



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA  
CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO RESIDENCIAL TORRES DE MILANO EN  
EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**

**JUAN DIEGO PINEDA RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
POPAYÁN, JULIO DE 2017**



**INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**



**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA  
CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO RESIDENCIAL TORRES DE MILANO EN EL  
MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**

**JUAN DIEGO PINEDA RODRÍGUEZ**  
Cód. 100411011169

**DIRECTOR:**  
**ING. GERARDO RIVERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA  
POPAYÁN, JULIO DE 2017**



## 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 Ingeniero Civil.

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Director

Popayán, Julio de 2017



## DEDICATORIA

*Dedicado a Dios por permitirme cumplir éste sueño, por poner a mi lado a las personas indicadas, por guiar mis pasos y fortalecerme en los momentos difíciles.*

*A mis padres por su sacrificio y su apoyo incondicional, por creer en mí, animarme a ser mejor cada día y porque siempre hicieron lo posible para que nada me faltara en mi vida universitaria.*



## AGRADECIMIENTOS

*Inicialmente a Dios por la oportunidad de vivir.*

*A mi familia por apoyarme y guiarme en cada paso de mi vida universitaria.*

*A mis amigos por su acompañamiento y hacer más ameno el proceso de formación como Ingeniero Civil.*

*A mis maestros por compartir sus conocimientos.*

*A mi novia por estar a mi lado en todo momento y brindarme su apoyo incondicional.*

*A la universidad del Cauca por abrirme sus puertas para crecer intelectual, espiritual y profesionalmente.*

*A la constructora GRACOL S.A.S. en especial a todos los trabajadores del proyecto Torres de Milano, por afianzar mis conocimientos y permitirme terminar este bello proceso de formación.*



## CONTENIDO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>2. RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>4. INFORMACIÓN GENERAL.....</b>	<b>15</b>
4.1 EMPRESA RECEPTORA .....	15
4.2 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	17
4.3 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA.....	17
4.4 DURACIÓN DE LA PASANTÍA.....	17
<b>5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
<b>5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>6. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
<b>7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>24</b>
<b>8. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA.....</b>	<b>25</b>
8.1 CAPÍTULO 1: CIMENTACIÓN TORRE D .....	26
8.1.1. ADECUACIÓN DEL TERRENO.....	27
8.1.2. ESTRUCTURA DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.....	29
8.1.3. ANCLAJE DE LOS ELEMENTOS DE BORDE EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN.....	34
8.1.4. FUNDICIÓN DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.....	40
8.2 CAPITULO 2: CONSTRUCCIÓN DEL PISO 1 DE LA TORRE D .....	46
8.2.1. AMARRE DE LOS ELEMENTOS DE BORDE.....	47
8.2.2. AMARRE DE LOS ESTRIBOS EN LOS ELEMENTOS DE BORDE.....	49



8.2.3. AMARRE DE ACEROS PARA DINTELES Y MUROS.....	50
8.2.4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS, DE TELECOMUNICACIONES, SANITARIAS E HIDRÁULICAS.....	53
8.2.5. INSTALACIÓN FORMALETA EN ALUMINIO TIPO FORSA PARA CADA APARTAMENTO.....	57
8.2.6. FUNDICIÓN POR APARTAMENTO.....	61
8.2.7. CONTROL DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO.....	64
8.2.8. ERRORES DE FUNDICIÓN Y SU SOLUCIÓN.....	69
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura N° 1:** Proyecto torres de milano
- Figura N° 2:** Apartamento TIPO A
- Figura N° 3:** Apartamento TIPO B
- Figura N° 4:** Localización general del proyecto.
- Figura N° 5:** Losa aligerada con casetones para la cimentación de Torre D con arranques para los elementos de borde.
- Figura N° 6:** Excavación del terreno para construir la losa de cimentación de la Torre D.
- Figura N° 7:** Instalación de tubería para la evacuación de aguas residuales de las Torres C y D.
- Figura N° 8:** Plano de cimentación, acercamiento de un apartamento.
- Figura N° 9:** Despiece de viga de cimentación sentido numeral.
- Figura N° 10:** Despiece de viga de cimentación sentido alfabético.
- Figura N° 11:** Despiece de vigueta de cimentación sentido numeral y alfabético.
- Figura N° 12:** Estribo para vigas tipo 1.
- Figura N° 13:** Estribo para vigas tipo 2.
- Figura N° 14:** Estribo para vigas tipo 3.
- Figura N° 15:** Elementos de borde
- Figura N° 16:** Proceso de anclaje de Elementos de Borde en la losa de cimentación.
- Figura N° 17:** Proceso de fundición de la losa de cimentación garantizando el anclaje de los Elementos de Borde.
- Figura N° 18:** Elementos de borde (color naranja) en una sección del apartamento.
- Figura N° 19:** Planta de los Elementos de borde (color naranja).
- Figura N° 20:** Alzada de muro eje 8 desde cimentación hasta tercer piso.
- Figura N° 21:** Arranque de mallas anclados en la losa de cimentación.
- Figura N° 22:** Planta mezcladora de concreto de la obra.



**Figura N° 23:** Tablero de control de la planta mezcladora de concreto de la obra.

**Figura N° 24:** Proceso de fundición de la losa de cimentación.

**Figura N° 25:** Losa o torta inferior de la losa de cimentación.

**Figura N° 26:** Paso de tubería sanitaria por casetones.

**Figura N° 27:** Distribución de casetones acercamiento para un apartamento.

**Figura N° 28:** Instalación de tubería para redes eléctricas y de telecomunicaciones.

**Figura N° 29:** Malla electro soldada calibre 8 mm para torta superior de losa de cimentación.

**Figura N° 30:** Fundición de la torta superior de losa de cimentación.

**Figura N° 31:** Estructura del piso 1 de la Torre D.

**Figura N° 32:** Amarre de aceros de los elementos de borde del primer piso de la torre.

**Figura N° 33:** Acercamiento del plano de alzadas de un muro del primer piso de la torre D.

**Figura N° 36:** Detalle de distribución de ganchos y dimensione de estribos.

**Figura N° 34:** Detalle de la distribución de estribos.

**Figura N° 35:** Estribos en el elemento de borde.

**Figura N° 36:** Detalle de distribución de ganchos y dimensione de estribos.

**Figura N° 37:** Proceso de amarre de aceros para dintel 1.

**Figura N° 38:** Proceso de amarre de aceros para dintel 2.

**Figura N° 39:** Malla electro soldada de muros o pantallas con pelos.

**Figura N° 40:** Red eléctrica empalmada con red anclada en la cimentación

**Figura N° 41:** Red eléctrica para punto de interruptor en muro.

**Figura N° 42:** Puntos hidráulicos en muros.

**Figura N° 43:** Tubería para pases sanitarios en losa.

**Figura N° 44:** Pases sanitarios en losa.

**Figura N° 45:** Pases sanitarios en losa.



**Figura N° 46:** Proceso de armado del encofrado de un apartamento del primer piso de la torre.

**Figura N° 47:** Cimbrado para la colocación de formaletas tipo Forsa

**Figura N° 48:** Proceso de colocado de corbatas en la formaleta.

**Figura N° 49:** Pin y cuña en acero utilizadas para asegurar las corbatas.

**Figura N° 50:** Plomada utilizada para garantizar la verticalidad de los muros.

**Figura N° 51:** Separadores de malla de losa.

**Figura N° 52:** Apartamento encofrado listo para ser fundido.

**Figura N° 53:** Fundición de apartamento.

**Figura N° 54:** Proceso de vibrado en el momento de fundición.

**Figura N° 55:** Proceso de “chipoteado” en el momento de fundición.

**Figura N° 56:** Fundición de losa de entrepiso.

**Figura N° 57:** Ficha técnica Sika Viscocrete PC2100-D.

**Figura N° 58:** Hoja técnica Plastocrete 169 HE.

**Figura N° 59:** Prueba de asentamiento con el cono Slump.

**Figura N° 60:** Muestras de fundición de apartamento.

**Figura N° 61:** Prensa para ensayar cilindros a compresión.

**Figura N° 62:** Sección de la hoja de cálculo para llevar el control de los cilindros de concreto.

**Figura N° 63:** Error en fundición de concreto 1.

**Figura N° 64:** Error en fundición de concreto 2.

**Figura N° 65:** Puesta de formaleta para reparar error de fundición.

**Figura N° 66:** Muro después de su segunda fundición listo para ser resanado.

**Figura N° 67:** Preparación del mortero para resane de hormigueros.

**Figura N° 68:** Resane de hormigueros.



## LISTA DE CUADROS

**Cuadro N° 1.** Relación de actividades a ejecutar durante el periodo de pasantía.

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo N° 1.** (resolución N° 580 de 2016 (Por la cual se autoriza un TRABAJO DE GRADO, PRÁCTICA PROFESIONAL EMPRESARIAL-PASANTIA se designa su Director).

**Anexo N° 2.** Certificación de práctica profesional emitido por la empresa GRACOL S.A.S.



## 1. INTRODUCCIÓN

En cumplimiento a la resolución FIC – 820 de 2014 (Reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería Civil), mediante la cual se establece la modalidad de pasantía para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad del Cauca, se participó activamente como auxiliar de Ingeniería en la construcción de la Torre D del proyecto TORRES DE MILANO de la Constructora GRACOL S.A.S. para uso residencial en el municipio de Popayán departamento del Cauca.

Como Ingeniero Civil en formación del programa de ingeniería civil de la Universidad del Cauca fue de gran importancia complementar las enseñanzas obtenidas en el alma mater, y poner en practica la teoría en los procesos constructivos y administrativos en la ejecución del proyecto.

La Constructora GRANDES Y MODERNAS CONSTRUCCIONES DE COLOMBIA GRACOL S.A.S contribuyó en el proceso formativo y educativo, ofreciendo la oportunidad de participar en la construcción de la Torre D del proyecto TORRES DE MILANO, dando la oportunidad de realizar la pasantía, ofreciendo un escenario en el cual se pudo aplicar los conocimientos no solo técnicos sino sociales y a su vez adquirir experiencia laboral, que contribuyeron en la formación profesional integral.

El presente informe resume las labores realizadas en la ejecución del proyecto durante el periodo de la pasantía soportado en un registro fotográfico, donde se relacionan algunas actividades supervisadas referentes al desarrollo del proyecto en el cual se participó como auxiliar de ingeniería.



## 2. RESUMEN

La pasantía se desarrolló durante los meses de diciembre de 2016, enero, febrero y marzo de 2017, como auxiliar de ingeniería en la construcción de la Torre D del proyecto Condominio Torres de Milano.

En el desarrollo de la pasantía, la participación como auxiliar de ingeniera se enfocó en actividades tales como el seguimiento detallado de los procesos constructivos verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en los diseños y en actividades administrativas como planeación de obra, control y manejo de material, construcción de actas de obra y revisión de planos.

Las actividades desarrolladas para el cumplimiento de los objetivos propuestos se realizaron de manera progresivamente en el periodo de tiempo propuesto en el cronograma de actividades, obteniendo un aprendizaje en el proceso práctico que complementan los conocimientos teóricos obtenidos en la universidad.

El trabajo realizado en campo se llevó a cabo gracias a la planeación hecha en oficina y a la dirección de la Ingeniera residente encargada de la obra quien asignó cada tarea a realizar para cumplir con el cronograma de obra impartido desde la dirección de proyectos de la empresa, permitiendo realizar un trabajo organizado y definido acompañado de un registro de actividades.

La información que se presenta en éste informe es la evidencia de manera escrita y en fotografías, de lo realizado en el trabajo de grado modalidad pasantía; las imágenes de diseños y planos fueron proporcionadas por la constructora con el fin de hacer más fácil el entendimiento del informe.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Participar como Auxiliar de Ingeniería en la construcción del proyecto residencial Condominio Torres de Milano, cumpliendo con las actividades de seguimiento y control asignadas por la Ingeniera residente María Ximena Benítez, actividades relacionadas con la cimentación y estructura de la Torre D del proyecto.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar que el proceso constructivo de la losa de cimentación sea el correcto teniendo en cuenta el replanteo de ejes, posición y amarre de aceros y la fundición del concreto e la losa.
- Vigilar la correcta ejecución del proceso constructivo de la estructura de los apartamentos incluyendo la revisión del replanteo de ejes, posición y amarre de acero, ubicación de puntos de servicio eléctricos, puntos de servicio de gas natural y pases hidro-sanitarios.
- Realizar la inspección de la colocación de la formaleta en aluminio tipo forsa del sistema industrializado de construcción y el proceso de fundición de cada apartamento en la construcción de la torre.
- Llevar el control de materiales y de los procesos para la producción de concretos.

## 4. INFORMACIÓN GENERAL

### 4.1 EMPRESA RECEPTORA



**Nombre:** GRACOL S.A.S NIT 900. 343.892-1

**Dirección:** Carrera 11N # 19 N - 29 barrio Catay

**Teléfonos:** 3186629076/ 3183352776 / (092) 8353550

**Página web:** [www.gracolsas.com](http://www.gracolsas.com)

**Correo:** ventas1@gracolsas.com

**Tipo de sociedad:** Sociedad por acciones simplificada

**Actividad principal:** Construcción

**Gerente de proyectos:** Dr. Pedro Pablo Reyes.

**Ingeniero Jefe inmediato:** Ing. María Ximena Benítez.

**Ingeniero administrativo:** Ing. Olmer Arboleda.

#### Misión

GRACOL S.A.S Es una empresa gestora de proyectos de construcción de obras civiles de alta calidad, comprometida con la plena satisfacción de nuestros clientes mediante el mejoramiento continuo de sus procesos.



## **Visión**

Durante los próximos cinco años, nos consolidaremos como líderes en la construcción de obras civiles de alta calidad en la Ciudad de Popayán, garantizando permanencia y estabilidad en el mercado.

## **Política de calidad**

En GRACOL S.A.S enfocamos nuestros esfuerzos en la construcción de obras civiles de alta calidad que logran satisfacer las expectativas de nuestros clientes. Garantizamos el bienestar y la competencia de nuestro personal, desarrollamos acciones que permitan alcanzar las metas esperadas, mantenemos relaciones mutuamente beneficiosas con nuestros proveedores y damos cumplimiento a los requisitos legales aplicables. Todo esto con el fin de lograr un mejoramiento continuo de nuestros procesos por medio del Sistema de Gestión de Calidad.

## **Objetivos de calidad**

1. Incrementar la eficiencia de ejecución de los proyectos
2. Incrementar la Competencia del personal
3. Incrementar la satisfacción del cliente
4. Mejora del desempeño de los procesos
5. Generar programas de mantenimiento preventivo de Equipos, infraestructura física y tecnológica.



## **Antecedentes**

GRACOL S.A.S es una empresa gestora de proyectos de construcción de obras civiles de alta calidad en la ciudad de Popayán Cauca, comprometida con la plena satisfacción de sus clientes mediante el mejoramiento continuo en los procesos constructivos. GRACOL S.A.S cuenta con la certificación de Calidad Bajo la Norma ISO 9001: 08 de ICONTEC.

Dentro de los proyectos inmobiliarios construidos por GRACOL S.A.S. se tienen Condominio Marsella, Condominio Versalles, Torres de Milano, Condominio Venezia, Condominio D’Prieto.

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

Ingeniero Gerardo Rivera.

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

Ingeniera María Ximena Benítez.

### **4.4 DURACIÓN DE LA PASANTÍA**

La modalidad adoptada con la que se desarrolló el trabajo de grado tuvo una duración de 576 horas, iniciando el 12 de diciembre 2016 y terminando el 08 de marzo del 2017, teniendo en cuenta que la asistencia se realizó de forma continua de lunes a sábado durante 13 semanas.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 5.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO



*Figura N° 1: Proyecto torres de milano*

La ejecución del proyecto Condominio Torres de Milano de la constructora GRACOL S.A.S. permitirá la construcción de 360 apartamentos, a manera multifamiliar en conjunto cerrado, enfocadas al estrato 3 de la ciudad de Popayán.

El proyecto “Torres De Milano” (ver figura N°1) tendrá dos accesos vehiculares, uno de ellos sobre la variante norte, el cual tendrá la total supervisión del instituto nacional de vías INVIAS, debido a la importancia que reviste la conexión a una vía de tránsito rápido como lo es la variante norte de la ciudad de Popayán y el segundo acceso será sobre la vía al bosque, de carácter complementario.

El proyecto está conformado por 5 torres de 10 pisos, donde la totalidad de pisos son para apartamentos, con tres torres (torres A, B Y E) de 8 unidades

por piso y 2 torres (torres C Y D) de 6 unidades por piso, que suman un total de 360 apartamentos, las torres cuentan con 360 parqueaderos privados que están incluidos en el valor de cada apartamento y 13 parqueaderos para visitantes. Los residentes también tendrán acceso a sendero ecológico, ascensor por torre, depósito de basuras por torre, zona de recreación, cancha en césped para microfútbol o voleibol, piscina para adultos y niños, salón social, zona comercial, además de amplias vías internas de circulación.

El desarrollo tanto urbanístico del Conjunto contribuirá a la consolidación del sector, de carácter residencial con óptimas condiciones urbanísticas. El proyecto también gozará de las comodidades que brinda un conjunto cerrado, como lo son portería y vigilancia.

Se cuenta con dos (2) tipos de apartamentos denominados en este documento como apartamento tipo A y apartamento tipo B con áreas de 59 metros cuadrados.

**Apartamento tipo A:** cuenta con tres alcobas, sala comedor, cocina, balcón y 2 baños. (Ver figura N° 2)

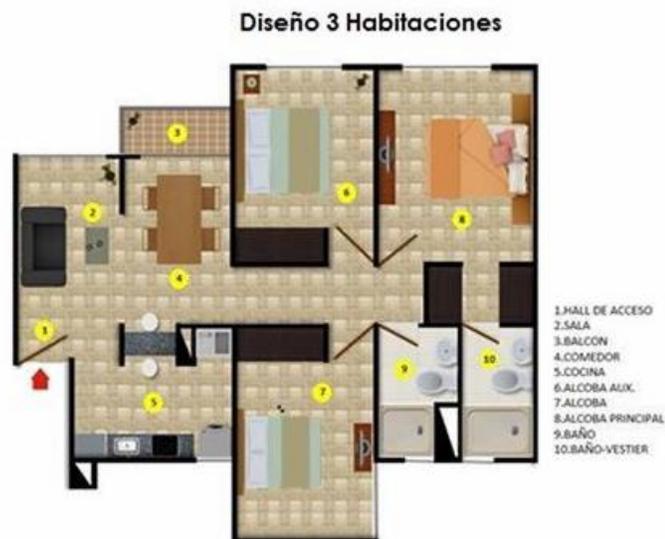


Figura N° 2: Apartamento TIPO A

**Apartamento tipo B:** cuenta con dos alcobas, estudio, sala comedor, cocina, balcón y 2 baños. (Ver figura N° 3)



*Figura N° 3: Apartamento TIPO B*

Todos los apartamentos contarán con servicios de acueducto, alcantarillado, red eléctrica y red de gas domiciliario.

El Proyecto será construido por etapas, siendo cada torre una etapa.

La fecha de inicio de la construcción fue el 15 de mayo de 2015.

## 5.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



*Figura N° 4: Localización general del proyecto.*

El proyecto “TORRES DE MILANO” se encuentra ubicado en el antiguo club de tiro y caza Los Patojos en la ciudad de Popayán (Cauca) (ver figura N° 4), en el predio con dirección: transversal 9AN # 57N–161 (vía al bosque), este sector se clasifica como AR-3 (área residencial estrato 3). A él se puede acceder por la transversal 9AN (vía al bosque) en su proceso constructivo y posteriormente se habilitará la entrada por la variante sector norte. Cerca al lote se encuentran varios conjuntos residenciales, además del proyecto centro comercial TERRA PLAZA el cual se pretende abrir al público en el año 2017, también se encuentra cerca el complejo deportivo de la ciudad de Popayán. Por el rápido crecimiento que ha tenido este sector, es fácil encontrar gran variedad de restaurantes, droguerías, bancos y demás servicios complementarios.

El lote cuenta con una topografía relativamente plana, formada en dos terrazas, la cual fue aprovechada en el previo diseño arquitectónico lo que ha



beneficiado al proyecto, que también cuenta con amplios espacios de zona verde, atravesados por senderos ecológicos para el confort de los residentes.

### **5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Se construirán un total de cinco (5) edificios o torres de diez (10) pisos cada torre, de los cuales tres (3) edificios, estarán compuestos por 8 apartamentos en cada piso para un total de 80 unidades por Torre y dos (2) edificios, con cada piso compuesto por 6 apartamentos para un total de 60 unidades por torre para un gran total de 360 apartamentos por todo el proyecto.

El sistema estructural principal consiste en pantallas de concreto reforzado tipo túnel o sistema industrializado de construcción, utilizando formaleta tipo FORSA Alum siendo un sistema de construcción sencillo, modular, rápido y muy rentable con el que se logran estructuras sismo-resistentes en concreto de alta calidad y durabilidad aportando la rigidez y resistencia necesaria para cumplir con los límites de desplazamiento sísmico y las cargas verticales demandadas.

El concreto utilizado para la construcción del proyecto varía en su resistencia a la compresión según su utilización; el concreto usado para la cimentación es de 21 Mpa, el concreto usado para los apartamentos de los pisos 1, 2, 3 y 4 es de 35 Mpa, el concreto usado para los apartamentos de los pisos 5 y 6 es de 28 Mpa y el concreto usado para los apartamentos de los pisos 7, 8, 9 y 10 es de 21 Mpa.



## 6. METODOLOGÍA

Este proyecto se formará entorno a la construcción de la torre D del proyecto TORRES DE MILANO, y se conformará en dos capítulos que abarcan lo desarrollado en la pasantía. Los dos capítulos son la cimentación de la torre D y la construcción del piso 1 torre D.

### **CAPITULO 1: CIMENTACION TORRE A**

Etapa 1: Adecuación del terreno.

Etapa 2: Estructura de la losa de cimentación.

Etapa 3: Anclaje de los elementos de borde en la losa de cimentación.

Etapa 4: Fundición de la losa de cimentación.

### **CAPITULO 2: CONSTRUCCION PISO 1 TORRE D**

Etapa 1: Amarre de los elementos de borde.

Etapa 2: Amarre de los estribos en los elementos de borde.

Etapa 3: Amarre de Aceros para dinteles y muros.

Etapa 4: Instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones, sanitarias e hidráulicas.

Etapa 5: Instalación formaleta en aluminio tipo FORSA para cada apartamento.

Etapa 6: Fundición por apartamento.

Etapa 7: Control de producción de concreto.

Etapa 8: Errores de fundición y su solución.



## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
Mes	Semana	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad																	
Documentación		■															
Reconocimiento de la obra		■															
Amarre de vigas de cimentación Torre D		■	■	■	■	■	■										
Amarre de arranques de elementos de borde Torre D			■	■	■	■	■	■									
Fundición de losa de cimentación de Torre D				■	■	■	■	■									
Fundición de piso 1 Torre D										■	■						
Fundición de piso 2 Torre D											■	■					
Fundición de piso 3 Torre D														■	■		
Informe final y correcciones																	■
Sustentación																	■

Cuadro N° 1. Relación de actividades a ejecutar durante el periodo de pasantía.



## 8. EJECUCIÓN DE LA PASANTÍA

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 FIC – 820 de 2014 (Reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería Civil) y cumpliendo con lo autorizado en la resolución N° 580 de 2016 (Por la cual se autoriza un TRABAJO DE GRADO, PRÁCTICA PROFESIONAL EMPRESARIAL-PASANTIA se designa su Director) (Ver Anexo 1).

## 8.1 CAPÍTULO 1: CIMENTACIÓN TORRE D

Según el estudio de suelos realizado por la empresa GIRF ingeniería S.A.S. y teniendo en cuenta las propiedades del suelo y las características de uso y cargas de la estructura a construir, se tiene que es factible el empleo de cimientos superficiales tipo losa para los edificios con altura inferior o igual a 10 pisos, combinación de losa y pilotes o zapatas con mejoramiento del suelo empleando columnas de grava para edificios con altura superior a 10 pisos y zapatas o cimientos corridos, para las plataformas de parqueo y edificaciones con altura máxima de 2 pisos; esto permitió la elección de la mejor alternativa de cimentación, la cual arrojó la construcción de una losa de cimentación aligerada con casetones como la alternativa más viable, segura y económica para el desarrollo del proyecto.



*Figura N° 5: Losa aligerada con casetones para la cimentación de Torre D, con concreto de limpieza, redes sanitaria y pluvial y con arranques para los elementos de borde.*

### 8.1.1. ADECUACIÓN DEL TERRENO

Para la construcción de la Torre D del proyecto Torres de Milano, el lote presenta una topografía relativamente plana, en el que según el estudio de suelos se recomienda como tipo de cimentación la construcción de una losa aligerada con casetones de cimentación de peralte de 0.9 metros, la cual necesitó de una excavación con maquinaria, de 1,30 metros de profundidad en promedio.

Luego de la excavación con maquinaria y el retiro de material sobrante de excavación con vehículos tipo volquetas doble troque, se realizó el perfilado con herramienta menor para dar una mayor precisión a la excavación (ver figura N° 6) y posteriormente se realizó el champeo con concreto pobre a los taludes de la excavación para protegerla de la erosión y que no se derrumbara.



*Figura N° 6: Excavación del terreno para construir la losa de cimentación de la Torre D.*

Antes de la fundición del concreto de limpieza de espesor 5 centímetros y la colocación de casetones para la losa aligerada de cimentación se ponen dos redes de tubería en PVC, una por la cual se hará la evacuación de aguas lluvias y otra por donde se conducirán las aguas residuales de la Torre (ver figura N° 5) a los sistemas de alcantarillado del proyecto que se conectan a las redes municipales (ver figura N° 7).



*Figura N° 7: Instalación de tubería para la evacuación de aguas residuales de las Torres C y D.*



### 8.1.2.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DE EJES DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN ALIGERADA CON CASETONES

La construcción de la losa de cimentación comienza con la localización y replanteo de ejes comúnmente denominado el proceso de cimbrado, utilizando pigmentos minerales en la capa de concreto de limpieza que se aplicó en el terreno, posteriormente a la demarcación se coloca una malla de acero cuadrículada de diámetro  $\frac{1}{2}$  pulgada, con cuadrícula de 0.2 metros en ambos sentidos la cual será el refuerzo de la denominada torta inferior de la losa de cimentación, esta malla se colocaba sobre panelas de concreto para garantizar el recubrimiento respecto al suelo ceñidos al plano de cimentación. (ver figura N° 8).

### 8.1.2.2. VIGAS Y VIGUETAS DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN

Las vigas y viguetas de la losa de cimentación diseñadas para este proyecto constan de las siguientes dimensiones:

**Vigas en sentido numeral:** (ver figura N° 9):

- Altura: 0.9 metros.
- Ancho de 0.6 metros.

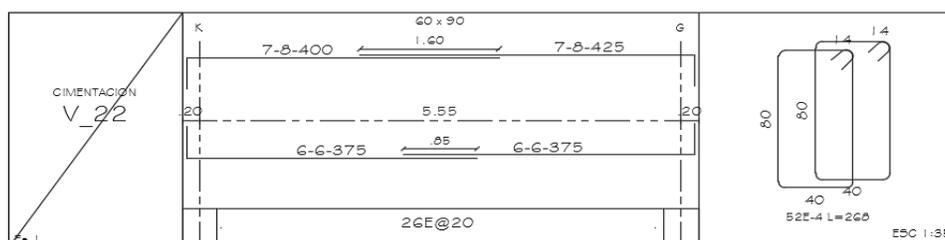
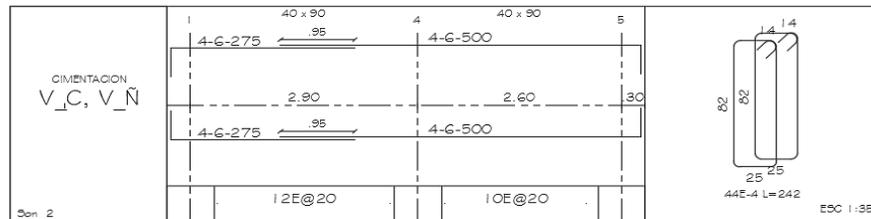


Figura N° 9: Despiece de viga de cimentación sentido numeral.

**Vigas en sentido alfabético (ver figura N° 10):**

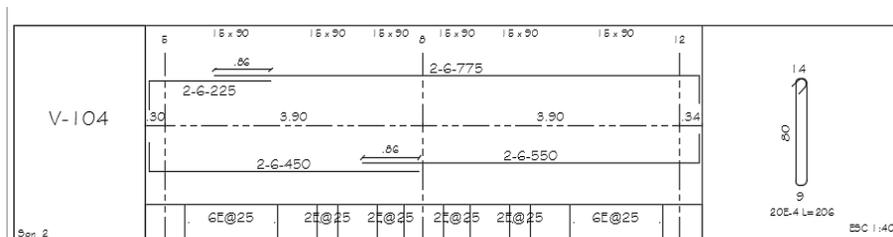
- Altura: 0.9 metros.
- Ancho de 0.4 metros.



*Figura N° 10: Despiece de viga de cimentación sentido alfabético.*

**Viguetas en sentido numeral y alfabético (ver figura N° 11):**

- Altura: 0.9 metros.
- Ancho de 0.15 metros.



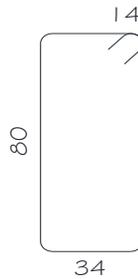
*Figura N° 11: Despiece de viga de cimentación sentido numeral y alfabético.*

**Estribos y su separación en las vigas**

Según el diseño estructural se tienen tres tipos de estribos en acero de ½ pulgada y separaciones variables las cuales se detallan en el plano de despiece para cada viga.

**Estribos para vigas tipo 1:** (ver figura N° 12):

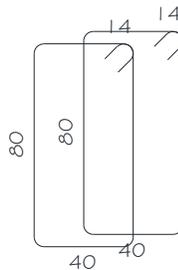
- Altura: 0.8 metros.
- Ancho de 0.34 metros.
- Gancho: 0.14 metros.



*Figura N° 12: Estribo para vigas tipo 1.*

**Estribos para vigas tipo 2:** (ver figura N° 13):

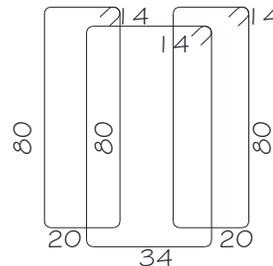
- Altura: 0.8 metros.
- Ancho de 0.40 metros.
- Gancho: 0.14 metros.
- Cantidad: 2 Unidades



*Figura N° 13: Estribo para vigas tipo 2.*

**Estribos para vigas tipo 3: (ver figura N° 14):**

- Altura: 0.8 metros.
  - Ancho de 0.34 metros.
  - Gancho: 0.14 metros.
  - Cantidad: 1 Unidad
- Altura: 0.8 metros.
  - Ancho de 0.20 metros.
  - Gancho: 0.14 metros.
  - Cantidad: 2 Unidades



*Figura N° 14: Estribo para vigas tipo 3.*

**8.1.2.3. ACTIVIDADES DE VIGILANCIA Y CONTROL EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.**

En este proceso se realizó la revisión de las vigas y viguetas de la losa de cimentación para cumplir con lo diseñado en actividades como:

- **Localización:** se verificó la ubicación de las vigas y viguetas con respecto a los ejes cimbrados y al plano de cimentación. (Ver figura N°8 plano de cimentación)
- **Cuantía de acero y diámetro:** se comprobó que el número de barras y sus diámetros según lo establecido en los planos de despiece de vigas y viguetas fuera el correcto. (Ver figuras N°9, N°10 y N° 11)

- **Cuantía, separación y diámetro de estribos:** en este ítem se chequeó el número de estribos y la separación, como se indican en el plano de despiece de vigas y viguetas. (Ver figuras N°9, N°10, N°11, N°12, N°13 y N°14).

### 8.1.3. ANCLAJE DE LOS ELEMENTOS DE BORDE EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN

Los muros estructurales que se construyeron en el periodo de pasantía del proyecto están conformados por elementos de borde y mallas como refuerzo, y por concreto el cual varia su resistencia a la compresión inversamente a la altura de la torre.

Los elementos de borde son el refuerzo en acero que llevan los muros en sus extremos o en ocasiones en la totalidad de la pantalla, estos elementos de borde llevan estribos y son muy similares en su forma al refuerzo que llevan las columnas en un sistema porticado. (Ver figura N°15)



Figura N° 15: Elementos de borde

Los elementos de borde fueron anclados en la losa de cimentación con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los elementos estructurales que conforman la torre.

Por este motivo el refuerzo longitudinal de los elementos de borde se colocó posterior al amarre de las vigas y anterior al proceso de fundición de la losa de cimentación; después de la fundición de la losa de cimentación, se colocaron los estribos de los elementos de borde. Los elementos de borde se indican en el plano de elementos de borde. (Ver figura N°16 y N°17).

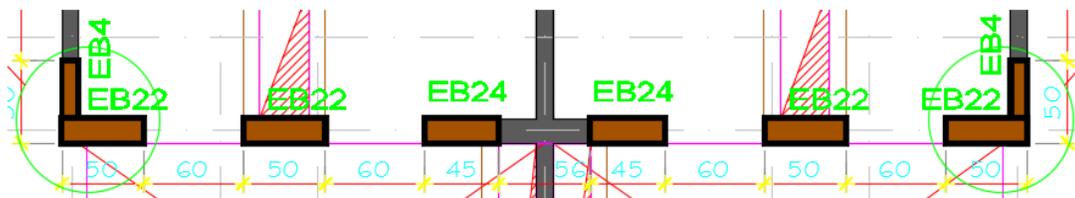


*Figura N° 16: Proceso de anclaje de Elementos de Borde en la losa de cimentación.*



*Figura N° 17: Proceso de fundición de la losa de cimentación garantizando el anclaje de los Elementos de Borde.*

La posición de los elementos de borde se ciñó con lo definido en el plano de elementos de borde aportado por el diseñador. (Ver figura N°18 y N°19).



*Figura N° 18: Elementos de borde (color naranja) en una sección del apartamento.*

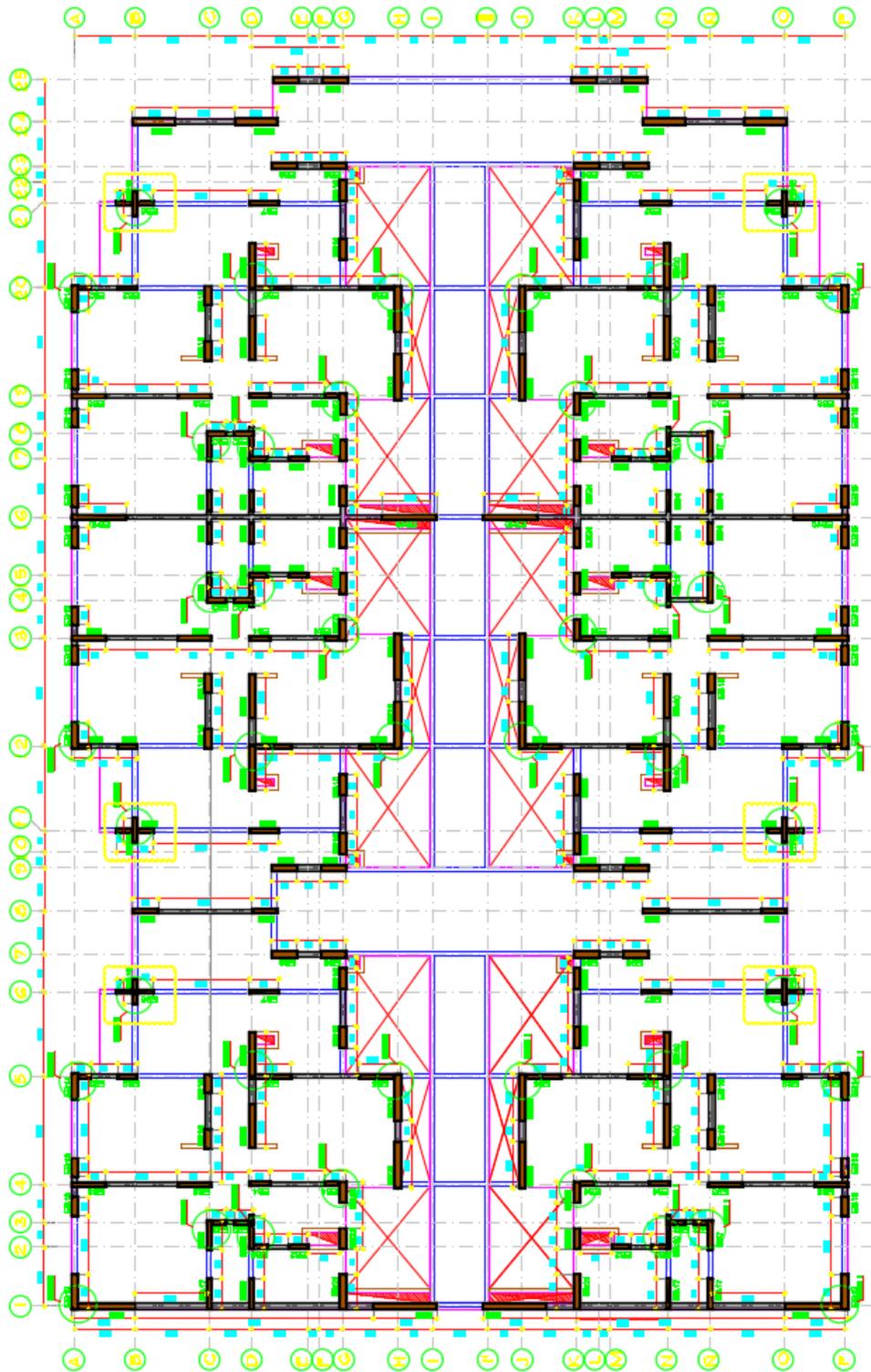
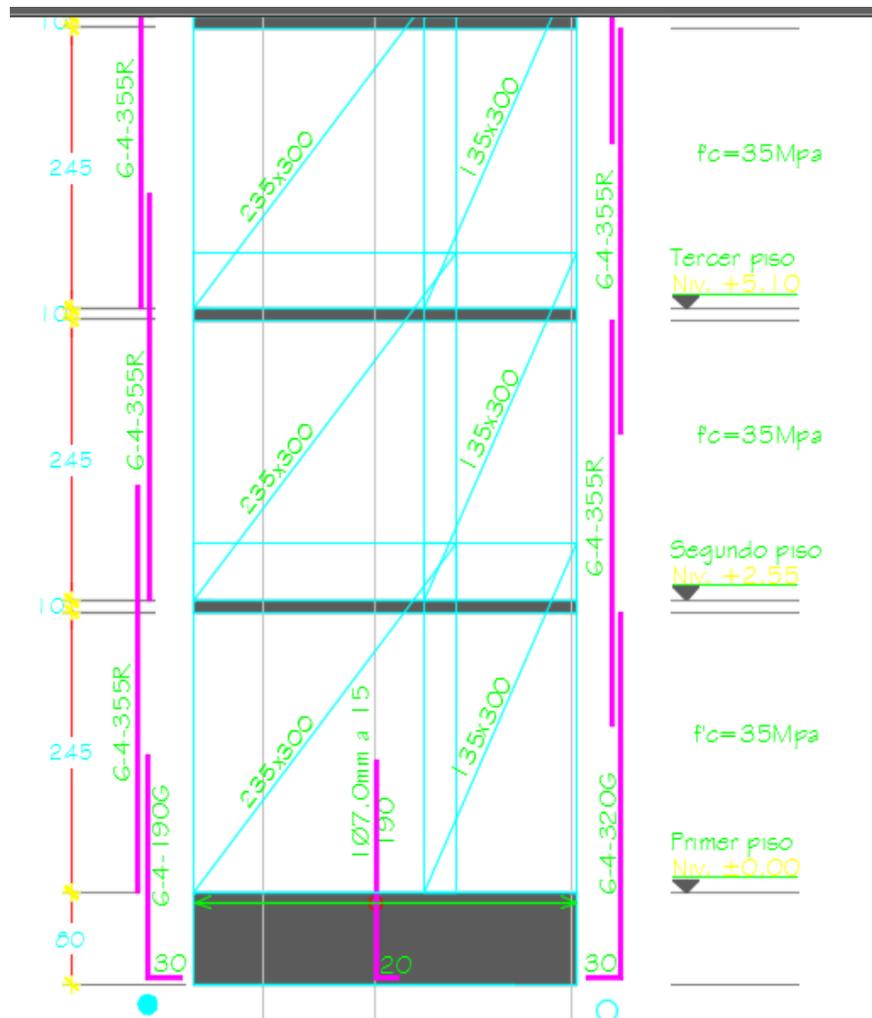


Figura N° 19: Planta de los Elementos de borde (color naranja).

En los planos conocidos como alzadas, definidos por el diseñador se indica la cuantía de acero, en las alzadas se define la cantidad de barras, el diámetro que lleva cada barra que compone el elemento de borde, además se indica la longitud de las barras y sus respectivas posiciones con respecto a los niveles de la losa para garantizar los traslapos requeridos.



### MURO EJE 8 (Son 2)

Figura N° 20: Alzada de muro eje 8 desde cimentación hasta tercer piso.

### 8.1.3.1. ACTIVIDADES DE VIGILANCIA Y CONTROL EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ELEMENTOS DE BORDE ANCLADOS EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN.

Las actividades desarrolladas en esta parte fueron las siguientes:

- **Localización elementos de borde:** para este proceso se revisa la correcta ubicación del primer estribo o estribo guía, el cual se coloca gracias a las medidas con referencia a los ejes demarcados previamente y ceñido a los planos.
- **Cuantía de acero y diámetro:** se verificaba el número correcto de barras de cada elemento de borde, además de su correcto diámetro como lo define el plano de alzadas.
- **Ubicación correcta de las barras:** los planos de alzadas definen los traslapos requeridos para cada barra los cuales fueron verificados en el proceso constructivo.
- **Revisión arranques de malla:** se verificó la separación y el correcto lugar de colocación de los arranques de malla (ver figura N° 21).



*Figura N° 21: Arranque de mallas anclados en la losa de cimentación.*

#### 8.1.4. FUNDICIÓN DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN

Para realizar la fundición de la losa de cimentación se realizaron controles en la calidad de los materiales utilizados en la preparación del concreto en la planta mezcladora de concreto (Ver figuras N° 22 y N° 23) y en el mismo proceso de fundición. (ver figura N° 24).



Figura N° 22: Planta mezcladora de concreto de la obra.



*Figura N° 23: Tablero de control de la planta mezcladora de concreto de la obra.*



*Figura N° 24: Proceso de fundición de la losa de cimentación.*

#### **8.1.4.1. FUNDICIÓN DE TORTA O LOSA INFERIOR DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN**

Después de haberse verificado que las vigas y viguetas tuvieran las dimensiones indicadas, que las cuantías de acero cumplieran con el diseño estructural y que quedaran en la posición correcta con respecto a los ejes, así como la de los arranques de los elementos de borde y de mallas, se hizo el proceso de fundición de losa o torta inferior con concreto de 21 Mpa (3000 psi) la cual tuvo un espesor de 15 centímetros. (Ver figura N° 25).



*Figura N° 25: Losa o torta inferior de la losa de cimentación.*

#### **8.1.4.2. INSTALACIÓN DE LA RED SANITARIA DEL PRIMER PISO**

Posterior a la fundición de la losa o torta inferior se realizó la instalación de la red sanitaria del primer piso, ya que el primer piso tiene red sanitaria independiente, para que, en caso de un mal funcionamiento de la red sanitaria, no sea el primer piso el más afectado.

La red sanitaria se colocó de tal manera que no ocupara espacios de las vigas o viguetas de la losa de cimentación, pero sí por espacios ocupados por casetones, los cuales deberán ser cortados y reparados para permitir el paso de la tubería sin tener desperdicio de concreto en el proceso de fundición de la losa o torta superior de la losa de cimentación. (Ver figura N°26)



Figura N° 26: Paso de tubería sanitaria por casetones.

### 8.1.4.3. INSTALACIÓN DE CASETONES Y TUBERÍA PARA REDES ELÉCTRICAS Y DE TELECOMUNICACIONES EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN.

Posterior a la fundición de la losa inferior e instalada la red sanitaria para el primer piso, se colocaron los casetones de madera (esterilla de guadua) siguiendo el plano de cimentación aportado por el diseñador (Ver figura N° 27).

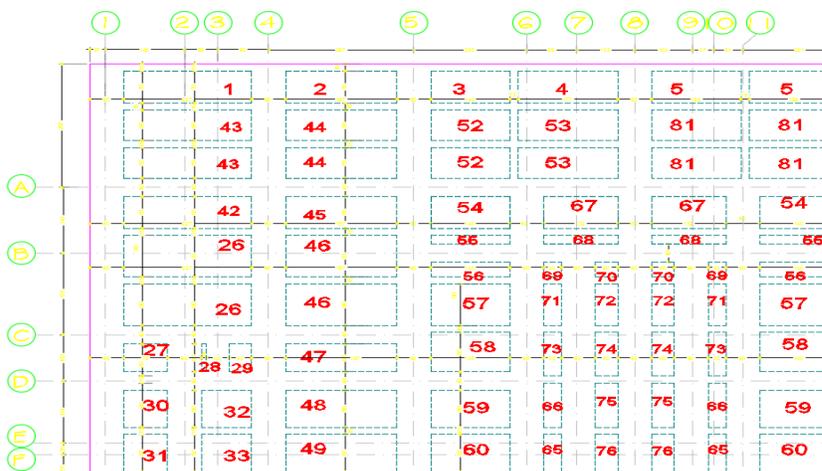


Figura N° 27: Distribución de casetones acercamiento para un apartamento.

Colocados los casetones se hizo la instalación de la tubería de PVC tipo conduit de  $\frac{1}{2}$ " para redes eléctrica que alimentarán los tomacorrientes, plafones e interruptores y tubería PVC tipo conduit de  $\frac{3}{4}$ " para redes de telecomunicación como red de telefonía, televisión, internet y citófono del apartamento, cumpliendo con el diseño eléctrico, (Ver figura N° 28).



*Figura N° 28: Instalación de tubería para redes eléctricas y de telecomunicaciones.*

#### **8.1.4.4. INSTALACIÓN DE MALLA COMO REFUERZO PARA LA TORTA SUPERIOR DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN**

Concluida la instalación de la red de tubería PVC conduit para las redes eléctricas y de telecomunicaciones, se extenderá una malla cuadriculada electro soldada de calibre 8 milímetros (ver figuras N°28 y N° 29); debido a que la malla se cortó en muchos casos para

atravesar los elementos de borde por facilidad constructiva se realizó el debido traslazo en los lugares a los que se les realizó el corte.



*Figura N° 29: Malla electro soldada calibre 8 mm para torta superior de losa de cimentación.*

#### **8.1.4.5. FUNDICIÓN DE VIGAS, VIGUETAS Y LOSA SUPERIOR DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN.**

Posterior a la puesta en sitio de la malla electro soldada para la losa superior de la losa de cimentación, se realizó la fundición de vigas, viguetas y de la torta superior, con concreto de resistencia a la compresión de 21 mega pascales (3000 psi) con aditivo viscocrete de sika para fluidificar. Se realizó vibrado con el vibrador de 22 mm, debido a que la densidad de acero en algunos sectores no permitió el fácil paso del concreto (Ver figura N° 30).



*Figura N° 30: Fundición de la torta superior de losa de cimentación.*

## 8.2 CAPITULO 2: CONSTRUCCIÓN DEL PISO 1 DE LA TORRE D

Terminada la construcción de la losa de cimentación, se da inicio a la fundición de la estructura del primer piso de la torre D (Ver figura N° 31), piso que cuenta con 6 apartamentos y el pasillo del segundo piso de la torre, cabe aclarar que las escaleras y los ascensores están en otra torre denominada Punto Fijo la cual da acceso a las torres C y D.



Figura N° 31: Estructura del piso 1 de la Torre D.

### 8.2.1. AMARRE DE LOS ELEMENTOS DE BORDE

En la construcción de la losa de cimentación se colocaron los arranques de elementos de borde los cuales hacen parte del refuerzo del primer piso, adicionalmente se colocó el acero faltante del primer piso para cumplir con la cuantía de acero del primer piso y que servirá como arranques para los apartamentos del segundo piso y se colocaran los estribos de los elementos de borde (Ver figura N° 32).



*Figura N° 32: Amarre de aceros de los elementos de borde del primer piso de la torre.*

El amarre de los elementos de borde se realizó de acuerdo al diseño plasmado en el plano conocido como alzadas (Ver figura N°33), las barras de acero que se colocaran tienen una longitud de 3.55 metros y se deberán traslapar a las barras que están ancladas en la losa de cimentación.

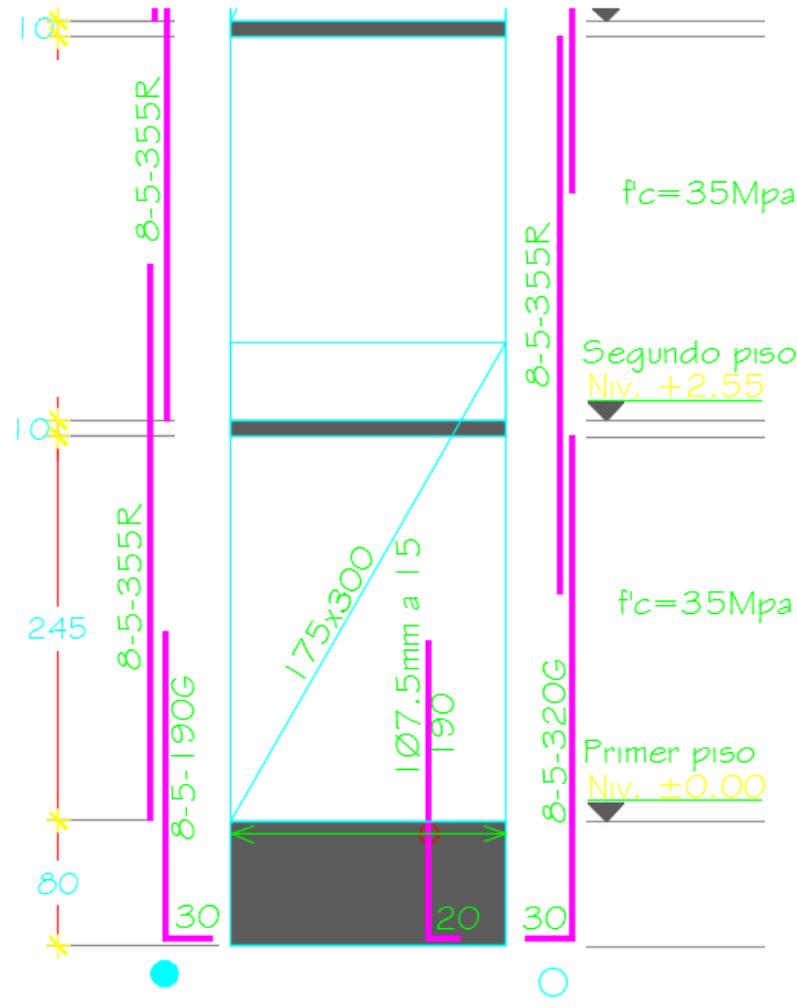


Figura N° 33: Acercamiento del plano de alzadas de un muro del primer piso de la torre D.

Los traslapes de las barras cortas y largas se colocaron de la siguiente forma:

- A cada barra corta, se le traslapó una barra de 3.55 metros cumpliendo un traslapo de 1.1 metros Que es la misma longitud la cual sobresale la barra de la losa de cimentación.
- A cada barra larga, se le traslapó una barra de 3.55 metros cumpliendo con un traslapo de 1 metro.

## 8.2.2. AMARRE DE LOS ESTRIBOS EN LOS ELEMENTOS DE BORDE

Después de haber colocado las barras longitudinales en su posición, se procedió con el amarre de estribos en los elementos de borde, el número de estribos a que se colocaron en cada elemento de borde fue de 19 estribos siguiendo las separaciones indicadas en el plano de alzadas (ver figura N°34 Y N°35), dependiendo del tamaño del elemento de borde se colocaron ganchos con la posición de acuerdo al diseño de cada elemento de borde ya que se tuvieron 24 tipos de elementos para el primer piso (ver figura N°36).

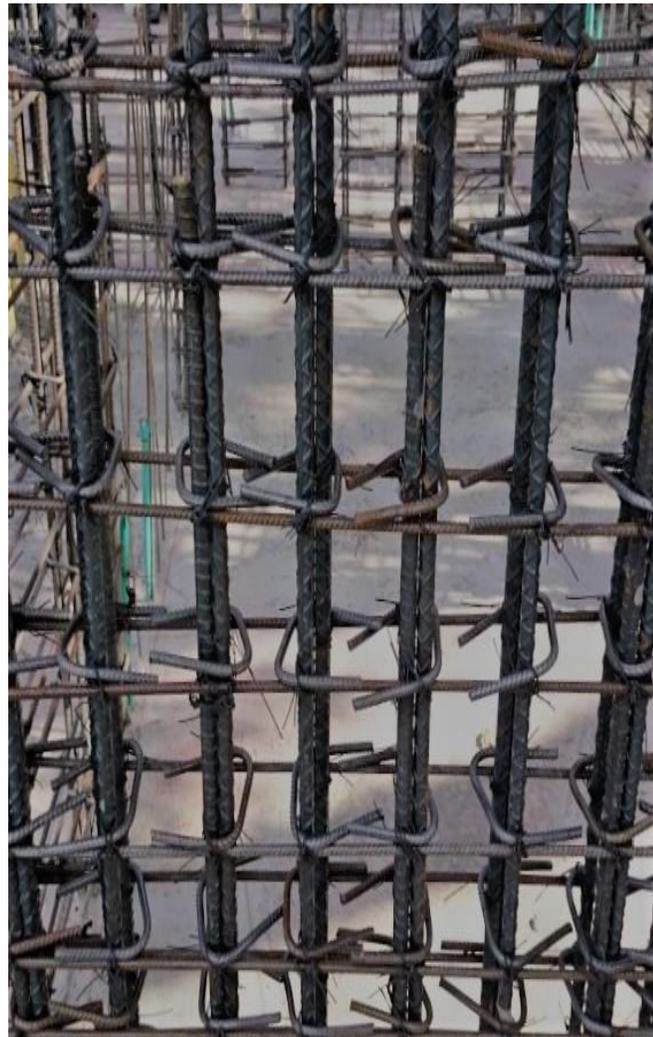
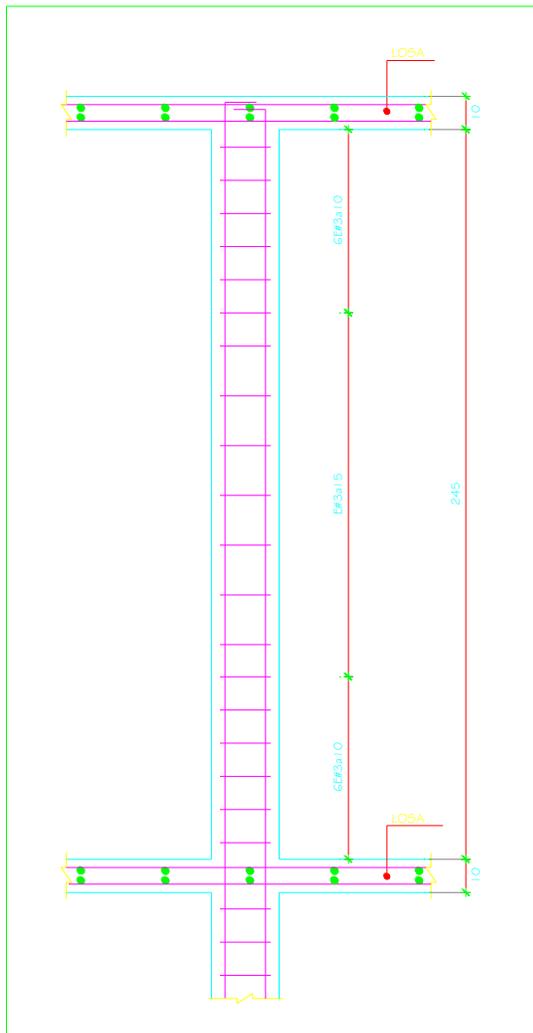


Figura N° 34: Detalle de la distribución de estribos.

Figura N° 35: Estribos en el elemento de borde.

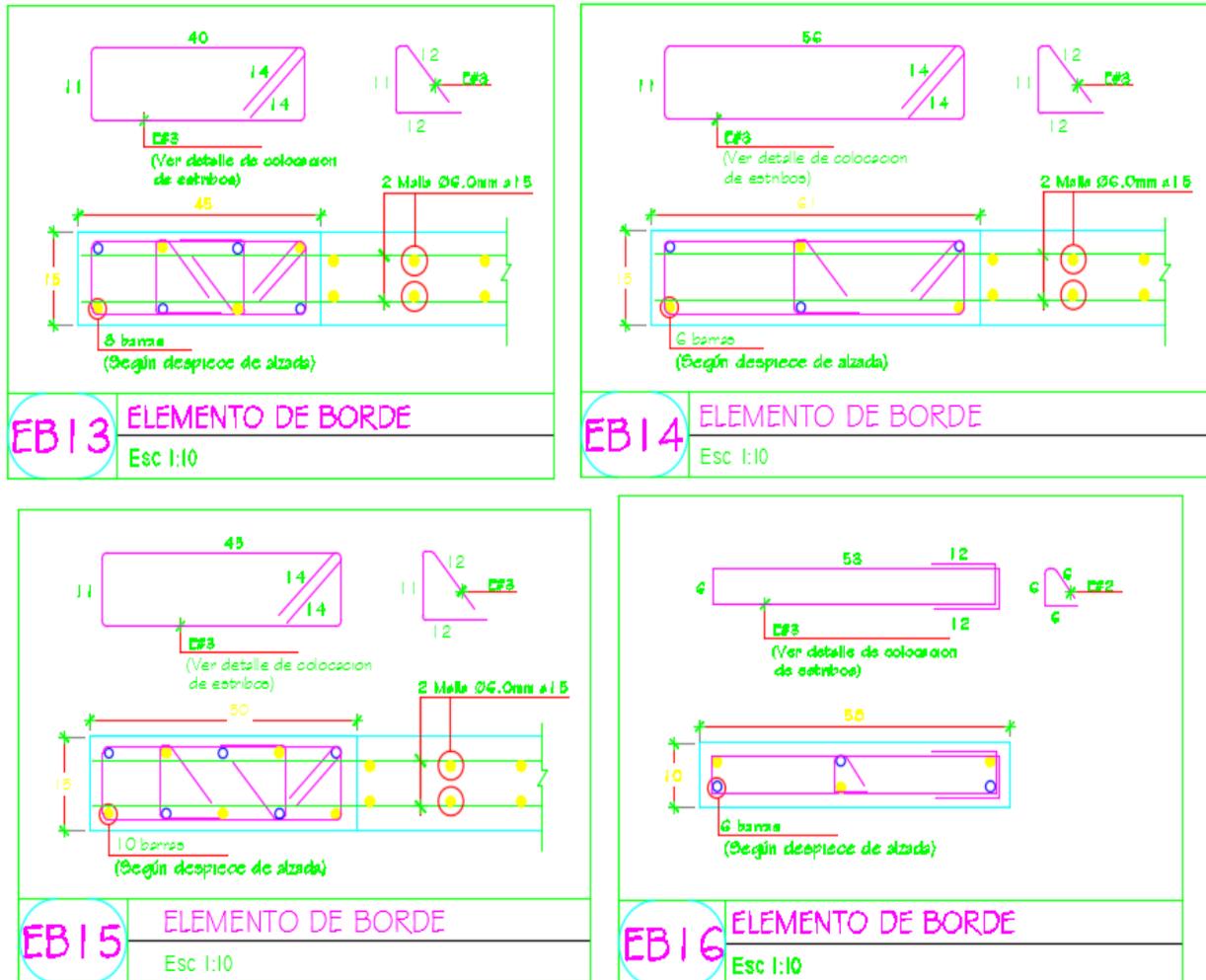


Figura N° 36: Detalle de distribución de ganchos y dimensioe de estribos.

### 8.2.3. AMARRE DE ACEROS PARA DINTELES Y MUROS.

La viga dintel permite crear vanos en los muros para la construcción de espacios en los muros que serán ocupados por puertas y ventanas, las vigas dintel se refuerzan con acero de acuerdo al diseño del despiece y se deberán amarrar antes de la fundición del apartamento. (Ver figuras N°37 y N°38)



Figura N° 37: Proceso de amarre de aceros para dintel 1.



Figura N° 38: Proceso de amarre de aceros para dintel 2.

El acero de refuerzo de los muros o pantallas están conformadas por los elementos de borde y malla cuadrada electro soldada con extensiones a los lados conocidos en obra como “pelos” (ver figura N°39) los cuales se colocaron entre los elementos de borde, esta malla se amarró en la ubicación especificada en el plano de alzadas y con el diámetro igualmente especificado en este plano.



*Figura N° 39: Malla electro soldada de muros o pantallas con pelos.*

#### 8.2.4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS, DE TELECOMUNICACIONES, SANITARIAS E HIDRÁULICAS.

Con el apartamento listo en amarre de la cuantía de acero especificada para elementos de borde y muros, se realizó la instalación de la red eléctrica en muros y en la losa de entrepiso con tubería en PVC tipo conduit de color verde, de telecomunicaciones en muros y en la losa en entrepiso también con tubería en PVC tipo conduit de color verde (ver figura N°40).



*Figura N° 40: Instalación de red eléctrica en losa de entrepiso.*

La red eléctrica y de telecomunicaciones se realizaron los empalmes con las tuberías que se instalaron o que quedaron ancladas en la losa de cimentación y se prolongarán hasta los puntos de disposición como tomas eléctricas o cajas de televisión y teléfono, en cada punto se dejará instalada la caja correspondiente (ver figura N°41).



*Figura N° 41: Red eléctrica empalmada con red anclada en la cimentación.*

La red eléctrica también contempla la instalación de red de iluminación, para lo que se debe instalar tubería que permita comunicar los interruptores con los plafones de la losa superior (Ver figura N°42).



*Figura N° 42: Red eléctrica para punto de interruptor en muro.*

Para la red hidráulica construida con tubería en PVC presión de color blanco para agua fría y en tubería CPVC presión de color blanco para agua caliente (Ver figura N° 43), se dejaron los llamados en obra puntos hidráulicos los cuales están previamente diseñadas sus posiciones en los planos de redes.



*Figura N° 43: Puntos hidráulicos en muros.*

La red sanitaria se construye con segmentos de tubería en PVC de color amarillo llamados en obra como pases sanitarios en la losa de entrepiso para que quede la abertura que luego será ocupada por la red definitiva (Ver figuras N°44 y N°45).



*Figura N° 44: Tubería para pases sanitarios en losa.*



*Figura N° 45: Pases sanitarios en losa.*

### 8.2.5. INSTALACIÓN FORMALETA EN ALUMINIO TIPO FORSA PARA CADA APARTAMENTO.

El sistema de construcción industrializado, es un sistema de construcción sencillo, modular, rápido y muy rentable con el que se logran estructuras sismo resistentes en concreto de alta calidad y durabilidad; permitiendo que en el mismo día se puede armar el encofrado y realizar el proceso de fundición de cada apartamento (Ver figura N° 46).

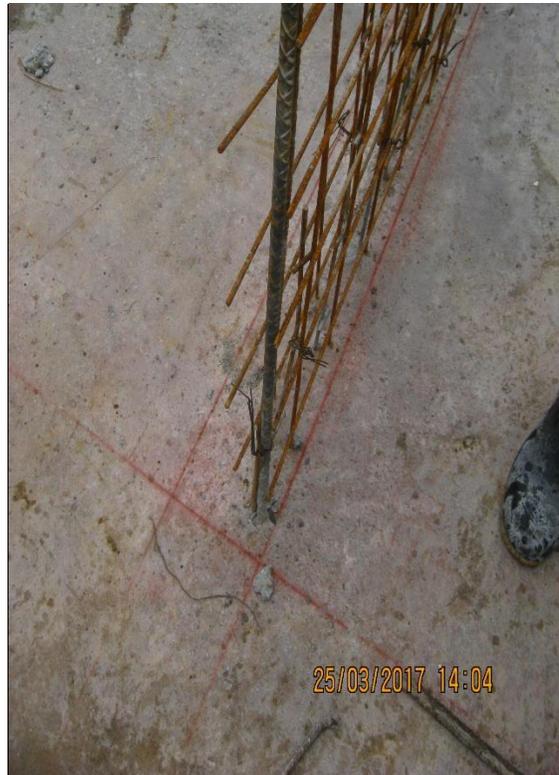
Encofrado en aluminio FORSA ALUM es más rápido que cualquier otro sistema porque es liviano, fácil armar y desarmar y de transportar manualmente de un piso a otro sin necesidad de utilizar grúas.

Cada equipo de formaletas puede ser utilizada entre 1.500 y 2.000 veces en unidades de vivienda, dependiendo del uso y cuidado tales como el uso de desmoldantes que permitan su fácil retiro después del proceso de endurecimiento del concreto.



Figura N° 46: Proceso de armado del encofrado de un apartamento del primer piso de la torre.

Antes de poner las formaletas tipo FORSA en los muros se realizó el proceso de cimbrado con pigmentos minerales siguiendo los planos de distribución de muros de cada piso para garantizar que los muros queden en su posición correcta respecto a los ejes de la estructura (Ver figura N° 47).



*Figura N° 47: Cimbrado para la colocación de formaletas tipo Forsa*

La formaleta en aluminio tipo Forsa se coloca en ambas caras del muro y son separadas por dilatadores en acero llamados comúnmente corbatas aseguradas con pines y cuñas en acero (Ver figuras N° 48 y N° 49) debido a su forma, estas corbatas actúan como dilatadores sujetadores al mismo tiempo, las cuales no permiten que el muro varíe en su espesor ni aumentándolo debido a los esfuerzos provocados por el vaciado del concreto ni disminuyéndolo debido a los esfuerzos provocados por el apuntalamiento que se le aplican a la formaleta para garantizar su verticalidad o plomo como se le chequeó en obra a cada muro de cada apartamento (Ver figura N° 50).

En el proyecto se utilizaron corbatas que garantizaron espesores de 10 y 15 centímetros según lo necesitara la estructura.



*Figura N° 48: Proceso de colocado de corbatas en la formaleta.*



*Figura N° 49: Pin y cuña en acero utilizadas para asegurar las corbatas.*



*Figura N° 50: Plomada utilizada para garantizar la verticalidad de los muros.*

Luego de haber realizado la colocación de la formaleta de muros y losa se puso el refuerzo de losa conformado por dos mallas electro soldadas una inferior y otra superior y las redes eléctricas, de telecomunicaciones y pases sanitarios como se describió en capítulos anteriores. Fue de gran importancia verificar que las mallas inferior y superior estuvieran separadas adecuadamente utilizando los separadores adecuados (Ver figura N° 51).



*Figura N° 51: Separadores de malla de losa.*



*Figura N° 52: Apartamento encofrado listo para ser fundido.*

### **8.2.6. FUNDICIÓN POR APARTAMENTO.**

Verificado el plomo de la formaleta, chequeado que los puntos eléctricos y pases sanitarios estén en su lugar se libera el apartamento para ser fundido.

Los muros se fundieron con concreto de resistencia de 35 mega pascales (5000 psi) por ser primer piso con aditivo viscocret de Sika para fluidificar la mezcla con el fin de no sufrir atascamientos de mezcla en la tubería que conduce el concreto desde la planta de mezclado de la obra hasta el apartamento que se funde y plastocreto HE 169 como acelerante lo que permitía desencofrar al día siguiente de la fundición.

El agregado utilizado fue de tamaño  $\frac{1}{2}$  pulgada, lo que permitió un fácil paso de la mezcla en las pantallas que tenían alta densidad de acero.

El cemento que se utilizó fue cemento estructural Argos de silo el cual está en la planta de mezclado de la obra.

El proceso de fundición de cada apartamento, se desarrolló de manera progresiva, y en tipo caracol con el fin de no sobrecargar un solo lado de la formaleta y que provocara desplome en los muros (Ver Figura N° 53).



*Figura N° 53: Fundición de apartamento.*

Se usó un vibrador con punta de aguja de diámetro 22mm, lo que permitió la entrada a las pantallas y proporcionar un buen vibrado para evitar la presencia de hormigueros sin segregar el material (Ver figura N° 54).



*Figura N° 54: Proceso de vibrado en el momento de fundición.*

En el momento de fundición, se golpeó la formaleta con un martillo de goma a éste proceso se le llama en obra como proceso de “chipoteo” el cual mediante el sonido que emitía ese golpe permitió saber si la pantalla estaba completamente llena o faltaba por agregarse concreto (Ver figura N° 55).



*Figura N° 55: Proceso de “chipoteado” en el momento de fundición.*

La losa de entrepiso se fundió con concreto de resistencia 21 mega pascales (3000 psi) con aditivo viscocrete de Sika para fluidificar la mezcla lo que permitió la conducción del concreto por la tubería desde la planta de mezclado hasta el apartamento que se fundió y plastocreto HE 169 como acelerante que permitió desencofrar al día siguiente de la fundición (Ver figura N° 56)



*Figura N° 56: Fundición de losa de entrepiso.*

### **8.2.7. CONTROL DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO.**

Para el proceso de preparación del concreto en conjunto con la geotecnóloga de la obra se realizó un previo estudio de los materiales a utilizar como lo son el agregado grueso un triturado de tamaño máximo nominal 1/2", agregado fino, arena de puerto y cemento tipo estructural Argos.

Los aditivos que se usaron para la producción del concreto son los que a continuación se describen:

- **Sika Viscocret PC2100-D (Superplastificante – Fluidez a la mezcla).**



**Sika Viscocrete® PC2100-D**

**Descripción del producto:**

- ▶ Aditivo líquido reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño de tercera generación para concretos. No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017 Tipo I.

**Ventajas:**

- ▶ Concretos con una gran reducción de agua.
- ▶ Concretos de alto desempeño.
- ▶ Concretos de altas resistencias.
- ▶ La importante reducción de agua unida a su elevada fluidez da lugar a concretos de muy alto desempeño.

**Presentación:**

- ▶ 1.10 y 220 Kilos.
- ▶ 1.00 y 200 Litros.

**Rendimiento:**

- ▶ 4.50 a 14.00 ml / kg de cemento.

Figura N° 57: Ficha técnica Sika Viscocrete PC2100-D.

- **Plastocreto HE 169 (como acelerante).**

## HOJA TECNICA DE PRODUCTO

### Plastocrete®169 HE

PLASTIFICANTE - ACELERANTE

<b>DESCRIPCION</b>	<b>Plastocrete 169 HE</b> es un aditivo líquido color ámbar oscuro, que permite reducir el agua de amasado y acelera las resistencias iniciales y finales del concreto, modificando levemente el tiempo de fraguado.
<b>USOS</b>	<b>Plastocrete 169 HE</b> se debe usar cuando se desee: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar resistencias a temprana edad.</li> <li>• Mayor ganancia de resistencias en clima frío.</li> <li>• Disminuir el contenido de cemento sin perder resistencia inicial.</li> <li>• Aumentar la manejabilidad de la mezcla.</li> <li>• Reducir el agua de amasado sin perder manejabilidad.</li> <li>• Elaborar concreto para sistema de construcción industrializada tipo Outinord o Contech.</li> </ul>

Figura N° 58: Hoja técnica Plastocrete 169 HE.

Preparado el concreto para cada apartamento, se garantizó que el asentamiento obtenido con la prueba del cono Slump sea el mismo asentamiento de diseño, con esta prueba se pudo garantizar la relación agua cemento para que no afectara la resistencia a la compresión del concreto por exceso de agua y evitar tener problemas en la conducción del concreto desde la planta mezcladora hasta el sitio de fundición por tener una mezcla muy seca. (Ver figura N° 59).



*Figura N° 59: Prueba de asentamiento con el cono Slump.*

Por cada apartamento fundido se tomaron 12 muestras (Ver figura N° 60), las muestras son fabricadas, almacenadas y ensayadas siguiendo los respectivos lineamientos de la norma.



*Figura N° 60: Muestras de fundición de apartamento.*

Los cilindros fueron ensayados en obra con una prensa a la cual se le hace un control de calibración periódicamente para no tener resultados erróneos (Ver figura N° 61); las edades de ensayo son las siguientes:

- 3 muestras a los 7 días, esperando el 70% de resistencia a la compresión.
- 3 muestras a los 14 días, para una resistencia del 80%.
- 3 muestras a los 28, para obtener el 100% de la resistencia.
- 3 muestras para testigos, en caso de no cumplir con la resistencia a los 28 días.



Figura N° 61: Prensa para ensayar cilindros a compresión.

Los resultados de resistencia de cada cilindro fueron ingresados y procesados en una hoja de cálculo la cual arrojaba como resultado la resistencia en promedio de cada terna de cilindros ensayados por fecha y así realizar los controles o correctivos pertinentes ante cualquier inconsistencia en los resultados que se obtuvieron. (Ver figura N° 62).

5	Muestra	# Cilindros	F'c (28 d) Mpa	Fecha Fundición	Resistencia 7 días (Mpa)					Resistencia 14 días (Mpa)					Resistencia 28 días (Mpa)							
					FECHA	X <sub>r</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>z</sub>	R	%	FECHA	X <sub>r</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>z</sub>	R	%	FECHA	X <sub>r</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>z</sub>	R	%
6																						
407	636	12	21	23/11/2016	30/11/2016	18,29	17,86	18,43	18,19	87%	7/12/2016	22,52	22,59	23,31	22,81	109%	21/12/2016	26,56	25,52	27,42	26,50	126%
408	637	12	21	24/11/2016	1/12/2016	26,25	25,48	24,93	25,55	122%	8/12/2016	33,23	32,14	33,36	32,91	157%	22/12/2016	31,39	32,75	35,60	33,25	158%
409	638	12	21	24/11/2016	1/12/2016	15,73	15,28	17,27	16,09	77%	8/12/2016	20,34	22,47	21,53	21,45	102%	22/12/2016	22,82	27,74	24,10	24,89	119%
410	639	12	21	25/11/2016	2/12/2016	14,71	16,30	16,54	15,85	75%	9/12/2016	20,99	22,05	20,39	21,14	101%	23/12/2016	24,09	25,62	25,85	25,19	120%
411	640	12	21	26/11/2016	3/12/2016	19,04	18,69	19,28	19,00	90%	10/12/2016	24,57	24,59	24,36	24,51	117%	24/12/2016	26,11	23,40	28,50	26,00	124%
412	641	12	21	28/11/2016	5/12/2016	15,49	15,60	16,13	15,74	75%	12/12/2016	20,85	18,49	19,47	19,60	93%	26/12/2016	24,54	24,91	24,64	24,70	118%
413	642	12	21	28/11/2016	6/12/2016	14,48	13,00	15,86	14,45	69%	13/12/2016	18,88	17,95	17,87	18,23	87%	27/12/2016	21,54	20,48		21,01	100%
414	643	12	21	1/12/2016	8/12/2016	18,22	20,21	18,96	19,13	91%	15/12/2016	25,26	24,72	23,24	24,41	116%	29/12/2016	26,05	28,69	27,17	27,30	130%
415	644	12	21	2/12/2016	9/12/2016	34,85	35,18	36,18	35,40	169%	16/12/2016	42,29	41,31		41,80	199%	30/12/2016	48,45	47,97	48,97	48,46	231%
416	645	12	21	3/12/2016	10/12/2016	18,15	19,53	19,07	18,92	90%	17/12/2016	25,63	23,72	24,92	24,76	118%	31/12/2016					
417	646	12	21	5/12/2016	12/12/2016	22,44	21,06	22,29	21,93	104%	19/12/2016	28,65	28,27	28,37	28,43	135%	2/01/2017	33,02	33,48	35,33	33,94	162%
418	647	12	28	6/12/2016	13/12/2016	18,44	19,10	20,32	19,29	69%	20/12/2016	25,47	21,48	23,77	23,57	84%	3/01/2017	29,61	29,80	27,09	28,83	103%

Figura N° 62: Sección de la hoja de cálculo para llevar el control de los cilindros de concreto.

### 8.2.8. ERRORES DE FUNDICIÓN Y SU SOLUCIÓN.

Debido principalmente a problemas de mano de obra en el proceso de fundición se presentaron algunos malos resultados en ciertas pantallas donde quedaron con vacíos o con el refuerzo a la vista. (Ver figuras N° 63 y N° 64).



*Figura N° 63: Error en fundición de concreto 1.*



*Figura N° 64: Error en fundición de concreto 2.*

Los errores se solucionaron colocando nuevamente la formaleta y fundiendo concreto de 35 Mega pascales (5000 psi) utilizando el aditivo Sikadur 32 para garantizar la perfecta adherencia entre el concreto fresco y el concreto endurecido para así no afectar el desempeño estructural del muro. (Ver figuras N° 65 y N° 66).



*Figura N° 65: Puesta de formaleta para reparar error de fundición.*



*Figura N° 66: Muro después de su segunda fundición listo para ser resanado.*

Para casos donde los agujeros eran pequeños comúnmente llamados hormigueros y no se requería el uso de formaleta bastó con aplicar un mortero de resane y aditivo mortero Sikagrout 212 que garantizó la perfecta pega entre concretos fresco y endurecido. (Ver figuras N° 67 y N° 68)



*Figura N° 67: Preparación del mortero para resane de hormigueros.*



*Figura N° 68: Resane de hormigueros.*



## 9. CONCLUSIONES

En una obra es de suma importancia, el utilizar elementos de protección personal para proteger la integridad de todo nuestro equipo de trabajo. Por ende, es nuestro deber promover el uso de los mismos.

Las actividades que se realizaron en la pasantía fueron de supervisión y revisión del proceso constructivo, lo que permitió el cumplimiento de los parámetros de calidad y la disminución de los errores en obra.

Es fundamental supervisar y brindar acompañamiento a nuestro personal de trabajo para que las labores y tareas establecidas en el proceso de planeación se cumplan según las fechas programadas.

Es primordial la buena comunicación entre todos los departamentos de la constructora, ya que se debe solicitar los materiales de acuerdo con las necesidades de los contratistas y de la obra, programando su llegada con el departamento de compras, verificando que los materiales cumplan con las normas de calidad establecidas y su empleo o utilización sea el adecuado.

La modalidad de pasantía como trabajo de grado permitió poner en práctica lo aprendido en las aulas y laboratorio de la universidad, proporcionó nuevos conocimientos con respecto al manejo administrativo, de supervisión en obra y abrió las puertas al mercado laboral como ingeniero civil.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Manual de productos sika 2016.
- Página oficial FORSA [www.forsa.com.co](http://www.forsa.com.co)
- Documentación, planos y registro fotográfico proyecto TORRES DE MILANO.