

**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE RESIDENCIA PARA OBRA NEGRA EN  
EL EDIFICIO VERONA.**



**INFORME FINAL  
DE TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA**

**OSCAR JULIÁN MUÑOZ GÓMEZ  
Código: 04102005**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
POPAYÁN  
2016**

**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE RESIDENCIA PARA OBRA NEGRA EN  
EL EDIFICIO VERONA.**



**OSCAR JULIÁN MUÑOZ GÓMEZ**  
**Código: 04102005**

**Director de Trabajo de Grado:**  
**Ing. JULIO CESAR DIAGO FRANCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**  
**POPAYAN**  
**2016**

## INDICE

### Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	5
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	6
4. DESARROLLO DE LA OBRA .....	7
4.1. Pilotaje:.....	7
4.2. Movimiento de tierras para el parqueadero en sótano. ....	9
4.3. Elaboración de filtros en el sótano para evacuación del nivel freático. ....	17
4.4. Armado de refuerzo de vigas de cimentación: .....	21
4.5. Armado de refuerzo de columnas:.....	25
4.6. Armado de refuerzo de losa de cimentación: .....	28
4.7. Armado de refuerzo pantallas sótano: .....	29
4.8. Fundición de losa de cimentación, columnas y pantallas de sótano:.....	32
4.9. Cálculo del encofrado de losa de primer piso: .....	43
4.10. Construcción de la rampa de acceso a parqueadero y losa de primer piso.....	43
4.11. Imprevistos en Obra.....	52
5. CONCLUSIONES.....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad del Cauca brinda la posibilidad de otorgar el título profesional a aquellos estudiantes que cumplan con los requisitos propuestos de formación académica y de trabajo de grado. Para el título de Ingeniero Civil, el Consejo Superior Universitario, con base en el Acuerdo N° 051 de 2001 y el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil en la resolución N° 281 del 10 de junio de 2005, ofrece la posibilidad al estudiante de participar en una empresa, realizando una práctica profesional o Pasantía, como una forma importante para que los estudiantes puedan confrontar y fortalecer los conocimientos adquiridos dentro del pensum académico con los problemas propios del ámbito laboral.

En Colombia y específicamente en la ciudad de Popayán se viene dando en los últimos años un auge en la construcción de apartamentos y viviendas, lo cual representa beneficios en términos del aumento de empleo y crecimiento económico, ocasionando un gran impacto en el desarrollo de la ciudad. Es así que cada día llegan personas de otras partes del Departamento del Cauca y de regiones vecinas a la "Ciudad Blanca" en busca de mejores oportunidades de vida, lo que ha permitido a la ciudad avanzar en el impulso de nuevos proyectos de vivienda de calidad; es por esto importante que la ciudad siga creciendo de una forma ordenada, respetando el medio ambiente, y que de esta forma, ofrezca un alto nivel de vida a sus habitantes.

A continuación se detallan los avances de la obra desde la fecha de mi participación en la obra del edificio Verona, así como las actividades que realicé como ingeniero pasante de la misma. Cabe mencionar que la pasantía con la constructora Garzón Holguín fue una experiencia enriquecedora, por los aprendizajes en el desempeño de un ingeniero residente y por conocer detalladamente cada uno de los procedimientos constructivos utilizados lo cual me permite una experiencia inicial en el mundo de la construcción.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### **Descripción de la empresa:**

La constructora Garzón Holguín, es una empresa de carácter privado dedicada a la construcción y constituida en el año 2007, cuyo representante legal es la ingeniera Elsa Elena Garzón Holguín.

### **Misión:**

El Grupo Constructor G&H es una compañía que contribuye al desarrollo del sur occidente del país, construyendo proyectos de vivienda y comerciales; sustentados en la ética, innovación, agilidad, eficacia y eficiencia de sus procesos técnicos y administrativos; generando beneficios a sus socios, trabajadores y cliente.

### **Visión:**

El Grupo Constructor G&H al contar en su sistema organizacional con profesionales comprometidos con la calidad de sus procesos técnicos y administrativos, será para el año 2015 una compañía reconocida en el sector de la construcción y venta de proyectos de vivienda y comerciales.

### **Política de Calidad:**

El Grupo Constructor G&H tiene como políticas de calidad, construir y vender inmuebles que cumplan los códigos de construcción colombianos, satisfaciendo en su total plenitud las necesidades y exigencias de nuestros clientes.



### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Edificio Verona es un proyecto de apartamentos de lujo que consta de 7 pisos y un sótano como parqueadero y bodega. Los 6 primeros pisos serán de apartamentos y el último piso estará destinado para una sede social, zona húmeda (jacuzzi, sauna, baño turco) y gimnasio. Se trata de una estructura de tipo aporricada con concreto reforzado. Este proyecto se desarrolla en un lote de aproximadamente 915 metros cuadrados ubicado en el barrio Catay, al norte de la ciudad de Popayán, muy cerca al centro comercial Campanario, lo cual lo hace un sector con una alta valorización.

Los apartamentos son de 5 tipos más uno atípico (apartamento 101). Los apartamentos tipo 1, 2 y 3 son los de mayor área habitable y cuentan con 3 habitaciones cada uno. El apartamento 101 y el apartamento tipo 5 son más pequeños y cuentan con 2 habitaciones. El tipo 4 es un apartaestudio de 56.16 metros cuadrados, el cual dispone de una sola alcoba. Todos los apartamentos cuentan con su sala/comedor, sala de estudio, zona de ropas, cocina abierta y baño social. Sólo los apartamentos tipo 1 y 2 cuentan con baño privado en cada una de sus habitaciones. Los apartamentos tipo 3 y tipo 5 cuentan con baño privado solo en las habitaciones principales. Algunos de los apartamentos del primer y segundo piso cuentan con área privada libre. Todos los apartamentos contarán con su respectivo servicio de citófono conectado a la portería.

El proyecto cuenta con un parqueadero subterráneo a una profundidad de 3.70 metros por debajo del nivel de la losa del primer piso. Inicialmente el parqueadero se planeó con una profundidad de 2.70 metros, pero luego de un tiempo se pensó en que los aparcamientos tuvieran espacio para dos vehículos en vez de uno solo, de manera de que con ayuda de un mecanismo especial se pudiera aparcar un vehículo por encima del otro, a fin de poder conservar la misma área en planta del parqueadero.

Se van a construir en total 5000 metros cuadrados; los apartamentos representarán un área total de 3500 metros cuadrados; El proyecto también tendrá zonas comunes tales como salas de espera, zona de juegos, pasillos, parque interior, zonas verdes entre salas de espera, salón social y zona húmeda que representarán 1500 metros cuadrados.



## **4. DESARROLLO DE LA OBRA**

El desarrollo de la obra se puede dividir en los siguientes apartes:

- 4.1.** Pilotaje.
- 4.2.** Movimiento de tierras para el parqueadero en sótano.
- 4.3.** Elaboración de filtros en el sótano para evacuación de nivel freático.
- 4.4.** Armado de refuerzo de vigas de cimentación.
- 4.5.** Armado de refuerzo de columnas.
- 4.6.** Armado de refuerzo de losa de cimentación.
- 4.7.** Armado de refuerzo pantallas sótano.
- 4.8.** Fundición de losa de cimentación, columnas y pantallas de sótano.
- 4.9.** Cálculo del encofrado de losa de primer piso.
- 4.10.** Construcción de la rampa de acceso a parqueadero y losa de primer piso.
- 4.11.** Imprevistos en Obra.

Cabe mencionar que la actividad como pasante empezó cuando ya se estaba acabando de ejecutar el primer punto (pilotaje).

A continuación se presentan los procedimientos constructivos, detalles técnicos y las actividades realizadas como pasante en cada uno de los apartes:

### **4.1. Pilotaje:**

Según el estudio de suelos contratado por la constructora, se aconseja una combinación de fundaciones, es decir que las cargas del edificio sean tomadas por una losa de cimentación en conjunto con un grupo de cimentaciones profundas (pilotes). La solución que se propone se debe a que con un solo tipo de cimentación, ya sea losa o zapatas individuales, la magnitud de los asentamientos no sería aceptable, ya que el estudio indica que con una losa de cimentación los asentamientos totales darán alrededor de 12.7 cm, en cambio con la combinación losa-pilotes, el asentamiento total se verá reducido a 2.5 cm, que ya es un valor aceptable, por lo que la mejor solución es una combinación de fundaciones. Así, un 75% del peso del edificio va a ser tomado por la losa de cimentación y el 25% del peso restante va a ser tomado por los pilotes. La manera en que los pilotes transmitirán las cargas del edificio será por medio del fuste o rozamiento lateral.

Con el terreno ya descapotado, se procede a la excavación mecánica de 50 pilotes pre-excavados, los cuales tienen un diámetro de 30 cm y un largo de 20 m. Por medio de una piloteadora de oruga, se perfora hasta la profundidad del pilote, se coloca la armadura de refuerzo o "castillo" y por último se vacía el pilote con concreto tremie de 24.5 MPa. Este proceso duró aproximadamente un (1) mes.



Imagen 1. Excavación y vaciado de pilotes.



Imagen 2. Excavación y vaciado de pilotes.



## 4.2. Movimiento de tierras para el parqueadero en sótano.

El ingeniero residente Jeisson Toro solicitó una verificación del volumen de tierra a mover para lo que será el parqueadero del edificio Verona. Al contratista encargado de esta actividad se le cancelará el valor correspondiente a la cantidad de obra ejecutada, de acuerdo a los precios unitarios que se manejen en el momento. En la imagen 3 se puede apreciar como es el diseño en planta del sótano.

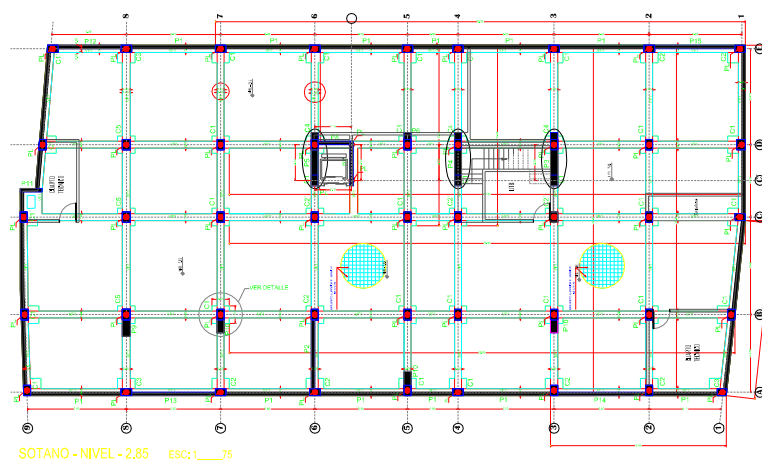


Imagen 3. Vista en planta de sótano.

La profundidad total a excavar fue de 4.2 m, teniendo en cuenta que aparte de los 3.70 m de altura del sótano, se excavaron también 15 cm que hay entre la parte superior del andén y el borde inferior de la losa del primer piso y por último se quitaron 35 cm más que es lo que corresponde a la altura de la losa de cimentación. Esta losa no es de espesor constante, sino que es nervada por lo que tiene vigas que miden 70 cm de alto, mientras que la loseta tiene una altura de 35 cm (El peralte de las vigas de cimentación es distinto al de la loseta). A continuación, en las imágenes 4 y 5, se presenta un esquema de los detalles de la losa de cimentación:

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

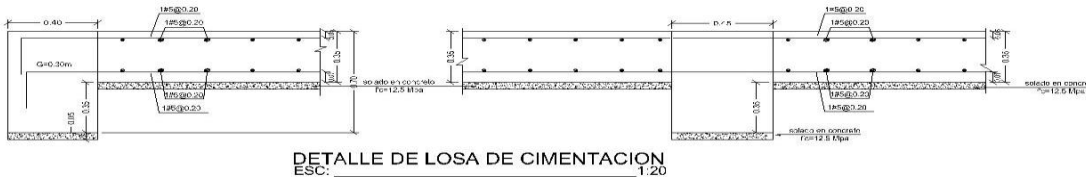


Imagen 4. Detalle de losa de cimentación.

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

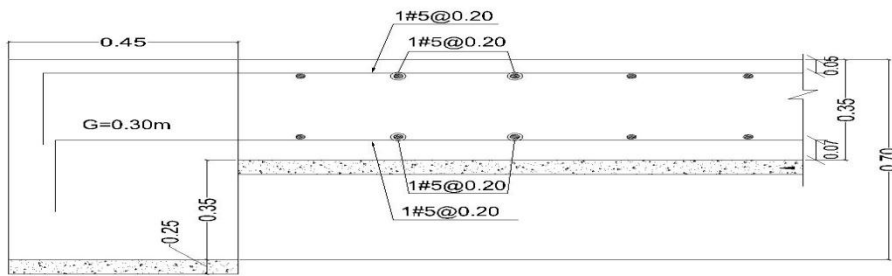


Imagen 5. Acercamiento a detalle de losa de cimentación.

Previamente antes de la colocación de los pilotes, ya se habían excavado aproximadamente 80 cm de suelo, entonces el movimiento de tierras para el sótano no se calculó en base a los 4.2 m iniciales, sino a lo que quedó restante que son 3.4 m.

Como se observa en la imagen 7, para la excavación, el estudio de suelos recomendó que se realicen inicialmente taludes alternados 1H:1V, con muros de contención en medio de unos 2.0 m de largo en los linderos del lote que colindan con casas y edificaciones próximas a fin de preservar los cimientos de estas estructuras. Para los linderos libres, el ingeniero residente opina que no se realicen excavaciones verticales y que se debe dejar un talud más pequeño por seguridad de los ayudantes que estén trabajando en esa zona, como se puede apreciar en la imagen 6. El operario de la retroexcavadora se puede guiar en su excavación gracias a la localización de los linderos de la obra que previamente realizó el topógrafo con un equipo de alta precisión. Se dispusieron en total de 3 volquetas de capacidad 6 m<sup>3</sup> para el transporte del material excavado; de esta forma, se garantiza una operación continua de la retroexcavadora.



Imagen 6. Taludes en excavación

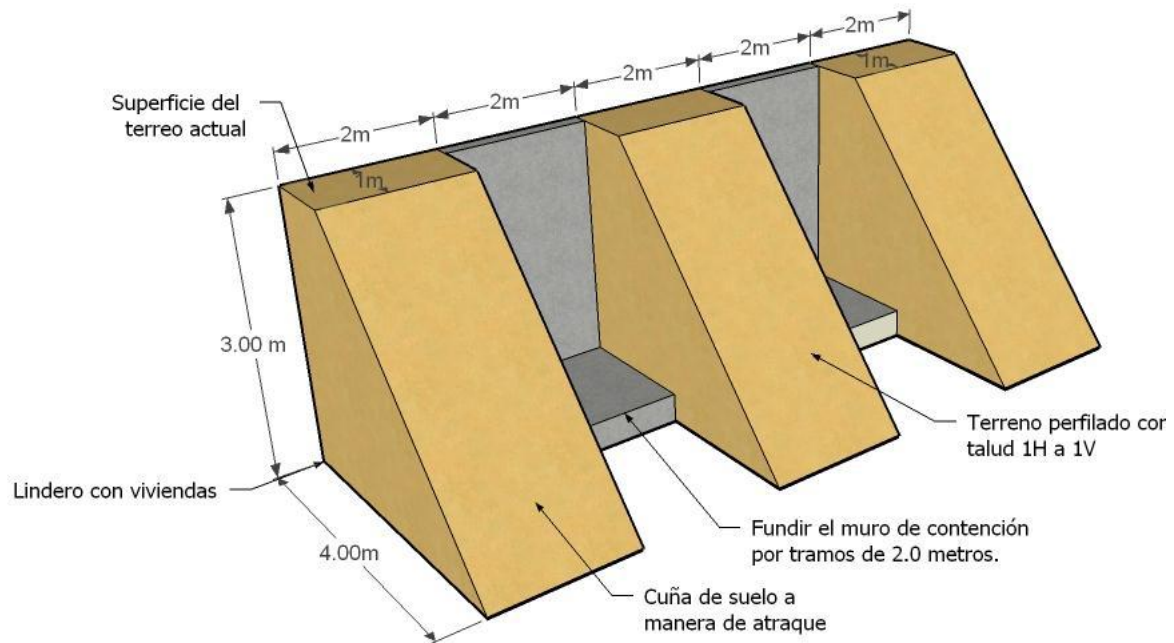


Imagen 7. Representación gráfica de los taludes colindantes con estructuras.

Para hallar el movimiento de tierra aproximado se usó el programa de AutoCAD 2014, en el que ya teniendo el plano de la vista en planta del sótano se procede a demarcar los taludes. En los tramos colindantes con edificaciones se excava hasta faltando 1.0 m para llegar al lindero de la obra, y se deja el talud 1H:1V, lo que quiere decir que como la altura de la excavación es de 3.4 m, el talud tendrá una distancia horizontal de 3.4 m. Para los linderos sin edificios colindantes, se excava el talud 1H: 3V, lo cual significa que para 3.4 m de altura, el talud tendrá una longitud horizontal de 1.13 m para efectos del cálculo aproximado de movimiento de tierras. Para cuando se vayan a construir las pantallas perimetrales, se terminarán de perfilar verticalmente los taludes a mano, para una mayor precisión. Teniendo las longitudes antes mencionadas, se dibujan en el plano en planta del sótano como quedarán en el terreno los taludes ya mencionados y luego para facilidades del cálculo, se dividen en sectores para que el cálculo de movimiento de tierras se haga de manera fácil, quedando como lo indica la imagen 8:



Imagen 8. Vista en planta de taludes del sótano.

En amarillo se muestra la franja de 1.0 m de ancho la cual queda intacta; en rojo se muestra la zona donde la altura de excavación es constante a lo largo de toda la superficie, es decir se mantiene siempre con 3.4 m; lo que no está sombreado es lo que tiene altura variable, ya que es aquí donde se forman los taludes. Los que se encuentran a la izquierda de la zona roja son los que colindan con edificios vecinos (talud 1H:1V), de ahí que estos sean más grandes que los restantes los cuales son los taludes que no colindan con ninguna estructura (talud 1H: 3V). El área roja se mide por medio de AutoCAD, la cual da un valor de 595.5 m<sup>2</sup>, esto se multiplica por la altura de 3.4 m que es constante por toda la superficie roja y da un volumen de 2024.7 m<sup>3</sup> para esta parte de la excavación. Para los taludes, la medición de los volúmenes se hace de manera similar, sólo que esta vez se mide el área que ocupan todos los taludes, y para la altura, se escoge la más representativa o promedio, y con base en esta, se multiplica por el área total, dando así una medición del volumen aproximado. Por lo tanto, las áreas medidas de los taludes tienen un valor de 184.77 m<sup>2</sup>, multiplicado por la altura promedio (1.7 m) da un volumen de 314.11 m<sup>3</sup>; sumando esto al valor del primer volumen (2024.7 m<sup>3</sup>), se tiene un volumen total aproximado de excavación de 2338.8 m<sup>3</sup>, lo cual fue corroborado por el ingeniero residente. Con los cálculos de movimientos de tierra ya calculados, se empezó la excavación del sótano, lo cual se puede observar en las imágenes 10, 11 y 12; en las imágenes 13, 14 y 15 se aprecia el transcurso y el final de la excavación.

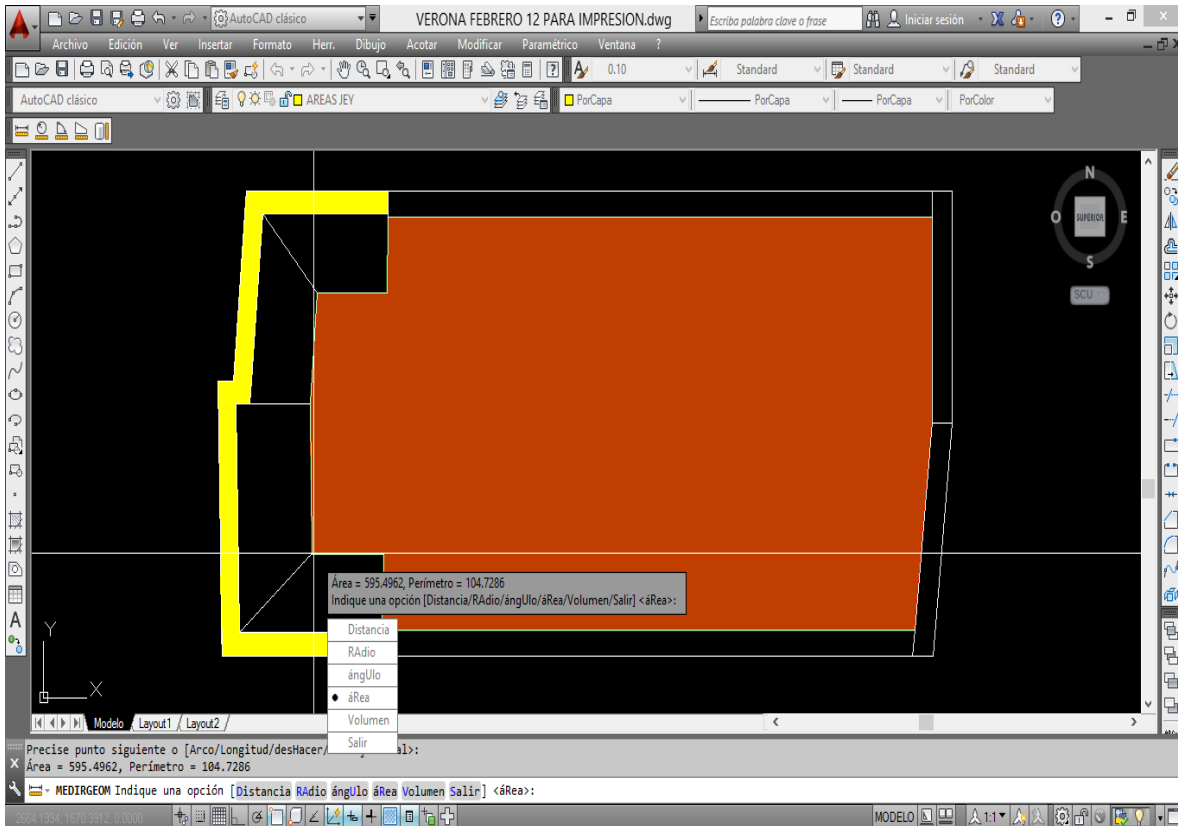


Imagen 9. Medición en AutoCAD del área de la superficie sombreada con rojo.



Imagen 10. Estado del terreno el día del inicio de la excavación con 80 cm menos de suelo debido a excavación previa al vaciado de pilotes. Para la localización de los linderos se ubicaron varios tacos de guadua unidos con nylon, que forman un cerco que delimita hasta donde se debe hacer la excavación.



Imagen 11. Retroexcavadora Caterpillar de referencia 320B con cucharón de 0.8 m<sup>3</sup> usada para la excavación. Detrás se observa el vaciado del último pilote restante con concreto tremie.



Imagen 12. Inicio de excavación en sótano.



Imagen 13. Taludes de la excavación, la cual se empieza a inundar con aguas del nivel freático.



Imagen 14. Fin de la excavación parte trasera del sótano, con aguas freáticas bombeadas casi en su totalidad.





Imagen 15. Excavación en los linderos libres del sótano.

#### **4.3. Elaboración de filtros en el sótano para evacuación del nivel freático.**

A fin de evacuar el agua de lluvia y la que proviene del nivel freático del subsuelo, se construyeron en total 236.2 metros lineales de drenajes. Estos tienen unas dimensiones de 40 cm de alto, 30 cm de ancho, con 30 cm de espesor de material granular en el interior de la zanja. Todas las aguas van a dar al interior de un pozo eyector, dentro del cual se encuentra una motobomba que saca toda el agua hasta la red de alcantarillado pública (en la carrera 10). Con el objetivo de que el agua pueda correr, todas las zanjas se construyeron con una pendiente del 2%. Este tipo de drenaje se asemeja mucho al de tipo francés, con la diferencia que en este caso no se usaron tuberías para la evacuación del agua, sino que se uso el material granular como medio de transporte para las aguas.

Una vez acaba la excavación del sótano, se localizan las zanjas para los drenajes y se demarcan los bordes de las zanjas con hilos de nylon amarrados a tacos de guadua separados con el ancho especificado (30 cm). De esta manera, los obreros pueden guiarse mientras cavan las zanjas de los drenajes. Durante la excavación de los drenajes, se lleva a cabo también el descabezamiento de los pilotes, los cuales sobresalen del fondo de la excavación; con esta actividad se pretende dejar al descubierto el refuerzo de los pilotes para posteriormente ligarlo con el propio refuerzo de las vigas de cimentación y así las cargas del edificio podrán ser transmitidas satisfactoriamente al suelo.



Imagen 16. Pilotes sobresaliendo del fondo de excavación.



Imagen 17. Excavación de drenajes.

Cuando ya se tienen excavadas las zanjas, se coloca un geotextil de tal manera que cubra el fondo de esta y encima se colocan los 30 cm de espesor de material granular; este se nivela adecuadamente con herramienta menor (palas), se limpian de toda suciedad (tierra, barro, suelo arcilloso) y por último se cubre con el geotextil con el objetivo de que no caigan encima de la grava los materiales contaminantes que se mencionaron antes, ya que esto puede obstaculizar el paso del agua y no funcionarán los drenajes. Aquí se ve que el geotextil cumple una doble función de filtrado y de drenaje del agua, al no obstaculizar el paso del agua hacia el material granular dentro de la zanja. Una vez se acaba la

construcción del tramo de drenaje, se cubre con el material de excavación y se compacta con un apisonador mecánico, conocido popularmente como "Saltarín", dando así el acabado final. Por último, se instalan tuberías de desagüe (PVC de 4") que van a dar directamente a los drenajes, las cuales van a quedar embebidas en el concreto de la losa de cimentación y permitirán evacuar rápidamente las aguas provenientes de las actividades de construcción y de lluvia.



Imagen 18. Drenajes construidos con material granular y geotextil.



Imagen 19. Drenajes construidos con material granular y geotextil.



Imagen 20. Colocación de tubería PVC de 4" unida a los drenajes franceses para el desague de la losa de cimentación.



Imagen 21. Pilote descabezado junto con caballete para replanteo de ejes de vigas.

#### 4.4. Armado de refuerzo de vigas de cimentación:

Con los drenajes listos, la siguiente tarea consistió en excavar las zanjas para las vigas de cimentación. Estas vigas en los planos aparecen con la nomenclatura VF1, como se ve en la imagen 22:

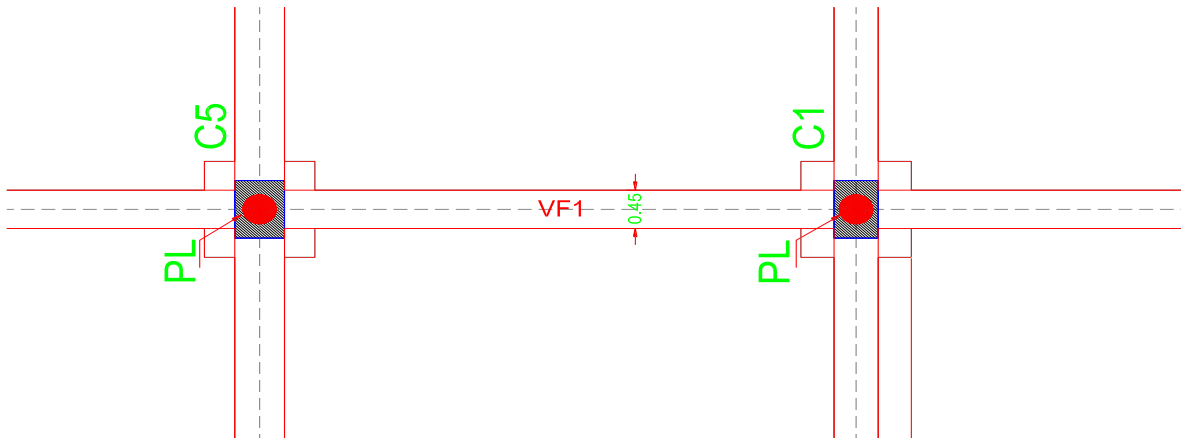


Imagen 22. Nomenclatura vigas de cimentación.

Estas vigas se construyeron en concreto de 24.5 MPa, con estribos #3 de 55 cm de alto y 30 cm de ancho, con un recubrimiento de 5 cm en todos los lados. La sección transversal de la viga mide 70 cm de alto por 45 cm de ancho. Como medida para mitigar los efectos de un sismo violento se colocan en la mitad del refuerzo de las vigas varillas #3 de doble gancho los cuales impiden que durante este tipo de eventos naturales, el concreto confinado intente deformar los estribos que lo rodean, y así el elemento estructural no se verá seriamente afectado. Lo anterior se puede apreciar en la imagen 23.

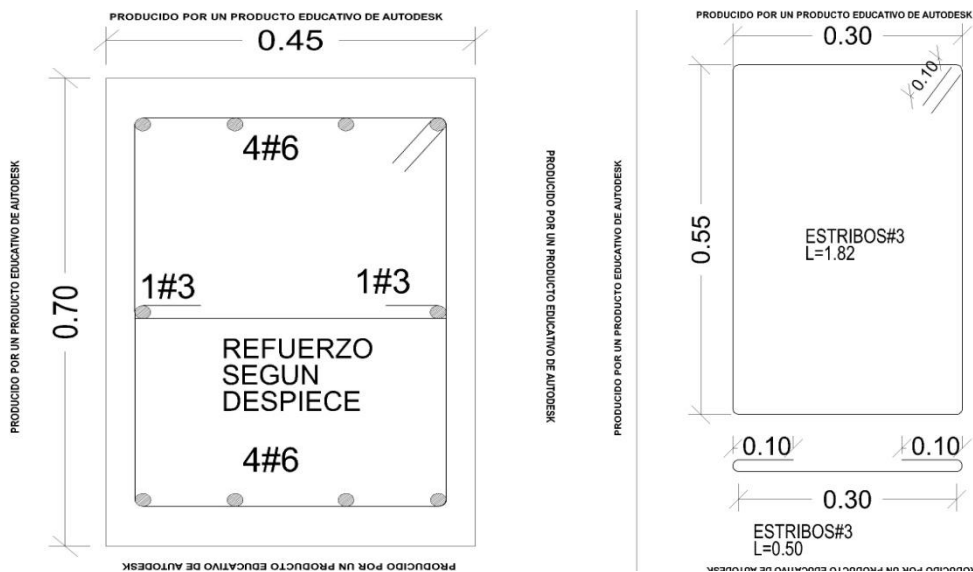


Imagen 23. Dimensiones y refuerzo a cortante de las vigas de cimentación.

Aquí toma importancia el trabajo de localización de ejes que haya realizado el topógrafo, el cual dejó marcando cuidadosamente los puntos de los ejes con puntillas pintadas para su fácil ubicación, en los perímetros de la obra donde no habrá movimiento de tierras. Dentro de la excavación, se pasan los niveles de los ejes desde su posición original hasta el fondo de la excavación donde se van a construir las vigas. Se amarran hilos desde las puntillas que demarcan la localización de los ejes de las vigas y se llevan hasta sus similares al otro lado de la excavación o hasta donde lleguen las vigas. Luego una con una plomada hecha en la obra lo suficientemente larga, se ubica justo al lado de este hilo y en donde señale la punta de esta en el fondo de la excavación, ahí se encontrará la ubicación del eje. Así se procede la localización todas las vigas de cimentación.

En el estudio de suelos se recomienda hacer un solado sobre el fondo de la excavación para tener unas condiciones más óptimas de trabajo a la hora de construir y fundir la losa de cimentación (es decir, para evitar remoldeo del suelo por la lluvia o las actividades constructivas que se llevan a cabo). Sin embargo, la constructora toma la decisión de no realizar el solado y considera que una solución más rápida, efectiva y más económica es la de cubrir el subsuelo con plástico, ya que este es altamente impermeable e impedirá en gran parte el remoldeo de la superficie de trabajo. Así mismo, para proteger los taludes ante las inclemencias del clima, se considera como una buena opción el uso de geotextiles que pueden cumplir muy bien la función de confinar los suelos limo-arcillosos que componen este suelo, además de protegerlos contra el agua de lluvia, por lo que estos taludes se pueden comenzar a perfilar verticalmente con herramienta menor.



Imagen 24. Protección de los taludes de la excavación con geotextil.



Imagen 25. Excavaciones de las zanjas para vigas de cimentación. En el centro se encuentra la excavación para el pozo evector.



Imagen 26. Protección del subsuelo de fundación con plástico.



Imagen 27. Replanteo de ejes de vigas de cimentación por medio de caballetes.

Después de haber protegido el suelo de fundación y los taludes, ya se puede comenzar el armado del refuerzo de las vigas de cimentación de acuerdo a las dimensiones que aparecen en el plano. El proceso constructivo como tal, es sencillo: se trae el refuerzo longitudinal, se monta sobre un apoyo de madera, que en la jerga de los obreros es llamado "burro", luego se colocan los estribos o refuerzos transversales a modo de guía para colocar el refuerzo longitudinal inferior. Cabe indicar que, algunas veces, la cantidad de estribos especificada en planos no era suficiente para cubrir toda la longitud de la viga, por lo que al realizar la verificación del refuerzo longitudinal en obra (habiéndose chequeado antes las distancias entre estribos y medidas de traslapes) se podía encontrar con más cantidad de estribos que los especificados. Para fines de dejar en la viga el espacio de recubrimiento apropiado, se colocan abajo del refuerzo, masas de concreto simple, llamadas "panelas" las cuales tienen el espesor de recubrimiento, separadas una distancia tal que no afecte la continuidad del concreto de la viga.



Imagen 28. Armado del refuerzo de vigas de cimentación. A la izquierda, montaje del refuerzo superior con el apoyo llamado coloquialmente "burro". A la derecha, montaje de estribos.



#### 4.5. Armado de refuerzo de columnas:

Luego se comienza el armado del refuerzo de columnas, las cuales van ubicadas en los nudos de las vigas que se intersecan. Lo primero a realizar es colocar el primer estribo de columna por fuera de las vigas de cimentación, es decir, colocado sobre la propia viga para luego empezar a colocar los refuerzos longitudinales, lo que va a hacer que quede el espaciamiento deseado entre las varillas verticales. Esto se aprecia en la imagen 29.



Imagen 29. Colocación primer estribo de columna a modo de guía para ubicación refuerzo longitudinal de columnas.

Después de esto, se comienzan a colocar los refuerzos longitudinales que se indican en los planos, para luego colocar los estribos de columna que quedarán dentro de la viga. Con esta actividad hecha, se rigidizan los aceros longitudinales de algunas columnas con cuarterones o bastidores; otros se rigidizaran con tacos de guadua, dependiendo de la disponibilidad de uno u otro material. Esto facilita la colocación de los estribos a lo largo de toda la columna, los cuales se distribuyen hasta la altura medida por debajo de la losa de primer piso, es decir, 3.70 m, desde el nivel de la losa de cimentación. Este método también sirve para plomar o ir dando verticalidad a los aceros de columna, gracias a que estos no se abren y además se los apuntala con los tacos de guadua (funcionan como un gato), ubicando estos de tal forma que el refuerzo no quede torcido o cabeceado. En las imágenes 30 y 31 se aprecia lo expuesto anteriormente.



Imagen 30 y 31. Distintas formas de rigidizar los aceros longitudinales de columnas.

Para la comprobación de la verticalidad de los aceros, siempre se recurre a la plomada, la cual avisa que tanto se encuentra desplazada la columna, viendo si su hilo está alineado con las varillas; en este caso se ve que no está plomada o alineada, como se muestra en la imagen 32:



Imagen 32. Comprobación de verticalidad de columna

El ingeniero asesor del proyecto, Andrés Castrillón, sugiere que para las columnas que tengan un largo 1.5 veces más grande que el ancho (por ej. secciones de 0.40\*0.60) se deben colocar pequeños ganchos de 3/8" de diámetro en la mitad de los estribos con el fin de evitar que estos se abran durante un sismo, ya que es precisamente en la parte central de los estribos donde hay mayor riesgo de que se abran, lo que provoca un daño grave a la estructura de la columna.

#### **4.6. Armado de refuerzo de losa de cimentación:**

Para este fin se van a colocar a lo largo y ancho de la losa varillas #5, a modo de rejilla. Los traslapes iniciales no se colocan todos alineados de una vez sino que van alternados para no sobrepasar la cuantía de acero máxima. Inicialmente se coloca una varilla de 4.5 m, se empalma con su respectivo traslapo a una varilla de 9 m, y se siguen colocando varillas de esta longitud hasta llegar al paramento del lado opuesto. Para la fila de varillas inmediatamente siguientes, la varilla más corta (4m) se coloca iniciando en el paramento opuesto a donde comenzó la primera fila de varillas, y de ahí en adelante se hace el mismo procedimiento descrito, así se asegura que no quedan traslapes en el mismo sitio en todas las filas. La imagen 33 deja observar lo anterior.



Imagen 33. Traslapos alternados en refuerzo de losa de cimentación.

Mientras se hacía la revisión de rutina, el ingeniero Castrillón se dio cuenta que el refuerzo de la losa en algunos sitios estaba mal colocado, debido a que estaba por encima del refuerzo de las vigas de cimentación, como se ve en la imagen 34, lo cual está mal hecho según el ingeniero, porque las columnas tratan de enterrarse en el suelo y mientras hace ese empuje hacia abajo sobre la losa, esta última tiende a levantarse en sus extremos, por lo que la parte superior de la losa estaría trabajando a compresión y el acero al no tener un elemento que lo proteja y sujete, se levantará y tenderá a quebrarse; esto provoca pequeñas fisuras en el concreto de la losa. Se hace necesario que el refuerzo superior de la losa pase por debajo de la viga de cimentación para que tenga una buena protección, por lo que se pasa a corregir el error.



Imagen 34. Mala colocación del refuerzo de la losa de cimentación, pasando por encima de las vigas de amarre.

También se nota que las "panelas" dentro de la losa se encuentran en gran cantidad, como se observa en la imagen 35, por lo que se sugiere que no se ubiquen tan seguidas ya que esto provoca una discontinuidad muy grande en el concreto de la losa, afectando su funcionalidad. Así mismo, se cae en cuenta que el acero de la parrilla superior e inferior debe estar a una distancia prudente, no muy cercanos.



Imagen 35. Mala disposición de las "panelas" ya que se encuentran muy seguidas.

#### **4.7. Armado de refuerzo pantallas sótano:**

Se armaron los refuerzos de pantallas desde el eje 1 hasta el el eje 7, área cuyos linderos no tienen edificaciones vecinas y con características del terreno muy similares entre si, por lo que todas las pantallas (tipo 1, 14 y 15) en este perímetro son muy similares. A diferencia de lo especificado en el plano, que indica refuerzo horizontal con ganchos, por facilidad constructiva, de común acuerdo entre el ingeniero residente y el maestro de obra, se decide armar todas las pantallas de corrido, es decir, uniendo todo el refuerzo horizontal con traslapos de 1.10 m que es lo que corresponde según el diámetro de la varilla #4. La longitud a usar es de 6.0 metros. El refuerzo vertical se coloca de primero de manera tal y como lo pide el plano estructural, teniendo especial cuidado que la pantalla tipo 1, a diferencia de la pantalla 14 y 15, solo va hasta el primer piso, porque este refuerzo es más corto y lleva gancho de 20 cm. Ya colocado el refuerzo vertical, sigue el refuerzo horizontal; el obrero con el maestro convienen una medida para colocar una varilla horizontal por encima de las vigas en todas las pantallas que permita sostener con cierta verticalidad las varillas verticales; cuando se hace esto, el maestro de obra verifica con una plomada o con otro instrumento que pueda cumplir la misma función, por ejemplo una cinta métrica como se ve en la imagen 36, que las varillas verticales estén aplomadas, y si todo está correcto, a partir de aquí, van colocando todas las varillas restantes, hacia arriba hasta una altura de 3.7 m y hacia abajo hasta donde la viga lo permita, respetando la separación impuesta por los planos estructurales. Para las pantallas internas (tipo 2, 3, 4, 5,

9, 10) el procedimiento a seguir es el mismo de las pantallas perimetrales, solo que el refuerzo horizontal ya tiene gancho incluido al ser pantallas individuales.

Para el foso en donde está ubicado el ascensor, se revisa el plano y se observa que en sus lados cuenta con vigas de repartición de carga, excepto en uno, lo que ocasionaría que la losa en esa parte no trabaje adecuadamente y se termine fisurando en sus bordes, al no tener como repartir adecuada y uniformemente las cargas que allí actúen, siendo una zona donde se producen los mayores cortantes al recibir toda la carga del edificio. Ante esto el ingeniero Castrillón decide que se tiene que construir una viga con el mismo calibre (#6) de las otras vigas que rodean este foso, como una forma de adelantarse al problema para que no hayan inconvenientes en el futuro.



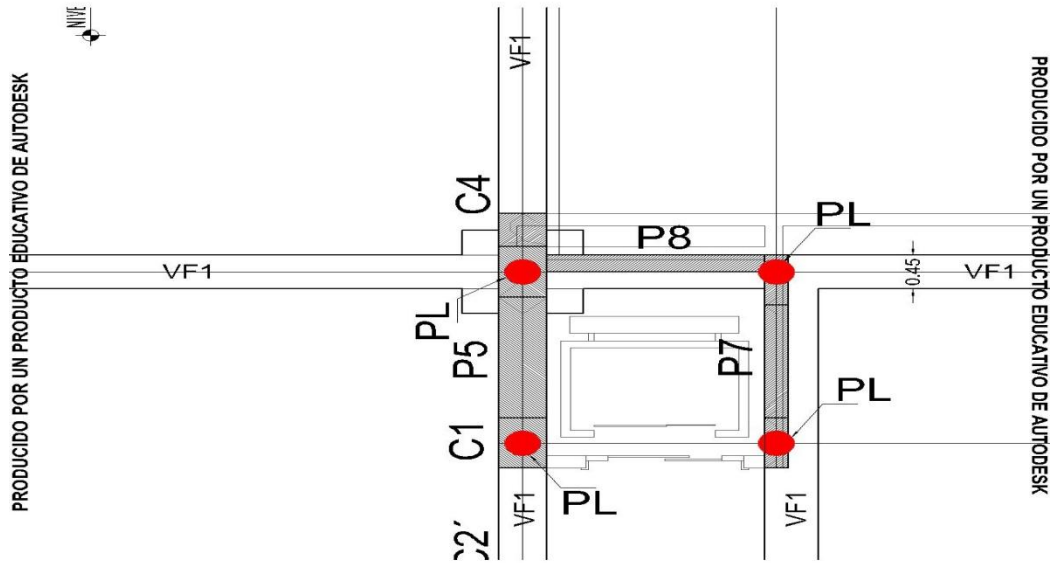
Imagen 36. Comprobación de verticalidad del refuerzo de pantalla.



Imagen 37. Armado de pantallas con refuerzo horizontal de corrido (sin gancho y con traslapos) en el perímetro de la excavación.



Imagen 38. Inicio de colocación de refuerzo horizontal en pantallas de contención.



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

Imagen 39. Vista en planta del foso del ascensor, donde se ve que en su lado inferior no cuenta con viga de repartición de carga.



Imagen 40. Construcción de viga de carga en el único lado del foso de ascensor que no contaba con este elemento estructural.



#### **4.8. Fundición de losa de cimentación, columnas y pantallas de sótano:**

La losa se funde por etapas, abarcando todo el ancho del sótano pero sólo abarcando los ejes 1 a 3, lo que da un volumen de concreto a fundir de 81.4 m<sup>3</sup>; teniendo en cuenta un desperdicio del 5%, el volumen de concreto a tener en cuenta es de 85.5 m<sup>3</sup>. Para fundir la losa se usa concreto premezclado de la empresa GeoAcopio, cuya planta queda en el parque industrial de la ciudad de Popayán. La dosificación de concreto que se utiliza en esta obra es 1:2:2, con una resistencia de 3500 PSI.

Después de haberse formaletado debidamente en madera la losa, se puede empezar a fundir. Este proceso se realizará con ayuda de 3 camiones mezcladores de GeoAcopio y una bombeadora de concreto SCHWING SP 500, la cual bombea mecánicamente el concreto a través de una tubería metálica, que es armada y ensamblada en el sitio, que se remata con un tubo flexible llamado coloquialmente "moco", que finalmente permite la salida del concreto. La fundición comienza en la parte más lejana con referencia a la ubicación de la bomba, con el objetivo de poder ir reduciendo la longitud de la tubería, quitando piezas de estas, para que así el trabajo sea rápido, todo lo contrario que sucedería si se comienza desde la parte más cercana a la bomba, en donde tocaría ir aumentando la longitud de tubería cada vez más, a medida que se avanza en la fundición, lo cual llevaría más tiempo que el de quitar piezas del conducto. Mientras se lleva a cabo el vaciado de la losa, también se hacen pruebas de calidad por parte de la empresa Geofísica, tales como el ensayo de asentamiento que se hace *in situ*, el cual debe dar un valor de 6 cm, que es lo normal para vaciados de este tipo, y se fabrican los cilindros que serán utilizados para pruebas de compresión simple en el laboratorio de la empresa que presta este servicio, que para este fin se fabrican 2 pares de cilindros por cada camión mezclador que va llegando a la obra. La tubería metálica junto con el "moco" se van moviendo con ayuda de los obreros, quienes van moviendo todo el conjunto hacia los sitios donde se tenga que vaciar el concreto, evidentemente es una actividad que requiere a varios de los trabajadores, ya que esta tubería al ser metálica es bastante pesada. A la par con esta actividad, hay otro ayudante que tiene que ir vibrando el concreto para que este se distribuya uniformemente por toda las vigas y losa, y debe ponerse especial cuidado en los nudos, ya que es un punto crítico para la transmisión de cargas entre los elementos estructurales, y se le debe hacer énfasis a los obreros para que el vibrado allí no sea insuficiente. Igualmente, se les recomienda a los trabajadores un tiempo de vibrado de 15 segundos para que este no resulte excesivo. Para los tramos de losa que se funden en días posteriores, se debe tener en cuenta que se debe impregnar la superficie del concreto ya endurecido con Sikadur 32-Primer, que es un pegante especial que permite que el concreto fraguado pegue con el fresco; de otra manera, el concreto fresco no se unirá bien al concreto endurecido provocando deficiencias en el funcionamiento estructural de la losa de cimentación. Para acabar la fundición, se da el acabado a la superficie mediante llanas. Se deja fraguar un tiempo de 24 horas, y durante ese tiempo y en los 7 días siguientes se le da al concreto un adecuado curado, mojando la superficie con cierta frecuencia, para que vaya ganando resistencia y no creen grandes fisuras.

Una vez llegaron los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto de las columnas, pantallas y losa de cimentación, se verifica que en la fundición hecha con

concreto premezclado de la empresa GeoAcopio, que va desde el eje 5 hasta el eje 7 entre ejes A y B, para las 4 muestras que se tomaron en obra para un mismo camión mixer, no se obtuvo un valor de resistencia satisfactorio, como se ve en el documento entregado por Geofísica:

TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO Y UBICACIÓN DE TOMA DE LA MUESTRA	FECHA VACIADO	FECHA PRUEBA	EDAD (Días)	LECTURA CARGA KN	ÁREA m <sup>2</sup>	RESISTENCIA OBTENIDA			RESISTENCIA ESPECIFICADA		
							Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	Mpa
CIL 4"	Eje 5,5 hasta 7,5 entre a y b	03-nov-2015	10-nov-2015	7	156,9	8171	192,0	<b>2743</b>	19,2	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	10-nov-2015	7	159,8	8171	195,6	<b>2794</b>	19,6	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	01-dic-2015	28	210,0	8171	257,0	<b>3671</b>	25,7	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	01-dic-2015	28	199,2	7933	251,1	<b>3587</b>	25,1	245	3500	24,5
CIL 4"	Eje 5,5 hasta 7,5 entre a y b	03-nov-2015	10-nov-2015	7	129,4	8081	159,9	<b>2285</b>	16,0	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	10-nov-2015	7	107,4	8171	131,4	<b>1878</b>	13,1	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	01-dic-2015	28	151,9	8171	185,9	<b>2656</b>	18,6	245	3500	24,5
CIL 4"		03-nov-2015	01-dic-2015	28	162,7	8012	203,1	<b>2901</b>	20,3	245	3500	24,5

Considerando que la resistencia de diseño es de 3500 PSI, a los 7 días de la fundición el concreto debe estar alcanzando aproximadamente un 70% de esta resistencia, es decir unos 2450 PSI, pero los resultados muestran que a esta edad, el concretó alcanzó 2285 PSI para un cilindro y 1878 PSI para el otro, lo cual no es un valor aceptable; este comportamiento siguió hasta los 28 días de edad, en donde el concreto ya ha debido haber alcanzado el 100% de su resistencia de diseño total, pero apenas alcanzó valores de 2656 y 2901 PSI, para cada uno de los 2 cilindros respectivamente. Se realiza entonces el reclamo mediante oficio a la empresa proveedora del concreto premezclado, solicitando que se tomen las respectivas acciones de verificación mediante distintos tipos de ensayos *in situ*. Hasta el día final de mi pasantía, no se había realizado ninguna de estas verificaciones, y se está a la espera de dichas acciones.



Imagen 41. Bombeadora de concreto usada en obra.



Imagen 42. Camión mezclador de GeoAcopio enviado el premezclado a la bombeadora de concreto.



Imagen 43. Tubería desmontable, usada para el bombeo del concreto.



Imagen 44. Fundición de la losa.

Después de que se acaba la fundición de la losa y las vigas, se procede con las columnas. El proceso de formateado se vuelve un poco más complejo en esta parte, ya que es preciso que la formaleta quede correctamente aplomada por todas las caras de la columna y que se asegure que resista el empuje del concreto. En esta parte se utilizan formaletas Forsa que son metálicas, resisten mejor el empuje del concreto y dejan un mejor acabado en el concreto. Se comienza ubicando pines alrededor de los castillos de las columnas, a una distancia que permita colocar la formaleta y al mismo tiempo, deje el espacio exacto para el

recubrimiento de 5cm de concreto. Estos pines sostendrán la parte de abajo de la formaleta y no la dejarán moverse hacia atrás. Luego se colocan las formaletas, se aseguran y se apuntalan con gatos. Se comprueba la verticalidad con plomada colgándola de la parte superior, alejando el hilo un poco de la cara de la columna valiéndose de algún elemento, por ejemplo una estaca de madera, y luego medimos con el metro en distintos puntos a lo largo de la cara de la columna si se tienen el mismo alejamiento con respecto al hilo de la plomada, si es así, la columna esta correctamente plomada (vertical) y en el caso de que estas se encuentran desplomadas, se corrige moviendo la formaleta con el gato, hasta verificar nuevamente con la plomada su verticalidad.

Para verificar el alineamiento con las otras columnas, se tiende un hilo a lo largo del sótano, separado a una distancia de la cara de la primera columna que es decidida por el maestro de obra (por ejemplo, 40 cm) y con metro en mano se va revisando que esta separación en la primera columna, sea igual en todas las otras columnas siguientes que se encuentran al lado del hilo extendido. Al final de este proceso, se debe revisar, que el castillo de refuerzo de las columnas quede bien centrado dentro de la formaleta, y en caso de no ser así debe moverse el castillo mediante apuntalamiento o conectándolo a otro castillo de alguna columna vecina mediante una guaya, de tal forma que lo jale un poco y mueva el castillo hasta la posición centrada que se desea. Para las pantallas se usa exactamente el mismo procedimiento de formaletrado que con las columnas.



Imagen 45. Colocación de pines alrededor del castillo de refuerzo de la columna.



Imagen 46. Colocación de formaleta Forsa.



Imagen 47. Apuntalamiento de formaletas con gatos.



Imagen 48. Comprobación del alineamiento de las columnas de una misma fila midiendo con el metro la distancia de la cara de la columna al hilo extendido.

Para el vaciado de las columnas y pantallas, se usa concreto preparado en obra, con la misma dosificación de mezcla 1:2:2, utilizando arena proveniente del rio Palo en Puerto Tejada y grava procedente de la cantera El Chocho en la ciudad de Cali. A fin de poder realizar el pedido de sacos de cemento necesarios para llevar a cabo esta fundición, se usa la tabla 10.1 del libro "Concreto Simple" del ingeniero Gerardo Rivera, la cual muestra la cantidad de sacos de cemento por metro cubico que se necesitan para diferentes dosificaciones de mezcla.

MEZCLA Prop. en Vol. C:F:G	CEMENTO		AG. FINO m <sup>3</sup>	AG. GRUESO m <sup>3</sup>	AGUA l	RANGO DE RESIST. PROBABLE A LA COMPRESIÓN 28 días	
	kg	Sacos				kg./cm <sup>2</sup>	P.S.I.
1:2:2	420	8,50	0,67	0,67	190	210-250	3000-3600
1:2:2,5	385	7,75	0,61	0,76	180	200-240	2900-3450
1:2:3	350	7,00	0,56	0,84	170	190-230	2700-3300
1:2:3,5	325	6,50	0,52	0,91	165	175-215	2500-3100
1:2:4	300	6,00	0,48	0,96	160	150-190	2100-2700
1:2,5:2,5	350	7,00	0,70	0,70	170	190-230	2700-3300
1:2,5:3	325	6,50	0,65	0,78	165	175-215	2500-3100
1:2,5:3,5	300	6,00	0,60	0,84	160	150-190	2100-2700
1:2,5:4	280	5,50	0,56	0,90	155	140-180	2000-2600
1:2,5:4,5	265	5,25	0,53	0,95	150	135-175	1900-2500
1:3:3	300	6,00	0,72	0,72	160	150-190	2100-2700
1:3:4	265	5,25	0,63	0,84	150	135-175	1900-2500
1:3:5	235	4,75	0,56	0,93	145	110-140	1600-2000
1:4:7	175	350	0,56	0,98	120	80-120	1100-1700
1:4:8	165	325	0,52	1,03	115	70-100	1000-1500

Tabla No. 10.1 - Cantidades de material estimadas por metro cúbico de concreto y resistencias probables obtenidas.

10.4.8

Inicialmente se van a fundir 14 columnas y 2 pantallas internas del sótano, además de 3 columnas que funcionan a modo de apoyo para la rampa de acceso al parqueadero, que son los que se encuentran en la parte de la losa que ya está fundida. El ingeniero residente solicita calcular cuántos sacos de cemento se usarán en estas fundiciones, y se procede a calcular primero el volumen de todos estos elementos estructurales según las dimensiones que aparecen en los planos. Teniendo en cuenta que las columnas y pantallas se fundirán hasta 3.70 metros de alto y calculando el volumen como área de la sección transversal de la columna o pantalla por su altura, entonces el volumen total da 32.7 m<sup>3</sup>. También se debe tener en cuenta el concreto de desperdicio que se genera en estas obras, y este valor se toma como un 5% del volumen total a fundir, lo que dará un nuevo volumen total de 34.34 m<sup>3</sup>. Como se puede observar, para la proporción 1:2:2 se necesitan 8.5 sacos de cemento por cada metro cúbico, y si se multiplica esta cantidad por la cantidad de metros cúbicos totales a fundir (32.6 m<sup>3</sup>) darán 292 sacos de cemento de 50 kg; ésta es la cantidad necesaria en obra. Este mismo procedimiento se usa para calcular los sacos de cemento para los elementos estructurales que siguen después. Para la fundición de las pantallas y columnas de los linderos de la obra, se usa un aditivo reductor de agua llamado Plastocrete DM para impermeabilizar estos elementos que están en contacto con los taludes y pueden estar en contacto con el agua de nivel freático que estos desprenden. Se usan 240 mL por cada bulto de cemento.

Para la fundición se usa una mezcladora de tipo basculante, los materiales granulares como grava y arena, se llevan a la mezcladora en cajones de 0.04 m<sup>3</sup>, tomando 2 cajonados de cada material por cada bulto de cemento usado y adicionando la cantidad de agua recomendada en el diseño de mezcla. Luego de dejar mezclar, el concreto se vacía en buggys y de aquí se transportan hacia los lugares de fundición, donde los obreros vacían el concreto de las columnas y pantallas en baldes y el vibrado se hace internamente. Al siguiente día ya está listo para desencofrar.



Imagen 49. Mezcladora basculante.





Imagen 50. Transporte de arena por "cajonados".



Imagen 51. Colocación del concreto en una pantalla.



Imagen 52. Apuntalamiento del encofrado de pantallas.



Imagen 53. Losa de cimentación fundida hasta el eje 5.



Imagen 54. Columna fundida junto a un pedestal de apoyo para las vigas de la rampa de acceso al parqueadero.

#### **4.9. Cálculo del encofrado de losa de primer piso:**

Se deben calcular el número de tableros, cerchas y puntales que sirven para poder armar y luego sostener lo que va a ser la losa de primer piso. Los tableros serán de 1.4 metros de largo y 0,7 metros de ancho. Lo primero que se hace es calcular el número de filas de cerchas, midiendo en AutoCAD el lado más largo del parqueadero, en el sentido que avanzan los ejes numéricos (la forma del parqueadero en planta no tiene una forma geométrica exacta, así que se trata de asemejar un poco la figura a un cuadrado, por eso se toma solo una medida de un lado, para evitar confusiones, a pesar de que la figura tiene un lado más largo que otro, aunque no es mucha la diferencia); esta medida da 30.35 m. Luego, se divide esta medida entre 1.4 m, y aproximando ese valor da igual a 22, que es el número de espacios que hay entre cercha, por lo que hay que sumar 1 para obtener el número total de filas de cerchas, que serán 23.

Para calcular el número de cerchas, se toma la medida del ancho del parqueadero (que es constante) la cual es de 20.11 m, se divide entre 0.7 m que es el ancho de los tableros, y eso da 28 cerchas en total por fila. Como son 23 filas, este valor se multiplica por 28, lo que da 644 cerchas en total hasta el eje 7. Como se sabe que hay 2 puntales por cada cercha, se multiplica esto por 644 y da una cantidad de 1288 puntales. Para la cantidad de tableros, se toma toda el área en planta del parqueadero hasta el eje 7 ( $604.5 \text{ m}^2$ ), se le restan las áreas de vacíos en la losa ( $109.2 \text{ m}^2$ ), y eso da toda el área de losa a ser encofrada ( $495.3 \text{ m}^2$ ). Eso se divide entre el área de un tablero de  $1.4 \times 0.7 \text{ m}$  ( $0.98 \text{ m}^2$ ) y dan 506 tableros, de los cuales la gran mayoría se usan enteros, donde la geometría es constante, y en aquellos

lugares donde se imposibilite colocarlos enteros, porque la geometría es irregular (lugares con quiebres, columnas o pantallas que obstaculicen), estos se adecuarán a la forma que se requiera.

#### **4.10. Construcción de la rampa de acceso a parqueadero y losa de primer piso.**

La rampa será una losa maciza de 20 cm, con 6 vigas transversales y 2 longitudinales ( a los bordes) y una pendiente del 20%. Antes de que se cambiara la altura del parqueadero, la rampa solo llegaba hasta el eje 6 y su pendiente era cercana al 24% pero con el aumento de 2.70 m a 3.70 m de altura, a fin de evitar una pendiente excesiva, se alargó hasta el eje 7, quedando con el 20% de pendiente actual.

Para el armado del refuerzo de las vigas, se nota una irregularidad en el plano ya que para las barras longitudinales se da una longitud de 6.6 m, pero con esta medida, se va a dar más allá de la columna del eje D, que es la columna donde van a terminar estas vigas. Después de verificar la luz entre el eje E y D y comprobar que están a la separación correcta, se decide usar barras del mismo calibre pero con una longitud de 6 metros, para que de esta forma, la viga termine descansando en la columna, como se observa en la imagen 55.



Imagen 55. Armado de refuerzo de vigas de la rampa.

Por común acuerdo entre la ingeniera Elsa Garzón, el ingeniero residente Jeisson Toro, y el ingeniero estructural Félix Cajas, se decide ampliar el ancho de rampa en unos 50 cm, al remover una viga secundaria que más que una función estructural, cumplía una función arquitectónica porque serviría para colocar plantas ornamentales encima de ella. Con esta decisión se da prioridad al acceso y la salida del parqueadero. Esto se observa en la imagen 56.

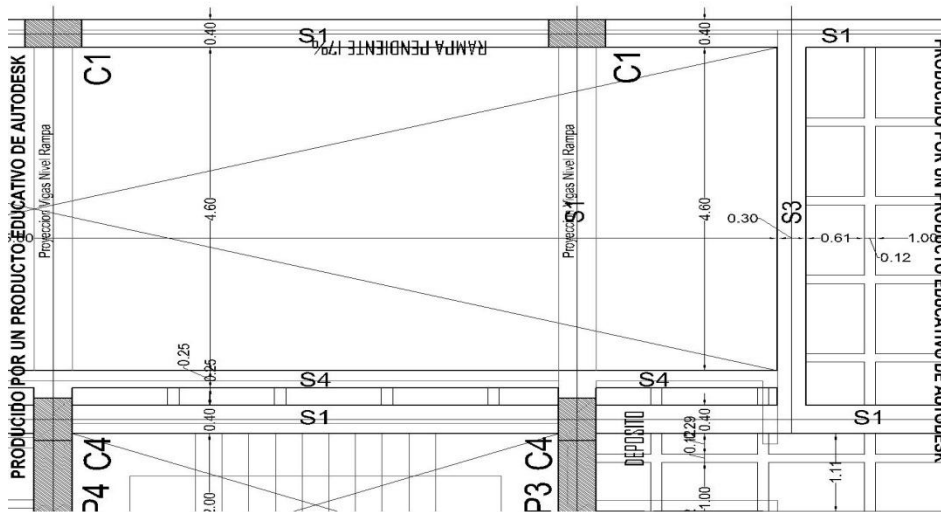


Imagen 56. Vista en planta de acceso a la rampa, en donde la viga S4 fue removida para dar más ancho a la rampa de acceso.

Ante la posibilidad de que pueda inundarse el sótano con un aguacero, se prevé la construcción de una viga-canal en la rampa, como se ve en la imagen 57, con la opción de hacerse al final o al comienzo de la rampa, tomando como elección esta ultima a fin de evitar el paso del agua hasta el fondo del parqueadero.

También se observó que las varillas de refuerzo del comienzo de la rampa en subida, que se colocaron verticalmente durante el armado del refuerzo de la losa, al ser puestas en posición quedarían muy superficiales en la rampa, sin el recubrimiento de 5 cm de concreto, por lo que se recurre al armado de una vigueta auxiliar un poco más adelante de donde se colocó este refuerzo para encausarlo por medio de la vigueta y así el refuerzo quedará un poco más abajo dentro de la losa de la rampa de modo que se garantiza un mayor recubrimiento del refuerzo, como se observa en la imágenes 58 y 59.



Imagen 57. Construcción de viga-canal en rampa.



Imagen 58. Inicio de refuerzo de la rampa.



Imagen 59. Armado de vigueta auxiliar para encausar más abajo el refuerzo de inicio de la rampa. Atrás se visualiza el mencionado refuerzo de inicio.

Luego de resolver este inconveniente, se procede a armar el encofrado de las vigas (hecho en madera a la medida) y la losa de la rampa (con los tableros que se usarán también para la losa de primer piso). Se acomoda luego el refuerzo de tipo reticular de la losa, sin olvidarse de dejar la separación inferior de la losa de 5 cm por medio de las "panelas" y una vez listo todo esto, ya se puede fundir toda la losa.



Imagen 60. Encofrado de las vigas y la losa de la rampa.

También se arma la losa que sirve de acceso a la rampa, que es parte de la losa del primer piso. Esta será una losa de tipo aligerado con casetones de icopor. Los casetones vienen conformados por 8 módulos de 20 cm de altura y de forma trapezoidal para facilitar la salida de la losa cuando se esté desencofrando, lo cual significa que cada lado del modulo mide 50 cm y la altura del casetón será de 40 cm; adicionando los 5 cm que mide la loseta, estarán completos los 45 cm que mide todo el grosor de la losa aligerada. El ingeniero Jeisson, con anterioridad, solicitó un cálculo de la cantidad de casetones de tamaño 1.0 m \* 1.0 m que se podrían hacer con las existencias de una obra anterior de la constructora. Para esto se toman los casetones que tengan en todos sus lados al menos 50 cm; aquellos que tengan algún lado mayor de esta medida, se recortan. En el momento se cuenta con 20 módulos de distintas medidas, de esos, 7 módulos cumplen con las medidas mayores de 50 cm.

<b>RELACION DE ICOPORES</b>		
<b>No.</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	75X60	100
2	75X50	382
3	75X43	56
4	74X35	26
5	55X50	43
6	47X46	63
7	74X44	72
8	68X34	77
9	67X50	264
10	57X53	73
11	77X50	95
12	60X45	71
13	77X45	74
15	50X45	36
20	50X37	22
22	60X50	33
23	70X50	3
40	67X26	4
46	63X26	23
49	75X26	23
<b>TOTAL</b>		<b>1540</b>

Imagen 61. Relación de módulos de icopor. Cumplen con las medidas los No. 1, 2, 5, 9, 10, 11 y 22.

De acuerdo con la cantidad existente de cada uno de estos módulos, como se ve en la imagen 61, se calcula la cantidad de casetones que se pueden hacer con los mismos. Por ejemplo, para el módulo 1 (75 \* 60 cm) hay 100 unidades, y si se divide entre las 8 partes que conforman el casetón, va a dar el número de casetones que se pueden fabricar; en este caso  $100/8 = 12.5$  casetones, pero se contabilizan 12. Además, se recortan 25 y 10 cm respectivamente para conformar un casetón 1\*1 m. Así se procede con los otros módulos restantes, dando como resultado final la fabricación de 123 casetones con los módulos que



se cuenta en la constructora. Como son 207 casetones 1\*1 m en total, para toda la losa, se deben comprar y mandar a modular 84 casetones más.

Con el encofrado ya armado, se colocan los barras de refuerzo de las columnas que comienzan en el primer piso, que van traslapadas con el hierro que viene de las columnas del sótano. Luego, se empiezan a armar las vigas de primer piso, teniendo como referencia la ubicación de las columnas para su adecuada ubicación. Con las vigas armadas, se procede con el armado de las viguetas, que tienen 12 cm de ancho. Para su correcta localización, se dirige uno hacia una viga principal, y se demarca con una cimbra una línea que representa el paramento de la viga, el cual es el recubrimiento del refuerzo de 5 cm y que tiene la ventaja de ser inamovible, y a partir de esa línea se miden las distancias hasta cada centro de la vigueta que se especifican en los planos. Cada distancia que se mide, se va demarcando con una puntilla coloreada con spray para no perder la referencia a la hora del armado de la vigueta. Ya con todas las vigas y viguetas hechas, se pueden colocar los casetones de icopor, los cuales se aseguran con grafiles metálicos que se colocan en el centro de las viguetas, tienen el ancho de las mismas, quedan en contacto con los casetones y están pegados al encofrado de la losa de manera que impiden que los casetones se muevan durante la colocación del concreto. Luego, se procede a extender la malla electrosoldada, dejándola unos 2 cm levantada con respecto a la cara superior de los casetones, por lo que por encima esta malla tendrá un recubrimiento de 3 cm. Este procedimiento se extiende para el resto de la losa de primer piso que se fundirá posteriormente.



Imagen 62. Grafiles que funciona como separadores para proveer los 5 cm de recubrimiento para la vigueta. También evitan que los casetones de icopor se muevan mientras se realiza la fundición de la losa.



Imagen 63. Armado de refuerzo de la losa aligerada del primer piso



Imagen 64. Losa aligerada con casetones de icopor puestos en su sitio.

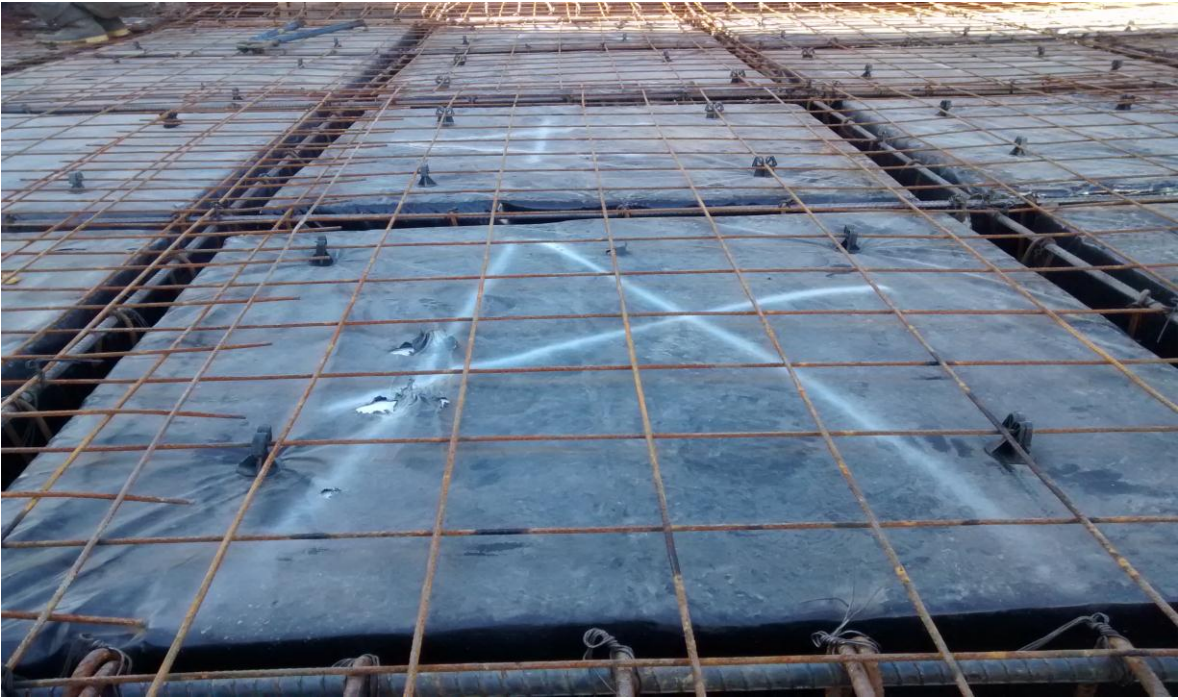


Imagen 65. Malla electrosoldada, levantada con separadores plásticos.



Imagen 66. Losa aligerada de acceso a la rampa, lista para el vaciado con concreto,

La losa se fundirá con concreto hecho en obra en vez de concreto premezclado debido a las dificultades que se presentaron con la empresa GeoAcopio. Se usará un mixer de más capacidad (puede procesar máximo 3 bultos de cemento), y se aprovechará esta capacidad para que la fundición se ejecute de manera rápida.

La manera de transportar la grava y la arena cambia, ya no se usan los "cajonados" para medir las partes de cada material con respecto al cemento (en la fundición de pantallas y columnas, por cada bulto de cemento utilizado, se echaban 2 cajonados de arenas y 2 cajonados de cemento, para la proporción 1:2:2). Pero como esta vez se utilizaran 3 bultos de cemento por cada bachada, el método usado anteriormente resultaría más demorado; entonces se van a usar los buggys como forma de transporte del material, ya que estos poseen más capacidad que los cajones.

Para la dosificación 1:2:2, como se triplican los sacos de cemento por bachada, también se triplican las partes de arena y de grava, y se necesita saber cuántos buggys se necesitan para obtener el equivalente a 6 cajones de arena y 6 cajones de grava. El procedimiento a seguir fue:

- Medir en obra cuantos cajones de arena caben en 1 buggy. Se necesitan aproximadamente 1 cajón y  $\frac{3}{4}$  más (1.75 cajones).
- Si se necesitan 1.75 cajones de arena en 1 buggy, entonces por regla de 3:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ buggy} \longrightarrow 1.75 \text{ cajones} \\ x \longrightarrow 6 \text{ cajones.} \end{array}$$

$$x = 3.43 \text{ buggys}$$

Por lo tanto, se necesitan 3.43 buggys para 6 cajones de arena (también para 3 bulto de cemento). Como la grava está en la misma proporción que la arena, la misma cantidad de buggys se usa para este material.

Se necesita saber cómo se van a medir esos 3.43 buggys, para luego demarcarlos a fin de que los obreros sepan hasta donde se deben llenar, entonces con la certeza de que se necesitan 3 buggys, se necesita cuantificar los 0.43 buggys más en su equivalente en cajones, por lo que se hace otra regla de 3.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ buggy} \longrightarrow 1.75 \text{ cajones} \\ 0.43 \text{ buggys} \longrightarrow x \end{array}$$

$$x = 0.75 \text{ cajones (} \frac{3}{4} \text{ de cajón)}$$

Como el cajón mide 34 cm de alto, los  $\frac{3}{4}$  de cajón vienen siendo 25 cm de altura, por lo que se tiene que llenar con material hasta esa altura, luego se vacía al buggy, se enrasa el material, y el nivel hasta donde llegue se demarca con aerosol con color vistoso. Así el obrero sabrá hasta donde se llena el buggy después de haber vaciado

3 de estos con anterioridad. Es una manera de hacer cumplir la dosificación cuando no se usa el cajón como principal medio para llevarlo hacia la mezcladora. De aquí en adelante el método de vaciado para la rampa no varía con respecto a como se hizo para la losa de entrepiso, ya que se utiliza la bombeadora de concreto SCHWING, conectada a la mezcladora de la empresa.

#### **4.11. Imprevistos en Obra.**

El día 14 de Octubre de 2015, después de varios meses de clima seco, se presentó un fuerte aguacero en la ciudad de Popayán en horas de la noche, lo que provocó el derrumbe de dos taludes en la obra, como se observa en las imágenes 67, 68, 69 y 70, mientras se realizaba la construcción de columnas y pantallas del sótano, hecho que provocó daños en las armaduras y de refuerzo y formaletería de las pantallas que cubrían esos taludes. Los factores que contribuyeron a este imprevisto, fueron:

- Existencia de alcantarillas cerca de los taludes, que al llenarse de aguas lluvias hicieron mucho peso a los taludes que ya se encontraban perfilados verticalmente e hicieron que se desplomaran.
- La casa vecina tiene la cubierta hecha en guadua y en zinc; no cuenta con un sistema de bajantes y todas las aguas lluvias caen sin control en los terrenos perimetrales de la casa, los cuales están cubiertos de prado; esto permitió que se infiltrara agua hacia los taludes, y debilitara su cohesión.

Se tomaron acciones inmediatamente, como sellar con mortero, los colectores que después del derrumbe, hayan quedado expuestos al aire libre y cuyas aguas puedan caer a las columnas y pantallas perimetrales en construcción. También se agilizó la construcción de las pantallas perimetrales, que serán capaces de soportar adecuadamente las cargas horizontales que vengan de los taludes, manteniendo la zona sin riesgos de derrumbes. Con el fin de mantener la seguridad mientras se construyen los taludes, se construyó una barrera en guadua, como se puede observar en la imagen 71, que a la vez sirve como apoyo a la pantalla, y en la parte de atrás hay un muro en saco-suelo, construido con el mismo suelo del talud caído, que rellena el vacío dejado por el derrumbe; esto permite conseguir una estabilidad aceptable en el talud; esto se aprecia en la imagen 72.

Así mismo, para encausar las aguas de nivel freático e infiltradas por lluvia se construyen 2 drenes verticales con material de triturado en medio del muro de saco-suelo, las cuales llegan por medio de un canal en tierra especialmente construido para llegar hasta los filtros verticales que llevan las aguas hasta los filtros horizontales a nivel del suelo de cimentación, que finalmente transportan el agua hasta el pozo eyector, como se puede observar en la imagen 73. Antes de la construcción del muro en saco-suelo, a manera de solución temporal, se colocó una tubería PVC de 4 pulgadas, que inicia desde la casa vecina, donde caen las aguas lluvias, y estas se llevan hasta el sótano, donde caen en la losa de cimentación y posteriormente en el pozo eyector que sacará el agua a través de la bomba dispuesta para ello. En la imagen 74 se observa que luego de la reconstrucción del talud, se remueve esta tubería y se construye un canal, hecho en tierra como los anteriores mencionados, que se dirige hacia el drenaje vertical.



Imagen 67. Derrumbe de talud entre ejes 6 y 7.



Imagen 68. Derrumbe de talud entre ejes A y B.



Imagen 69. Antiguo colector de alcantarillado, expuesto por el derrumbe.



Imagen 70. Colector sellado con mortero para evitar humedecimiento del talud.



Imagen 71. Construcción de barrera de apoyo para pantallas perimetrales en zona del derrumbe.



Imagen 72. Muro de saco-suelo construido detrás de pantalla de contención.





Imagen 73. Inicio de drenaje vertical con triturado, en la parte trasera de las pantallas perimetrales



Imagen 74. Canal con dirección al drenaje vertical para encausar aguas lluvias

## 5. CONCLUSIONES.

- Debe estudiarse y analizarse más el entorno en el cual se va a trabajar antes de empezar a construir (estabilidad de los suelos, existencia de redes de alcantarillado, acueducto, gas, etc. que puedan ser potenciales generadoras de riesgo en la obra) para localizar los posibles focos de riesgo en caso de eventualidades que puedan atrasar el desarrollo de la obra, y se puedan tomar a tiempo las medidas preventivas necesarias.
- Es muy importante la presencia del Ingeniero residente en las actividades de construcción para supervisar las decisiones que el maestro de obra tome, ya que estas a veces pueden ir en detrimento de la economía de la obra, cuando se trata de improvisar ante alguna dificultad.
- Durante la realización de la obra, los planos estructurales o arquitectónicos siempre serán susceptibles de cambios de última hora, ante la aparición de dificultades o necesidades que el calculista o el arquitecto no visualizó en la etapa de diseño.
- La preparación del concreto en obra arrojó mejores resultados en cuanto a calidad que el concreto premezclado por cuanto se tenía un mayor control y una buena certeza en la obra de los tiempos de mezclado y la calidad del material, debido a la presencia constante del Ingeniero residente y asesor.