°35 Avance de construcción de pozos indios.....	51
Fig. N°36. Sección de refuerzo para el cabezal.....	52
Fig. N°37. Acero de refuerzo vigas.....	53
Fig. N°38. Armado de refuerzo dados y vigas de cimentación.....	53
Fig. N°39. Vaciado del concreto en la formaleta.....	54
Fig. N°40. Vibrado del concreto.....	54
Fig. N°41. Acabado después de la fundición.....	54
Fig. N°42 Secciones de columnas diseñadas.....	56
Fig. N°43. Dados de cimentación listos para montaje de columna metálica.....	56
Fig. N°44. Armado del refuerzo para la columna.....	57
Fig. N°45. Armado del refuerzo para la columna terminado.....	57
Fig. N°46. Colocación de la formaleta.....	58
Fig. N°47. Formaleta armada y lista para fundición.....	59
Fig. N°48. Fundición de columna.....	59
Fig. N°49. Columnas en proceso de curado.....	61
Fig. N°50. Especificaciones de diseño para el acero estructural.....	61
Fig. N°51. Montaje de estructura.....	62
Fig. N°52. Sección estructural de la losa de entrepiso.....	64
Fig. N°53. Colocación de la lámina y conectores de cortante en las vigas.....	65





Fig. N°54. Malla electro soldada instalada.....	66
Fig. N°55. Colocación de gatos.....	66
Fig. N°56. Fundición de la losa.....	67
Fig. N°57. Curado de la losa con fique húmedo.....	68
Fig. N°58. Planta de modulación del pavimento del sótano de parqueadero.....	68
Fig. N°59. Estructura del pavimento rígido.....	69
Fig. N°60. Excavación para drenajes y sifones.....	71
Fig. N°61. Caja de inspección y sifones a la altura de pavimento.....	71
Fig. N°62. Módulo limpio.....	72
Fig. N°63. Colocación del geotextil.....	73
Fig. N°64. Mejoramiento con roca muerta.....	73
Fig. N°65. Esparcimiento del material de mejoramiento.....	74
Fig. N°66. Regado de material de subbase y modulo compactado.....	75
Fig. N°67. Toma de densidades con cono de arena.....	75
Fig. N°68. Sección de espesor del pavimento.....	76
Fig. N°69. Detalle junta de construcción.....	77
Fig. N°70. Detalle junta de dilatación.....	77
Fig. N°71. Detalle junta de contracción.....	78
Fig. N°72. Malla electro soldada en módulos.....	79
Fig. N°73. Adición de sikafloor.....	80
Fig. N°74. Suministro y nivelación del concreto.....	80
Fig. N°75. Allanado del concreto.....	81
Fig. N°76. Ejecución de juntas de dilatación y curado de la losa.....	82
Fig. N°77. Muestras para resistencia a la compresión.....	83
Fig. N°78. Muestras para ensayo de resistencia a la flexión y curado en cal de especímenes de muestra.....	84
Fig. N°79. Ensayo de asentamiento.....	85



## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Resolución No. 644 de 2015.....	89
<b>Anexo B:</b> Certificación práctica profesional – Terminación de pasantía a satisfacción.....	90



## 1. INTRODUCCIÓN.

Para optar al título de Ingeniera Civil, como lo estipula la Universidad del Cauca, el Consejo Superior Universitario con el Acuerdo N° 051 de 2001 y el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil con la resolución N° 281 del 10 de junio de 2005, se brinda la posibilidad al estudiante a participar con una entidad constructora para realizar su práctica profesional como pasante, haciendo énfasis y aportes con los conocimientos que se han adquirido durante la carrera.

El proceso de pasantía consiste en una vinculación del estudiante en una comunidad o institución, en la cual bajo la dirección de un profesional experto en el área de trabajo, realiza actividades propias de la profesión, adquiriendo destrezas y aprendizajes que complementan su formación lo cual promueve, reconoce y valora un conjunto diverso de actividades académicas, aplicativas que hacen parte de la formación integral del Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca.

En la actualidad se está llevando a cabo la ejecución del proyecto de ampliación del Centro Comercial CAMPANARIO destacando el gran impacto comercial que genera en la ciudad al brindar un espacio para el desarrollo de Popayán este proyecto está a cargo de La constructora ARINSA S.A, donde esta ofrece la oportunidad de vincularse en el proyecto, durante el desarrollo y ejecución de este proyecto se pudo aplicar conocimientos, técnicos y prácticos para seguir un control en la ejecución de la obra, tanto en la utilización de materiales, como en procesos constructivos, además de fortalecer y obtener una experiencia enriquecedora gracias a las relaciones desarrolladas durante el tiempo de practica con los ingenieros, maestros de obra, obreros y demás personal.



## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Supervisar de manera general la ejecución del proyecto de ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO, en el control de la calidad y correcto uso en obra de los materiales utilizados en los diferentes procesos constructivos del proyecto.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el seguimiento integral de los procesos constructivos que se desarrollen en la obra.
- Participar en la supervisión de los procesos técnicos de la construcción en la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO de manera general y continua en la supervisión de sistemas de drenaje, estructura principal y de cimentación.



### 3. INFORMACION GENERAL.

#### 3.1. ENTIDAD RECEPTORA



- **NOMBRE:** Constructora ARINSA, Arquitectos e Ingenieros S.A.
- **GERENTE DE PROYECTO:** Ing. Hugo Eduardo Muñoz.
- **LOCALIZACIÓN :** La obra se encuentra ubicada en Carrera 25 N No 9N-37 de la ciudad de Popayán – Cauca

#### ➤ **MISION**

ARINSA es una empresa constructora de proyectos de vivienda y edificaciones de excelente calidad, con las mejores tecnologías, en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes, con un compromiso y esfuerzo, conjunto de un equipo humano comprometido con la empresa y la sociedad, procurando los niveles óptimos de la competitividad y rentabilidad; con la seguridad de alcanzar mayor posicionamiento



en el mercado, cultivando la confianza y seguridad que nos ha caracterizado ante nuestros compradores.

## ➤ **VISIÓN**

Ser en el 2020 en el Departamento del Cauca líderes en la construcción de vivienda, comercial e institucional con los mejores estándares de calidad, responsabilidad ambiental y social y el apoyo de equipo humano comprometido con la excelencia.

## ➤ **VALORES**

- **Responsabilidad:** Somos dueños de nuestro trabajo y de nuestros resultados, respondemos por nuestras acciones y la labor que nos ha sido encomendada; luchamos constantemente por nuestra compañía.
- **Integranes:** Nos relacionamos con los demás siendo honestos, transparentes y respetuosos en nuestro trato.
- **Innovación:** Estamos en la búsqueda constante de innovar nuestros procesos con el fin de mejorar cada día más.
- **Compromiso con nuestros clientes:** Trabajamos día a día por satisfacer las necesidades de nuestros clientes, por cumplirles en tiempo y calidad.
- **Pasión:** Somos apasionados con nuestro trabajo, nos gustan los retos, nos esforzamos por dar lo mejor de nosotros para asegurar el éxito de nuestra compañía.



- **Espíritu de equipo:** Trabajamos por un objetivo compartido y nos ayudamos unos a otros para alcanzar las metas propuestas.

### **3.2. DURACIÓN DE LA PASANTÍA**

La Universidad del Cauca tiene estipulado como reglamento que el estudiante debe realizar su práctica por un tiempo mínimo de **576 HORAS** para aspirar a obtener el título de profesional de la Ingeniería Civil, El cual fue cumplido de manera exitosa desde el 17 de Diciembre de 2015, fecha en la cual fue iniciado el contrato de aprendizaje ADHONOREM con la empresa receptora ARINSA, hasta el 10 de marzo del 2016, con la culminación del mismo.

### **3.3. DIRECTOR DE LA PASANTÍA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

INGENIERO: Hugo Eduardo Muñoz, Gerente de proyecto ARINSA S.A.

### **3.4. TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA**

INGENIERA: Jackeline Fernández, Residente obra ARINSA S.A.

ARQUITECTO: Ricardo Iragorri, Arquitecto residente ARINSA S.A.



## 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

### 4.1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Fig. N°1. Vista frontal de “AMPLIACIÓN CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Fig. N°2. Vista frontal acceso a sótano.



Fuente: Constructora ARINSA SA.





Fig. N°3. Vista lateral “AMPLIACION CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Fig. N° 4. Vista frontal de acceso “AMPLIACIÓN CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO”



Fuente: Constructora ARINSA SA.



La ampliación de Campanario está proyectada sobre los parqueaderos actuales en la parte occidental y el lote recientemente adquirido al Municipio de Popayán con un área de 11600 metros cuadrados que permitirá construir en un sótano 400 parqueaderos de vehículos más y 450 parqueaderos de motos en cubierta, 50 locales comerciales para nuevas marcas entorno a una plazoleta de eventos con las características arquitectónicas y materiales de última generación. Para la ampliación del centro comercial, cuyo diseño arquitectónico, considera una edificación en estructura metálica, de 3 pisos, Además del 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, el propósito fundamental de la ampliación de Campanario es consolidar el proyecto comercial que le cambió la cara a Popayán y que se convirtió en un punto de encuentro ciudadano, un lugar representativo de la ciudad que genera más de 1200 empleos directos y 3000 empleos indirectos.

## 4.2. UBICACIÓN

Fig. N°5. Vista aérea del lote del proyecto.



Fuente: Constructora ARINSA SA.



La obra se encuentra ubicada en carrera 9 #24AN-21, En la comuna 1 de la ciudad de Popayán (sector norte de la ciudad) lindando al norte con la vía de la villa de Comfacauca al sur con el barrio Urapanes del rio, al occidente con la cancha de futbol propiedad de la villa Comfacauca y al occidente con su homónimo Centro Comercial Campanario.

### 4.3. PLANOS ARQUITECTONICOS

Fig. N°6. Vista en planta general del sótano de parqueadero.



Fuente: Constructora ARINSA SA.





Fig. N°7. Vista en planta del primer piso.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Fig. N° 8. Planta segundo piso.



Fuente: Constructora ARINSA SA.



Fig. N°9 Planta de cubierta.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

#### 4.4. ESTUDIO DE SUELOS

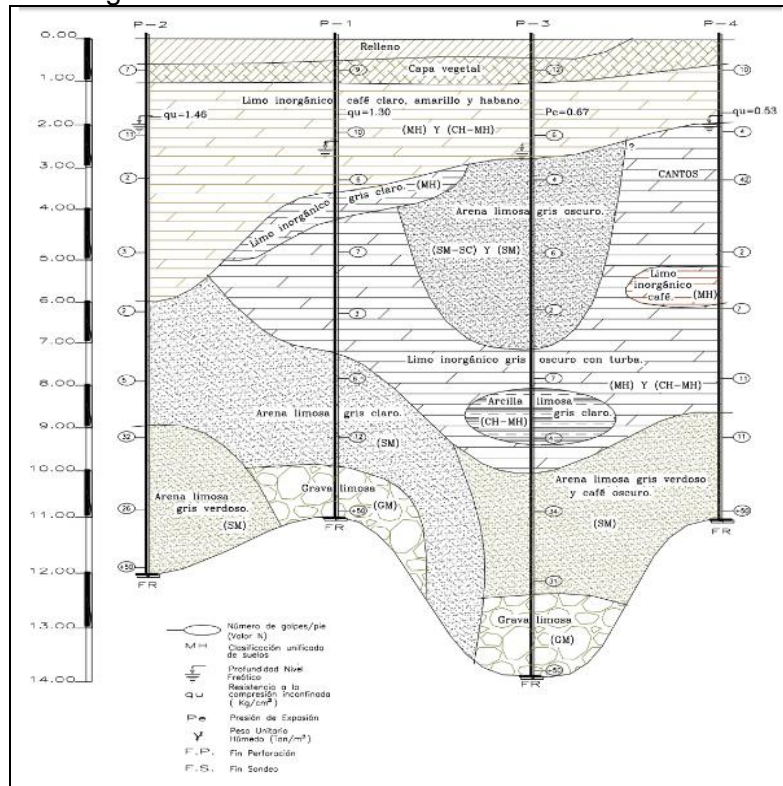
El estudio de suelos lo hizo la empresa **GIRF** (GLORIA INES ROSALES FLORES – INGENIERA CIVIL) este se hizo de acuerdo con el área de las edificaciones, el número de pisos, el uso de las estructuras, las cargas que transmitirán al subsuelo la complejidad de la estructura y las especificaciones de la norma colombiana de diseño y construcción Sismo Resistente NSR-10 que para el proyecto se clasifica como baja (entre 1 y 3 niveles).



#### 4.4.1. GEOLOGIA DEL SITIO

La geología del sitio se constituye de depósitos de flujos de ceniza de caída, el espesor de la unidad es aproximadamente de 100 metros, de acuerdo a una perforación a rotación que se realizó muy cerca del sitio, después del terremoto de 1983. Los flujos de ceniza están constituidos por un material arcilloso de color amarillo ocre producto de la meteorización. Las cenizas de caída presentan color castaño amarillento y generalmente aparecen en varias capas, existen intercalaciones y niveles de gravas y bombas volcánicas. Estas cenizas descansan a la profundidad de 100 metros sobre suelos de origen volcánico, a continuación se muestra los perfiles estratigráficos del suelo, obtenido de los resultados de las perforaciones y los ensayos realizados:

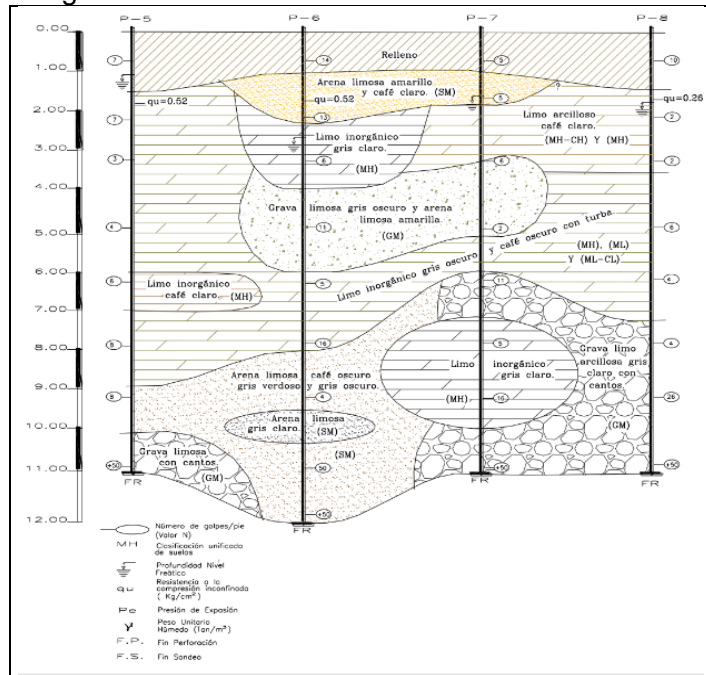
Fig. N° 10. Perfil estratigráfico 1 del suelo.



Fuente: Estudio de suelos del proyecto, constructora ARINSA SA.



Fig. N°11. Perfil estratigráfico 2 del suelo.



Fuente: Estudio de suelos del proyecto, constructora ARINSA SA.

Fig. N° 12. Cuadro de Resumen de secuencia estratigráfica promedio.

PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	TIPO DE SUELO USCS
0.0 – 1.20	<p><b>RELLENO:</b> Conformado con Limos arenosos de color café claro y café oscuro con gravas sanas. El espesor es de 50 cm en promedio en la zona del lote que no posee pavimento y entre 1 y 1.5 m, en la zona del lote que esta pavimentada.</p> <p><b>CAPA VEGETAL:</b> Conformada por limos arcillosos de color café oscuro y raicillas. Posee un espesor de 50 cm y aparece solo en la zona del lote que no posee pavimento.</p>
1.20 – 3.50	<p><b>LIMO Inorgánico</b> de color variable entre amarillo, café claro y habano. La clasificación USCS es MH y MH-CH.</p> <p>Es de anotar que en las perforaciones P-6 y P-7, aparece bajo el relleno y hasta los 2.0 m de profundidad en promedio, una bolsa de Arena limosa —SM— de color café claro y amarillo.</p>
3.50 – 9.00	<p><b>LIMO Inorgánico</b> de color café oscuro, gris oscuro y gris claro. Contiene trazas de turba. La clasificación USCS es MH, ML y ML-CL.</p> <p>En la perforación P-2, no se detectó este estrato.</p> <p>Aparecen bolsas de Arena Limosa y Grava Limosa —SM y GM— de color gris claro, gris verdoso y gris oscuro, en las siguientes perforaciones, a las siguientes profundidades: P-1, entre 7 y 9 m, P-2 entre 6 y 9 m, P-3 entre 3.5 y 7.0 m, P-6 entre 4 y 6 m y P-7 entre 3.5 y 5 m de profundidad.</p>
9.00 – 14.00	<p><b>ARENA LIMOSA Y GRAVA LIMOSA</b> de color gris claro, gris oscuro y gris verdoso. Contiene cantos. La clasificación USC es SM y GM.</p> <p>En la perforación P-7, entre los 9 y 10 m de profundidad aparece una bolsa de Limo Inorgánico —MH— de color gris claro.</p>

Fuente: Estudio de suelos del proyecto, constructora ARINSA SA.



#### 4.4.2. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE SUELOS

El subsuelo encontrado está formado superficialmente por estratos finos y cohesivos, del grupo de los limos inorgánicos, que subyacen a estratos granulares del tipo arenas limosas y gravas limosas de color gris oscuro y gris claro. La clasificación USCS (Sistema de clasificación Unificada de suelos) es MH, ML, MH-CH y CH-MH para los estratos finos y cohesivos y SM y GM para los estratos granulares. El conjunto se encuentra saturado y los estratos finos y cohesivos poseen un comportamiento plástico a líquido y están normalmente consolidados. Las propiedades contracto-expansivas son altas entre los 6 y 9 m de profundidad, pero no son críticas, dado que este potencial es atenuado por la presencia del nivel freático, luego no se afectarán las estructuras que se proyectan, El potencial de licuación ante sismos con magnitud superior a 6.75 en la escala de Richter, es intermedio y el daño potencial es alto en el 25% de las exploraciones efectuadas, de modo que se acatarán las recomendaciones de cimentación que se dan en este informe, en el 75% restante de las exploraciones, el potencial de licuación es intermedio pero los asentamientos que son bajos, no se reflejarán en superficie. La resistencia es baja en los estratos finos y cohesivos y media a alta con la profundidad en los granulares, para lo cual se tiene consistencia blanda a media en los estratos finos y cohesivos y compacidad suelta a densa en los granulares, por lo que posiblemente no se presente inestabilidad en las excavaciones transitorias que se realicen con talud vertical y con altura inferior a 2.5 m.

El nivel freático se detectó entre los 1.2 y 2.5 m de profundidad, este participará en el proceso constructivo del sótano y cimientos, de ahí que es conveniente la construcción de un sistema de subdrenaje que controle el ascenso y genere sub presión a la losa del pavimento del sótano.





#### 4.4.3. SISTEMA DE FUNDACIÓN PROPUESTO

De acuerdo con las propiedades del suelo mencionadas y las características de las estructuras que conforman el proyecto, se recomendó emplear cimientos profundos para la estructura principal del proyecto y para las estructuras livianas cimentadas en el sótano o los muros de contención se recomendó cimientos superficiales tipo viga de cimentación, diseñados de acuerdo con el sistema estructural empleado.

#### 4.4.4. CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA PRINCIPAL DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta el alto potencial licuable en el 25% del lote, la presencia de suelos blandos en los primeros 9.0 m de profundidad promedio, las propiedades del suelo y las cargas de la estructura proyectada, se recomendó trasladar dichas cargas a los estratos de compacidad densa y no licuables que aparecen después de los 10 m de profundidad, empleando cimientos profundos del tipo micro pilotes, pilotes o pilas pre-excavadas y fundidas en sitio de 8.5 m de longitud, diseñados de acuerdo con los siguientes parámetros:

Fig. N° 13 Cimentación propuesta.

Tipo de cimiento	Diámetro (m)	Longitud (m)	Resistencia neta			
			Vertical (KN)	Lateral (KN)	Tracción o arrancamiento (KN)	Momento (KN-m)
Micropilote	0,15	8,5	35,3	13,8	26,7	7,2
	0,2	8,5	50,0	21,9	36,7	14,4
	0,25	8,5	67,7	31,3	47,2	24,6
Pilote Pre-excavado	0,3	8,5	66,3	42,0	42,2	38,1
	0,4	8,5	109,5	66,5	60,6	76,0
	0,5	8,5	164,4	95,0	81,3	129,8
	0,6	8,5	236,3	127,2	104,2	201,1
	0,7	8,5	328,2	162,8	129,2	291,1
Pila Pre-excavada	0,8	8,5	443,2	201,5	156,5	401,1
	0,9	8,5	584,1	243,3	186,0	532,1
	1,0	8,5	754,2	288,0	217,6	685,2
	1,1	8,5	956,2	335,4	251,5	861,4
	1,2	8,5	1193,3	385,5	287,6	1061,4
	1,3	8,5	1468,5	438,2	325,8	1286,2
	1,4	8,5	1719,3	493,4	366,3	1536,6

Fuente: Estudio de suelos del proyecto, constructora ARINSA SA.



#### 4.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL ADOPTADO.

- **ZONA DE AMENAZA SÍSMICA:** *Alta*
- **TIPO DE PERFIL DEL SUELO:** *D, para  $N_{60}$  mayor de 15*
- **COEFICIENTE DE ACCELERACIÓN HORIZONTAL ( $A_a$ ) PICO EFECTIVA:** *0.25*
- **COEFICIENTE DE VELOCIDAD HORIZONTAL ( $A_v$ ) PICO EFECTIVA:** *0.20*
- **COEFICIENTE  $F_a$  PARA ZONA DE PERIODOS CORTOS:** *1.3*
- **COEFICIENTE  $F_v$  PARA ZONA DE PERIODOS INTERMEDIOS:** *2.0*

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el estudio de suelos y las recomendaciones pertinentes, el sistema estructural ejecutado para la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO está compuesto por estructura metálica las cuales proporcionan resistencia mediante vigas de acero y columnas fundidas en concreto reforzado (alma de acero) unidas entre sí con tornillería y pernos; con una cimentación profunda que consta de pilotes fundidos in situ con concreto tremie a profundidades que varían entre los 5m y 8m, los pilotes soportan también cargas verticales, las cuales provienen de columnas de acero, dichos pilotes conectados mediante un cimentación superficial compuesto por vigas de cimentación o vigas de amarre. También se ejecutaron elementos como pantallas pre-excavadas a 6m de profundidad que trabajan a flexión, barretes pre-excavados con profundidades de 11m que soportan cargas horizontales y muros de contención.

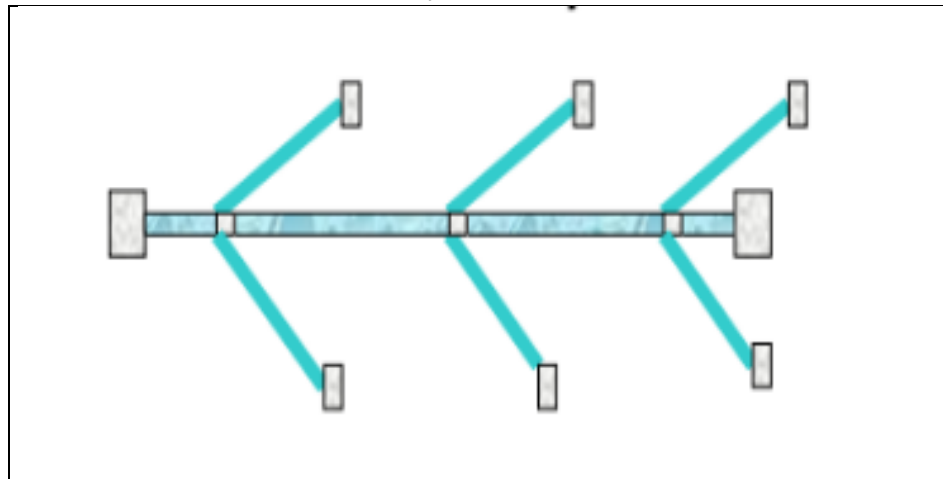
Las losas de entre piso son construidas mediante el sistema Steel deck apoyadas sobre vigas IPE y HEA de acero laminado de diferentes calibres, y con un alma en perfiles IPE de acero laminado en las columnas, recubiertas de concreto de 4000 PSI (28 MPa) con dimensiones variables.



#### 4.6. SISTEMAS DE DRENAJE PROPUESTO

La función principal del sistema de drenaje es la de permitir la retirada de las aguas que se acumulan en el sótano, se construyó un sistema de drenaje permanente para evitar la subpresión compuesto por un sistema de filtros franceses, ya que el nivel freático es variable con los niveles de agua en el río Cauca, el subdrenaje se diseñó de tal manera que la tubería de drenaje tendrá un diámetro mínimo de 4" y dispuesto en forma de bayoneta.

Fig. N° 14 Distribución en forma de bayoneta.



Fuente: Estudio de suelos del proyecto, constructora ARINSA SA.

También se ejecutó un sistema de evacuación de aguas del sótano con una instalación de tuberías principales de pvc con un diámetro mínimo de 6" las cuales se articulan mediante cajas de inspección a donde llegan las aguas producto de los puntos instalados lateralmente (sifones).



## 5. JUSTIFICACIÓN.

Es de mucha importancia que el estudiante obtenga conocimientos prácticos antes de optar por el título como profesional de la ingeniería civil, esto para optimizar el desempeño como profesional y permitir una comparación de lo teórico a lo práctico complementando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, dentro de esta práctica o pasantía, se lograron diversos conocimientos los cuales exclusivamente se adquieren al realizar prácticas como esta; es así como al ser pasante, se desarrollaron interrelaciones con profesionales de la ingeniería y de la construcción, obteniendo de los mismos además de su experiencia en la materia, una experiencia de vida ya que se pudo aprovechar al máximo los conocimientos adquiridos y conocer más sobre los procesos constructivos y así definir una noción técnica y acertada sobre la calidad en cada una de las etapas de ejecución de un proyecto como este en el control del mismo, al desarrollar esta modalidad de trabajo de grado como pasantía se definió una visión más amplia del campo de la ingeniería civil y una mayor capacidad de planeación, control y dirección de procesos constructivos en la ejecución de proyectos ingenieriles, al hacer un seguimiento pertinente para el cumplimiento de cada una de las actividades y las obligaciones derivadas del proyecto, en sus procesos constructivos y diseños establecidos para el mismo durante la ejecución de la pasantía.



## 6. RESUMEN.

El trabajo de grado en la modalidad de Pasantía se desarrolló en los meses de diciembre de 2015, enero, febrero, y marzo de 2016, en la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO de Popayán - Cauca.

Las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto se realizaron de manera objetiva en el transcurso del tiempo propuesto, aprovechando de la mejor manera el tiempo de duración de la pasantía, enriqueciendo los conocimientos adquiridos y valorando la experiencia vivida para la formación integral, atendiendo de manera general y continua cualquier eventualidad ocurrida en la obra durante el desarrollo de la práctica, realizando labores de asistencia donde se asignaron tareas y responsabilidades de supervisión en diferentes procesos constructivos de la obra con el fin de reportar cualquier eventualidad e imprevisto presentado en la ejecución de cualquiera de estos procesos y llevando un control de los mismos para el desarrollo de manera eficiente en cuanto a gestión de distribución de materiales y asistencia para la optimización de los procesos; dando así cumplimiento con las tareas asignadas por parte de la constructora, la totalidad de la pasantía se realizó en obra, cabe mencionar que toda la información descrita en este documento es resultado de la observación y experiencia obtenida en el transcurso de la ejecución del presente proyecto, de la información proporcionada por los estudios realizados pertinentes al proyecto y de la experiencia obtenida de las responsabilidades asignadas.



## **7. ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA.**

### **7.1. SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE FILTROS FRANCESES ENVUELTOS EN GEOTEXTIL**

Durante la ejecución de la pasantía se asignaron diferentes tareas de supervisión, en los filtros franceses se tuvo un mayor grado de responsabilidad, por lo cual el proceso constructivo de estos se describirá más detalladamente a continuación.

#### **7.1.1. DEFINICIÓN**

Un drenaje francés, a veces llamado un pozo seco, permite que el agua drene hacia la superficie del suelo para aliviar los problemas de agua. El drenaje es bastante simple en diseño y construcción y consta de una zanja llena de la roca o grava, el tamaño de la roca o grava es un factor determinante en la eficacia del drenaje francés, los huecos o espacios vacíos entre las piedras o grava permiten que el agua fluya hacia abajo desde la superficie, el fondo de la zanja puede incluir un tubo perforado o corrugado de PVC que acumula el agua, este tubo tiene una pendiente para transportar el agua y la grava está formada por roca triturada o por piedras de 1 a 2 pulgadas (2,5 a 5 cm) de tamaño.

Cuanto más grandes son las rocas, mayores son los huecos entre ellas, el espacio entre estas permite que el agua fluya a través de las rocas más rápidamente y se drene hacia fuera de la superficie. Los vacíos más grandes también aumentan el volumen de vacío total en el drenaje francés., esto permite que más agua se almacene en el desagüe si el drenaje en el suelo es lento, por lo general las rocas más grandes hacen un drenaje francés más eficiente.



### 7.1.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

El agua de la tubería de recolección de la red de filtros debe llevar el agua a un foso de bombeo o tanque recolector que se dotan de motobombas eléctricas accionadas por un flotador, el flotador no debe permitir el ascenso del nivel de agua por encima de la cota de batea de la tubería en el sitio de entrega al foso.

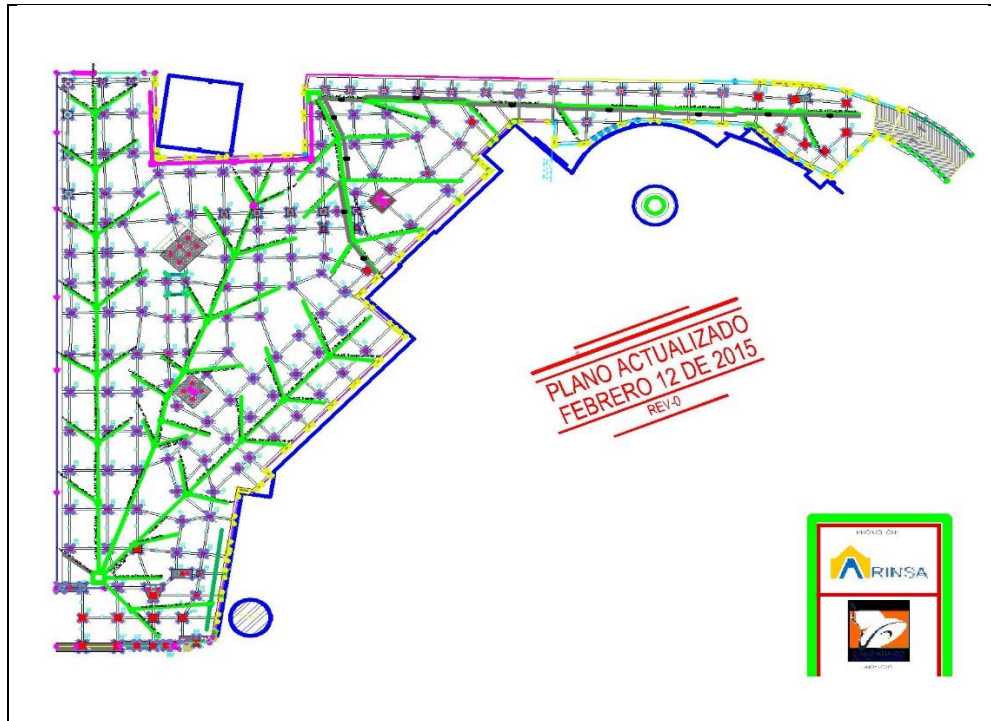
La red de filtros franceses de la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO consta de 2 tanques recolectores que se dispondrán a recibir toda el agua proveniente de la red de filtros y de los puntos de sifones del sótano, los tanques de recolección tienen una dimensión de 2.25m x 2.25m x 2m y están doblemente reforzados con barras de 5/8" para evitar alguna falla en los tanques que involucren eventuales filtraciones que impliquen daños a la losa de pavimento del sótano de parqueadero.

#### ➤ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

Lo primero que se debía hacer era un replanteo en el terreno de la demarcación correspondiente a la red de filtros, donde se construirían los mismos, esta tarea le correspondía al equipo de topografía de la obra (ALEXANDER PALTA AP), los cuales demarcaban físicamente con estacas los puntos específicos donde se encontraban las cajas de inspección y daban la pendiente de acuerdo al diseño establecido (0.5%).



Fig.Nº15. Planta de la red de filtros franceses (color verde).



Fuente: Constructora ARINSA SA.

### ➤ EXCAVACIÓN

Una vez definida la localización y el replanteo de la red de filtros, se procedía a iniciar con la correspondiente excavación que constaba de un ancho de 0.60m si era a mano y 0.80m si se realizaba con la retroexcavadora, a una profundidad variable de acuerdo a las instrucciones de los topógrafos para la cota batea de la tubería y para darle a la excavación la pendiente de diseño mencionada anteriormente del 0.5%. La excavación se realizaba dependiendo de las limitaciones propuestas del terreno, tratando de utilizar la retroexcavadora la mayoría de veces, aunque a veces el estado del terreno o la ejecución de otros procedimientos constructivos de otras áreas en el lugar de trabajo establecido para la red no lo permitía y se debía realizar la excavación a mano por parte de los obreros o esperar a que se terminaran las ejecuciones de los procesos alternos en su mayoría de veces correspondiente al montaje de la estructura metálica.





Fig. N°16. Retroexcavadora realizando labores de excavación de filtros.



Fuente: Propia.

#### ➤ PERFILACIÓN DE EXCAVACIÓN

Una vez terminado el proceso de excavación, se procedía a perfilar la misma con el uso de pala con el objeto de dar un correcto acabado a la pendiente de la zanja establecida y demarcada con anterioridad por el equipo de topografía para garantizar un correcto flujo hacia las cajas de inspección.



Fig. N°17. Utilización de hilo para la perfilar.



Fuente: Propia.

Para las labores de perfilación de la zanja el equipo de topografía estableció niveles desde las cajas de inspección para referenciar la cota batea de la tubería filtrante, así que se dichos niveles se materializaban con la ayuda de la instalación de un hilo de cáñamo resistente en el inicio y el fin de cada filtro, entonces la cota batea de cada tubo estaba a 2m de profundidad a partir del hilo de cáñamo, para garantizar esta profundidad se marcaban unas tuberías eléctricas o bastidores que facilitaban la misma al servir de guía para los obreros.

La pendiente longitudinal del filtro fue establecida por las condiciones topográficas definidas en los diseños, y teniendo en cuenta que la entrega de las aguas transportadas por la tubería filtrante de la red de filtros debía fluir suavemente, la excavación se hacía alrededor de los 2.15m de profundidad ya que debajo de la cota batea del tubo a 2m de profundidad, debía ir una cama de materia filtrante distribuido (piedra de rio de tamaño mínimo 2”).



Fig. N°18. Colocación de cama de piedra sucia.



Fuente: Propia.

#### ➤ INSTALACIÓN DEL GEOTEXTIL NO TEJIDO

Terminado el proceso de perfilación de la zanja, se colocaba una cama de material filtrante equivalente a 5cm con el fin de proporcionar una estabilidad al conjunto, luego se instalaba el manto geotextil drenante no tejido, el utilizado en las zanjas era un geotextil NT 1800 PAVCO, este tipo de geotextil garantiza condiciones especiales en la resistencia a la ruptura, desgarre, tensión, permeabilidad y rasgaduras debidas a las condiciones de trabajo, ya que el geotextil NT cumple con las siguientes normas específicas de la ASTM (American Society for Testing Materials):

- ✓ Resistencia a la tensión (Elongación). Norma ASTM D-4632 : 420(95)>50
- ✓ Resistencia al punzonamiento. Norma ASTM D-4833: 250 (56)
- ✓ Resistencia al rasgado. Norma ASTM D-4533: 200(45)
- ✓ Resistencia al estallido. Norma ASTM D-3786: 1380 (200)



- ✓ Tamaño de abertura aparente: ASTM D-4751: 0.212 (70)
- ✓ Permeabilidad. ASTM D-4491: 2.80
- ✓ Espesor. ASTM D-5199:1.45

Fig. N°19 Geotextil drenante no tejido instalado.



Fuente: Propia.

La instalación del geotextil se hizo de tal manera de que quedara bien asegurado con pequeños pedazos de varilla a lo largo, esto con el fin de evitar que se desgarrara al momento de la colocación de material filtrante en la zanja.

#### ➤ COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE Y TUBERÍA DEL FILTRO

Una vez instalado el geotextil se procedía a colocar el material filtrante limpio, el material filtrante utilizado era un material granular proveniente de un rio ubicado en el municipio de Timbio - Cauca.





Fig. N°20. Material para filtro.



Fuente: Propia.

El material utilizado para filtros era de un tamaño mínimo de 2", en ocasiones el material de filtro se ensuciaba por cuestiones de fuerza mayor, tales como: condiciones de la obra, clima, constante movilización de maquinaria alrededor del material por cuestiones de montaje, y falta de espacio.

Por lo cual la mayoría de veces el material debía ser lavado antes de su colocación en la zanja esto para garantizar a futuro el adecuado funcionamiento del conjunto y así evitar acumulación de sedimentos y finos provenientes del material hacia la tubería filtrante.



Fig. N°21. Colocación del material de filtro en la zanja.



Fuente: Propia.

El material filtrante limpio se colocaba en la zanja en un espesor de capa de 10cm antes de colocar la tubería, el material se seleccionaba en el sitio donde se había descargado a pala para evitar recogimiento de algún material no deseado, el transporte del material a la zanja se hacía por medio de carretilla o buguis, cuando las condiciones de acceso y/o disponibilidad de la retroexcavadora o el mini cargador para cargar material se dificultaban.

Después de colocar la cama de piedra limpia sobre la que descansaría el tubo, se procedía a colocar la tubería filtrante la cual era de tipo PVC asegurándola con piedras grandes a los lados para evitar que se moviera y perdiera la nivelación de pendiente ya acomodada cuando se le colocara encima la capa de 30cm de espesor de piedra limpia, la tubería utilizada es una tubería de pared interior lisa y exterior corrugada de 4" y 6" de acuerdo al diseño con pequeñas perforaciones alrededor por los cuales el agua del nivel freático naturalmente sube y se abate.



La colocación de esta tubería se hacía meticulosamente garantizando no solo los niveles de pendiente sino también asegurando el nivel de cota batea del tubo para las posteriores entradas a las cajas de inspección donde se intersecaba cada filtro y las cuales se construían después acabar los ramales de filtros que llegaban a las mismas; Este tipo de tubería de filtro PVC garantiza la estabilidad de la red ya que cumple con la NTC 3722-3 (Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados o bajo tierra) y con las siguientes características.

- ✓ Hermeticidad y flexibilidad
- ✓ Resistencia a la Corrosión y la Abrasión
- ✓ Óptimo Comportamiento Hidráulico
- ✓ Resistencia al Impacto
- ✓ Facilidad de Instalación y Mantenimiento.

Fig. N°22 Conjunto de filtro cocido y listo para compactar.



Fuente: Propia.



Una vez colocados los 30cm de material filtrante limpio encima de la tubería se comenzaba a cocer con hilo de cañamo el conjunto de tal manera que no quedara ninguna rasgadura u orificio a la vista que contaminara el contenido dentro del geotextil.

#### ➤ LLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO

Para el relleno y compactación del filtro se utilizaba material seleccionado, tierra amarilla proveniente la cantera la tetilla, la etapa de compactación era muy importante ya que esta aumenta la resistencia sobre el suelo que reposa sobre la red de los filtros y evita asentamientos a corto y largo plazo, ahorrando posteriormente el material granular utilizado para la adecuación de la losa de pavimento del sótano.

El transporte del material de relleno hasta la zanja también dependía de las condiciones del terreno, por lo que a veces se transportaba con la retroexcavadora, el mini cargador Bobcat o con buguis si las condiciones del terreno no lo permitían.

Fig. N°23 Tierra amarilla utilizada para la compactación.



Fuente: Propia.





Fig. N°24 Compactación con saltarín.



Fuente: Propia.

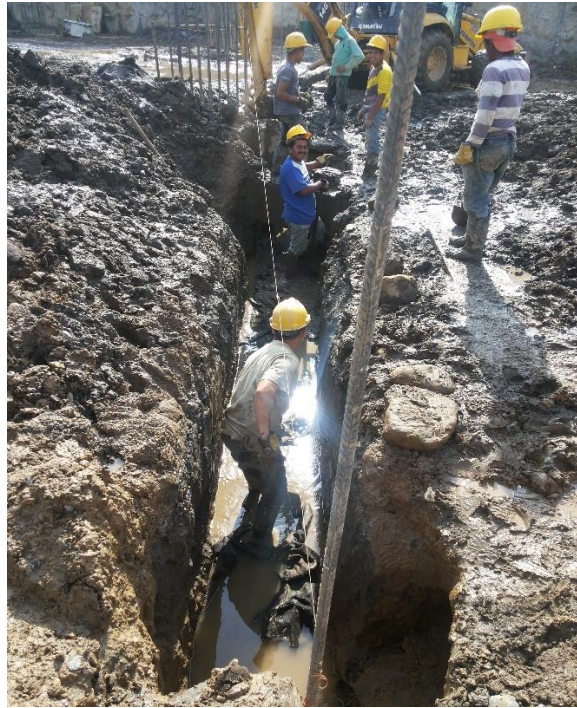
Al aplicar una energía de compactación en la zanja con tierra, con ayuda del apisonador de impacto (saltarín) en capas de aproximadamente 30 cm, donde cada capa debía compactarse completamente antes de colocar la capa siguiente, los vacíos disminuían aumentando la densidad de la tierra amarilla suelta.

### 7.1.3. IMPREVISTOS PRESENTADOS

Durante la ejecución del proceso constructivo de los filtros franceses, se presentaron algunos imprevistos que obligaban la remoción de los materiales del conjunto parcialmente en algunas ocasiones, como la lluvia la cual ocasionaba inundaciones en los filtros parcialmente construidos, lo que obligaba a levantar lo que se había construido porque el geotextil se ensuciaba totalmente al inundarse la zanja y el agua acumulada en la zanja se debía sacar con motobomba, también errores cometidos por los obreros en ausencia de supervisión por horarios extracurriculares, como introducir un material sucio al filtro por medio de la retroexcavadora sin previa escogencia.



Fig. N°25 Remoción de filtro parcialmente construido por inundación.



Fuente: Propia.

#### 7.1.4. CAJAS DE INSPECCION DE LA RED DE FILTROS

Las cajas de inspección constituían una parte muy importante de la red de filtros, ya que en estas se descargaba toda el agua del nivel freático abatida por los ramales de filtros y permitía su posterior descarga hacia los tanques de recolección.

##### ➤ PROCESO CONSTRUCTIVO

Todas las cajas de inspección de la red de filtros tenían dimensiones de 0.80m\*0.80m\*08m ubicadas en las redes de desagüe, estas se construyeron en concreto dosificado en volumen suelto 1:2:3 (21 Mpa) adecuadamente en obra, esto también para sus respectivas tapas.



Para las cajas, se debía primero hacer un solado, este solado debía ser chequeado por topografía de tal manera que cumpliera con los niveles de diseño, ya que al manejar pendientes tan pequeñas cualquier variación de nivel, tenía una influencia grande en el correcto flujo del agua hacia los tanques recolectores.

Teniendo el solado chequeado se procedía al armazón de la formaleta en madera y a la fundición de la caja de inspección, para su posterior desformaletaada 24 horas después, las entradas de la tubería se taponaban para evitar cualquier ingreso de suciedad, tiempo después se limpiaban, se verificaba el correcto flujo del agua y se procedía a taparlas con su respectiva tapa de concreto.

Fig. N°26. Cajas de inspección.



Fuente: Propia.

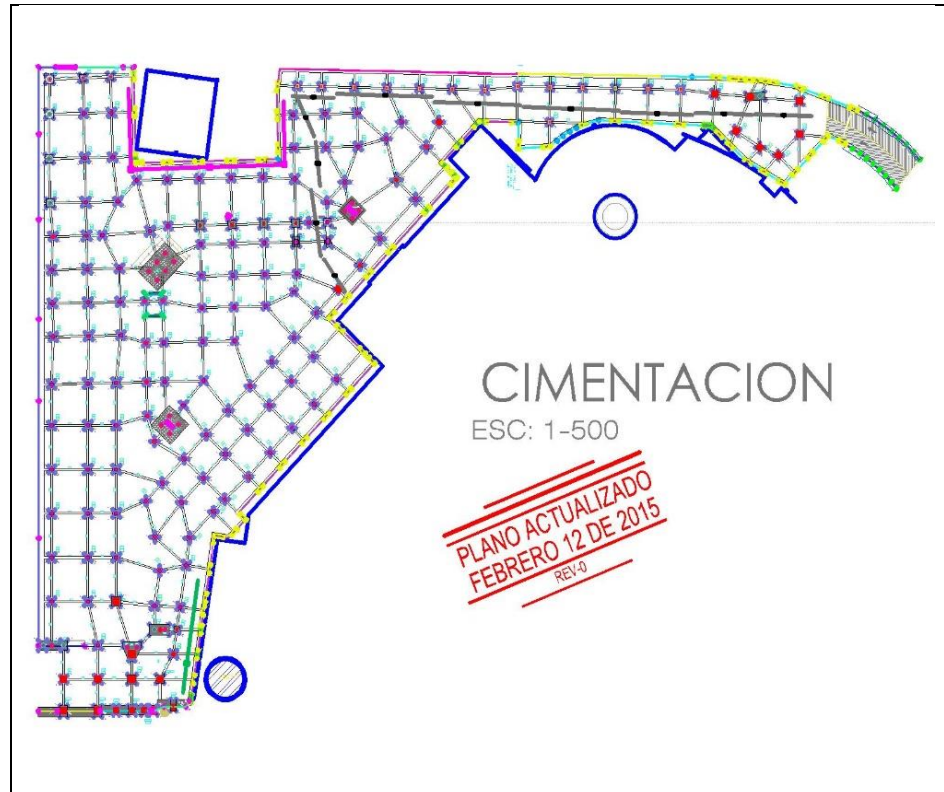
## 7.2. SUPERVISIÓN EN PILOTAJE

Cuando se realizó la ejecución de la pasantía en la ampliación del Centro Comercial Campanario, gran parte de la cimentación ya se encontraba ejecutada lo que permitía montar estructura constantemente, pero en la parte de la rampa hacia la vía principal de la villa de Comfacauca, no se había hecho movimiento de tierras,



el cual era bastante cuantioso, así que cuando este se hizo con ayuda de la excavadora y se alcanzaron los niveles especificados con ayuda del equipo de topografía el cual daba las indicaciones pertinentes, se procedió a la construcción de los pilotes y la cimentación faltante.

Fig. N°27. Planta de la cimentación.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

### 7.2.1. DEFINICIÓN

El pilotaje es una solución constructiva de cimentación profunda, propuesta para proyectos de obras civiles en los cuales no es posible usar cimentaciones convencionales como zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación, y otras soluciones de cimentación superficial.



Proyectos en los cuales el suelo existente es deficiente o de poca capacidad portante y las cargas actuantes en la estructura requieren de gran cuidado, en proyectos donde la importancia del mismo es alta, como en este caso la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO.

#### 7.2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO CON MAQUINA PILOTEADORA

En este proyecto se utilizaron de acuerdo al diseño estructural, pilotes de diámetros comprendidos entre los 80 cm y 160 cm, con una profundidad variable dependiendo del estrato del suelo hasta donde ese encontrara material gravoso, estas profundidades estaban comprendidas entre los 10m y 12m de profundidad, a estos elementos convergen las vigas de cimentación o vigas de amarre que cumplen una función antisísmica o como su nombre lo indica, amarrar la estructura para permitir que esta trabaje en conjunto en caso de la ocurrencia de sismo.

#### ➤ PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se debía adecuar el terreno por donde iba a trabajar la máquina piloteadora, dado que a esta no le era posible situarse en superficies con algún grado de inclinación por tal motivo el terreno debía estar prácticamente horizontal antes de comenzar la excavación de los pilotes, el terreno se adecuaba con ayuda de maquinaria pesada para movimiento de tierras, para ello se utilizó una máquina excavadora.





Fig. N°28. Excavadora removiendo material.



Fuente: Propia.

#### ➤ LOCALIZACIÓN DE LOS PILOTES

La localización se debía hacer con ayuda de la comisión de topografía, la cual materializaba el punto medio o eje del pilote con coordenadas exactas mediante una estación total.

#### ➤ EXCAVACIÓN

La máquina piloteadora en el punto localizado comenzaba a excavar con el balde, cuyo diámetro dependía del pilote que se iba a construir, para esta obra los diámetros variaban entre los 80 cm y 160 cm, el operador comenzaba su proceso de excavación con ayuda de un auxiliar.



Fig. N°29. Piloteadora R12 SOILMEC excavando.



Fuente: Propia.

### ➤ COLOCACIÓN DEL REFUERZO Y FUNDICIÓN

La parrilla de refuerzo utilizada estaba constituida de varillas # 7 (2.22cm) como refuerzo principal las cuales se distribuían circularmente dependiendo del diámetro del pilote y de un refuerzo en espiral con varillas # 4 (1.27cm) continuas espaciadas cada 7.5 cm uniformemente, lo que reemplaza el efecto de confinamiento de los estribos.



Fig. N°30. Cuantías mínimas longitudinales y transversales según NSR 10 Pilotes vaciados en sitio.

Requisito	Estructuras con capacidad mínima (DM) de disipación de energía	Estructuras con capacidad especial (DES) y moderada (DMO) de disipación de energía (véase la Nota)
Resistencia mínima del concreto, $f'_c$	17.5 MPa	17.5 MPa
Cuantía longitudinal mínima	0.0025	0.0050
Número mínimo de barras longitudinales	4	4
Longitud del refuerzo longitudinal, a menos que el estudio geotécnico indique que se debe utilizar una longitud mayor	tercio superior de la longitud del pilote, pero no menos de 4 m.	mitad superior de la longitud del pilote, pero no menos de 6 m.
Diámetro de la barra de los estribos	N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm) para pilotes hasta de 500 mm de diámetro y N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes de más de 500 mm de diámetro.	N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes hasta de 750 mm de diámetro y N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) para pilotes de más de 750 mm de diámetro.
Separación máxima de los estribos	100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.	75 mm en los 1.20 m superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.

Fuente: TITULO C, NSR 10, Tabla C.15.11.1.

Fig. N°31 Parrilla de refuerzo.



Fuente: Propia.

Para garantizar el recubrimiento del acero de 7,5 centímetros establecidos en los diseños, se le colocaba un disco de diámetro definido alrededor de la parrilla que lo garantizara y antes de introducir la misma a la excavación se le daba nivel con ayuda de la comisión de topografía de la obra.





Fig. N°32. Colocación de refuerzo pilotes.



Fuente: Propia.

Después de realizar la pertinente excavación y la colocación del refuerzo, se procedía a fundir el pilote con el concreto tremie el cual debía tener una fluidez relativamente alta, para este caso entre 7" y 9" de asentamiento en la prueba Slump.

#### ➤ DESCABEZAMIENTO DE PILOTES

Una vez endurecido el concreto, se debía descabezar el pilote unos 50 centímetros con un taladro de impacto en la superficie, dado que el concreto superior del mismo se contaminaba con agua, lodo, bentonita y demás impurezas que pueda tener la excavación. Posteriormente se le hacía la respectiva formaleta para formar un dado en el cabezal del pilote construido después del descabezamiento del mismo, de lados proporcionales al diámetro del pilote, el cual actúa como un nudo estructural donde convergen las vigas de cimentación y se anclan con pernos las columnas metálicas.



Fig. N°33. Pilote listo para descabezar.



Fuente: Propia.

### 7.2.3. PROCESO CONSTRUCTIVO DE PILOTES ALTERNO (MANUAL)

En la obra habían sitios en los cuales no era posible, el acceso de la maquina piloteadora así que, se debía hacer un pilote por el método de los pozos indios; Las cimentaciones con pozos de cajones indios, se definen como aquellas realizadas a base de cajones de madera abiertos por arriba y sin fondo, con su borde inferior con forma de cuchilla que se van hincando en el terreno, a medida que se excava en su interior, mientras se recrecen sus paredes. Este proceso continúa hasta alcanzar la profundidad deseada, el cajón se fabrica total o parcialmente en su altura total a nivel del suelo, la sección de estos cajones es rectangular o circular, para el caso de la obra del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO era circular por motivos de diseño ya mencionados anteriormente, a medida que se iba avanzando en la excavación parcial, se iba introduciendo el concreto con la ayuda de baldes y se dejaba endurecer para continuar con el proceso hasta la profundidad deseada.



Fig. N°34. Construcción de pozos indios de cimentación.



Fuente: Propia.

Fig. N°35 Avance de construcción de pozos indios.



Fuente: Propia.

### **7.3. SUPERVISIÓN EN VIGAS DE CIMENTACIÓN**

#### **7.3.1. DEFINICIÓN**

Las vigas de cimentación o vigas de amarre son elementos de construcción horizontales utilizadas para evitar que dos o más elementos estructurales estén separados de otros. Estas tienen como función principal amarrar las estructuras para que los elementos trabajen en conjunto frente a cargas horizontales que cargas sísmicas, y cargas verticales de servicio. Otra función que cumplen estos

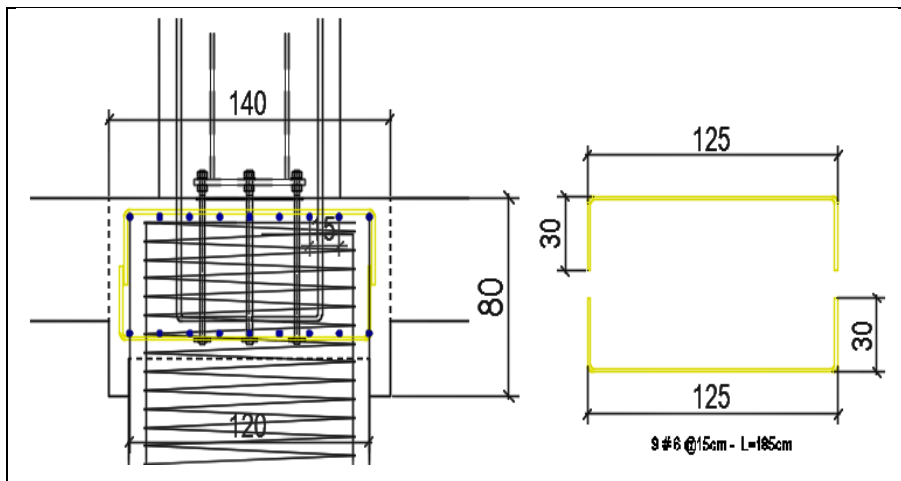


elementos es la de evitar los asentamientos diferenciales que pueden presentarse debido a cargas verticales de la estructura o consolidación del suelo por desplazamiento de agua u otras causas geotécnicas.

### 7.3.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso de construcción de las vigas de cimentación es sencillo; teniendo ya los pilotes descabezados que es a donde llegan y se intersectan las vigas de cimentación, se debía preparar el terreno haciendo la limpieza del mismo, con el fin de proteger el piso de cimentación y el refuerzo de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno, se procedía a preparar un solado de limpieza de alrededor de seis centímetros de espesor cual se aplica al fondo de la excavación, luego se hacía el armado del acero de refuerzo del dado estructural y de las vigas previamente ya claras y establecidas en los diseños y planos estructurales. Las vigas constan una sección de 0.50mx0.45m, con un recubrimiento de 7.5 cm (*NSR10 C7.7.1 Concreto construido en sitio*), 6 varillas # 6 distribuidas de tal manera que 3#6 queden como refuerzo positivo y 3#6 como refuerzo negativo, el refuerzo para cortante con estribos #3 de longitud de 154 cm, separados uniformemente de acuerdo a la longitud de la viga.

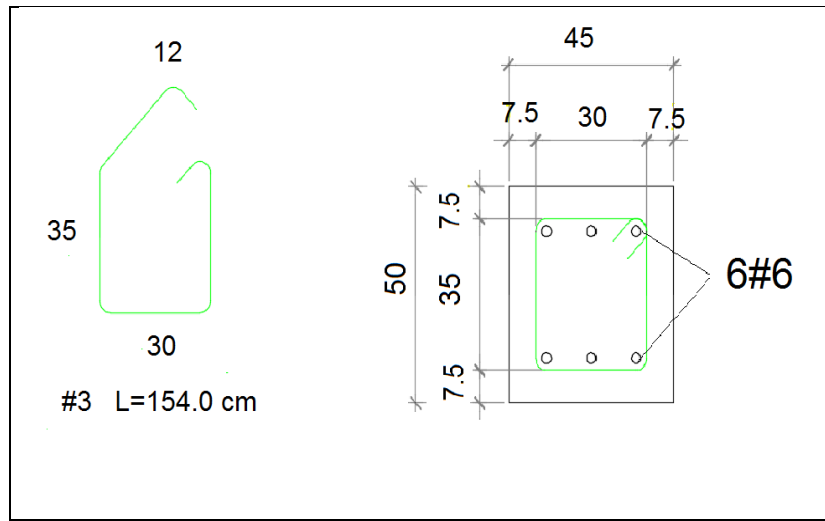
Fig. N°36. Sección de refuerzo para el cabezal.



Fuente: Constructora ARINSA SA.



Fig. N°37. Acero de refuerzo vigas.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Fig. N°38. Armado de refuerzo dados y vigas de cimentación.



Fuente: Propia.

Después de esto, se colocaba la respectiva formaleta chequeando los niveles y lineamientos con anterioridad, para final y posteriormente hacer el vaciado y correcto vibrado del concreto de las vigas y dados de cimentación.





Fig. N°39. Vaciado del concreto en la formaleta.



Fuente: Propia.

Fig. N°40. Vibrado del concreto.



Fuente: Propia.

Fig. N°41. Acabado después de la fundición.



Fuente: Propia.



El concreto utilizado para estos elementos fue de tipo premezclado proveniente de la planta CONCREINSA (Concretos e Ingeniería de la sabana) 3000 psi o 21 MPa, con asentamiento de  $5\pm 1$  pulgadas y tamaño máximo de  $3/4$ ". 24 horas después se procedía a desformaletear y a realizar el correcto curado con anti sol de SIKA aplicándolo con rociadores.

## **7.4. COLUMNAS**

### **7.4.1. DEFINICIÓN**

Las columnas de concreto tienen como tarea fundamental transmitir las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que recibe es la de compresión, pero en conjunto estructural la columna soporta esfuerzos flexionantes también, por lo que estos elementos deberán contar con un refuerzo de acero que le ayuden a soportar estos esfuerzos.

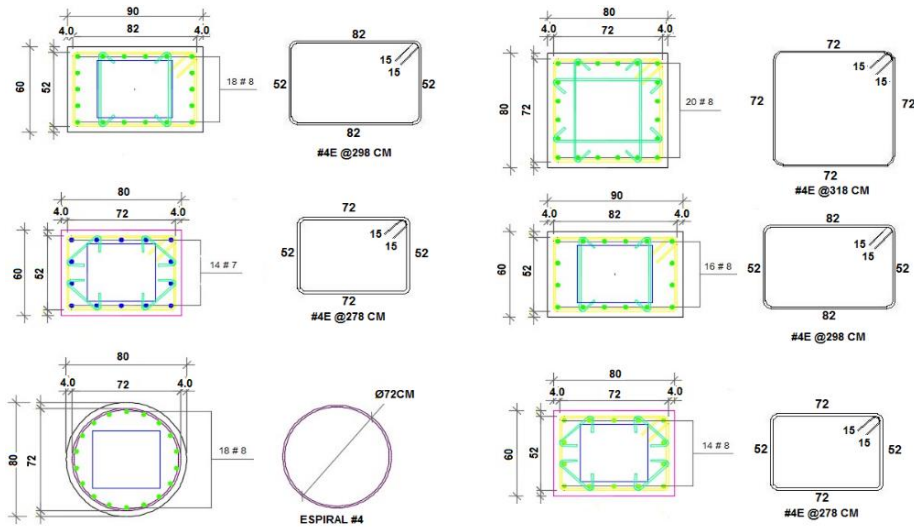
El diseño estructural en la ampliación del CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO consiste en estructura metálica para vigas de entrepiso y columnas, donde las columnas están fundidas con un recubrimiento de concreto reforzado, el concreto reforzado proporciona a los perfiles mayor rigidez y mayor capacidad de soportar las cargas implicadas para el proyecto.

### **7.4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO**

De acuerdo al diseño, se estipulo que para la ampliación del Centro Comercial Campanario se construirían 6 tipos de columnas de secciones y refuerzos diferentes, de tal manera que 5 serían de forma rectangular y/o cuadrada y 1 de forma circular, con un recubrimiento de 4 cm en todas las secciones, el refuerzo principal consta de varillas #7 y #8 dependiendo de la sección de cada columna, para los estribos se utilizó varilla # 4.



Fig. N°42 Secciones de columnas diseñadas.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Fig. N°43. Dados de cimentación listos para montaje de columna metálica.



Fuente: Propia.

Teniendo ya listos los dados de cimentación con su respectivo anclaje se procedía al respectivo montaje de los perfiles correspondientes a las columnas, los perfiles de las columnas utilizados son perfiles tipo IPE y HEA, estos perfiles de acero laminado en las columnas se recubrían de concreto de 4000 PSI (28 MPa) reforzado con dimensiones de refuerzo variables.





## ➤ ARMADO DEL REFUERZO

El armado del refuerzo se ejecutaba de una manera muy meticulosa cuidando respetar los diseños establecidos para los diferentes tipos de columnas en el espaciamiento y tipo de las varillas a utilizar, realizándose las medidas pertinentes para ello y teniendo en cuenta los planos y la correcta localización de estas en el terreno.

Fig. N°44. Armado del refuerzo para la columna.



Fuente: Propia.

Fig. N°45. Armado del refuerzo para la columna terminado.



Fuente: Propia.



## ➤ COLOCACIÓN DE LA FORMALETA

Fig. N°46. Colocación de la formaleta.



Fuente: Propia.

La formaleta de las columnas estaba compuesta por diferentes partes metálicas que se iban armando poco a poco con tornillería, las placas que componían la formaleta debían ir previamente engrasadas para facilitar su remoción después de 24 horas después de la fundición.

Una vez armadas las formaletas se verifican los plomos de las mismas para garantizar verticalidad en cada una de las caras de la eventual columna, una vez la formaleta estaba aplomada, se procedía a instalar unos gatos alrededor, para así evitar que cediera o que sucediera algún imprevisto que moviera las formaletas y las desaplomara.



Fig. N°47. Formaleta armada y lista para fundición.



Fuente: Propia.

## ➤ FUNDICIÓN

Para la fundición de las columnas cabe aclarar que esta no se realiza sin el previo montaje de las vigas de entrepiso, ya que estas facilitan la fundición de las columnas y garantizan la continuidad y fijación de las columnas a las vigas de entrepiso y posteriormente a la losa de entrepiso.

Fig. N°48. Fundición de columna.



Fuente: Propia.



La fundición de las columnas se realizaba por medio de bombeo directamente desde el mixer que proveía el concreto premezclado de 4000psi (28 Mpa) y se le debía hacer un correcto vibrado, las fundiciones avanzaban en frentes de trabajo a medida que la obra se iba ejecutando.

#### ➤ DESFORMALETEADA Y CURADO DEL CONCRETO

Pasadas 24 horas después de la fundición, se procedía a desformaletear cuidadosamente, acomodando las imperfecciones con sika top, una vez se tenía lista la columna se procedía al curado de la misma para evitar pérdidas de humedad y para que el cemento del concreto se hidratare y desarrollara todas sus propiedades químicas para resistencia y durabilidad del concreto, manteniendo condiciones de humedad y temperatura adecuada, el curado siempre es una parte vital de las estructuras en concreto ya que la falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia.

En la obra se le aplicaba a las columnas Anti sol Blanco este es una emulsión acuosa de parafina que al aplicarse sobre el concreto forma una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad para garantizar un completo curado del material ya que aumenta la temperatura y por ende el desarrollo de la resistencia. Después de la aplicación del aditivo se procedía a envolver la columna en papel celofán el cual proporcionaba las condiciones de humedad adecuadas para el desarrollo de la resistencia de esta.



Fig. N°49. Columnas en proceso de curado.



Fuente: Propia.

## 7.5. MONTAJE DE ESTRUCTURA

Fig. N°50. Especificaciones de diseño para el acero estructural.

ACERO ESTRUCTURAL:	
1. Perfiles IPE y HEA:	ASTM A572 Gr 50
2. Perfiles Tubulares:	ASTM A500 Gr B, A500 Gr C
3. Angulos y Platinas:	ASTM A36, A572 Gr 50
4. Tornillería y Pernos:	A325
5. Barras de anclaje:	A36
6. Soldadura:	E60XX - E70XX.
7. Limpieza:	SPCC -SP3 (Comercial).
8. Pintura:	Base anticorrosivo alquídico Ref. 500 ó similar (3.0mils).

Fuente: Propia.

La empresa encargada de la parte de la estructura en la ampliación del centro comercial es **MEISA SA** (Metálicas e Ingeniería SA), por ende esta realizaba el continuo montaje de la estructura metálica, la estructura metálica estaba compuesta por perfiles tipo IPE y HEA mencionadas anteriormente, las cuales se aseguraban con tornillería y pernos que aseguraban los ángulos y las platinas por medio de soldadura en el momento del montaje de vigas y columnas.



El montaje de la estructura se realizaba por medio de grúas y con el equipo de montaje, el cual se dividía entre personal calificado para soldadura y personal de montaje ubicación de la estructura.

Fig. N°51. Montaje de estructura.



Fuente: Propia.

El montaje se realizaba cuidadosamente, siguiendo los lineamientos y especificaciones de diseño de los planos, para evitar equivocaciones en cuanto a la clase de viga, columna, ángulo o platina a utilizar.

## 7.6. SUPERVISIÓN EN LOSAS DE ENTREPISO

### 7.6.1. DEFINICIÓN

El sistema de losas metal deck, consiste en una lámina colaborante metálica que hace las veces de formaleta, lo cual hace que la losa obtenga mayores características de resistencia, a la vez que el proceso constructivo sea más rápido y fácil de instalar que una losa tradicional.



El sistema también llamado Steel deck, se adapta fácilmente a todo tipo de estructuras además y permitir un acabado ideal, y proporcionando las siguientes ventajas:

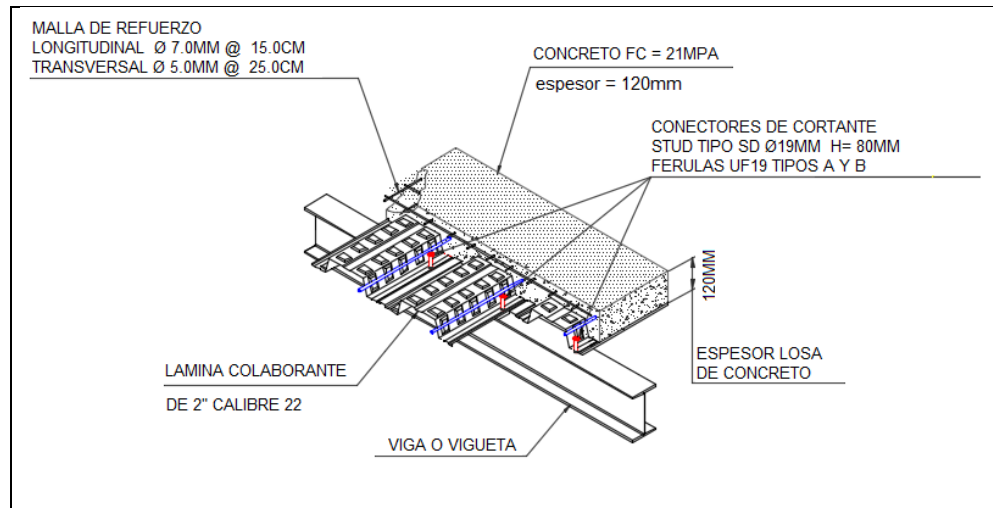
- ✓ Las láminas de acero sirven de formaleta para el vaciado de la losa de concreto, logrando evitar el encofrado de este.
- ✓ Las láminas de acero una vez fraguado el concreto funciona como refuerzo positivo de la losa.
- ✓ Las planchas se pueden cortar longitudinalmente a la medida exacta requerida en los diseños.
- ✓ Una vez fundida las losas puede dejarse a la vista, puesto que presenta una apariencia estéticamente agradable.
- ✓ Es altamente durable, reconocido por muchos países en los cuales se ha utilizado durante décadas.
- ✓ Es un sistema limpio y de gran seguridad en obra.
- ✓ El sistema minimiza el desperdicio de material a la hora de vaciar el concreto, además de que requiere un menor volumen de concreto comparado con otros sistemas constructivos de losas convencionales.
- ✓ El sistema es más liviano debido a lo mencionado anteriormente y a la forma del perfil, el conjunto acero / concreto, reduce el peso muerto de la losa.





## 7.6.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

Fig. N°52. Sección estructural de la losa de entrepiso.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Para las losas de entrepiso se utilizó una malla electro soldada con dimensiones de 5mm y 7mm espaciadas cada 15cm y 25 cm respectivamente, con un espesor de 12 cm y utilizando conectores de cortante adheridos a la viga con el fin de permitir que estas junto con el concreto vaciado trabajaran como unidad aumentando la resistencia.



➤ INSTALACIÓN DE LA LAMINA DE STEEL DECK Y CONECTORES DE CORTANTE

Fig. N°53. Colocación de la lámina y conectores de cortante en las vigas.



Fuente: Propia.

La colocación de la lámina se hacía de tal manera que esta quedara bien asegurada junto con los conectores de cortante con soldadura, para evitar cualquier accidente cuando llegara el momento de fundir la losa de entrepiso.

Después de instalada la lámina y asegurarla con los pernos se procedía a instalar la malla electro soldada garantizando el recubrimiento de diseño y los traslapos de las mismas.



Fig. N°54. Malla electro soldada instalada.



Fuente: Propia.

#### ➤ FUNDICION DE LA LOSA

Antes de la fundición de la losa de entrepiso, se debía instalar unos gatos en el área de fundición de la losa esto con el fin de evitar deflexiones después del vaciado y la fundición de la losa, estos permanecían ahí hasta que finalizara el curado de la losa.

Fig. N°55. Colocación de gatos.



Fuente: Propia.



Una vez instalados y asegurados los gatos, se procedía al vaciado del concreto, para las losas de entrepiso se utilizó concreto de 3000psi (21mpa), este concreto era premezclado proveniente de la planta de CONCREINSA, el método de vaciado implementado era el de bombeo.

Fig. N°56. Fundición de la losa.



Fuente: Propia.

A medida que se iba fundiendo la losa se le hacía el correcto vibrado con un vibrador mano portable, también se le iba dando el acabado a la misma, 24 horas después del vaciado del concreto, se le hacían las dilataciones a la losa para evitar eventuales fisuras por retracción o refracción del concreto, estas dilataciones se hacían con una cortadora eléctrica.

Simultáneamente se procedía a hacer el curado de la losa para que el concreto tuviera la humedad requerida para desarrollar resistencia y durabilidad, el curado para las losas se hacía por medio de costales de fique húmedo durante 7 días ya que este material proporciona un medio que puede estar húmedo permanentemente con la aplicación constante de agua.



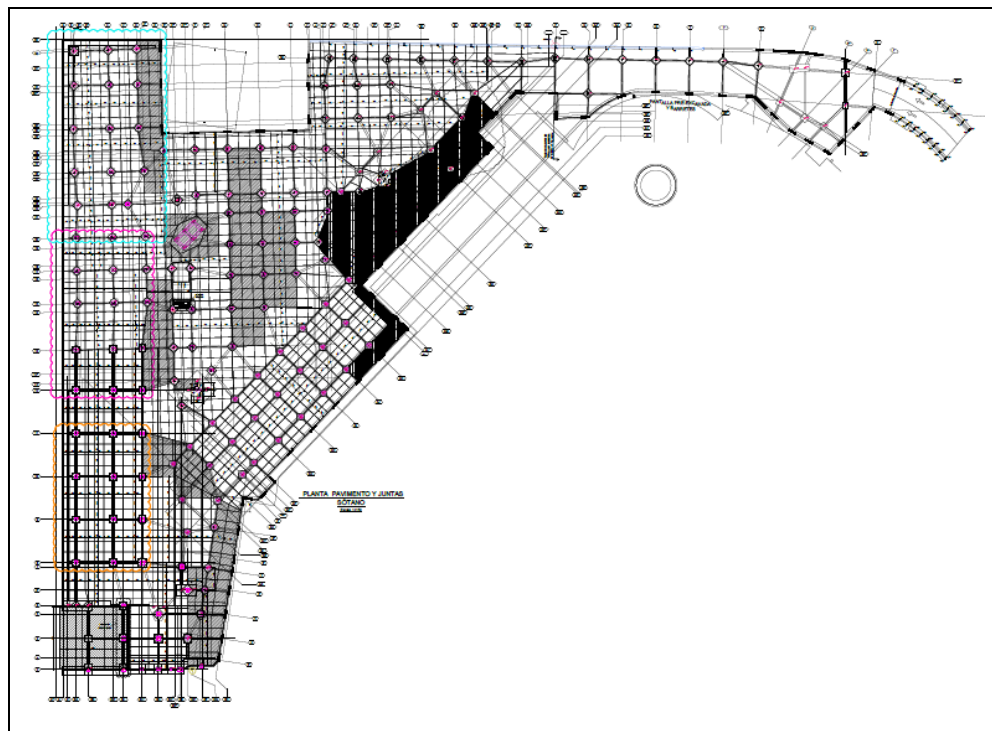
Fig. N°57. Curado de la losa con fique húmedo.



Fuente: Propia.

## 7.7. LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL SOTANO DE PARQUEADERO

Fig. N°58. Planta de la modulación del pavimento del sótano de parqueadero.



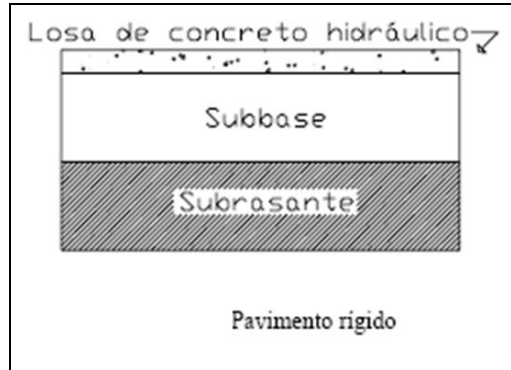
Fuente: Constructora ARINSA SA





### 7.7.1. DEFINICIÓN

Fig. N°59. Estructura del pavimento rígido.



Fuente: Propia.

El pavimento rígido proporciona ventajas como:

- ✓ Bajo Mantenimiento.
- ✓ Larga Durabilidad.
- ✓ Alta resistencia a los cambios climáticos

#### ➤ SUBRASANTE

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Se considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación al mismo.





### ➤ SUBBASE

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, la subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento, se utiliza además como capa de drenaje y de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

### ➤ LOSA (SUPERFICIE DE RODADURA)

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

## 7.7.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

La ejecución del pavimento se llevaba a cabo por módulos y sectores, de tal manera que al momento de la entrega de cada módulo o sector este debía garantizar la totalidad de obras de drenaje y filtros franceses en él, las obras de drenaje consistían en una red de puntos de sifones para posterior aseo en las losas y cajas de inspección para el recogimiento de aguas de los mismos.

### ➤ OBRAS DE DRENAJE

La red correspondiente a los drenajes constaba de una red principal de 6" con pendiente del 5% conectadas entre cajas de inspección de 0.8mx0.8mx1m y que al igual que los filtros llevaban el agua a los tanques de recolección, las cajas debían sobresalir a la altura del pavimento por cuestiones de control en algún



inconveniente del flujo, de la red principal de drenaje lateralmente se conectaba una red de sifones materializados posteriormente como puntos sobre el pavimento.

Fig. N°60. Excavación para drenajes y sifones.



Fuente: Propia.

Fig. N°61. Caja de inspección y sifones a la altura de pavimento.



Fuente: Propia.

### ➤ MEJORAMIENTO DEL TERRENO

Después de realizadas las obras de drenaje y filtros franceses, se procedía a limpiar los módulos destinados a pavimentar, esto dependía de las condiciones del terreno, por lo cual a veces se hacía manualmente utilizando palas y palines o si había una



gran cantidad de material por remover se procedía a utilizar el bulldozer y a dejar perfilado el modulo a mejorar, esta limpieza de cada módulo se dejaba a ras de la cara inferior de las vigas de cimentación y se compactaba con el rodillo liso vibratorio.

Fig. N°62. Módulo limpio.



Fuente: Propia.

una vez limpio el modulo se procedía a colocar una capa de geotextil tejido de PAVCO cuidando no dañar los sobresalientes tubos correspondientes a los sifones, los geotextiles cumplen dos grandes funciones cuando se incluyen como elementos de refuerzo dentro de una estructura de pavimento y aportan las siguientes características:

- ✓ Los geotextiles actúan como barreras de separación entre los materiales de la subrasante y el material granular de conformación de la estructura de pavimento impidiendo la contaminación y deterioro prematuro de los agregados pétreos tales como mejoramientos, subbases y bases granulares.
- ✓ Con la aplicación de cargas, la resistencia a la tensión de los geotextiles se activa, generando un efecto de membrana tensionada que se traduce en una mejor capacidad portante y disminución de los ahuellamientos a nivel de subrasante.



Fig. N°63. Colocación del geotextil.



Fuente: Propia.

Encima de la capa de geotextil se colocaba un material de mejoramiento, el material utilizado para mejoramiento era la roca muerta (Sub-base granular según norma INVIAS art 320) la cual debía cumplir con una capa de espesor de tal manera que se entregara a nivel de viga con una compactación mínima del 90 % del proctor modificado, para ello se utilizaba el rodillo liso vibratorio DYNAPAC y el apisonador (saltarín)

Fig. N°64. Mejoramiento con roca muerta.



Fuente: Propia.



Como se mencionó anteriormente el material debía ser entregado a nivel de viga , este se transportaba desde el sitio de descarga y acopio del mismo hasta los módulos por medio de mini cargadores BOBCAT, y después el bulldozer o la retroexcavadora lo regaban en el módulo a mejorar.

Fig. N°65. Esparcimiento del material de mejoramiento.



Fuente: Propia.

El material utilizado era proveniente de las fuentes de santa bárbara, triturados Puracé y CONEXPE. Las densidades se tomaban con densímetro nuclear del laboratorio CONCRELAB de Bogotá y para verificar la interventoría en ocasiones solicitaba a GEOFISICA LTDA densidades de cono de arena para comparar los resultados arrojados.





Fig. N°66. Regado de material de subbase y modulo compactado.



Fuente: Propia.

Fig. N°67. Toma de densidades con cono de arena.



Fuente: Propia.

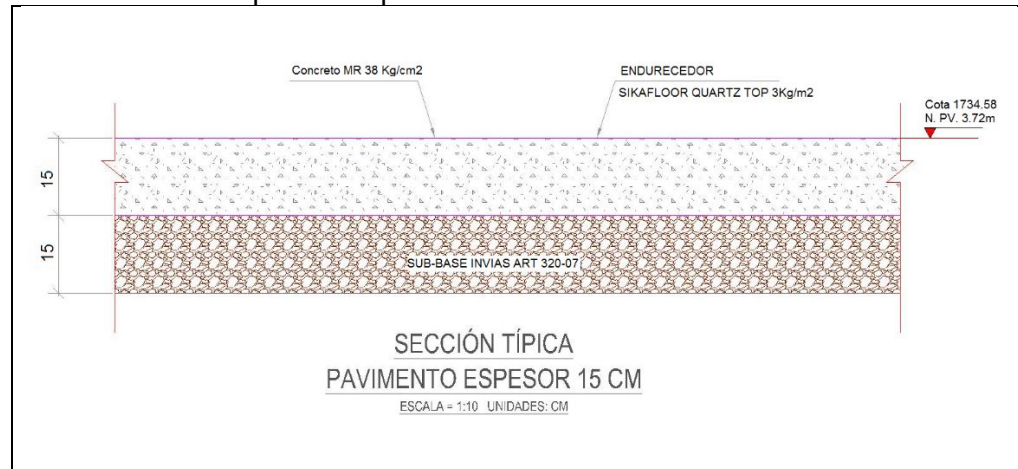
De igual forma se realizaba el procedimiento para la subbase granular que iba encima del mejoramiento de roca muerta, esta debía cumplir con un espesor de 15 cm esta medida se aceptaba por interventoría hasta 3 mm por debajo de esta medida y debía cumplir con una compactación mínima del 95% del proctor modificado, cumpliendo esta compactación con ayuda del rodillo vibratorio y el apisonador mencionado anteriormente, en lo que se refería a la subbase correspondiente a tramos de vía y rampas el espesor debía ser de 20 cm y con una compactación mínima del 100% del P.M.





## ➤ FUNDICION DE LA LOSA DE PAVIMENTO HIDRAULICO

Fig. N°68. Sección de espesor del pavimento.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

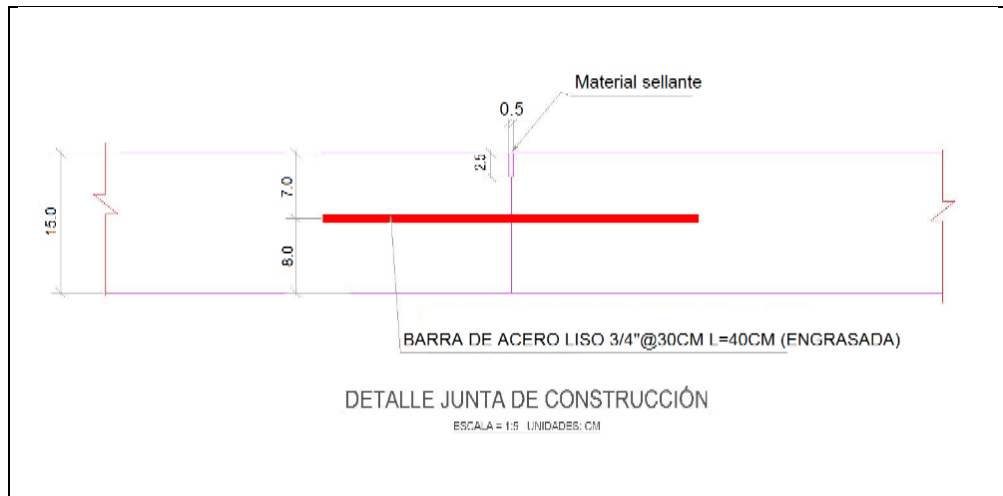
Una vez tomadas las densidades para mejoramiento y subbase, mayores o iguales al 90% y 95% respectivamente, y aprobadas por interventoría, se procedía a la fundición del pavimento.

La empresa encargada de la fundición de las losas de pavimento del sótano en la obra de ampliación era MEISA S.A. y RENTERIA PAVIMENTOS, lo primero que se hacía antes de la fundición de las losas es el formaleteo con formaletas metálicas de los módulos dispuestos a fundir como se muestra en la distribución de la modulación al inicio de este capítulo, de tal manera que de acuerdo a los diseños de las juntas de construcción, dilatación y contracción quedaran bien estructuradas.

Las juntas de construcción son las que se forman entre los módulos y de acuerdo a la modulación de diseño, teniendo en cuenta que la fundición de las losas contiguas se ejecutaba con un desfase de tiempo importante por la liberación de zonas, las juntas de construcción debían hacerse de tal manera que se formara un plano perpendicular a la superficie del pavimento.



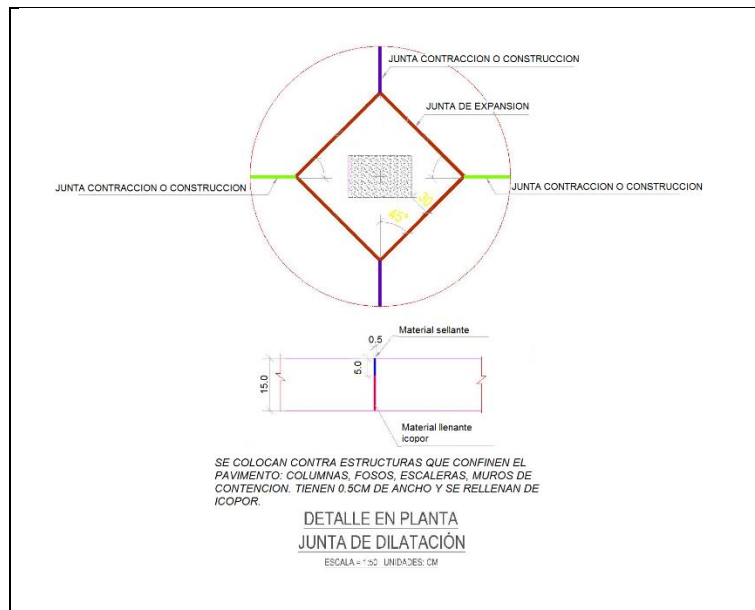
Fig. N°69. Detalle junta de construcción.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Las Juntas de dilatación son aquéllas que se prevén para absorber las expansiones provocadas por los aumentos de temperatura, evitando empujes indeseables que podrían producir la rotura del pavimento, para ello se interpone un material compresible (se utilizan láminas de poliuretano) entre las losas en contacto.

Fig. N°70. Detalle junta de dilatación.



Fuente: Constructora ARINSA SA.



Las Juntas de contracción son las más frecuentes en un pavimento de concreto hidráulico y pueden ser tanto transversales como longitudinales. Su misión fundamental es limitar las dimensiones de las losas con objeto de disminuir, hasta valores admisibles, las tensiones producidas tanto por los fenómenos de retracción como por los gradientes térmicos, de forma que no se produzcan fisuras por ello. La distancia a la que deben disponerse las juntas de contracción depende de factores tales como la mayor o menor retracción del concreto, su coeficiente de dilatación, el espesor del pavimento, la amplitud de las variaciones de temperatura, el rozamiento existente con la capa de base, etc. Dicha distancia entre juntas se conoce empíricamente y se puede obtener a partir del espesor de la losa.

Fig. N°71. Detalle junta de contracción.



Fuente: Constructora ARINSA SA.

Una vez formaleteado se procedía a la colocación del concreto, el concreto se suministraba a los módulos por medio de bombeo, y se utiliza un concreto MR 38 de 5" a 6" de asentamiento, de acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno (AASHTO, PCA.), el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su



resistencia a la flexión o módulo de ruptura (MR), en vez de la resistencia tradicional a la compresión ( $f'c$ ) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto. Lo anterior resulta más claro al entender que al someter la losa a cargas dinámicas (vehículos), los esfuerzos de flexión internos en una losa de concreto se encuentran más cercanos a su resistencia última a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia última a la compresión ( $f'c$ ).

Después se procedía a la colocación de la malla electro soldada en el módulo a fundir, si de acuerdo al diseño y la modulación establecidos este lo necesitaba, la malla electro soldada que se utilizó para módulos específicos de acuerdo al diseño fue de 7mm cada 15 cm longitudinal y transversalmente.

Fig. N°72. Malla electro soldada en módulos.



Fuente: Propia.

El concreto profesional resistente a la flexión o MR, es el concreto ideal para las condiciones de carga más comunes en un piso industrial, como lo son las constantes repeticiones, cargas uniformemente repartidas y cargas puntuales producto de cualquier estructura, al concreto se le adicionaba SIKAFLOOR QUARTZ después de la nivelación, el cual es un endurecedor de pisos y permite un posterior acabado brillante y liso.



Fig. N°73. Adición de sikafloor.



Fuente: Propia.

Como se mencionaba anteriormente el concreto se suministraba al módulo por medio de una tubería y proveniente desde un mixer de la planta CONCREINSA, una vez este llegaba al módulo los obreros lo esparcían con ayuda de palas y con la supervisión de la comisión de topografía que cuidaba que se respetaran los niveles de diseño, y se hacía el correcto vibrado del concreto de la misma, después se procedía a nivelar la superficie de la losa con ayuda de reglas vibratorias y la comisión de topografía, las reglas se pasaban por la superficie y estas facilitaban el correcto enrasado, distribución y compactación en la superficie de la losa.

Fig. N°74. Suministro y nivelación del concreto.



Fuente: Propia.





Una vez se haya nivelado la superficie de la losa de concreto y aun manteniéndose fresca esta misma, se procedía al “flotado del concreto” este proceso el cual ayuda a sacar el agua que sangra a la superficie del concreto y permitiendo consolidar el acabado de la superficie, este se realiza a mano por medio de una flota tipo boll foat.

Fig. N°75. Allanado del concreto.



Fuente: Propia.

El proceso de allanado se realizaba después de la evaporación de la mayoría del agua de sangrado (después del flotado del concreto), empleando generalmente equipos mecánicos, para este caso se utilizó allanadoras o discos flotadores, estos con el fin de crear una superficie dura, densa y lisa, para mejorar la resistencia a la abrasión de superficie.

Durante el lapso de las 6 horas a 24 horas después del allanado se procedía a realizar las dilataciones de la losa de pavimento con una cortadora eléctrica para posteriormente iniciar con el curado del concreto, al tener una gran superficie expuestas las losas de pavimento tienden a perder más agua por evaporación, para lograr una máxima calidad en las losas de pavimento era necesario retardar la pérdida de humedad y mantener la temperatura por un periodo de tiempo en la losa, ya que esto permite la hidratación completa del cemento, y por tanto la obtención





de un concreto más resistente y durable. El curado de la losa de pavimento se hacia manteniendo humedad la superficie de las mismas rociando agua sobre esta permanentemente.

Fig. N°76. Ejecución de juntas de dilatación y curado de la losa.



Fuente: Propia.

## **7.8. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS.**

### **7.8.1. RESISTENCIA DEL CONCRETO**

De acuerdo al título C, Capítulo C.5.6.2. De la NSR-10 se hace mención a la frecuencia mínima de la toma de muestras para ensayos de resistencia.

Según el capítulo C.5.6.2.1. Las muestras no deben tomarse menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 40 m<sup>3</sup> de concreto, ni menos de una vez por cada 200 m<sup>2</sup> de superficie de muros o losas.

Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos (2) probetas de 150 mm por 300 mm o de al menos tres (3) probetas de 100 mmX200 mm, y se deben preparar de la misma muestra de concreto de la obra.



Las probetas se ensayan a los días establecidos para determinar la resistencia ( $f'c$ ), generalmente a los 3, 7 y 28 días, en la obra se tomaron para ensayo seis probetas de 150 mm por 300 mm, dos para ensayo y una probeta testigo por cada edad de ensayo, por si algo falla en las otras dos, teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores de la NSR-10 con respecto a la frecuencia de la toma de muestras. Ensayadas a los siete y a los 28 días.

### 7.8.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En general la resistencia del concreto endurecido se considera como la propiedad determinante de su calidad, la medida que informa sobre esta calidad, es la que resulta de los ensayos de resistencia a la compresión. Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma INV E-402 "Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión", los resultados arrojados a partir de cilindros fundidos se pueden utilizar con fines de control de calidad, aceptación del concreto, o para estimar su resistencia en estructuras y programar las operaciones de construcción, tales como remoción de formaletas y evaluación de la conveniencia del curado.

Fig. N°77. Muestras para resistencia a la compresión.



Fuente: Propia.



### 7.8.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de resistencia a la tracción, y corresponde este ensayo a la norma INV E 414 y Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma INV E-402 "Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión", el ensayo de resistencia a la flexión, se utiliza para obtener el módulo de rotura para el control de campo y aceptación de pavimentos, utilizándose poco para el concreto estructural.

Fig. N°78. Muestras para ensayo de resistencia a la flexión y curado en cal de especímenes de muestra.



Fuente: Propia.

### 7.8.4. ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP

El ensayo de asentamiento del concreto o SLUMP es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto.

La manejabilidad del concreto es usualmente juzgada por un examen visual, El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto, este ensayo se realiza de acuerdo a la norma INV E 404.



Fig. N°79. Ensayo de asentamiento.



Fuente: Propia.



## 8. CONCLUSIONES

- La participación en la obra de ampliación del Centro Comercial Campanario, fue una gran oportunidad que permitió aplicar conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, siendo de gran utilidad tanto a nivel profesional como a nivel personal, aprendiendo de manera práctica los procesos constructivos, así como a analizar y tomar decisiones que contribuyen al buen desarrollo de una obra, y de esta manera empezar a crear un criterio práctico de ingeniería.
- Los elementos estructurales funcionan no solo como se diseñan, si no como se construyen, tener una buena supervisión en estos a la hora de construirlos puede evitar complicaciones cuando ya esté en funcionalidad el proyecto.
- Resulta fundamental el buen manejo de herramientas ofimáticas, así como el manejo de un software que permita visualizar y modificar esquemas tales como la adecuada interpretación planos y manejo de herramientas, todo esto para facilitar el desarrollo de dichas tareas y poder desarrollarlas con más eficiencia.
- La administración de la obra es fundamental para que el proyecto pueda ejecutarse. Tener una idea general de cómo funciona esta parte de la obra sirve para prever futuros inconvenientes y evitarlos, así como tener un control y una gestión más integral de todos los procesos constructivos que lleven a la finalización del proyecto de manera positiva.
- En el campo del buen desarrollo de las actividades técnicas es de vital importancia la adecuada lectura de la representación geométrica que se encuentra plasmada en los planos estructurales y arquitectónicos. En este orden de ideas, resulta de gran importancia el acompañamiento continuo de los



profesionales facultados para tal fin; siendo esta una de las actividades propias tanto de los constructores y supervisores como de la interventoría.





## 9. BIBLIOGRAFIA.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio, tesis y otros trabajos de grado. Quinta Actualización. Bogotá. ICONTEC, 2002.
- RIVERA L. Gerardo A. Concreto Simple. Popayan: Unicauca. 1992.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Titulo C. Segunda Actualizacion, Bogotá 2010.
- PEREZ ALAMA. Vicente. Materiales y Procedimientos de Construcción. Ciudad de México: Editorial Trillas. 2004.
- SIKA. Manual de productos. Bogotá 2016.
- ARQHYS ARQUITECTURA. “Columnas de concreto”. {En línea}. {Mayo de 2016} disponible en: <http://www.arqhys.com/construccion/columnasconcreto.html>
- PAVCO, “Sistemas de subdrenaje”. {En línea}. { Mayo de 2016} disponible en: <http://www.pavco.com.co/21/sistemas-de-subdrenaje/5-375-404/i/404>
- CONSTRUYAFACIL.ORG, “Cimentaciones superficiales”. {En línea}. { Mayo de 2016} disponible en: <http://www.construyafacil.org/2014/06/cimentaciones-superficiales.html>
- CEMEX MÉXICO, “El Concreto Profesional MR Resistente a la Flexión o Módulo de Ruptura (MR)”. {En línea}. {Mayo de 2016} disponible en: [https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/fichasTecnicas/FT\\_ModulodeRuptura\\_BAJA.pdf](https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/fichasTecnicas/FT_ModulodeRuptura_BAJA.pdf)



Anexo A: Resolución No. 644 de 2015.

**RESOLUCIÓN No. 644 DE 2015**  
**02 DE DICIEMBRE**  
8.3.2-90.13

Por la cual se autoriza TRABAJO DE GRADO – PRACTICA PROFESIONAL - PASANTIA se designa su Director.

EL CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, de la Universidad del Cauca, en uso de sus atribuciones funcionales y,

**CONSIDERANDO**

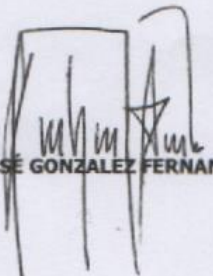
Que el Acuerdo 027 de 2012, emanado del Consejo Superior de la Universidad del Cauca, se estableció el TRABAJO DE GRADO y por Resolución No. 820 de 2014 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil, se reglamentó dicho Trabajo de Grado – Practica Profesional.

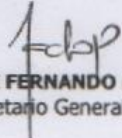
**RESUELVE**

ARTICULO UNICO: Autorizar a la estudiante **ANA MARIA ARANGO CUJAR** código 100411010568 la ejecución y desarrollo del Trabajo de Grado – Practica Profesional - Pasantía titulado: **"Supervisión y control de calidad en obra de los materiales a utilizar en la ejecución del proyecto de ampliación del Centro Comercial Campanario."** Avalado por el Consejo de Facultad, como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Civil y designar al Ingeniero Hugo Eduardo Muñoz Muñoz como Director del mencionado Trabajo de Grado – Práctica Profesional.

**COMUNIQUESE Y CUMPLASE**

Se expide en Popayán, a los dos (02) días del mes de diciembre de dos mil quince (2015)

  
**ALDEMAR JOSÉ GONZALEZ FERNANDEZ**  
Decano

  
**JOSE FERNANDO PEREZ RESTREPO**  
Secretario General



**Anexo B: Certificación práctica profesional – Terminación de pasantía a satisfacción.**



FRO 033

Popayán, 6 de abril de 2016.

Doctor  
**GUSTAVO ADOLFO ANGEL VERA**  
Coordinador Académico  
Universidad del Cauca  
E.S.M

**ASUNTO: Terminación de Pasantía a Satisfacción**

Atento saludo.

Por medio de este documento, formalmente queremos agradecer la presentación del estudiante de Ingeniería Civil ANA MARIA ARANGO CUJAR y manifestar que cumplió satisfactoriamente su práctica dentro del proyecto de AMPLIACION CAMPANARIO POPAYAN, en los términos y condiciones establecidas por la universidad y la empresa ARINSA S.A.

Atentamente.

**HUGO EDUARDO MUÑOZ MUÑOZ**  
Gerente de Proyecto  
Ampliación Campanario

