

**PASANTÍA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN
DE LA CLÍNICA REINA VICTORIA, EN EL REGISTRO Y CONTROL DE
AVANCE DE OBRA, CONTROL DE CALIDAD Y TOMA DE CUANTÍAS DE
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**



YHONATHAN DANILO PACHECO AGREDO

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

**PASANTÍA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN
DE LA CLÍNICA REINA VICTORIA, EN EL REGISTRO Y CONTROL DE
AVANCE DE OBRA, CONTROL DE CALIDAD Y TOMA DE CUANTÍAS DE
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**



**TRABAJO DE GRADO LA MODALIDAD DE PASANTÍA
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

POR:

**YHONATHAN PACHECO AGREDO
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

DIRECTOR:

ING. FREDY ARTURO JARAMILLO OTERO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN**

2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y jurado de la práctica profesional, **“Pasantía como auxiliar de ingeniería civil en la construcción de la clínica reina victoria, en el registro y control de avance de obra, control de calidad y toma de cuantías de materiales para la construcción”**, una vez evaluado el informe final y la sustentación del mismo, autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar por el título de Ingeniero Civil.

Director de pasantía.

Jurado 1

Jurado 2

Popayán _____ de septiembre de 2016

TABLA DE CONTENIDO

| | pag. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 12 |
| 3. OBJETIVOS | 13 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 13 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 4. INFORMACIÓN GENERAL | 14 |
| 4.1 EMPRESA RECEPTORA | 14 |
| 4.2 DURACIÓN DE LA PASANTÍA | 15 |
| 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 16 |
| 5.1 LOCALIZACIÓN | 17 |
| 6. EVALUACIÓN DE INICIO | 19 |
| 7. CIMENTACIÓN PROFUNDA (CAISSONS) | 20 |
| 7.1 DESCRIPCIÓN | 20 |
| 7.2 CONSTRUCCIÓN | 23 |
| 7.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 25 |
| 7.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 28 |
| 8. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL | 29 |
| 8.1 CABEZALES | 32 |
| 8.1.1 Descripción | 32 |
| 8.1.2 Construcción | 40 |
| 8.1.3 Actividades realizadas por el pasante | 41 |
| 8.1.4 Tiempo de construcción | 45 |
| 8.2 VIGAS DE CIMENTACIÓN Y VIGAS MURO | 45 |
| 8.2.1 Descripción | 45 |
| 8.2.2 Construcción | 51 |
| 8.2.3 Actividades realizadas por el pasante | 52 |
| 8.2.4 Tiempo de construcción | 52 |
| 9. MUROS DE CONTENCIÓN Y VIGAS CORONA | 54 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 9.1 | DESCRIPCIÓN..... | 54 |
| 9.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 58 |
| 9.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 60 |
| 9.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 61 |
| 10. | RAMPA PARA ACCESO VEHICULAR..... | 63 |
| 10.1 | DESCRIPCIÓN..... | 63 |
| 10.1.1 | Pavimento rígido..... | 68 |
| 10.1.2 | Lámina colaborante. | 69 |
| 10.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 72 |
| 10.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 74 |
| 10.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 75 |
| 11. | SUB-DRENES PERIMETRALES Y EN EL SÓTANO | 77 |
| 11.1 | DESCRIPCIÓN..... | 77 |
| 11.1.1 | Subdrén perimetral..... | 77 |
| 11.1.1 | Subdrén en el sótano. | 78 |
| 11.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 80 |
| 11.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 81 |
| 11.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 81 |
| 12. | ESTRUCTURA METÁLICA..... | 83 |
| 12.1 | DESCRIPCIÓN..... | 83 |
| 12.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 91 |
| 12.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 92 |
| 12.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 93 |
| 13. | LOSA DE ENTREPISO | 95 |
| 13.1 | DESCRIPCIÓN..... | 95 |
| 13.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 98 |
| 13.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 99 |
| 13.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 100 |
| 14. | COLUMNAS | 102 |
| 14.1 | DESCRIPCIÓN..... | 102 |
| 14.2 | CONSTRUCCIÓN..... | 106 |

| | | |
|------|---|-----|
| 14.3 | ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE | 107 |
| 14.4 | TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | 111 |
| 15. | CONCLUSIONES | 112 |
| 16. | BIBLIOGRAFÍA | 113 |
| | ANEXOS | 114 |

LISTA DE TABLAS

| | pag. |
|--|------|
| Tabla 1. Cantidades de concreto para fundición de caissons | 23 |
| Tabla 2. Control de cilindros tomados para ensayo a compresión | 27 |
| Tabla 3. Peso del acero usado en la cimentación superficial | 29 |
| Tabla 4. Cantidad de concreto usado en la cimentación superficial | 30 |
| Tabla 5. Resistencias del concreto usado en la cimentación superficial | 30 |
| Tabla 6. Descripción de las fundiciones de la cimentación superficial | 31 |
| Tabla 7. Tipos de cabezales..... | 32 |
| Tabla 8. Cantidad de acero empleado en los cabezales | 40 |
| Tabla 9. Longitudes para el cumplimiento de la NSR-10, capítulo C | 41 |
| Tabla 10. Cantidad de acero empleado en las vigas de cimentación y muro..... | 50 |
| Tabla 11. Cantidad de acero empleado para los muros de contención..... | 57 |
| Tabla 12. Cantidad de acero empleado para la viga corona | 58 |
| Tabla 13. Cantidad de concreto mezclado en obra | 72 |
| Tabla 14. Cantidad de materiales para subdrén perimetral..... | 78 |
| Tabla 15. Cantidad de materiales para subdrén de sótano | 79 |
| Tabla 16. Cantidad de acero para losa de entrepiso | 99 |
| Tabla 17. Cantidad de malla de refuerzo de losa de entrepiso | 100 |
| Tabla 18. Cantidad de acero para columnas de sótano | 106 |
| Tabla 19. Cartilla de refuerzo para columnas del sótano | 108 |
| Tabla 20. Cantidad de acero para columnas de 70 x 70 | 109 |
| Tabla 21. Cantidad de acero para columnas de 80 x 80 | 109 |

LISTA DE FIGURAS

| | pag. |
|--|------|
| Figura 1. Imagen corporativa..... | 14 |
| Figura 2. Render de la fachada de la clínica | 16 |
| Figura 3. Ubicación del proyecto en mapa satelital | 17 |
| Figura 4. Levantamiento con localización en obra | 17 |
| Figura 5. Localización por ejes en obra..... | 18 |
| Figura 6. Estado de la obra 1, 27/08/2015 | 19 |
| Figura 7. Estado de la obra 2, 27/08/2015 | 19 |
| Figura 8. Esquema de la cimentación profunda | 20 |
| Figura 9. Detalle del refuerzo de los caissons..... | 22 |
| Figura 10. Procedimiento para excavación de caissons | 24 |
| Figura 11. Procedimiento para fundición de caissons | 24 |
| Figura 12. Remisión de argos para fundición de caissons | 25 |
| Figura 13. Medición del asentamiento por cono Slump..... | 26 |
| Figura 14. Toma de muestras para ensayo a compresión | 26 |
| Figura 15. Fundiciones realizadas en la cimentación superficial..... | 31 |
| Figura 16. Refuerzo del cabezal CB-1 | 33 |
| Figura 17. Refuerzo del cabezal CB-2 | 34 |
| Figura 18. Refuerzo del cabezal CB-2A..... | 35 |
| Figura 19. Refuerzo del cabezal CB-3 | 36 |
| Figura 20. Refuerzo del cabezal CB-4 | 37 |
| Figura 21. Refuerzo del cabezal CB-5 | 38 |
| Figura 22. Refuerzo del cabezal CB-5A..... | 39 |
| Figura 23. Chequeo del acero en los cabezales (ejes 4 a 7) | 42 |
| Figura 24. Chequeo del acero en los cabezales (ejes 1 a 4) | 42 |
| Figura 25. Remisión de argos para fundición de cabezales..... | 43 |
| Figura 26. Fundición de cilindros, 27/08/2015..... | 44 |
| Figura 27. Resultado de ensayo de asentamiento, 27/08/2015 | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 28. Refuerzo de las vigas de cimentación tipo 1 | 46 |
| Figura 29. Refuerzo de las vigas de cimentación tipo 2 | 46 |
| Figura 30. Refuerzo longitudinal de las vigas de cimentación tipo 1 | 47 |
| Figura 31. Refuerzo longitudinal de las vigas de cimentación tipo 2 | 47 |
| Figura 32. Refuerzo de las vigas de las vigas muro 1 y 2 | 48 |
| Figura 33. Refuerzo de las vigas de las vigas muro 2 y 3 | 48 |
| Figura 34. Refuerzo longitudinal de la viga muro 1 | 49 |
| Figura 35. Refuerzo longitudinal de la viga muro 2 | 49 |
| Figura 36. Refuerzo longitudinal de la viga muro 3 | 50 |
| Figura 37. Refuerzo longitudinal de la viga muro 4 | 50 |
| Figura 38. Ubicación de platinas para amarre de columnas | 54 |
| Figura 39. Cotas para anclaje de las platinas..... | 55 |
| Figura 40. Detalle anclaje de las platinas..... | 55 |
| Figura 41. Refuerzo del muro de contención..... | 56 |
| Figura 42. Refuerzo del muro de contención..... | 61 |
| Figura 43. Plano en planta de la rampa de acceso vehicular | 63 |
| Figura 44. Corte longitudinal de la rampa de acceso vehicular | 64 |
| Figura 45. Refuerzo de los muros de contención de la rampa tipo 1 | 65 |
| Figura 46. Refuerzo de los muros de contención de la rampa tipo 2 | 66 |
| Figura 47. Refuerzo del muro de contención frontal de la rampa..... | 68 |
| Figura 48. Corte transversal pavimento rígido..... | 69 |
| Figura 49. Corte transversal losa con lámina colaborante | 69 |
| Figura 50. Corte longitudinal losa con lámina colaborante 1 | 70 |
| Figura 51. Detalle de lámina colaborante | 70 |
| Figura 52. Detalle de bordillo de la rampa..... | 71 |
| Figura 53. Plano en planta de subdrenes perimetrales y de sótano..... | 79 |
| Figura 54. Colocación de tubería novafort para subdrén perimetral..... | 80 |
| Figura 55. Plano general de montaje | 83 |
| Figura 56. Perfil de columnas 70 x 70 | 84 |
| Figura 57. Anclaje de columnas 70 x 70 | 85 |
| Figura 58. Perfil de columnas 80 x 80 | 86 |

| | |
|--|-----|
| Figura 59. Anclaje de columnas 80 x 80 | 86 |
| Figura 60. Marca para ajuste a 2/3 de giro..... | 88 |
| Figura 61. Conexión a las vigas corona | 88 |
| Figura 62. Conexión de vigas a cortante | 89 |
| Figura 63. Conexión de vigas a momento | 89 |
| Figura 64. Conexión de viguetas..... | 90 |
| Figura 65. Radios de alcance de la torre grúa..... | 90 |
| Figura 66. Registro de montaje | 92 |
| Figura 67. Nivelación de la torre grúa | 94 |
| Figura 68. Apuntalamiento de la viga corona | 94 |
| Figura 69. Corte longitudinal y transversal de lámina colaborante | 95 |
| Figura 70. Detalle de refuerzo en las esquinas | 96 |
| Figura 71. Colocación de malla electro soldada..... | 97 |
| Figura 72. Detalle de lámina colaborante de entrepiso | 97 |
| Figura 73. Refuerzo transversal de las columnas 70 x 70..... | 102 |
| Figura 74. Refuerzo transversal de las columnas 70 x 70 en los nudos | 103 |
| Figura 75. Despiece de las columnas hasta el segundo piso 70 x 70 | 103 |
| Figura 76. Despiece de las columnas hasta el segundo piso 80 x 80 | 104 |
| Figura 77. Refuerzo transversal de las columnas 80 x 80..... | 105 |
| Figura 78. Refuerzo transversal de las columnas 80 x 80 en los nudos | 105 |
| Figura 79. Formato de revisión de columnas | 110 |

INFORME DE PASANTÍA COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CLÍNICA REINA VICTORIA, EN EL REGISTRO Y CONTROL DE AVANCE DE OBRA, CONTROL DE CALIDAD Y TOMA DE CUANTÍAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN.

PROPUESTA DE GRADO – PASANTÍA

1. INTRODUCCIÓN

Con el presente informe se pretende optar por el título de ingeniero civil dando cumplimiento al requisito de trabajo de grado en la modalidad de práctica profesional.

Para el desarrollo del trabajo de grado se completó un periodo en el cargo de auxiliar de ingeniería en la obra civil **CLÍNICA REINA VICTORIA**, llevada a cabo en la ciudad de Popayán por la empresa **INVERSIONES M & L GROUP S.A.S.** En esta construcción se desempeñó el cargo, llevando un registro detallado del avance de obra en cada jornada laboral, el control de aspectos técnicos durante la construcción siguiendo las normas vigentes para este tipo de estructuras, supervisar la calidad y cuantía de materiales de la construcción, todo lo anterior en aras de aplicar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera universitaria y la obtención de experiencia en el campo de la construcción y los procesos relacionados a esta, y que en conjunto permitan desempeñarse de una manera óptima una futura vida profesional.

En este documento se darán a conocer las actividades realizadas en el transcurso del trabajo de grado con la modalidad de pasantía, como lo estipula el acuerdo N° 051 de 2001 del Consejo Superior Universitario, la resolución N° 281 de 2005 y la resolución N° 820 de 2014 emitida por la Facultad de Ingeniería Civil.

2. JUSTIFICACIÓN

La modalidad de pasantía como trabajo de grado ofrece al estudiante un conjunto de actividades cuyo único fin son el de enriquecer el proceso de formación que se ha llevado acabado en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca. De esta manera el estudiante podrá aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de su paso por la universidad, y adquirir experiencia en el campo profesional, además de permitir al estudiante tener interacción con ingenieros civiles y personas con muchos años en el campo de la construcción, de los cuales se puede obtener muchos consejos e indicaciones producto de todos sus años de experiencia en esta profesión.

La importancia de la pasantía es que el estudiante participe adecuadamente en actividades propias de la profesión, y asista con un horario determinado de acuerdo al cronograma establecido, familiarizándose con las actividades que se presentan y resolverlas con los conocimientos adquiridos en la universidad y en caso de no lograrlo, el estudiante deberá hacer todo lo posible para terminar esta actividad indagando sobre la forma correcta de hacerlo.

En el campo de la construcción es esencial conocer todos los procesos y etapas que se llevan a cabo en la obra, además de saber afrontar los distintos contratiempos e inconvenientes que se presentan durante la realización de los procesos constructivos, es por esto que la pasantía hará que el estudiante aprenda a resolver todas estas situaciones cuando se le presenten en su futuro desempeño profesional.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Participar como auxiliar de ingeniería civil en registro y control de avance de obra, control de calidad y toma de cuantías de materiales para la construcción, en la construcción de la **CLÍNICA REINA VICTORIA**, en la ciudad de Popayán, por la empresa **INVERSIONES M & L GROUP S.A.S.**

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un seguimiento detallado de los procesos constructivos realizados en la obra y verificar que estos cumplan con las normas vigentes para la construcción de infraestructura hospitalaria en Colombia, desde la construcción de la cimentación profunda hasta la fundición de la losa de entrepiso del primer nivel.

Las normas a seguir son:

- *NSR-10 (Norma Sismo Resistente de Colombia)*
 - *Resolución número 4445 de 1996*
 - *Resolución número 00002003 DE 2014*
- Verificar que las cuantías y la calidad de los materiales usados en la construcción de los distintos elementos de la estructura cumplan con lo establecido en los planos estructurales.
 - Realizar el seguimiento al cronograma de las actividades, verificando que se cumpla con los tiempos establecidos en la programación de obra.

4. INFORMACIÓN GENERAL

4.1 EMPRESA RECEPTORA

CONSTRUCTORA M & L GROUP

Figura 1. Imagen corporativa



Fuente: *Constructora M&L Group S.A.S.*

Grupo M&L Ofrece servicios especializados en el sector constructivo de salud, implementando el factor ambiental como pionero en el desarrollo de proyectos clínicos de mediano y alto nivel, brindando así satisfacción y confianza de todos los que forman parte de cada proyecto como lo son los clientes, contratistas, proveedores y personas que utilizan los diferentes mercados en la organización.

OBJETIVO RETADOR

Ser una empresa reconocida a nivel regional para el año 2020, liderando el mercado por su calidad e innovación.

PRINCIPIOS CORPORATIVOS

- Responsabilidad
- Vocación de servir
- Eficacia
- Seguridad Honestidad

VALORES CORPORATIVOS

- Trabajo en equipo
- Mejoramiento continuo
- Seguimiento de riesgos internos y externos

M&L GROUP cuenta con un gran equipo de profesionales de las diferentes áreas del sector, apoyado con gran tecnología de punta, con instalaciones óptimas para la atención y satisfacción de particulares o pertenecientes a las entidades de salud.

Desarrolla proyectos que permiten tener en diferentes regiones del país instalaciones constructivas para la prestación de servicios en diferentes niveles de complejidad.

- Un amplio grupo de proveedores outsourcing
- Convenios vigentes con entidades del sector
- Acompañamiento continuo de instituciones y profesionales.

Ubicación: C.C Unicentro Carrera 100 #5 - 169, Local 402.

Teléfono: 311 6949

4.2 DURACIÓN DE LA PASANTÍA

El tiempo exigido por la Universidad del Cauca, en la modalidad de pasantía, es de quinientas setenta y seis (576) horas, iniciando a los veinticinco (25) días del mes de noviembre de dos mil quince (2015) y culminando a los dieciocho (18) días del mes de marzo de dos mil dieciséis (2016).

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Reina Victoria es un proyecto clínico y comercial ejecutado por la *Constructora M&L Group S.A.S.* La clínica estará constituida por siete pisos y un sótano, los cuales serán dispuestos de la siguiente manera:

- Sótano: Área de parqueaderos, hemodinamia e imágenes diagnósticas.
- *Piso 1*: Locales comerciales y urgencias.
- *Pisos 2*: Unidad de cuidados intensivos y quirófanos.
- *Piso 3 y 4*: Hospitalización.
- *Pisos 5*: Consultorios médicos.
- *Piso 6 y 7*: Por definir.

Figura 2. Render de la fachada de la clínica



Fuente: *Francisco Amalla, 2015.*

5.1 LOCALIZACIÓN

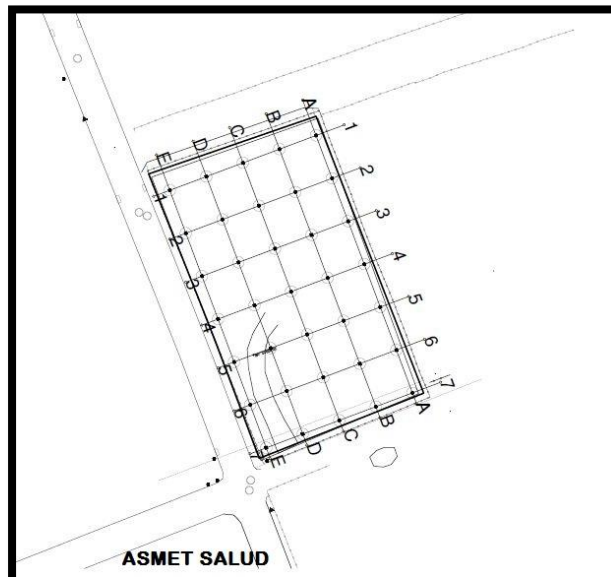
El proyecto se encuentra ubicado en el barrio *LA ESTANCIA*, en la calle 15N #2-350, diagonal a *Asmet Salud*.

Figura 3. Ubicación del proyecto en mapa satelital



Fuente: *Google maps*.

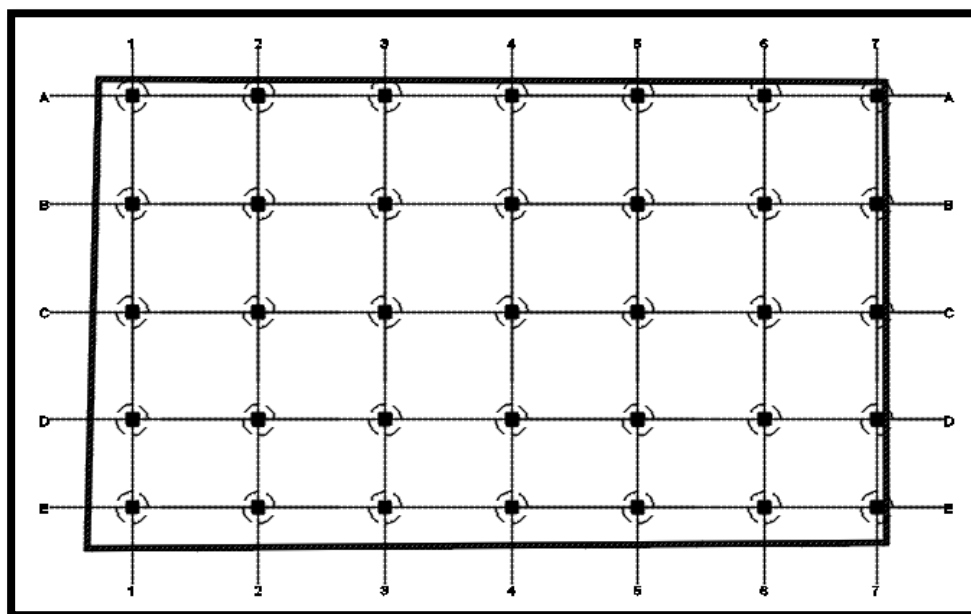
Figura 4. Levantamiento con localización en obra



Fuente: *Alexander Palta F., 2015*.

La obra está referenciada por ejes del A al E y del 1 al 7, y para el presente trabajo se mencionarán los distintos elementos de la construcción empleando dichos ejes, de la siguiente manera:

Figura 5. Localización por ejes en obra



Fuente: Alexander Palta F., 2015.

Cada coordenada del anterior plano constituye un caisson, cabezal y columna por lo que se tienen un total de treinta y cinco de cada uno de estos elementos.

Al ser un proyecto clínico que posee servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y atención de urgencias, se clasifica en el **Grupo IV- Edificaciones indispensables** y debe estar diseñada para funcionar durante y después del sismo.

6. EVALUACIÓN DE INICIO

En el inicio de la pasantía se encuentra realizada la excavación a cuatro metros de profundidad bajo la topografía original del lote, y para mejorar la estabilidad del perímetro de la excavación, temporalmente, se empleó concreto lanzado reforzado con malla hexagonal. Adicionalmente se encuentra excavados, manualmente treinta y cinco pozos profundos, de hasta 7,35 metros de profundidad, con un diámetro de 2.2 metros, con el refuerzo ya colocado en cada uno de estos y de los cuales treinta y dos han sido fundidos empleando concreto por medio de autobomba. Se encuentran realizadas las mayorías de las excavaciones de zanjas para las vigas de cimentación, vigas muro y los cabezales, y se trabaja en la colocación del acero de refuerzo de estos elementos y del acero vertical de los muros de contención.

Figura 6. Estado de la obra 1, 27/08/2015



Fuente: *El autor*

Figura 7. Estado de la obra 2, 27/08/2015



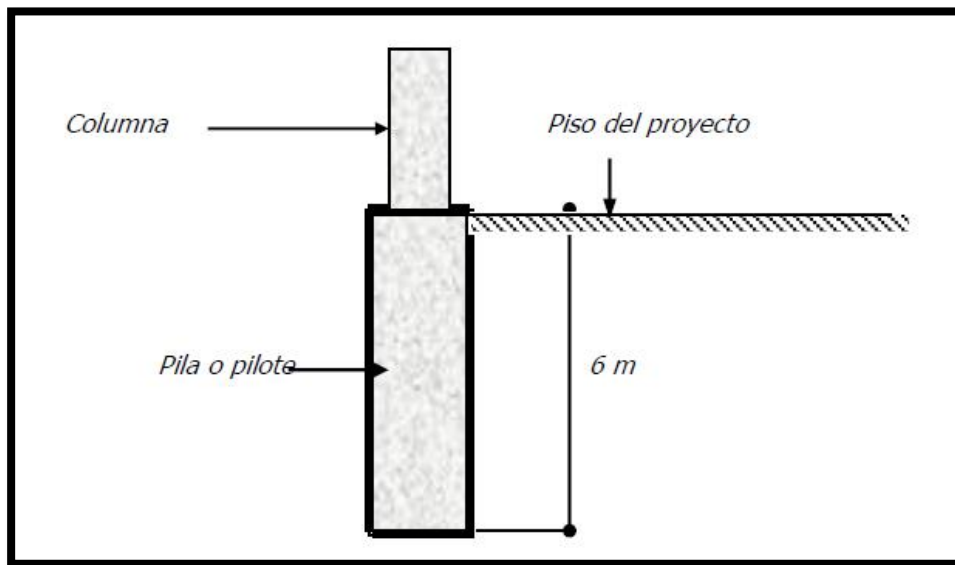
Fuente: *El autor*

7. CIMENTACIÓN PROFUNDA (CAISSONS)

7.1 DESCRIPCIÓN

Para la definición del sistema de cimentación que se emplearía se realizaron dos sondeos de 20 metros de profundidad desde la excavación inicial del sótano, por parte de *ESTUDIO DE SUELOS LTDA.*, complementarios a cinco sondeos iniciales de 8.5 metros, 10.2 metros, 8.5 metros, 9 metros y 8.7 metros consecutivamente realizados por *GEOFÍSICA*. Se obtuvo la propuesta de GIRF INGENIERÍA S.A.S. de la construcción de caissons de 2.20 metros de diámetro para trasladar las cargas hasta el estrato granular denso, como lo muestra el siguiente esquema:

Figura 8. Esquema de la cimentación profunda



Fuente: GIRF INGENIERÍA S.A.S, 2015.

De este estudio se obtuvieron las siguientes recomendaciones:

- Prolongar el refuerzo a tensión del caisson hasta el cabezal para garantizar el amarre de estos dos elementos.

- Emplear concreto portland de más de 3000 Psi a los 28 días y con slump de 6 a 8”.
- Separación mínima de centro a centro de los caissons de por lo menos 3 veces el diámetro.
- Dimensionamiento de los caissons óptimo dependiendo de la cantidad, para obtener la menor sección posible.
- Excavación manual de los caissons, con el sistema de anillos troncocónicos para evitar derrumbes.
- Controlar el nivel freático empleando motobombas.
- La colocación del concreto se hará mediante tuberías tremie.
- Garantizar una cuantía mínima longitudinal de 0.5% del área transversal del caisson, con 4 barras como mínimo, y una longitud igual a la del caisson mas el desarrollo en el cabezal.

El refuerzo empleado en los caissons se describe a continuación:

- 33 paquetes de dos barras #8 con gancho de 40 cm ubicados longitudinalmente.
- 1 parrilla simple con barras de #8 y separación de 17 cm en ambos sentidos a 0.30 metros del fondo de la excavación.
- 1 parrilla simple con barras de #4 y separación de 17 cm en ambos sentidos a 0.75 metros del fondo de la excavación.
- 1 parrilla simple con barras #4 y separación de 17 cm en ambos sentidos a 0.55 metros del nivel superior del caisson.
- 1 parrilla doble con barras #4 y separación de 17 cm en ambos sentidos a 0.20 metros del nivel superior del caisson.
- Estribos con barras #4 con separación de 15 cm.

Tabla 1. Cantidades de concreto para fundición de caissons

| CANTIDAD (m3) | |
|---|---------------|
| PREMEZCLADO CON AUTOBOMBA M3 | 656.76 |
| PREMEZCLADO SIN AUTOBOMBA M3 | 74.39 |
| PREPARADO EN OBRA M3 | 7.79 |
| TOTAL | 738.94 |

Fuente: *El autor.*

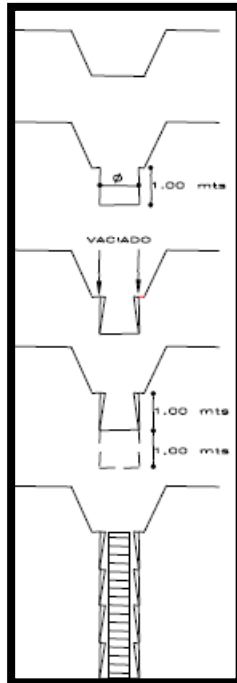
7.2 CONSTRUCCIÓN

Se realizaron las excavaciones de los 35 caissons manualmente empleando el sistema pozos indios, controlando el nivel freático con el uso de motobombas eléctricas. Para el refuerzo de los cilindros de concreto que estabilizaban las excavaciones, se emplearon aros de acero de 10 cm de ancho.

Se realizó el armado del refuerzo descrito anteriormente, respetando traslapos, longitud de ganchos, recubrimiento y longitud de desarrollo requeridos de acuerdo a la NSR-10.

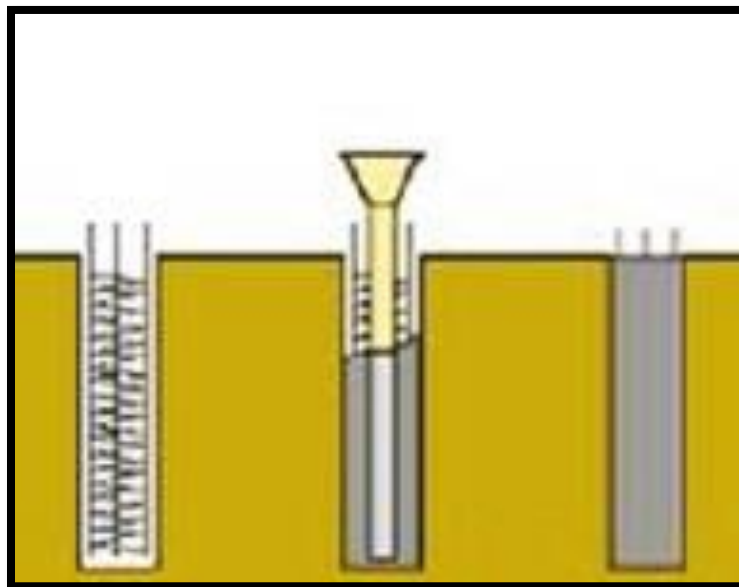
El vaciado del concreto se hizo mediante el sistema tremie, el cual consiste en un concreto diseñado con una consistencia fluida y usando un tubo embudo para el vaciado, en caso de no emplear la motobomba, ideal para fundiciones en presencia del nivel freático. En las siguientes figuras se muestran esquemas de los procesos realizados.

Figura 10. Procedimiento para excavación de caissons



Fuente: GIRF INGENIERÍA S.A.S, 2015.

Figura 11. Procedimiento para fundición de caissons


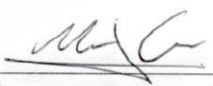


Fuente: es.pinterest.com/pin/553942822895907121/

7.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Se realizó el seguimiento de los tres caissons faltantes, ubicados en los ejes 7E, 6E Y 7D, en los cuales se chequeaba que el mixer estuviera sellado, la cantidad y propiedades (tipo, resistencia y tamaño máximo) del concreto descritas en la remisión coincidieran con las pedidas, y se realizó el registro de la hora de inicio de descargue y salida de la obra, obteniendo el tiempo de descargue del mixer.

Figura 12. Remisión de argos para fundición de caissons

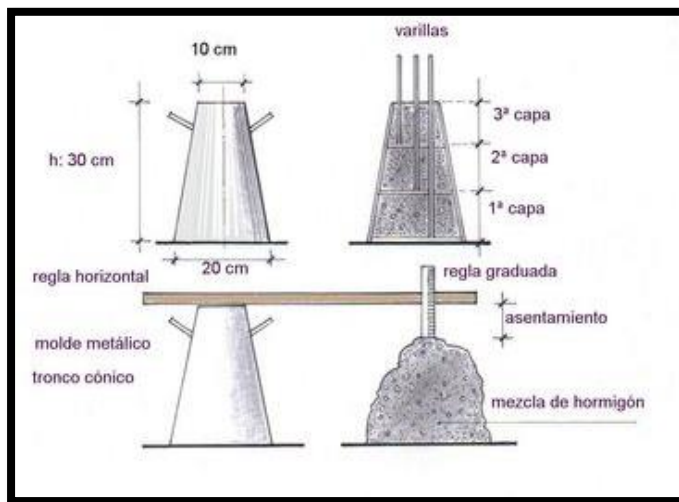
| REMISION No. 75009553 | |  | |
|--|--|---|--|
| Fecha: 09/09/2015 | No. Pedido: 740004 | Nit: 900.386.817-1 | |
| Cliente: INVERSIONES M&L GROUP SAS | | Proyecto: PROYECTO CLINCA REINA VICTORIA | |
| Direccion: CL 15 N 2 35 LA ESTANCIA POPAYAN | | Cantidad (m3): 7 | |
| Cod Producto: T210200000 | Descripcion Producto C. TREMIE 3000PSI TM 1" | | |
| Servicio Entrega: | Asentamiento: 203.00 | Resistencia: | |
| Planta: 741 | Conductor: LOPEZ GUTIERREZ ANDRES GUIOV. | Mixer: 261 | |
| Hora impreso: 9:09 | Hora Cargue: 9:09 | Hora Salida planta: 09:32 | |
| Hora llegada obra: 09:57 | Hora inicio descargue: 10:55 | Hora salida obra: 11:10 | |
| Hora llegada planta: | Despachador: | | |
| Observaciones | ING OSCAR MIRANDA-317-436-13-07 | 23 min Tlamb Vacua | |
| Recibi a mi entera satisfaccion la cantidad y especificaciones de producto relacionadas | | | |
| Firma y sello  | | www.argos.com.co Celular #250 01 8000 5 ARGOS 2 7 4 6 7 | |

Fuente: El autor.

Se realizó el ensayo de asentamiento por cono slump de cada mixer que llegó a la obra, con el fin determinar su consistencia y en caso de ser necesario rechazar el concreto, ya que se debía garantizar la alta resistencia a la segregación y la manejabilidad, esperando asentamientos de $8" \pm 1"$. No fue necesario rechazar ningún mixer por este motivo.

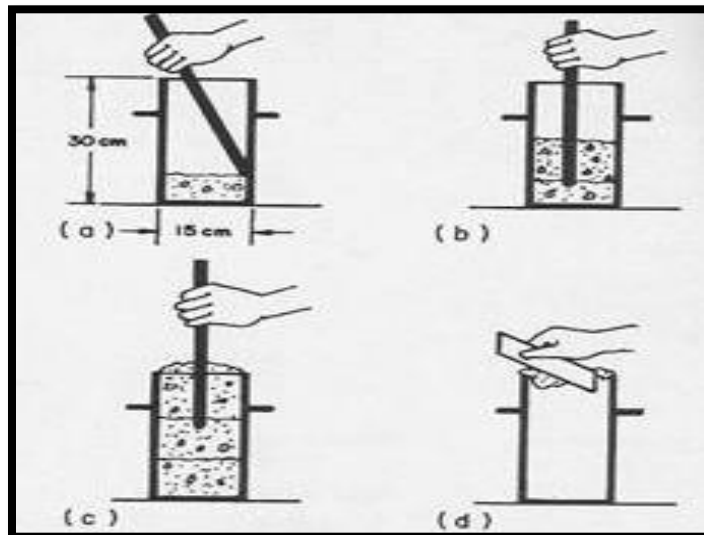
Posteriormente se realizó la fundición de tres cilindros, de 150 mm de diámetro, para el ensayo de compresión del concreto, y de esta manera determinar la máxima resistencia que alcanzaba la muestra a los 28 días. El procedimiento de toma de asentamiento y fundición de cilindros se muestra en los siguientes esquemas:

Figura 13. Medición del asentamiento por cono Slump



Fuente: www.construmatica.com/construpedia/Cono_de_Abrams

Figura 14. Toma de muestras para ensayo a compresión



Fuente: www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=501

Los cilindros fueron debidamente marcados y registrados para alimentar el control de resistencias de cada fundición, en el siguiente formato elaborado por el pasante:

Tabla 2. Control de cilindros tomados para ensayo a compresión

| Consecutivo | Fecha de fundición | Número de muestras | Ubicación | Muestra | 28 Días | |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|---------|------------|-------------|
| | | | | | Fecha | Resistencia |
| 1 | 22/06/2015 | 3 | Caissons 4E, 5D, 6D, 5E, 3E | 1 | 20/07/2015 | |
| | | | | 2 | | |
| | | | | 3 | | |
| 2 | 23/06/2015 | 3 | Caissons 2E, 1E, 1C | 1 | 21/07/2015 | |
| | | | | 2 | | |
| | | | | 3 | | |
| 3 | 9/07/2015 | 3 | Unidad de cirugía estética | 1 | 6/08/2015 | |
| | | | | 2 | | |
| | | | | 3 | | |
| 4 | 10/07/2015 | 3 | Caisson 1B | 1 | 7/08/2015 | |
| | | | | 2 | | |
| | | | | 3 | | |
| 5 | 27/08/2015 | 3 | Cabezal 5A | 1 | 24/09/2015 | |
| | | | | 2 | | |
| | | | | 3 | | |

Fuente: *El autor.*

Se realizaba el seguimiento de toda la fundición para prevenir la manipulación indebida del concreto, como por ejemplo la adición de agua, alterando la resistencia.

7.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La fundición de los tres caissons se llevó a cabo el día 09 de septiembre del 2015 con un total de 9 mixers y un volumen de 59.4 metros cúbicos de concreto fundido, iniciando el descargue a las 7:40 am y finalizando a las 12:35 pm. No se presentó ningún contratiempo durante la fundición de los caissons.

8. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Se empleó un sistema de 35 cabezales y 14 vigas de cimentación de las cuales 10 son vigas de amarre entre cabezales y 4 cimentación para los muros de contención (viga muro).

El total de acero usado en armado del refuerzo de los cabezales y las vigas de cimentación fue de 69174 kilogramos, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Peso del acero usado en la cimentación superficial

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES | | | | |
|----------------------------|--------------|----------|------------|-----------|
| DIÁMETRO | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO(KG/M) | PESO (KG) |
| # 3 | 12 | 168 | 0.56 | 1128.96 |
| # 4 | 12 | 476 | 1 | 5712 |
| # 6 | 12 | 795 | 2.24 | 21369.6 |
| # 8 | 12 | 478 | 3.98 | 22829.28 |
| TOTAL | | | | 51039.84 |

Fuente: *El autor.*

La cantidad de concreto empleado en total fue 450.8 metros cúbicos, vaciados con autobomba y por descarga directa, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Cantidad de concreto usado en la cimentación superficial

| TIPO DE VACIADO | Cantidad m ³ |
|------------------|----------------------------|
| AUTOBOMBA | 273 |
| DESCARGA DIRECTA | 177.8 |
| TOTAL | 450.8 |

Fuente: *El autor.*

Basados en el diseño estructural, los cabezales perimetrales al igual que las vigas muro debían ser fundidas con un concreto de mínimo 4000 PSI y los cabezales internos y las vigas de amarre con un concreto de mínimo 3000 PSI. Las cantidades reales usadas de cada concreto con las resistencias requeridas se muestran a continuación:

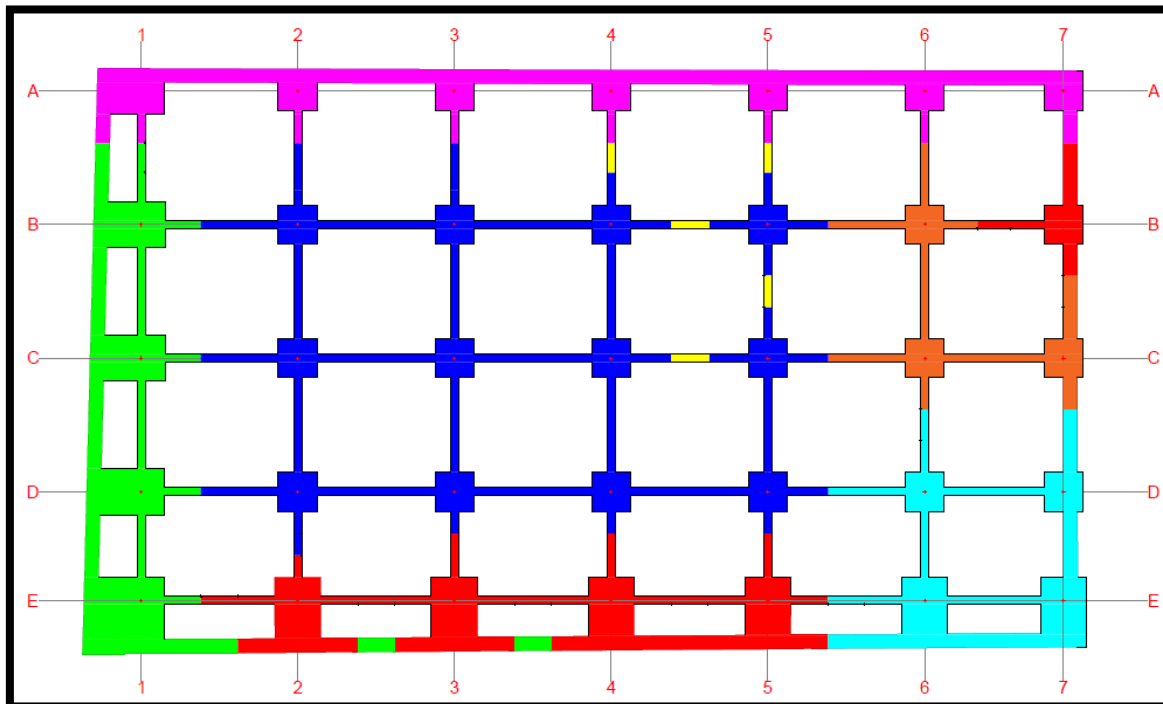
Tabla 5. Resistencias del concreto usado en la cimentación superficial

| RESISTENCIA DEL CONCRETO PSI | Cantidad m ³ |
|---------------------------------|----------------------------|
| 3000 | 89.8 |
| 4000 | 361 |
| TOTAL | 450.8 |

Fuente: *El autor.*

En el siguiente esquema se puede observar las fechas, tipo y cantidad de concreto de cada una de las fundiciones de los elementos de la cimentación superficial:

Figura 15. Fundiciones realizadas en la cimentación superficial



Fuente: El autor., adaptado del registro realizado por la Ingeniera Ana María Losada.

Tabla 6. Descripción de las fundiciones de la cimentación superficial

| TIPO DE VACIADO | RESISTENCIA (PSI) | CANTIDAD (M3) | FECHA DE FUNDICIÓN |
|------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| Bombeado | 4000 | 75 | 27/08/2015 |
| Descarga directa | 3000 | 2.8 | 09/09/2015 |
| Bombeado | 3000 | 87 | 10/09/2015 |
| Descarga directa | 4000 | 70 | 12/09/2015 |
| Descarga directa | 4000 | 60 | 17/09/2015 |
| Bombeado | 4000 | 111 | 27/09/2015 |
| Descarga directa | 4000 | 45 | 04/11/2015 |

Fuente: El autor., adaptado del registro realizado por la Ingeniera Ana María Losada.

8.1 CABEZALES

8.1.1 Descripción.

Se establecieron siete tipos de cabezales de la siguiente manera:

Tabla 7. Tipos de cabezales

| TIPO | CABEZALES |
|-------|--|
| CB-1 | 2B-2C-2D-3B-3C-3D-4B-4C-4D-5B-5C-5D-6B-6C-6D |
| CB-2 | 1A-4E |
| CB-2A | 1B-1C-1D-2E-3E-5E-6E-7E |
| CB-3 | 1E |
| CB-4 | 7A |
| CB-5 | 4A |
| CB-5A | 2A-3A-5A-6A-7B-7C-7D |

Fuente: *El autor.*

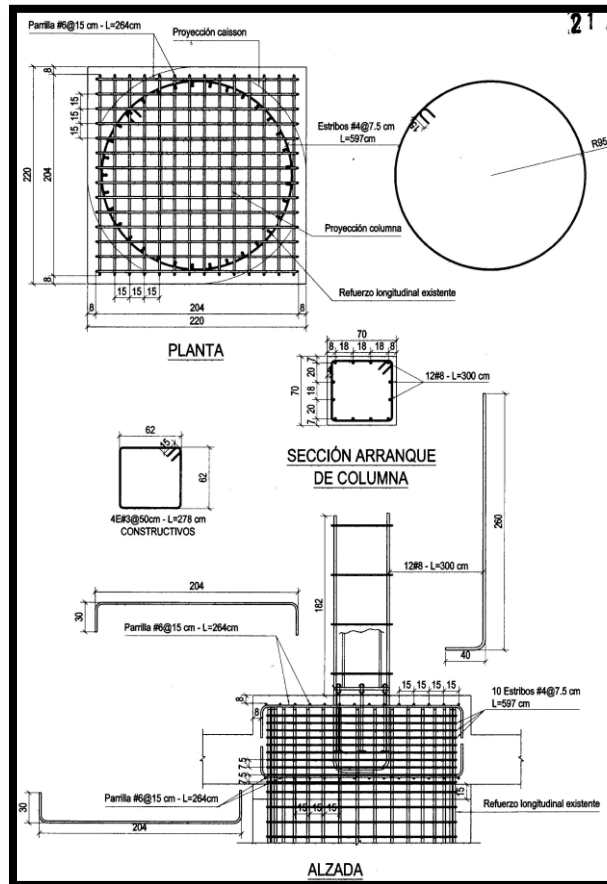
El refuerzo general de los cabezales se realizó con acero certificado, corrugado de grado 60, como se describe a continuación:

- Parrilla inferior con barras #6 cada 15 cm, en ambos sentidos, con ganchos a 90° de 30 cm
- Parrilla superior con barras #6 cada 15 cm, en ambos sentidos, con ganchos a 90° de 30 cm
- Estribos circulares en el acero longitudinal existente de los caissons, con un radio de 95 cm, con barras #4, separación de 15 cm y ganchos de 15 cm.
- Refuerzo vertical para el traslapeo futuro del acero de las columnas, con barras #8, con una longitud de 2.62 metros y gancho.

El tipo de cabezal CB-1 se presentan en todos los cabezales interiores (2B-2C-2D-3B-3C-3D-4B-4C-4D-5B-5C-5D-6B-6C-6D) y consta de barras de 2.04 metros más

ganchos de 30 cm a 90°, en la parrilla inferior y superior, y 12 barras verticales con gancho de 40 cm a 90° como se muestra a continuación:

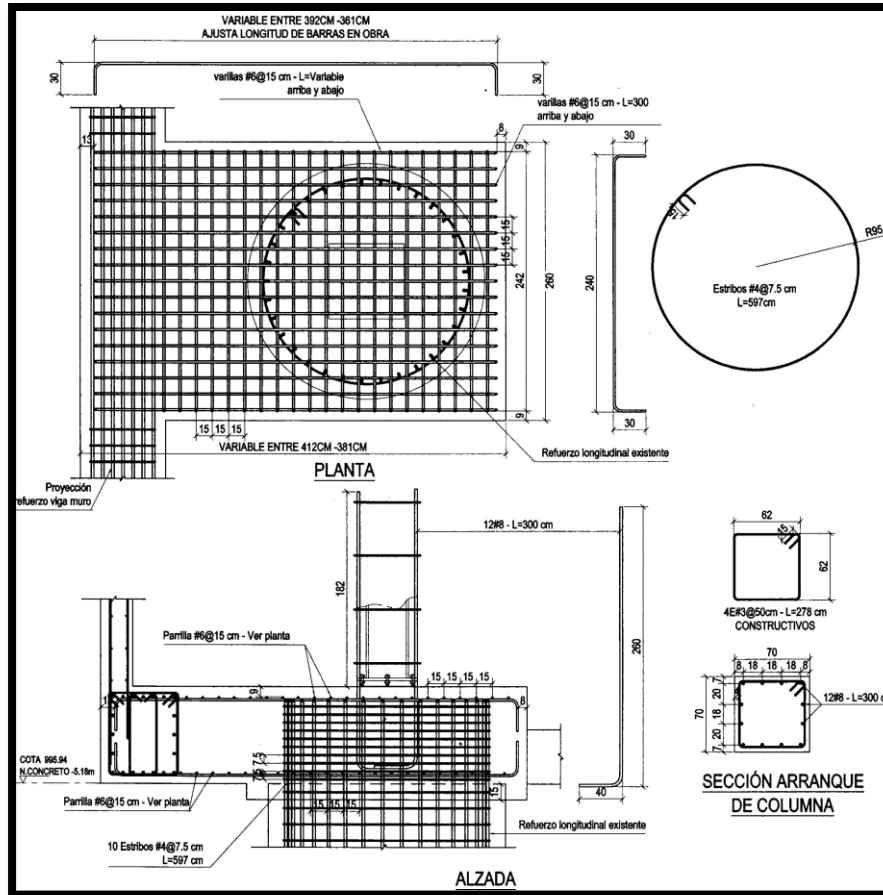
Figura 16. Refuerzo del cabezal CB-1



Fuente: METÁLICAS E INGENIERAS S.A. (MEISA). 2015.

El tipo de cabezal CB-2 se presentan en algunos cabezales junto a la viga muro (1A-4E) y consta de barras de 2.40 metros más ganchos de 30 cm a 90° en una dirección y una longitud variable de 3.61 a 3.92 metros más ganchos de 30 cm a 90° en otra dirección, en la parrilla inferior y superior, y 12 barras verticales con gancho de 40 cm a 90° como se muestra a continuación:

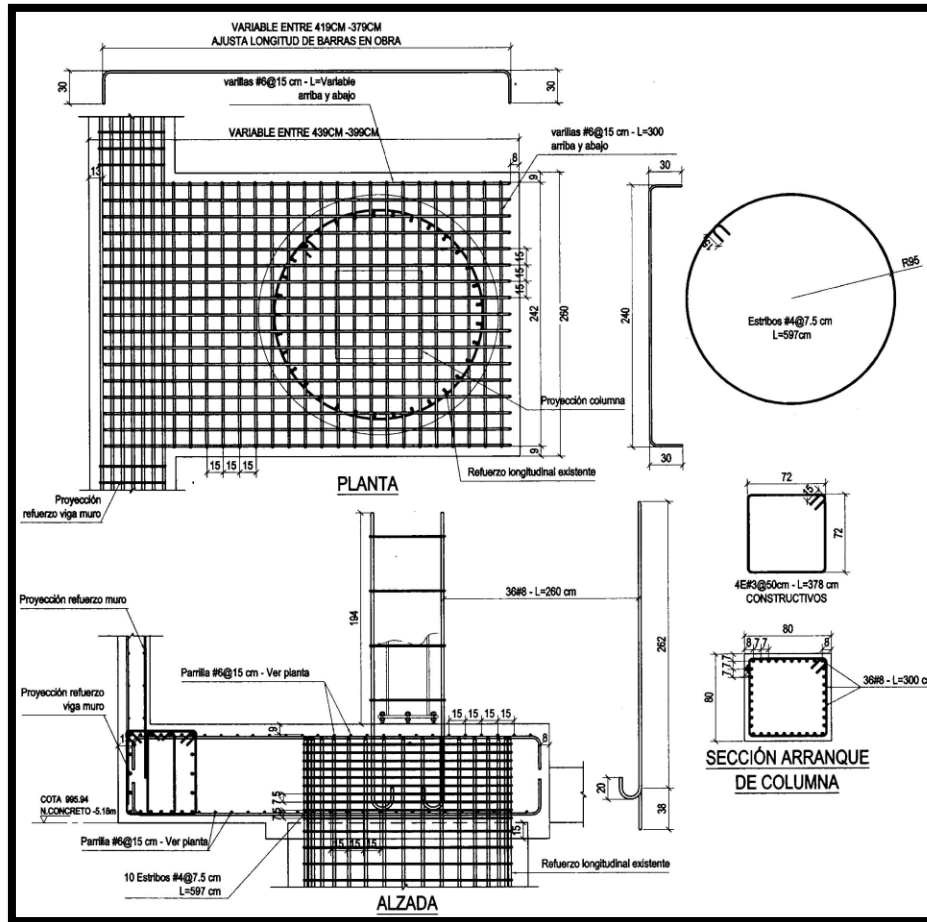
Figura 17. Refuerzo del cabezal CB-2



Fuente: MEISA, 2015.

El tipo de cabezal CB-2A se presentan en algunos cabezales junto a la viga muro (1B-1C-1D-2E-3E-5E-6E-7E) y consta de barras de 2.40 metros más ganchos de 30 cm a 90° en una dirección y una longitud variable de 3.99 a 4.39 metros más ganchos de 30 cm a 90° en otra dirección, en la parrilla inferior y superior, y 36 barras verticales con gancho de 20 cm a 180°, como se muestra a continuación:

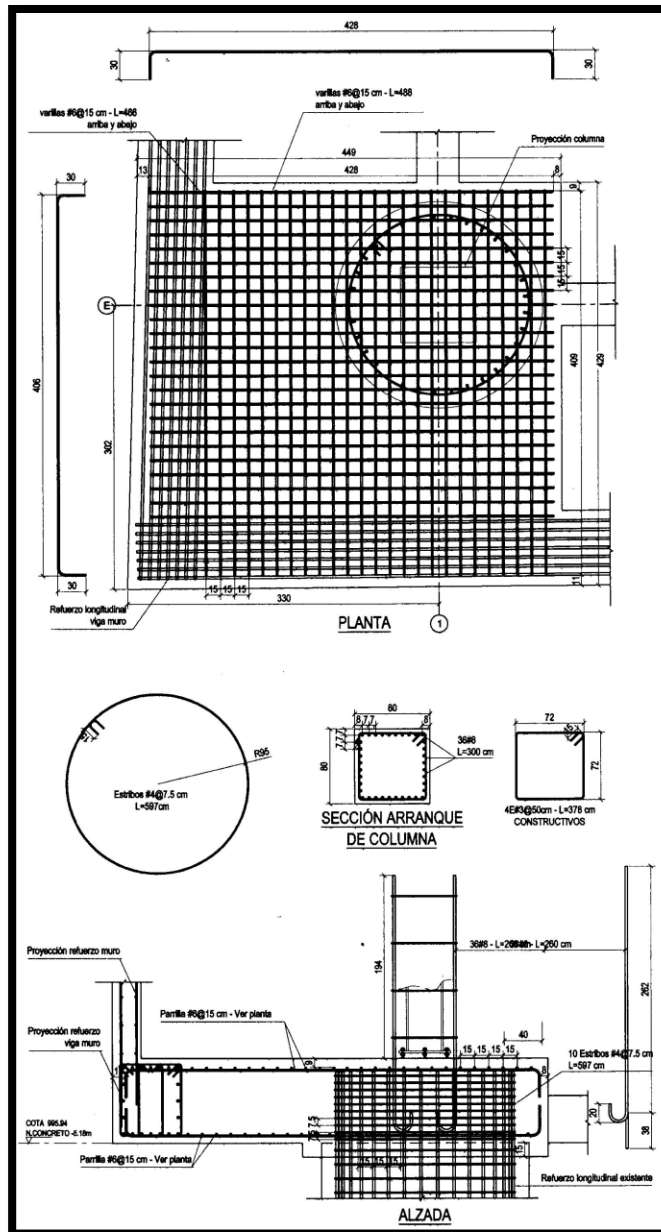
Figura 18. Refuerzo del cabezal CB-2A



Fuente: MEISA, 2015.

El tipo de cabezal CB-3 se presentan en el cabezal de la esquina (1E) y es el que presenta mayores dimensiones, con de barras de 4.06 metros más ganchos de 30 cm a 90° en una dirección y 4.28 metros más ganchos de 30 cm a 90° en otra dirección, en la parrilla inferior y superior, y 36 barras verticales con gancho de 20 cm a 180°, como se muestra a continuación:

Figura 19. Refuerzo del cabezal CB-3

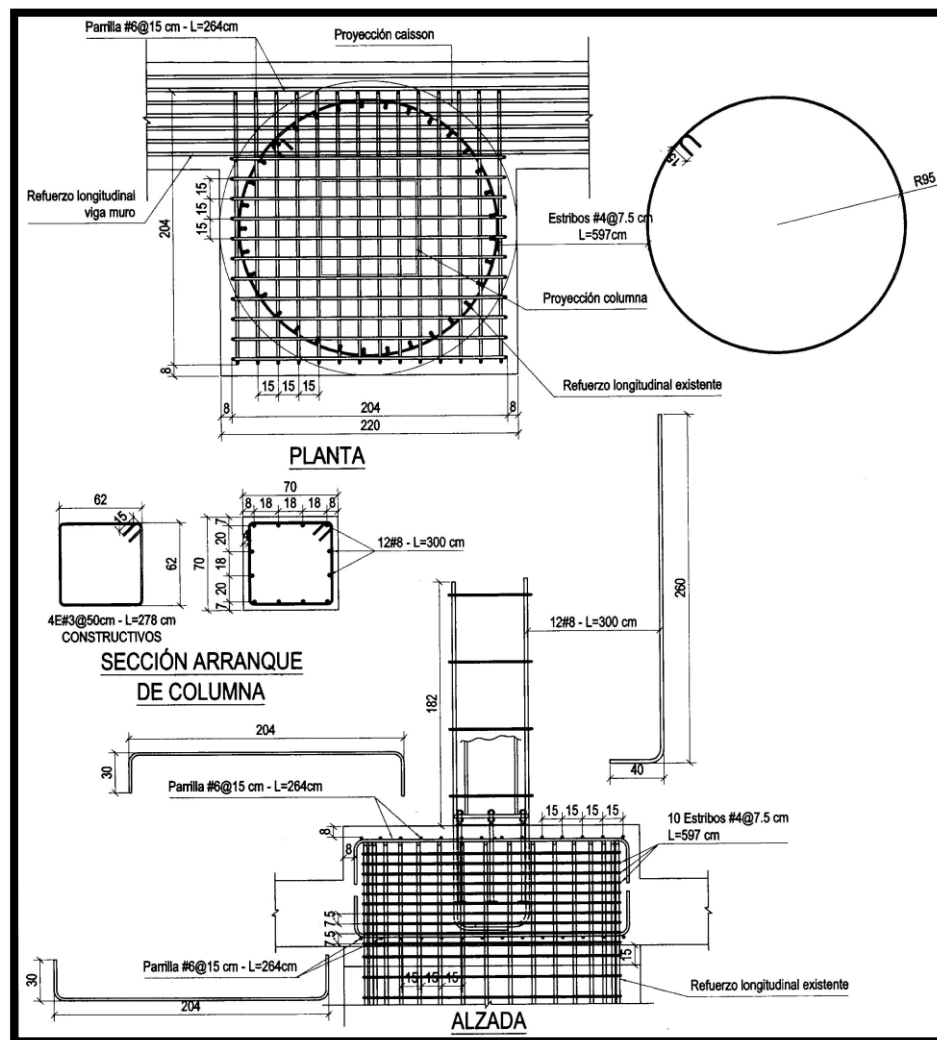


Fuente: MEISA, 2015.

El tipo de cabezal CB-4 se presentan en el cabezal de la esquina (7A) con barras de 2.04 metros más ganchos de 30 cm a 90° en ambas direcciones, en la parrilla

El tipo de cabezal CB-5 se presentan en un cabezal perimetral (4A) con barras de 2.04 metros más ganchos de 30 cm a 90° en ambas direcciones, en la parrilla inferior y superior, y 12 barras vertical con gancho de 40 cm a 90° como se muestra a continuación:

Figura 21. Refuerzo del cabezal CB-5

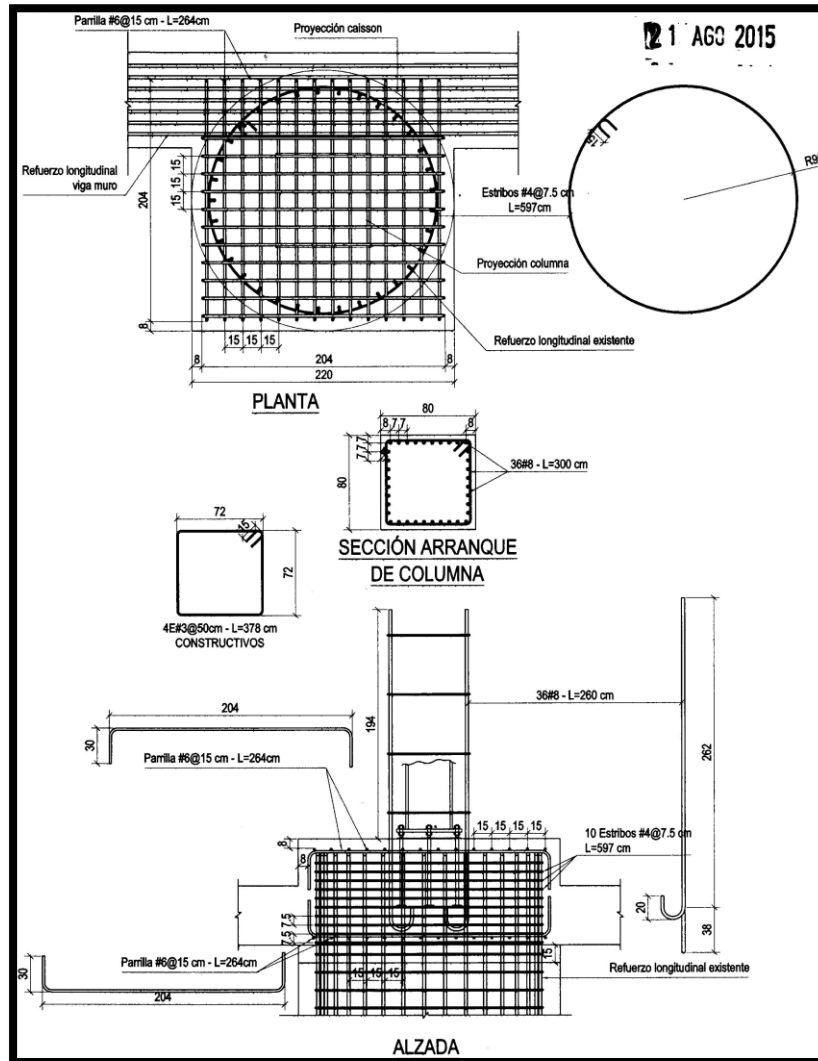


Fuente: MEISA, 2015.

El tipo de cabezal CB-5A se presentan en algunos cabezales perimetrales (2A-3A-5A-6A-7B-7C-7D) con barras de 2.04 metros más ganchos de 30 cm a 90° en

ambas direcciones, en la parrilla inferior y superior, y 36 barras verticales con gancho de 20 cm a 180° como se muestra a continuación:

Figura 22. Refuerzo del cabezal CB-5A



Fuente: MEISA, 2015.

El acero total empleado para el refuerzo de los cabezales se muestra a continuación:

Tabla 8. Cantidad de acero empleado en los cabezales

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| DIÁMETRO | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO (KG/M) | PESO (KG) |
| # 4 | 12 | 175 | 1 | 2100 |
| # 6 | 12 | 603 | 2.24 | 16208.64 |
| # 8 | 12 | 201 | 3.98 | 9599.76 |
| TOTAL | | | | 27908.4 |

Fuente: *El autor.*

8.1.2 Construcción.

Con los caissons ya fundidos, se realizó la perfilación del terreno para los cabezales considerando las dimensiones de cada uno de los siete tipos, y la formaleta metálica que se usaría.

Se procedió a fundir un solado de limpieza con concreto de proporción 1:3:3 mezclado en obra y un día después se realizó limpieza de la zona que se iba a fundir. Posteriormente se llevó acabo la colocación del refuerzo de los cabezales, con acero figurado en obra, teniendo la cantidad de barras de la parrilla superior e inferior, el tipo de viga de cimentación que recibe y la cantidad de barras verticales para anclaje de columnas como variantes entre los distintos tipos de cabezales.

Para el encofrado de los cabezales se empleó formaleta metálica, con las respectivas chapetas, alineadores, mordazas, pines, ángulos y rinconeras. El apuntalamiento de formaleta se hizo empleando madera.

El concreto usado para la fundición fue premezclado argos, con autobomba y con descarga directa, con una resistencia de 4000 PSI y 3000 PSI tamaño máximo de 1". Las vigas de cimentación y los cabezales fueron fundidos monolíticamente cuando fue posible, y cuando fue necesario se realizó el corte en el tercio de las vigas próximas. Para el vibrado del concreto se empleó un vibrador Bosch GVC 20-EX.

Para el vaciado por descarga directa se empleó un tubo novafort de 12" de 6 metros de largo, en los cabezales en los que era posible por la cercanía con la vía, facilitando el acomodo del mixer.

Al día siguiente se desencofraban los cabezales para realizar el curado de los mismos, empleando una manera para rociar agua. Esta actividad se llevaba a cabo durante una semana.

8.1.3 Actividades realizadas por el pasante.

Se realizó el control, siguiendo los planos estructurales, de la cantidad y separación de estribos, cantidad y separación de barras en las parrillas, y el cumplimiento de la NSR-10 capítulo C.

Tabla 9. Longitudes para el cumplimiento de la NSR-10, capítulo C

| Detalle de doblamiento y traslapes de Barras - $f'c=28\text{MPa}$ | | | | | | | | | |
|---|---------|--------|-------------|--------|--------|------------|--------|---------------------|-------------------|
| Barra No. | db (mm) | D (mm) | Gancho 180° | | | Gancho 90° | | Long. de desarrollo | Long. de traslapo |
| | | | L (mm) | C (mm) | M (mm) | L (mm) | C (mm) | | |
| No. 2 | 6.4 | 38.4 | 96 | 51 | 51 | 112 | 102 | 244 | 318 |
| No. 3 | 9.5 | 57.0 | 142 | 76 | 76 | 166 | 152 | 362 | 471 |
| No. 4 | 12.7 | 76.2 | 190 | 102 | 102 | 222 | 203 | 483 | 628 |
| No. 5 | 15.9 | 95.4 | 238 | 127 | 127 | 278 | 254 | 605 | 787 |
| No. 6 | 19.1 | 114.6 | 286 | 153 | 153 | 334 | 306 | 727 | 945 |
| No. 7 | 22.2 | 133.2 | 333 | 178 | 178 | 388 | 355 | 1052 | 1368 |
| No. 8 | 25.4 | 152.4 | 381 | 203 | 203 | 444 | 406 | 1203 | 1564 |

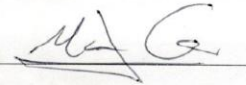
Fuente: MEISA, 2015.

Se prestó apoyo en la cubicación y la corroboración del volumen de los cabezales en obra, para realizar el pedido del concreto a ARGOS, considerando el tercio de las vigas próximas que también debían ser fundidas.

Se supervisó que la separación de las formaletas fueran las correctas para garantizar las dimensiones indicadas en los planos estructurales y que el recubrimiento fuera el requerido, además de que el apuntalamiento de la formaleta y los accesorios fueran los adecuados, para evitar abertura durante la fundición por la presión ejercida por el concreto.

Se realizó el seguimiento de la fundición de los treinta y cinco cabezales, en los cuales se chequeaba que el mixer estuviera sellado, la cantidad y propiedades (tipo, resistencia y tamaño máximo) del concreto descritas en la remisión coincidieran con las pedidas, y se realizó el registro de la hora de inicio de descargue y salida de la obra, obteniendo el tiempo de descargue del mixer.

Figura 25. Remisión de argos para fundición de cabezales

| REMISION No. 75009449 | | ARGOS | | | |
|---|---|------------------------|--|-------------------------------|---------------|
| Fecha: | 27/08/2015 | No. Pedido: | 740002 | Nit: | 900.386.817-1 |
| Cliente: | INVERSIONES M&L GROUP SAS | | Proyecto: | PROYECTO CLINCA REINA VICTORI | |
| Dirección: | CL 15 N 2 35 LA ESTANCIA POPAYAN | | Cantidad (m3): | 7 | |
| Cod Producto: | B280200000 | | Descripción Producto: | C.BOMBEADO 4000PSI TM 1" | |
| Servicio Entrega: | SERVICIO DE AUTOBOMBA | Asentamiento: | 127.00 | Resistencia: | |
| Planta: | 741 | Conductor: | AGREDO PALTA DAGOBERTO | Mixer: | 683 |
| Hora impreso: | 15:27 | Hora Cargue: | 15:27 | Hora Salida planta: | 15:50 |
| Hora llegada obra: | 16:15 | Hora inicio descargue: | 16:40 | Hora salida obra: | 16:32 |
| Hora llegada planta: | | Despachador: | | | |
| Observaciones: | OSCAR MIRANDA***3174361307 | | | | |
| Recibi a mi entera satisfaccion la cantidad y especificaciones de producto relacionadas | | | | | |
| Firma y sello: |  | | www.argos.com.co Celular #250 01 8000 5 ARGOS 27467 | | |

Fuente: *El autor.*

Se realizó el ensayo de asentamiento por cono slump de cada mixer que llegó a la obra, con el fin determinar su consistencia y en caso de ser necesario rechazar el concreto, esperando asentamientos de $5'' \pm 1''$. No fue necesario rechazar ningún mixer por este motivo.

Posteriormente se realizó la fundición de tres cilindros para el ensayo de compresión del concreto por cada día de fundición, y de esta manera determinar la máxima resistencia que alcanzaba la muestra a los 28 días.

Estos cilindros fueron debidamente marcados y registrados para alimentar el control de resistencias de cada fundición, en el siguiente formato elaborado por el pasante:

Se realizaba el seguimiento de toda la fundición para prevenir la manipulación indebida del concreto, como por ejemplo la adición de agua, alterando la resistencia.

Figura 26. Fundición de cilindros, 27/08/2015



Fuente: *El autor.*

Figura 27. Resultado de ensayo de asentamiento, 27/08/2015



Fuente: *El autor.*

8.1.4 Tiempo de construcción.

La colocación del acero de refuerzo de los cabezales inició el día dieciséis (16) de agosto de 2015, con los cabezales 2A, 3A, 4A, 5A, y finalizó el día veintiocho (28) de octubre de 2015 con un total de 64 días laborables. Las fundiciones iniciaron el día veintisiete (27) de agosto de 2015, con todos los cabezales del eje A, y finalizaron el día cuatro (04) de noviembre de 2015, con los cabezales 7E, 7D, 6E, 6D con un total de 60 días laborables. Toda la construcción de este elemento se llevó a cabo en 70 días.

No se presentó ningún contratiempo durante la fundición de los cabezales.

8.2 VIGAS DE CIMENTACIÓN Y VIGAS MURO

8.2.1 Descripción.

Se realizó la construcción de 10 vigas de cimentación que trabajan a tensión y compresión garantizando que toda la cimentación trabaje como un sistema unificado, y 4 vigas muro, perimetrales, para la transmisión de carga del muro de contención a los caissons. Se empleó una sección de 45 cm de ancho por 50 cm de alto para las vigas de cimentación y una sección de 80 cm de ancho por 90 cm de alto, para las vigas muro, teniendo el mismo nivel de los cabezales.

Las vigas de cimentación se dividen en dos tipos:

- Vigas de cimentación tipo 1 en los ejes alfabéticos, con un total de 4
- Vigas de cimentación tipo 2 en los ejes numéricos, con un total de 6

Las vigas muro se dividen en cuatro:

- Viga muro tipo 1 en el eje E
- Viga muro tipo 2 en el eje A

- Viga muro tipo 3 en el eje 1
- Viga muro tipo 4 en el eje 7

El refuerzo de las vigas de cimentación, con barras corrugadas, se describe a continuación:

- 3 barras #6 para el refuerzo positivo.
- 3 barras #6 para el refuerzo negativo.
- Estribos con barras #3 con ganchos de 10 cm cada 20 cm y una longitud de 1,50 metros
- Un total de 192 en las vigas de cimentación tipo 1 y 93 estribos en las vigas de cimentación tipo 2
- Un recubrimiento de 7,5 cm.

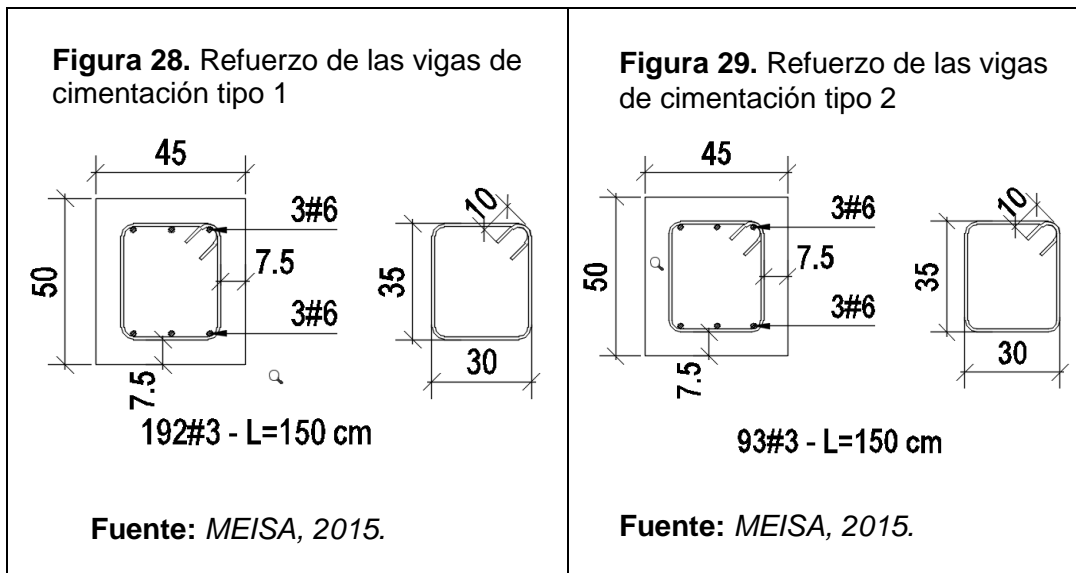
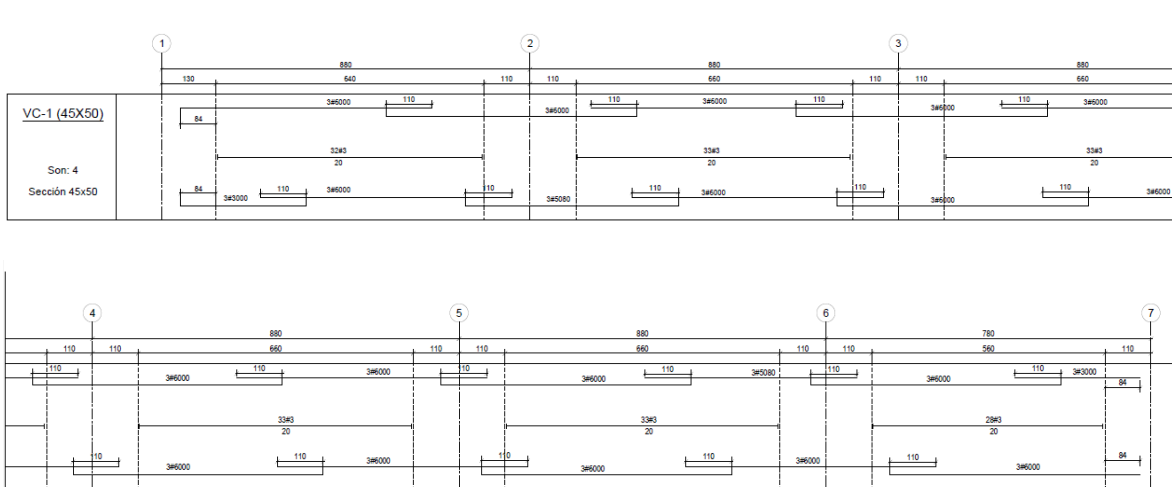
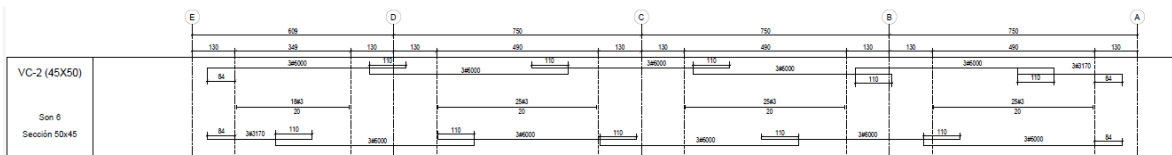


Figura 30. Refuerzo longitudinal de las vigas de cimentación tipo 1



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 31. Refuerzo longitudinal de las vigas de cimentación tipo 2



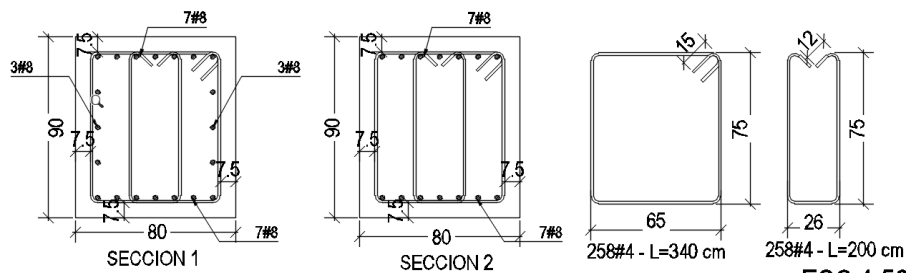
Fuente: MEISA, 2015.

El refuerzo de las vigas muro, con acero barras corrugadas, se describe a continuación:

- 7 barras #8 para el refuerzo positivo.
- 7 barras #8 para el refuerzo negativo
- 3 barras adicionales #8 en las caras laterales de la zona de confinamiento, en las vigas muro 1 y 2.
- 2 barras adicionales #8 en las caras laterales de la zona de confinamiento, en las vigas muro 3 y 4.

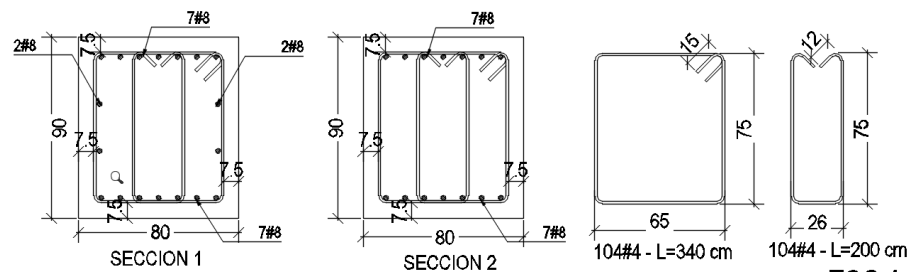
- Estribos dobles con barras #4 con ganchos de 15 cm y 12 cm, y longitudes de 3,40 y 2 metros respectivamente.
- Separación de estribos de 25 cm y de 12 cm en la zona de confinamiento en las vigas muro 1 y 2
- Separación de estribos de 30 cm y de 15 cm en la zona de confinamiento en las vigas muro 3 y 4
- Un recubrimiento de 7,5 cm.

Figura 32. Refuerzo de las vigas de las vigas muro 1 y 2



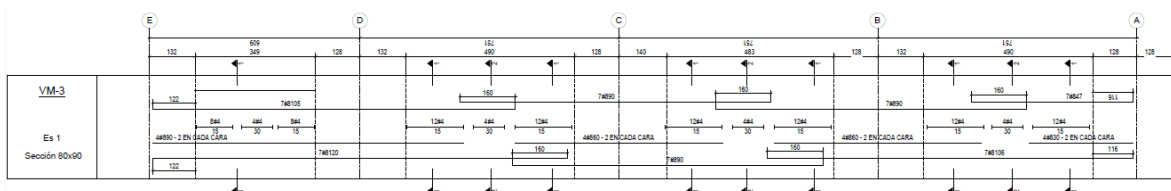
Fuente: MEISA, 2015.

Figura 33. Refuerzo de las vigas de las vigas muro 2 y 3



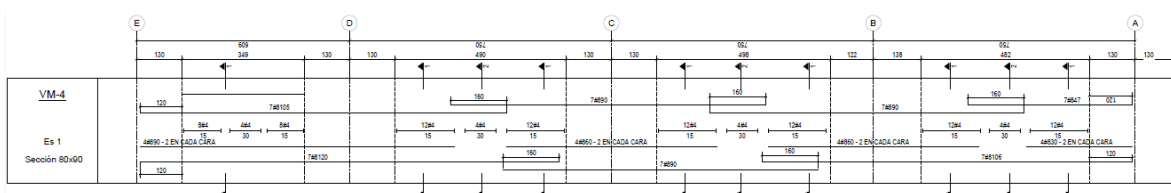
Fuente: MEISA, 2015.

Figura 36. Refuerzo longitudinal de la viga muro 3



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 37. Refuerzo longitudinal de la viga muro 4



Fuente: MEISA, 2015.

El acero total empleado para el refuerzo de las vigas muro y vigas de cimentación se muestra a continuación:

Tabla 10. Cantidad de acero empleado en las vigas de cimentación y muro

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES | | | | |
|----------------------------|--------------|----------|------------|----------------|
| DIÁMETRO | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO(KG/M) | PESO (KG) |
| # 3 | 12 | 168 | 0.56 | 1128.96 |
| # 4 | 12 | 301 | 1 | 3612 |
| # 6 | 12 | 192 | 2.24 | 5160.96 |
| # 8 | 12 | 277 | 3.98 | 13229.5 |
| TOTAL | | | | 23131.4 |

Fuente: El autor.

8.2.2 Construcción.

Se hizo el perfilado del terreno para las vigas de cimentación y muro considerando las dimensiones de los tipos de vigas, la formaleta que se emplearía y un espacio para el apuntalamiento de la misma.

Se procedió a fundir un solado de limpieza con concreto de proporción 1:3:3 mezclado en obra y un día después se realizó limpieza de la zona que se iba a fundir. Posteriormente se llevó acabo la colocación del refuerzo longitudinal y transversal de las vigas de cimentación y muro, con acero figurado en obra, siguiendo los planos estructurales.

Para el encofrado de las vigas se empleó formaleta metálica, con las respectivas chapetas, alineadores, mordazas, pines, ángulos y rinconeras. El apuntalamiento de formaleta se hizo empleando madera.

El concreto usado para la fundición fue premezclado argos, con autobomba y con descarga directa, con una resistencia de 4000 PSI para las vigas muro, y 3000 PSI y 4000 PSI para las vigas de cimentación, con un tamaño máximo de 1". Las vigas de cimentación y los cabezales fueron fundidos monolíticamente cuando fue posible, y cuando fue necesario se realizó el corte en el tercio de las vigas. Para el vibrado del concreto se empleó un vibrador de cabezal redondo de 3.2 cm de diámetro.

Al día siguiente se desencofraban las vigas para realizar el curado. Para esto se cubrían las vigas con el suelo fino presente en obra y se humedecía empleando una manguera. Esto además de mantener la humedad del concreto permitía mejorar la movilidad en el interior de la obra.

8.2.3 Actividades realizadas por el pasante.

Se realizó el control, siguiendo la NSR-10, de la cantidad y separación de estribos, traslapos de las barras, longitud de desarrollo, ángulos y longitudes de los ganchos según el diámetro de la barra. Además, se chequeó la colocación del castillo y que se cumpliera el recubrimiento indicado en los planos de 7.5 cm.

Se supervisó que la separación de las formaletas fueran las correctas para garantizar los 45 cm de ancho en las vigas de cimentación y 80 cm en las vigas muro, indicados en los planos estructurales, que el apuntalamiento de la formaleta y la colocación de los accesorios fueran los adecuados, para evitar abertura durante la fundición por la presión ejercida por el concreto.

Se prestó apoyo en la cubicación y la corroboración del volumen de las vigas de cimentación y muro en obra, para realizar el pedido del concreto junto al de los cabezales.

Al ser las fundiciones de las vigas cimentación y muro las mismas que la de los cabezales, los controles realizados para el concreto fueron los mismos. No hubo ningún día de fundición solo de vigas.

8.2.4 Tiempo de construcción.

La colocación del acero de refuerzo de las vigas muro inició el día catorce (14) de agosto de 2015, con la viga muro tipo 3, y finalizó el día veintisiete (27) de octubre de 2015 con un total de 64 días laborables. La colocación del acero de refuerzo de las vigas de cimentación inició el día veintiuno (21) de agosto de 2015, con la viga de cimentación tipo 2, entre los ejes 2A y 2B, 3A y 3B, 4A y 4B, y finalizó el día veintiocho (28) de octubre de 2015, entre los ejes 6D y E6, con un total de 59 días. Las fundiciones de ambos elementos iniciaron el día veintisiete (27) de agosto de 2015 y finalizaron el día cuatro (04) de noviembre de 2015 con un total de 60 días

laborables. La construcción de todos estos elementos se llevó a cabo en 71 días laborables.

Como contratiempo se tuvo que en el cabezal 7A, ya en obra, la longitud de desarrollo de las barras #8 de la viga muro no cumplían con la longitud mínima de 1.2 metros, para ese diámetro, dentro del cabezal, por lo cual se realizó un traslapo con estas barras y se prolongaron hasta el final del cabezal, con un gancho de 90° y 40 cm de longitud.

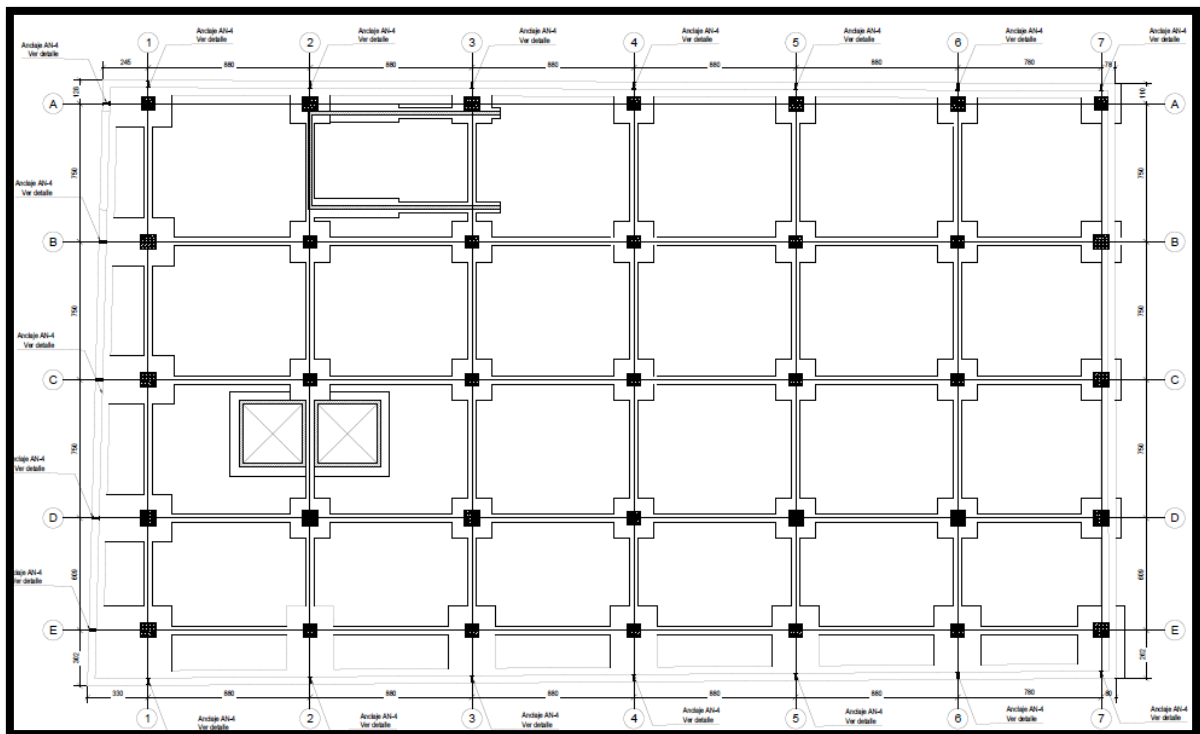
En la fundición de la viga de cimentación tipo 2, entre los ejes 2A y 2B, se presentó abertura de la formaleta por falta de apuntalamiento, lo cual provoco que una sección de la viga quedara con un ancho en la base mayor. Esto solo significó desperdicio de concreto ya que se cumplía el recubrimiento del refuerzo indicado en los planos estructurales.

9. MUROS DE CONTENCIÓN Y VIGAS CORONA

9.1 DESCRIPCIÓN

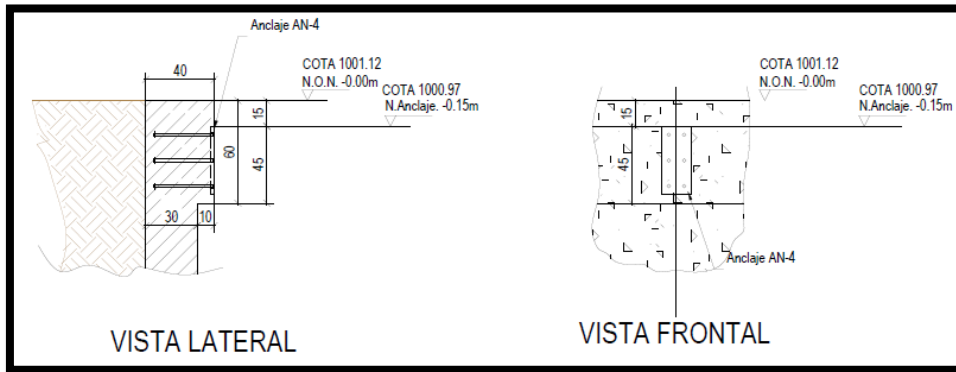
Se realizó la construcción de cuatro muros de contención perimetrales y sobre estas cuatro vigas corona, para el futuro amarre de las columnas metálicas. Los muros de contención presentan una altura de 3.7 metros y un espesor de 0.3 metros y tienen un total de 176.1 metros de longitud. Por su parte, las vigas corona presentan un ancho de 40 cm y un alto de 60 cm con una longitud total de 169 metros, y contiene 19 platinas de anclaje para 17 columnas y 4 platinas para el anclaje de las vigas metálicas de la rampa de acceso vehicular.

Figura 38. Ubicación de platinas para amarre de columnas



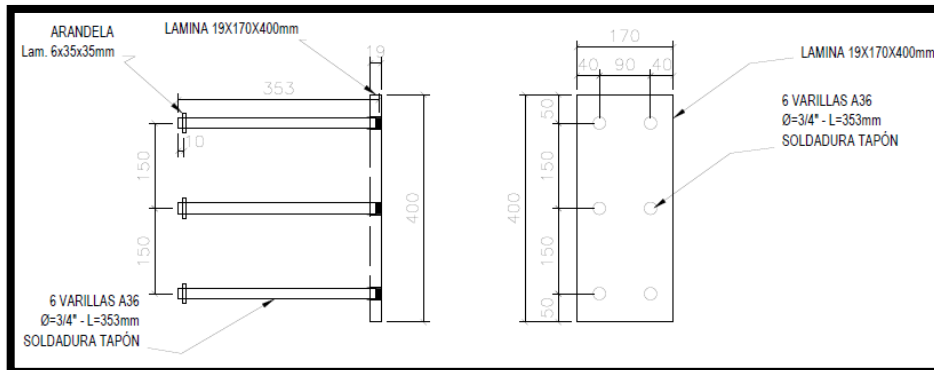
Fuente: MEISA, 2015.

Figura 39. Cotas para anclaje de las platinas



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 40. Detalle anclaje de las platinas



Fuente: MEISA, 2015.

El refuerzo del muro de contención, con barras corrugadas, se describe a continuación:

- Acero a compresión con barras #4 cada 30 cm, con gancho de 10 cm a 180°. La longitud de la barra sin gancho es de 442 cm y van ancladas a las vigas muro.
- Acero a tensión con barras #6 cada 10 cm. La longitud de la barra es de 240 cm y van ancladas a las vigas muro.

El refuerzo la viga corona, con barras corrugadas, se describe a continuación:

- Refuerzo longitudinal positivo con tres barras #6.
- Refuerzo longitudinal negativo con tres barras #6.
- Estribos con barras #3 cada 20 cm, con una longitud de 182 cm y ganchos de 11 cm.
- Recubrimiento en la cara externa de 8 cm, y en las caras restantes de 4 cm.

El acero total empleado para el muro de contención y viga corona se muestra a continuación:

Tabla 11. Cantidad de acero empleado para los muros de contención

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES PARA MURO DE CONTENCIÓN | | | | |
|---|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| DIÁMETRO | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO(KG/M) | PESO (KG) |
| # 4 | 12 | 757 | 1 | 9084 |
| # 6 | 12 | 433 | 2.24 | 11639 |
| TOTAL | | | | 20723 |

Fuente: *El autor.*

Tabla 12. Cantidad de acero empleado para la viga corona

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES PARA VIGA CORONA | | | | |
|--|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| DIÁMETRO | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO(KG/M) | PESO (KG) |
| # 3 | 12 | 145 | 0.56 | 974.4 |
| # 6 | 12 | 96 | 2.24 | 2580.48 |
| TOTAL | | | | 3554.88 |

Fuente: *El autor.*

Fueron fundidos un total de 192 metros cúbicos de concreto para el muro de contención y 42 metros cúbicos para la viga muro.

9.2 CONSTRUCCIÓN

El figurado del acero para el refuerzo del muro de contención se realizó en obra. Se hizo la colocación del acero que trabaja a compresión y a tensión cuando se encontraban terminados los castillos de las vigas muro. Posteriormente se realizó la colocación de refuerzo secundario en sentido horizontal, con las vigas muro sin fundir y después de fundidas.

El encofrado del muro se llevó acabo empleando formaleta metálica con los respectivos alineadores, mordazas, chapetas, rinconeras, ángulos, pines, corbatas lisas para garantizar el espesor de 30 cm en todo el muro. La formaleta fue apuntalada con guaduas en ambas caras del muro.

El concreto usado para la fundición fue premezclado argos, con autobomba y con descarga directa, con una resistencia de 4000 PSI tamaño máximo de 1". Se emplearon vibradores Bosch GVC 20-EX, para el vibrado interno del concreto, aprovechando la longitud de su manguera de 3 metros, y golpes con mazo de goma en ambas caras del muro para el vibrado externo.

Para el vaciado por descarga directa se emplearon las canaletas que argos provee en sus mixers y cuando fue necesario, un tubo novafort de 12", para el descargue en lugares de difícil acceso.

Al día siguiente se desencofraban parte del muro de contención fundido y se realizaba el curado empleando Antisol blanco de Sika, roseado con una fumigadora para jardín.

Se extraían las corbatas lisas del muro empleando un martillo extractor y se sellaban los espacios usando una mezcla de cemento y fijamix. Se realizaban las dilataciones en sentido vertical cada 0.6 metros.

Se aplicaron dos capas de Igol cimentación de Sika en toda la cara externa del muro para proteger e impermeabilizar el muro cuando se encuentre en uso.

Con los muros ya fundidos se procedió a colocar soportes de madera para la formaleta, debido a que la viga muro sobresalía 10 cm del muro. Posteriormente se realizó la colocación del refuerzo de la viga y las platinas de anclaje, apoyándose de una comisión topográfica cuando se contó con esta, o de niveles y plomadas, ya que la ubicación de estas platinas se debía hacer con gran exactitud.

Se empleó formaleta metálica, apuntalada con gatos, madera y guaduas. Se hizo el vaciado del concreto por descarga directa, con concreto premezclado argos de 4000 PSI y 3000 PSI TM 1" y concreto mezclado en obra, con una proporción 1:2:2, para una resistencia esperada de 3500 PSI.

Al día siguiente se iniciaba el desencofrado de las vigas corona y se aplicaba igol cimentación de Sika, en la cara externa para proteger e impermeabilizar el concreto.

Se realizó el curado de las vigas roseándola con agua durante la primera semana y se quitó el recubrimiento de las platinas.

9.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

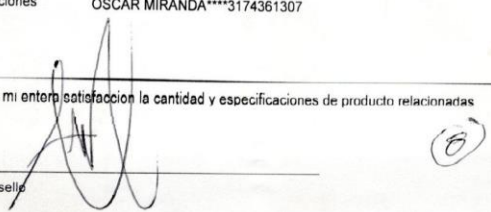
Se realizó el control, siguiendo la NSR-10, de los traslajos de las barras, longitud de desarrollo, ángulos y longitudes de los ganchos según el diámetro de las barras. Se chequeó que las separaciones, diámetros y recubrimiento de las barras cumplieran con lo requerido en los planos estructurales.

Se supervisó la separación de las formaletas, la verticalidad y el apuntalamiento de las mismas fueran correctos para garantizar los 30 cm de ancho de los muros y 40 cm de las vigas corona.

Se prestó apoyo en la cubicación y la corroboración del volumen de los muros de contención y las vigas corona para realizar el pedido del concreto.

Cuando se realizaron fundiciones con concreto preparado en obra, se supervisó que las mezclas se realizaran con las proporciones indicadas para obtener las resistencias deseadas, controlando, de igual manera, la cantidad de agua que era agregada. Posteriormente se realizaba asentamiento por cono slump y toma de cilindros. Para las fundiciones con concreto premezclado de Argos se realizó el mismo control, previamente descrito, de los elementos de cimentación superficial y profunda.

Figura 42. Refuerzo del muro de contención

| REMISION No. 75009843 | | ARGOS | |
|---|---|---------------------|-------|
| Fecha: 27/09/2015 | No. Pedido: 740001 | Nit: 900.386.817-1 | |
| Ciente: INVERSIONES M&L GROUP SAS | Proyecto: PROYECTO CLINCA REINA VICTORIA | | |
| Direccion: CL 15 N 2 35 LA ESTANCIA POPAYAN | Cantidad (m3): 7 ✓ | | |
| Cod Producto: B280200000 | Descripcion Producto: C.BOMBEADO 4000PSI TM 1" | | |
| Servicio Entrega: SERVICIO DE AUTOBOMBA | Asentamiento: 127.00 | Resistencia: | |
| Planta: 741 | Conductor: RUIZ ACOSTA JHONNY FRANCISCO | Mixer: | 261 |
| Hora impreso: 9:27 | Hora Cargue: 9:27 | Hora Salida planta: | 9:37 |
| Hora llegada obra: 10:12 | Hora inicio descargue: 10:30 | Hora salida obra: | 11:00 |
| Hora llegada planta: | Despachador: | | |
| Observaciones | OSCAR MIRANDA****3174361307 | | |
| Recibi a mi entera satisfaccion la cantidad y especificaciones de producto relacionadas | | | |
| Firma y sello |  | | |
| www.argos.com.co Celular #250 01 8000 5 ARGOS 2 7 4 6 7 | | | |

Fuente: MEISA, 2015.

Se registró cada fundición realizada de muro de contención y viga corona en planos de AutoCAD, acotando y achurando los metros lineales fundidos.

Fue asignada la dirección de una fundición de 7 metros cúbicos de concreto, para una viga corona, sin que se presentara ningún contratiempo y obteniendo un buen resultado.

9.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La colocación del acero de refuerzo de los muros de contención inició el día diecisiete (17) de agosto de 2015, mientras se realiza el armado de las vigas muro, y finalizo el día seis (6) de noviembre de 2015 con un total de 71 días laborables. La primera fundición de los muros se llevó acabo el veintisiete (27) de septiembre de 2015 y la última el quince (15) de diciembre de 2015, con un total

de 69 días laborables. La colocación del acero de refuerzo de las vigas corona inició el día tres (3) de octubre de 2015.

La primera fundición de las vigas corona se realizó el cinco (5) de octubre de 2015 y la última el veintiséis (26) de noviembre de 2015, en un total de 45 días laborales.

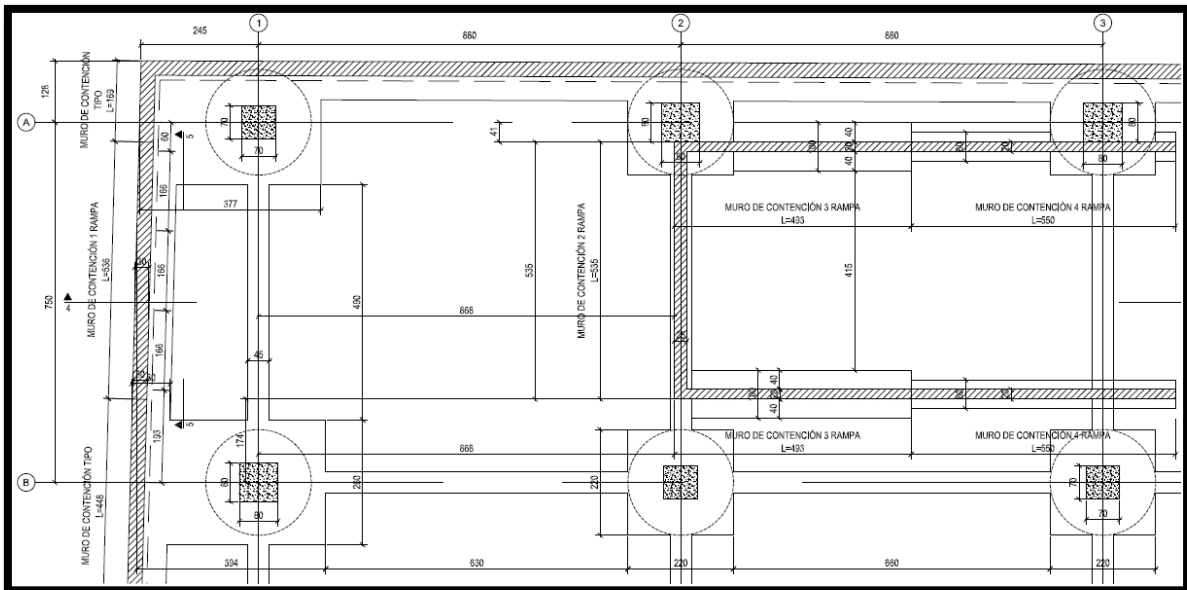
10. RAMPA PARA ACCESO VEHICULAR

10.1 DESCRIPCIÓN

Se hizo la construcción de una rampa de acceso vehicular, la cual sustituyó una rampa elaborada con suelo fino y compactada con apisonador canguro y mini cargador equipado con rodillo liso vibratorio, la cual fue demolida para dar paso a construcción de los cabezales 7E, 6E, 7D y 6D.

Se ubicó la rampa, de tal manera que se entraba a esta entre los ejes 1A y 1B del primer piso y se desarrollaba hasta los ejes 3A y 3B del sótano, como se muestra a continuación:

Figura 43. Plano en planta de la rampa de acceso vehicular



Fuente: MEISA, 2015.

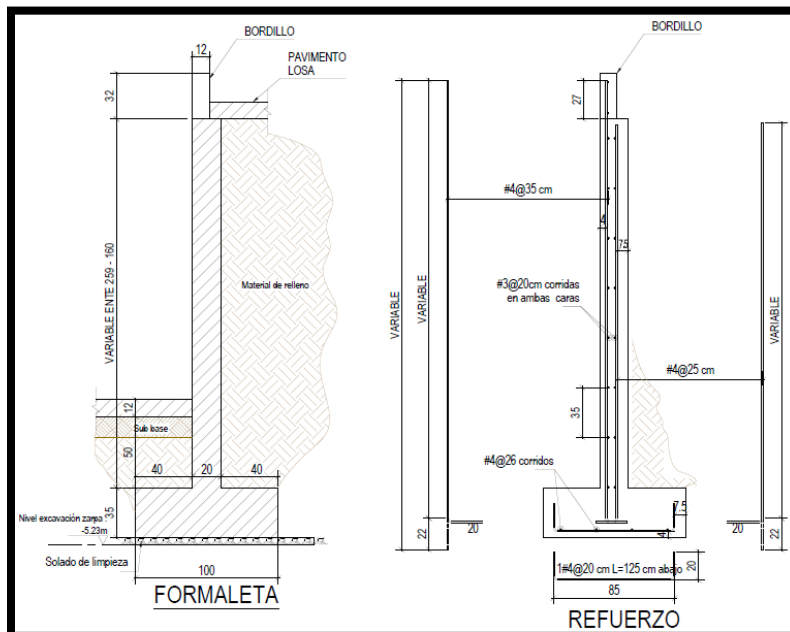
La rampa cuenta con una pendiente de 17.6 %, y una longitud total de 22.73 metros.

- Acero a compresión vertical con barras #4 cada 35 cm, con longitud variable, gancho a 90° con longitud de 20 cm dentro de la zapata y 27 cm sobrantes sobre el nivel superior del muro para el refuerzo del bordillo.
- Acero horizontal con barras #3 cada 20 cm en ambas caras del muro.
- Recubrimiento lateral de 7.5 cm para todos los elementos, y de 4 cm por debajo de la parrilla de la zapata corrida.

Las dimensiones del primer tipo de muro de contención lateral se describen a continuación:

- Altura variable entre 2.59 metros y 1.60 metros
- Espesor del muro de 20 cm
- Ancho de la zapata corrida de 1 metro
- Altura de la zapata corrida de 35 cm
- Bordillo de 32 cm de alto y 12 cm de ancho

Figura 45. Refuerzo de los muros de contención de la rampa tipo 1

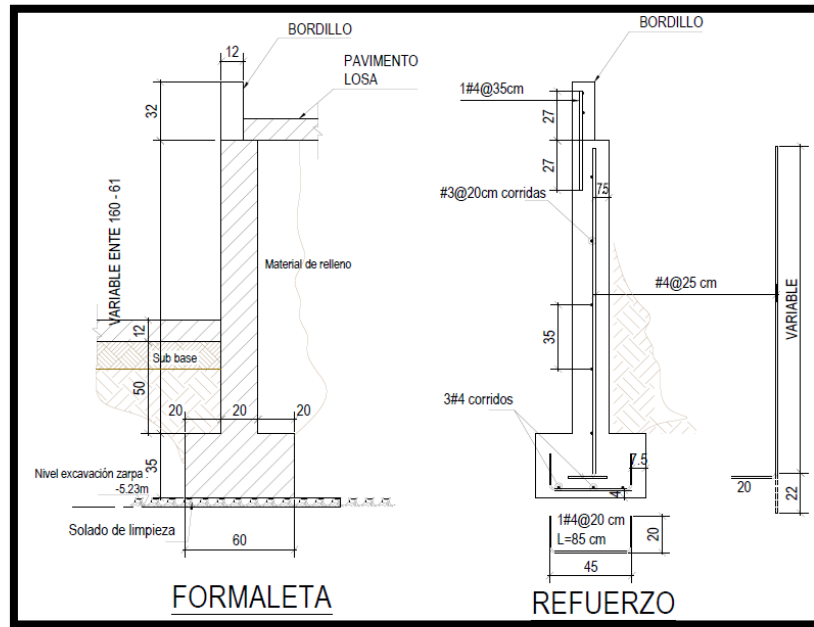


Fuente: MEISA, 2015.

El refuerzo empleado para el segundo tipo de muro de contención lateral, con una longitud de 5,50 metros, se describe a continuación:

- Zapata corrida con 3 barras longitudinales #4 y barras transversales cada 20 cm con longitud de 85 cm, y ganchos a 90° con longitud de 20 cm.
- Acero a tensión vertical con barras #4 cada 25 cm, con longitud variable, y gancho a 90° con longitud de 20 cm dentro de la zapata.
- Acero horizontal con barras #3 cada 20 cm en la cara interna del muro.
- Barra #4 cada 35 cm anclada 27 cm desde el nivel superior del muro y 27 cm sobrantes para la fundición del bordillo
- Recubrimiento lateral de 7.5 cm para todos los elementos, y de 4 cm por debajo de la parrilla de la zapata corrida.

Figura 46. Refuerzo de los muros de contención de la rampa tipo 2



Fuente: MEISA, 2015.

Las dimensiones del segundo tipo de muro de contención lateral se describen a continuación:

- Altura variable entre 1.60 metros y 0.61 metros
- Espesor del muro de 20 cm
- Ancho de la zapata corrida de 60 cm
- Altura de la zapata corrida de 35 cm

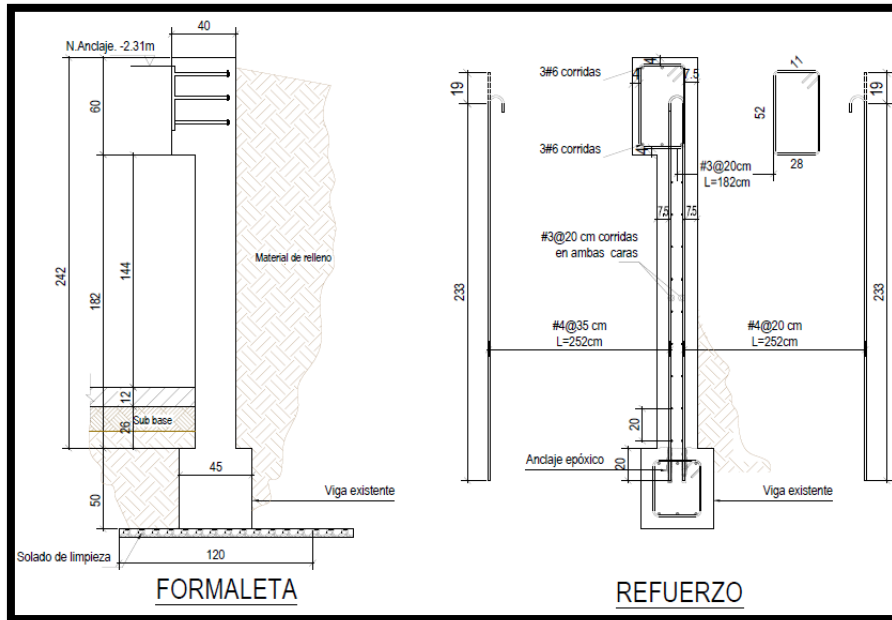
El refuerzo empleado para el muro de contención frontal se describe a continuación:

- Acero a tensión vertical con barras #4 cada 20 cm, 252 cm de longitud, ancladas 20 cm a la viga de cimentación con epóxico y gancho a 180° con longitud de 19 cm.
- Acero a compresión vertical con barras #4 cada 35 cm, 252 cm de longitud, ancladas 20 cm a la viga de cimentación con epóxico y gancho a 180° con longitud de 19 cm.
- Acero horizontal con barras #3 cada 20 cm en ambas caras del muro.
- Viga corona con 6 barras longitudinales #3 y estribos con barras #3 cada 20 cm, con una longitud de 182 cm.
- Recubrimiento lateral de 7.5 cm para el muro y la cara interna de la viga corona y 4 cm para las caras restantes de la viga corona.

Las dimensiones del muro de contención frontal se describen a continuación:

- Altura del muro de 1.82 metros.
- Espesor del muro de 25 cm
- Ancho de la zapata corrida de 45 cm
- Altura de la zapata corrida de 50 cm
- Altura de la viga corona de 60 cm
- Ancho de la viga corona de 40 cm

Figura 47. Refuerzo del muro de contención frontal de la rampa



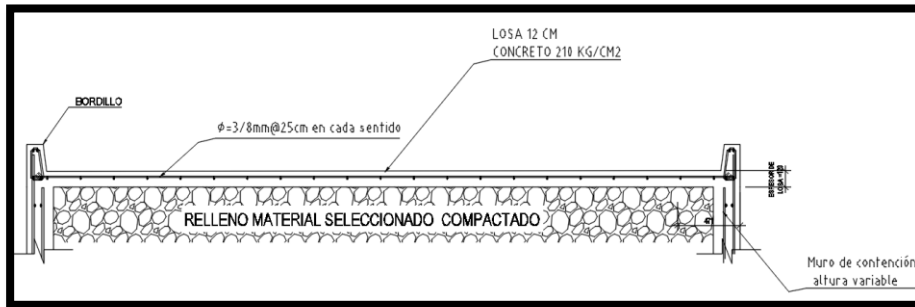
Fuente: MEISA, 2015.

Cuando se presentó intersección entre vigas de cimentación y cabezales con los muros de contención se requirió anclaje de las barras con epóxico, con 20 cm de profundidad.

10.1.1 Pavimento rígido.

En este tramo se trabajó con un espesor de capa de sub-base de 12 cm y de 12 cm de concreto, reforzado con barras #3 cada 25 cm en cada sentido.

Figura 48. Corte transversal pavimento rígido



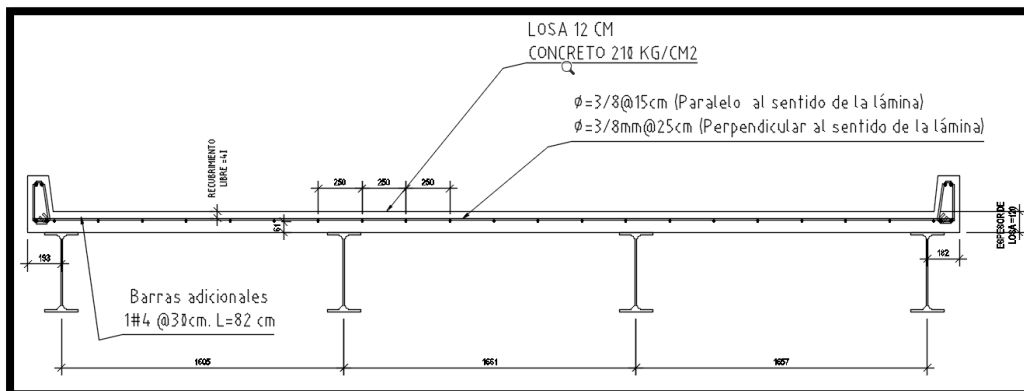
Fuente: MEISA, 2015.

Se empleó 8.60 metros cúbicos de concreto premezclado de argos con una resistencia de 4000 PSI y un tamaño máximo de 1”.

10.1.2 Lámina colaborante.

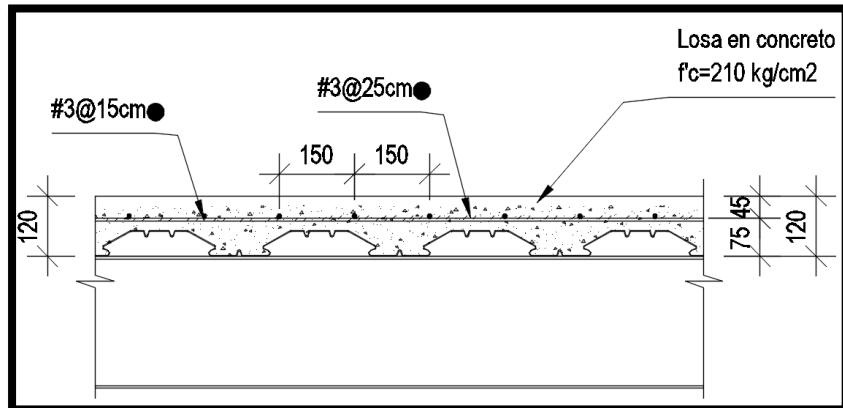
El tramo de rampa que presenta losa con el sistema de lámina colaborante, se encuentra apoyada sobre 4 vigas metálicas de perfil IPE 450, soldadas a las platinas de anclaje con soldadura 7018, separadas 1.605, 1.661 y 1.657 metros, con longitudes de 10.905, 10.869, 10.847 y 10.79 metros dadas desde el eje B al A.

Figura 49. Corte transversal losa con lámina colaborante



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 50. Corte longitudinal losa con lámina colaborante 1

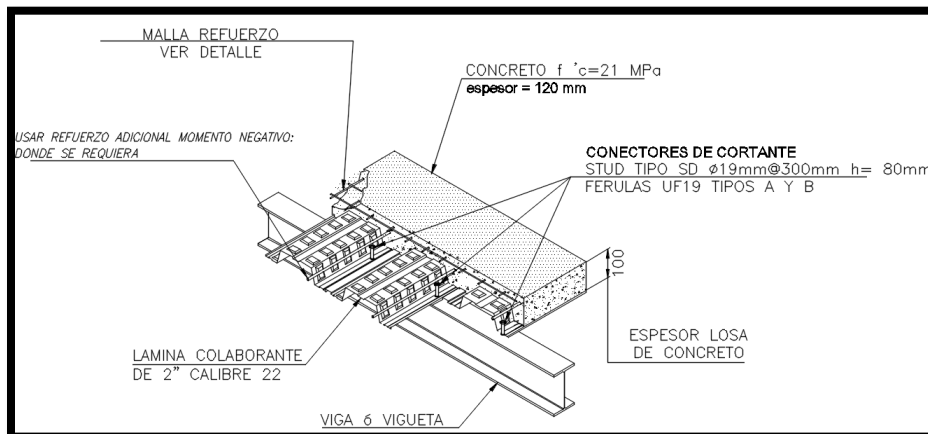


Fuente: MEISA, 2015.

Las especificaciones de la losa se presentan a continuación:

- Lámina colaborante de 2" de calibre 22
- Espesor de losa de 12 cm
- Barras #3 cada 15 cm paralelas al sentido de las láminas
- Barras #3 cada 25 cm perpendiculares al sentido de las láminas
- Conectores de cortante de 8 cm de altura de 19 mm de diámetro cada 30 cm a lo largo de las vigas metálicas.

Figura 51. Detalle de lámina colaborante



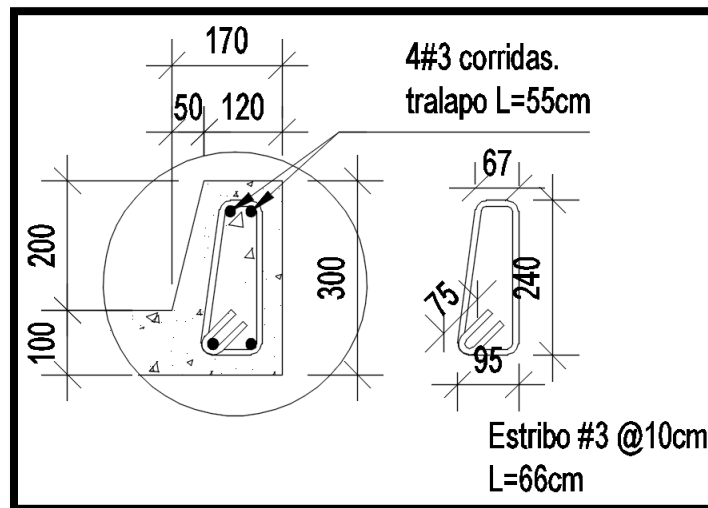
Fuente: MEISA, 2015.

Se construyeron dos bordillos a lo largo de toda la rampa de acceso vehicular empleando el siguiente refuerzo:

- Acero longitudinal con 4 barras #3 y longitud de traslapo de 55 cm
- Estribos #3 cada 10 cm de 66 cm de longitud

El bordillo presenta 20 cm de altura sobre la capa de rodadura, un ancho de 17 cm en la base y 12 cm en la cara superior.

Figura 52. Detalle de bordillo de la rampa



Fuente: MEISA, 2015.

Para la fundición de los muros de contención, la viga corona, losa con sistema de lámina colaborante y bordillo se empleó concreto preparado en obra, empleando cemento argos con una proporción 1:2:2, para una resistencia esperada de 3500 PSI, con las siguientes cantidades:

Tabla 13. Cantidad de concreto mezclado en obra

| <i>ELEMENTO</i> | <i>CANTIDAD (m3)</i> |
|-----------------------------|--------------------------|
| MURO DE CONTENCIÓN FRONTAL | 2.44 |
| VIGA CORONA | 1.28 |
| MURO DE CONTENCIÓN TIPO 1 | 6.99 |
| MURO DE CONTENCIÓN TIPO 2 | 4.53 |
| LOSA CON LÁMINA COLABORANTE | 7.50 |
| BORDILLO | 1.32 |
| TOTAL | 24.06 |

Fuente: *El autor.*

10.2 CONSTRUCCIÓN

Una vez fundidos los cabezales y vigas de cimentación del área comprendida entre los cabezales 1A, 1B, 3A y 3B, se procedió a realizar la excavación para las zapatas corridas de los muros de contención laterales de los dos tipos, a la misma cota de la base de los cabezales y las vigas de cimentación. Se procedió a fundir un solado de limpieza empleando concreto con proporción 1:3:3. Al día siguiente se realizaba aseo en el solado y se procedió a realizar el armado del refuerzo, comenzando por la zapata corrida, fijando los estribos al longitudinal con alambre dulce, y manteniendo el recubrimiento de la base con el uso de “panelitas” de concreto con dicha altura. Posteriormente se instaló el acero vertical de los muros, con todo el acero del muro frontal anclado en la viga de cimentación entre los ejes 2A y 2B, y el acero de los muros laterales cortados siguiendo la pendiente de la rampa. Para el anclaje de las barras en cabezales y vigas de cimentación se

empleó un taladro roto percutor con broca de 1/2" a una profundidad de 20 cm, y se rellenaba la perforación con Sikadur-32 para finalmente introducir la varilla.

El encofrado de los muros se hizo con formaleta metálica, empleando los respectivos accesorios, apuntalando con guaduas y madera para evitar la abertura de la formaleta. Se realizó primero el encofrado y fundición de las dos secciones de zapata. Con el concreto fraguado se procedió a encofrar y fundir los muros, comenzando por el muro de contención frontal, continuando con los muros de contención laterales, siguiendo una marca realizada en la formaleta con la pendiente de la rampa. La vibración del concreto se realizó con vibradores eléctricos Bosch GVC 20-EX para el vibrado interno y mazos de goma para el vibrado externo. Por último, se realizó el armado y encofrado de la viga corona sobre el muro frontal, colocando las platinas para el amarre de las vigas metálicas. Todas las fundiciones se realizaron con concreto preparado en obra por mezcla mecánica y una proporción 1:2:2, transportado en carretilla y vaciado por un tubo.

Con los muros ya construidos y desencofrados se realizó el montaje de las vigas metálicas IPE 450, para lo cual se emplearon aparejos en un andamio anclado por medio de cuerdas para evitar que se desplomara por el peso de las vigas. Una vez posicionadas las vigas se aseguraban con soldadura 7018, soldando una lámina al alma de la sección y a la lámina de anclaje en las vigas corona.

Se extendieron las láminas de Steel deck, traslapándolas debidamente, con un total de 12 a lo largo de todas las vigas. Se fijó la losa a las vigas por medio de studs, los cuales se colocaban en toda la longitud de la viga separada cada 30 cm. Para esto se colocaba el stud y una férula o casquillo cerámico en la boquilla de la pistola, conectada a un equipo de soldadura, insertando primero el perno y después la férula, se aplicaba presión en la lámina de Steel deck y se accionaba la pistola. Finalmente se hizo la colocación del acero de refuerzo con barras #3, con "panelitas" para garantizar la separación entre lamina de Steel deck y acero.

Se realizó la fundición con concreto preparado en obra por mezcla mecánica y transportado por medio de carretillas.

Para el tramo de pavimento rígido se relleno el interior de los muros, con suelo fino extraído en la excavación del lote, compactando en capas con un mini cargador bobcat equipado con rodillo liso vibratorio y un apisonador canguro para la compactación del relleno junto al muro y las esquinas.

Se regó una capa de sub-base de 12 cm de espesor, que posteriormente fue compactada de igual manera que el suelo fino.

Se hizo la instalación de la malla formada por barras #3 cada 25 cm en ambas direcciones, garantizando la separación de la base de la losa con “panelitas” fundidas en obra.

La fundición se llevó acabo con concreto premezclado de Argos con una resistencia de 4000 PSI y tamaño máximo de 1”, con un vaciado por descarga directa.

En las fundiciones de ambos tramos de la rampa se vibró el concreto con un vibrador Bosh GVC 20-EX. Se usó una tabla como plantilla en el concreto aun fresco, mejorando estéticamente el acabado de la rampa, y aumentando el agarre de las llantas de los vehículos que harán uso de ese acceso.

10.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Se realizó el control, siguiendo la NSR-10, de los traslapos de las barras, longitud de desarrollo, ángulos y longitudes de los ganchos según el diámetro de las barras. Se chequeo que las separaciones, diámetros y recubrimiento de las barras cumplieran con lo requerido en los planos estructurales.

Se supervisó la separación de las formaletas, la verticalidad y el apuntalamiento de las mismas fueran correctos para garantizar las dimensiones de la zapatas y muros.

Se prestó apoyo en la toma de medidas para las vigas metálicas, comparando estas longitudes con las arrojadas por los planos estructurales. Se chequeó que el

ángulo de corte que tenían las vigas metálicas era el correcto para la pendiente de la rampa.

Se hizo el seguimiento de la compactación del relleno en el interior de los muros de contención, del espesor de la capa de sub-base y la compactación de la misma.

Se cubrió los muros de contención, las zapatas y la viga corona para realizar el pedido de cemento, grava y arena, y mezclar en obra el concreto. Para estas fundiciones con concreto preparado en obra, se supervisó que las mezclas se realizaran con las proporciones indicadas para obtener las resistencias deseadas, controlando, de igual manera, la cantidad de agua que era agregada. Posteriormente se realizaba asentamiento por cono slump y toma de cilindros.

Para las fundiciones con concreto premezclado de Argos de la losa con sistema de lámina colaborante se realizó el chequeo de la integridad de los studs y su separación, y control de concreto, igual al realizado en los elementos de concreto reforzado, previamente descrito.

10.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La colocación del acero de refuerzo de los muros de contención inició el día veintinueve (29) de septiembre de 2015, y las fundiciones de estos finalizaron el día ocho (8) de octubre de 2015 con un total de 9 días laborables.

La colocación de las vigas metálicas inició el día nueve (9) de octubre de 2015.

La instalación del Steel deck inicio el día trece (13) de octubre de 2015 y la fundición se realizó quince (15) de octubre de 2015.

La colocación del refuerzo del pavimento rígido inició el dieciséis (16) de octubre de 2015 y la fundición se realizó el diecisiete (17) de octubre de 2015 con un total de dos días laborales.

La construcción de la totalidad de la rampa de acceso vehicular se realizó en 17 días laborales.

Como contratiempo se tuvo que, de acuerdo a un primer diseño de la rampa, el muro de contención frontal reposaba sobre una zapata corrida junto a la viga de cimentación tipo 2 entre los ejes 2A y 2B, pero mientras se preparaba el área para el solado de limpieza se encontró un suelo limo arcillo arenoso de color gris, de baja resistencia (0.10 y 0.23 kg/cm²), el cual visiblemente no soportaría el peso del muro, por lo cual se recalculo la rampa de acceso y se apoyó el muro frontal en la viga de cimentación 2 entre los ejes 2A y 2B, anclando el acero vertical con epóxico. Esto modificó la altura del muro y la longitud de las vigas metálicas, ya que la pendiente se debía mantener.

Cuando se recibieron las vigas metálicas se encontró que las medidas pedidas eran incorrectas, y las requeridas en obra eran menores, por lo cual fue necesario el corte de las vigas metálicas en obra.

Debido a la temporada de fuertes lluvias era imposible la compactación del suelo fino confinado en los muros de contención, por lo cual se decidió realizar el mejoramiento del suelo adicionándole cemento.

11. SUB-DRENES PERIMETRALES Y EN EL SÓTANO

11.1 DESCRIPCIÓN

De los estudios de suelos, se obtuvo que el nivel freático en el lote se encuentra a una profundidad promedio de 2.20 metros de la topografía inicial y a 1.20 metros desde la profundidad del sótano. Por lo cual se optó por la construcción de subdrenes para mitigar el aumento del nivel freático producto de las fuertes lluvias recurrentes en la zona.

Para la construcción de estos subdrenes se empleó un encamado en material de sub-base, tubería novafort de 6" y 4" perforada, roca de río de 3" de tamaño máximo, y una membrana de geotextil no tejido 1600 PAVCO.

Se construyeron dos tipos de subdrenes como se describe a continuación:

11.1.1 Subdrén perimetral.

La función de este subdrén es disminuir el efecto de la presión horizontal adicional producida por el agua sobre los muros de contención, drenando agua cuando el nivel freático, producto de las lluvias, sube 50 cm desde la cota base de los cabezales y las vigas de cimentación.

Las dimensiones del subdrén son 50 cm de alto por 50 cm de ancho, construido desde la cota inferior de las vigas muro y los cabezales. Se construyeron un total de 183.66 metros lineales de filtro.

La cantidad de materiales utilizados para la construcción de este subdrén fue:

Tabla 14. Cantidad de materiales para subdrén perimetral

| <i>MATERIAL</i> | <i>UNIDAD</i> | <i>CANTIDAD</i> |
|------------------------|---------------|-----------------|
| TUBERÍA DE 6” | UND | 31 |
| ROCA TM 3” | M3 | 42.57 |
| GEOTEXTIL | ML | 130 |
| CODOS 45° DE 6” | UND | 8 |

Fuente: *El autor.*

11.1.1 Subdrén en el sótano.

Las funciones de este subdrén son prevenir que el agua del nivel freático se filtre en las juntas del piso del sótano, cuando este ya se encuentre en uso, afectando la calidad del servicio prestado, y mejorar la productividad en la obra, ya que constantemente se suspendían trabajos en esta zona debido a la saturación del suelo producto de la lluvia. El filtro funciona cuando el nivel freático sube 70 cm por encima de la cota base de los cabezales y vigas de cimentación y para mitigar el efecto de la lluvia en la capa de suelo fino del sótano.

Este subdrén está conformado por tramos que descargan el agua en pequeñas cajas de inspección, las cuales también funcionarían para recibir las aguas residuales del sótano. El agua drenada por ambos tipos de drenes se acumula en un pozo provisional junto al muro de contención 4, y empleando motobombas se evacúa el agua.

Las dimensiones del subdrén son 40 cm de alto por 40 cm de ancho, construido desde la cota superior de las vigas de cimentación. Se construyeron un total de 159.02 metros lineales de filtro.

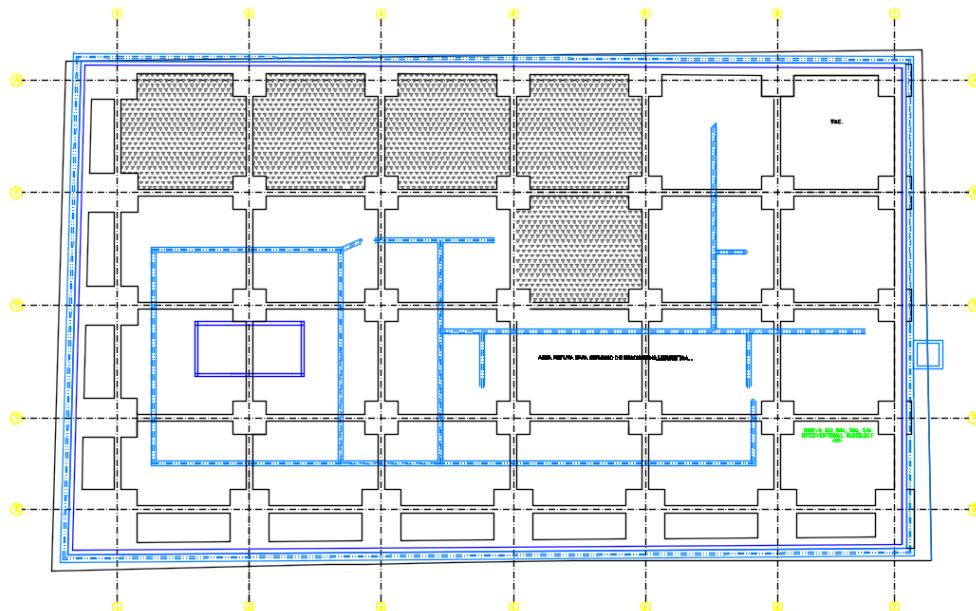
La cantidad de materiales utilizados para la construcción de este subdrén fue:

Tabla 15. Cantidad de materiales para subdrén de sótano

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----------------|--------|----------|
| TUBERÍA DE 4" | UND | 28 |
| ROCA TM 3" | M3 | 24.16 |
| GEOTEXTIL | ML | 85 |
| CODOS 90° DE 4" | UND | 3 |
| TEE 90° DE 4" | UND | 9 |

Fuente: *El autor.*

Figura 53. Plano en planta de subdrenes perimetrales y de sótano



Fuente: *Ingenieros Ana María Losada y Elkin Mauricio Gómez*

11.2 CONSTRUCCIÓN

Con los muros de contención ya fundidos, se trabajó en el espacio entre estos y el muro de la excavación estabilizado con concreto lanzado. Se emplearon módulos de formaleta metálicos de 0.60 metros de largo y 1.20 de largo, como apoyo para la colocación del geotextil. Se hicieron cortes del rollo de geotextil cada 2.50 metros, obteniendo 3.30 metros lineales de filtro, lo cual corresponde a 3.50 metros de ancho del rollo menos 0.20 metros de traslapo. Con el geotextil ya tendido se precedió a regar una capa de 10 cm de roca y se hizo la colocación de la tubería novafort de 6" de diámetro previamente agujereada con taladro. Se completó el volumen faltante con roca y se finalizó el recubrimiento cosiendo el geotextil sobrante con hilo de polietileno.

En las esquinas del perímetro se emplearon dos codos de 45° para suavizar el cambio de dirección de 90°.

Figura 54. Colocación de tubería novafort para subdrén perimetral



Fuente: *El autor.*

Para finalizar, se retiraron las formaletas metálicas y se relleno el espacio en capas de 0.50 metros, compactando con apisonador canguro, hasta alcanzar el nivel superior de las vigas corona.

Para la construcción de los subdrenes de sótano, se trabajo con el suelo a una cota promedio 20 cm por debajo del nivel superior de los cabezales. Las excavaciones de las zanjas se hicieron manualmente, posteriormente se hizo la colocación del geotextil en tramos de 3.30 metros lineales y 0.20 metros de traslapo. Se rego una capa de 5 cm de roca y se colocó la tubería de 4" previamente perforada. La colocación de los accesorios se hizo aplicando soldadura de pvc para fijar las partes. Se completó el volumen restante con roca y se finalizó el cubrimiento con geotextil, cociendo los extremos sobrantes con hilo de polietileno. Se cubrió el subdrén con suelo fino y se realizó la compactación con apisonador manual.

En donde se harían las cajas de inspección se dejaron los extremos de tubería sobrante y la excavación para la caja.

11.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Se prestó apoyo en el cálculo de la cantidad de tubería, roca, geotextil y accesorios de tubería, para los filtros, utilizando los planos en el software AutoCAD.

Se realizó una propuesta preliminar de drenaje tipo "espina de pescado", en el cual se trabajo inicialmente el cálculo de cantidades de materiales, pero finalmente se optó por un drenaje tipo "bayoneta"

11.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La colocación del geotextil, para los subdrenes perimetrales, inicio el diez (10) de octubre de 2015 y la finalización de estos elementos fue el veinticinco (25) de noviembre de 2015, con un total de 38 días laborales.

La excavación de las zanjas para el subdrén y la tubería sanitaria del sótano inició el dieciocho (18) de febrero de 2016 y se cubrieron en su totalidad el cuatro (4) de marzo de 2016, con un total de 13 días laborales.

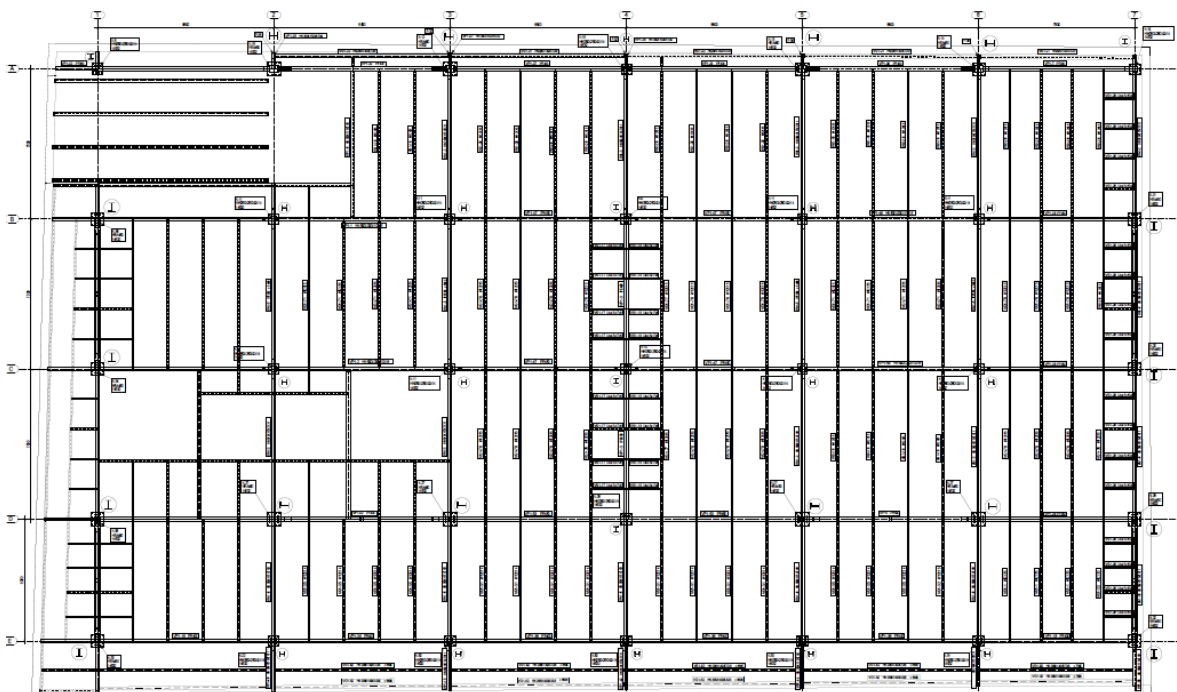
Como único contratiempo se tuvo las fuertes lluvias las cuales detenían el trabajo.

12. ESTRUCTURA METÁLICA

12.1 DESCRIPCIÓN

El diseño estructural del edificio, a cargo de la empresa MEISA, muestra columnas de sección compuesta, y vigas y viguetas con perfiles metálicos, con conexión de estos elementos por medio de pernos, como se muestra en el siguiente plano de montajes:

Figura 55. Plano general de montaje



Fuente: MEISA, 2015.

Se tiene los siguientes elementos con su respectiva nomenclatura:

- Perfil de acero para columnas:

Forma parte de la sección compuesta de las columnas. Recibe las cargas de los entresijos y las transmite a los cabezales. En la parte inferior de la columna cuenta con una platina soldada de 38 o 25 mm de espesor, dependiendo de la

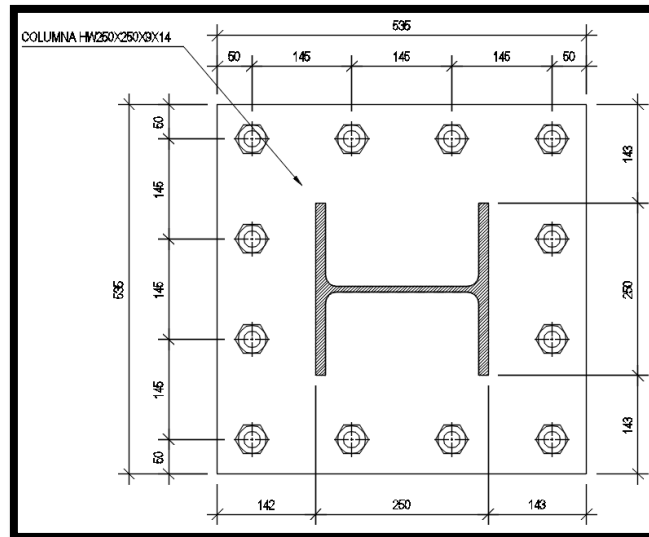
sección, la cual tiene las perforaciones para los pernos del anclaje instalado en los cabezales.

Su nomenclatura en los planos estructurales es la letra “K” y presentan los siguientes perfiles:

- Perfil HW250X250X9X14

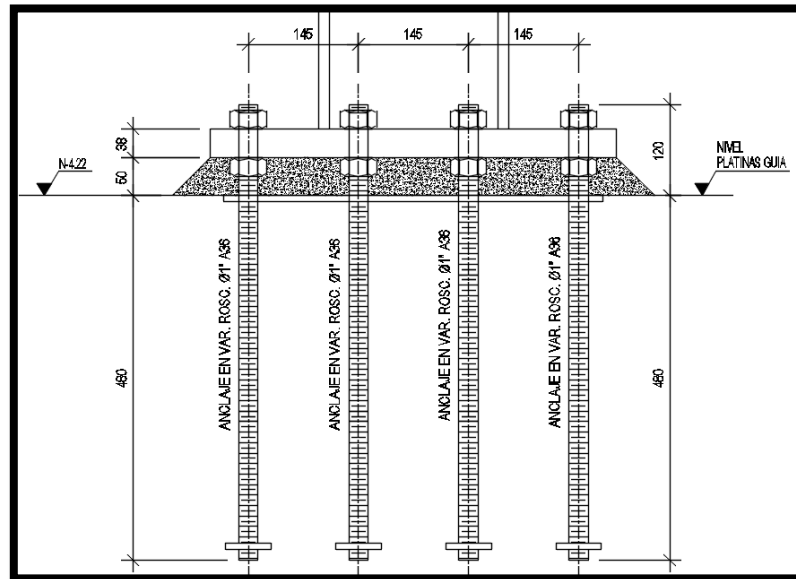
Es el perfil empleado para las columnas de 70 X 70 cm, con una longitud de 14.28 metros, lo cual comprende el sótano, dos pisos y un parte del tercero. La columna cuenta con una lámina de anclaje de 36 mm. El total de estos elementos es de 19 en obra. A lo largo de la columna, en el alma y los patines de la sección, tiene soldados studs para garantizar la adherencia entre el perfil y el concreto.

Figura 56. Perfil de columnas 70 x 70



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 57. Anclaje de columnas 70 x 70

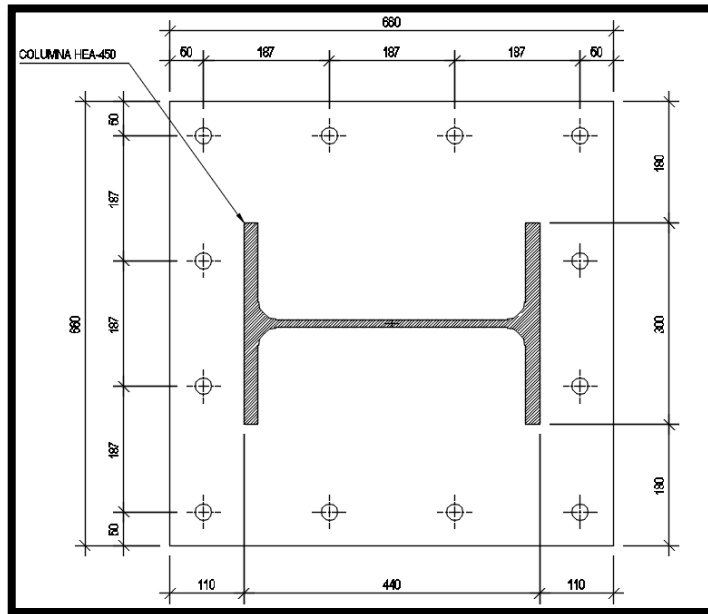


Fuente: MEISA, 2015.

- Perfil HEA-450

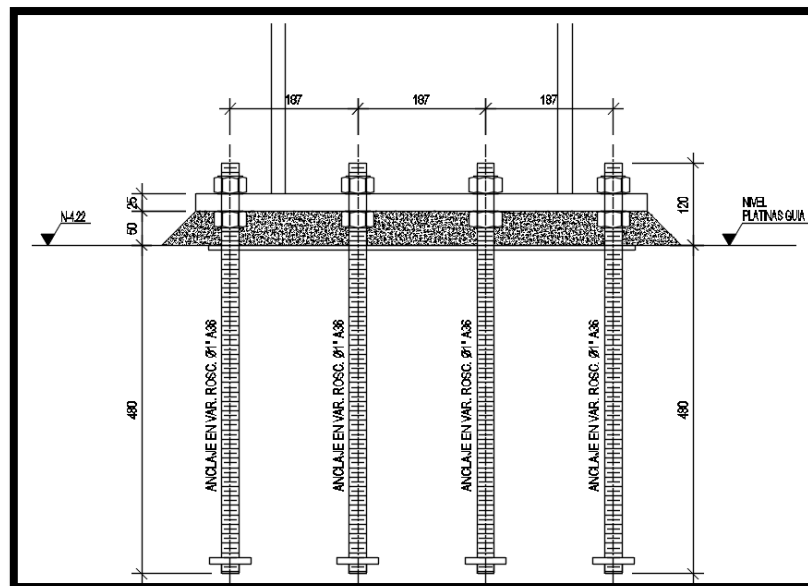
Es el perfil empleado para las columnas de 80 X 80 cm con una longitud de 14.28 metros, lo cual comprende el sótano, dos pisos y un parte del tercero. La columna cuenta con una lámina de anclaje de anclaje de 25 mm. El total de estos elementos es de 16 en obra. A lo largo de la columna, en el alma y los patines de la sección, tiene soldados studs para garantizar la adherencia entre el perfil y el concreto. Cuenta con láminas para la soldadura de riostras.

Figura 58. Perfil de columnas 80 x 80



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 59. Anclaje de columnas 80 x 80



Fuente: MEISA, 2015.

- Vigas portantes:

Son las vigas que se presentan en el sentido principal de la losa de entrepiso, transmitiendo las cargas a las columnas que las soportan.

Las secciones que presenta son: IPE-400, IPE-450, HN 350X175X7X11, y HN 500X200X10X16 entre columnas, y HN 350X175X7X11, HN 300X150X6.5X9, entre columnas y viga corona.

- Vigas de amarre:

Son las vigas que se presentan en sentido perpendicular al de la losa de entrepiso, amarrando los pórticos de la estructura.

Las secciones que presenta son: HN 350X175X7X11, IPE-360.

- Viguetas:

Es el soporte de la lámina colaborante y a las cuales se encuentra sujeta por medio de los studs. Estas están soportadas en las vigas principales a las cuales les transmite las cargas de la losa de entrepiso.

Las secciones que presenta son: HN298X149X5.5X8, W12X16, W12X14, C4x4.5.

La conexión de los distintos elementos se realizó empleando el método de giro de tuerca a 2/3, el cual garantiza una apropiada fijación de los elementos sin comprometer la resistencia del tornillo debido a la deformación que se presenta por la tensión ejercida. El método consiste en apretar la tuerca hasta que las partes estén totalmente en contacto y se presente resistencia. Se marca el tornillo, la arandela y la tuerca como se muestra a continuación:

Figura 60. Marca para ajuste a 2/3 de giro

Marcado de Correspondencia



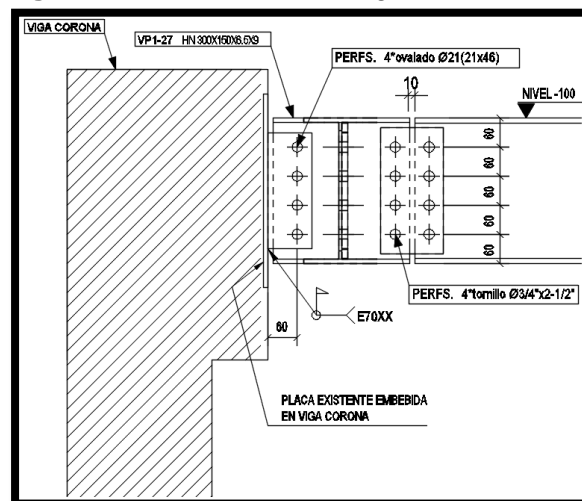
Fuente: www.turnasure.com/sp/turn-of-nut-method-turnasure-bolting-technology.shtml

Por último, se gira la tuerca hasta completar 2/3 del giro total.

Las conexiones presentes en la estructura metálica se describen continuación:

- Para las conexiones con la viga muro se emplearon tornillos con $\frac{3}{4}$ " de diámetro y 2-1/2" de largo, con una lámina soldada a la placa de anclaje existente en la viga corona.

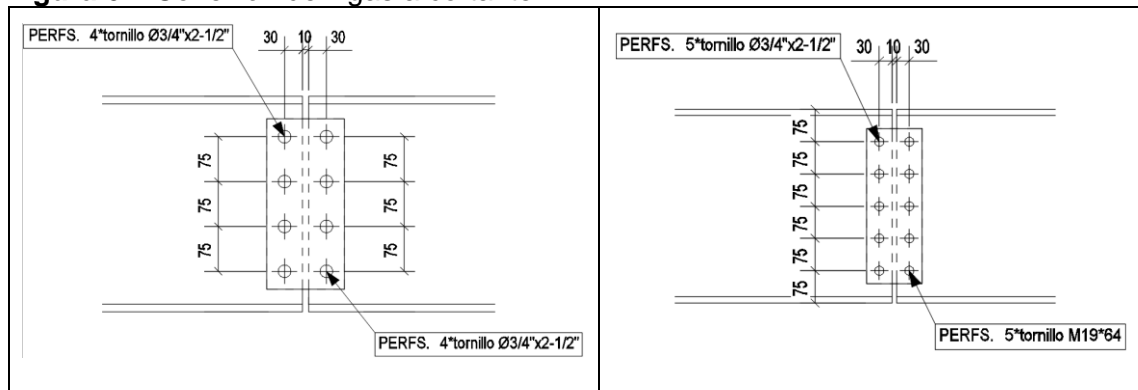
Figura 61. Conexión a las vigas corona



Fuente: MEISA, 2015.

- Para las conexiones a cortante de las vigas entre columnas se emplearon tornillos de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y 2-1/2" de largo, conectadas por medio de una platina.

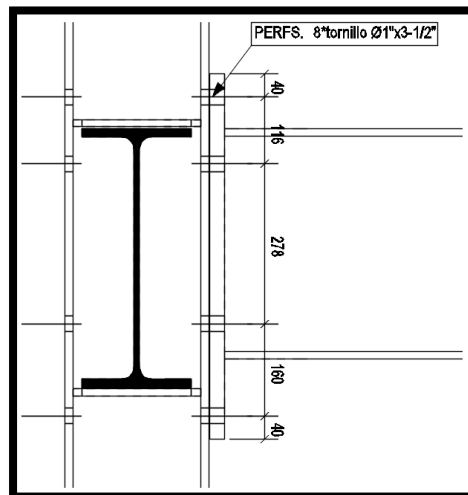
Figura 62. Conexión de vigas a cortante



Fuente: MEISA, 2015.

- Para las conexiones a momento de las vigas entre columnas se emplearon tornillos de 1" de diámetro y 3-1/2" de largo, conectados en una platina al final de la viga y perforaciones hechas en el patín de la columna.

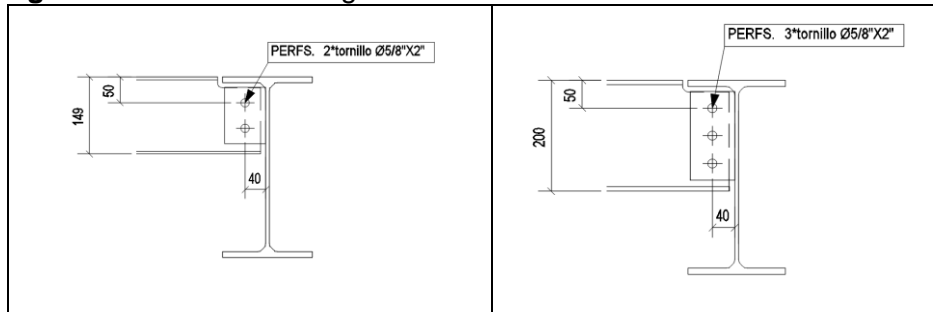
Figura 63. Conexión de vigas a momento



Fuente: MEISA, 2015.

- Para las conexiones de viguetas se emplearon tornillos de 5/8" de diámetro y 2" de largo, en una platina al final soldada a las vigas principales.

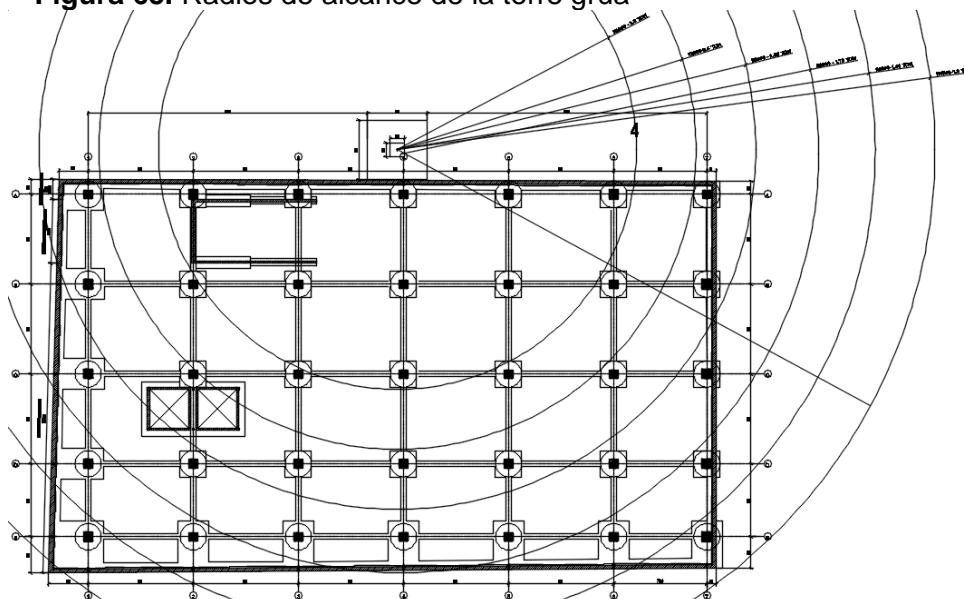
Figura 64. Conexión de viguetas



Fuente: MEISA, 2015.

El montaje de la mayoría de los elementos se realizó empleando una torre grúa de 35 metros de altura y una pluma de 45 metros de largo. La capacidad máxima en el extremo de la pluma es de 1300 kilogramos.

Figura 65. Radios de alcance de la torre grúa



Fuente: MEISA, 2015.

12.2 CONSTRUCCIÓN

Se inició el montaje de las columnas metálicas, para lo cual se hacía la colocación de tuercas en los pernos anclados en los cabezales, nivelando la altura de las tuercas con manguera, para garantizar que la base de las columnas estuviera en la misma cota. En la colocación de las primeras columnas aún no se contaba con torre grúa, y se instalaron las columnas usando una grúa telescópica TEREX. Con la columna ya instalada y la lámina soldada en el perfil apoyada en las tuercas, se colocaba tuercas por arriba para asegurar la columna. Se anclaron provisionalmente con cuerdas en cuatro puntos para mantener la verticalidad de la columna.

Para el montaje de las vigas y viguetas con grúa telescópica y torre gura, se subía el elemento hasta el nivel y posición indicados, y con personal certificado y debidamente asegurado para el trabajo en alturas, se realizaba la colocación de los pernos colocando una barra de acero en las perforaciones para conservar la posición y posteriormente se aseguraba con los respectivos pernos.

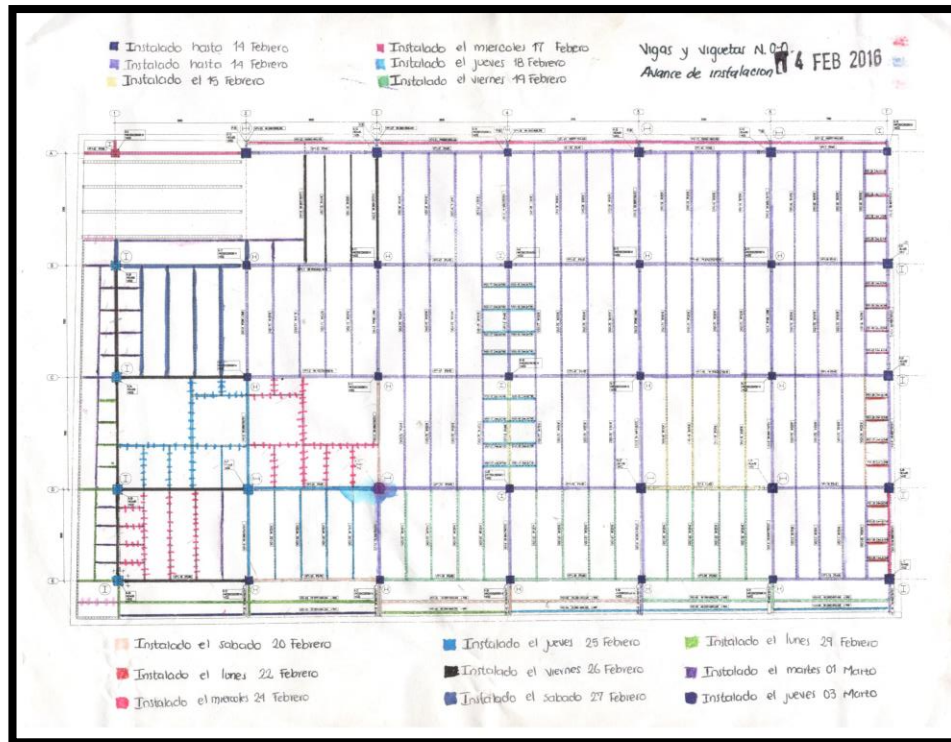
El montaje se hizo completando anillos, lo cual permitía retirar el anclaje por cuerdas, ya que las vigas proporcionaban el soporte adecuado a las columnas. Para el amarre a las platinas de las vigas muro, se empleaba soldadura 7018 para posicionar el respectivo perfil.

Se fundió la base de las columnas con SikaGrout 212, con una resistencia a compresión esperada mayor a 72Mpa a los 28 días. Se insertaron dos cuerdas debajo de las platinas de las columnas, y con un movimiento de tira y afloja se realizó un vibrado interno, para evitar burbujas de aire en el mortero.

12.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Se registraba el avance diario del montaje de los distintos elementos de la estructura metálica, con el fin de controlar la productividad del contratista.

Figura 66. Registro de montaje



Fuente: *El autor.*

Se hacía revisión de las conexiones, verificando que no hubiera ningún tornillo suelto, y que las dimensiones de estos fueran los especificados en los planos estructurales.

Se midió la separación entre las láminas las columnas y los cabezales, para calcular la cantidad de SikaGrout 212 que se debía usar para la fundición en las 35 columnas.

Se brindó apoyo para la realización del corte de obra hasta el primer piso, con lo cual se verificaba que los perfiles de vigas, viguetas y columnas fueran los descritos en los planos, la cantidad de studs en las columnas, y la longitud del perfil soldado en las columnas para la conexión a cortante.

12.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La instalación de las columnas metálicas inicio el veintisiete (27) de noviembre de 2015 y finalizo el veinticinco (25) de febrero de 2016, con un total de 75 días laborales. La instalación de vigas y viguetas del primer piso inicio el treinta (30) de noviembre de 2015 y concluyo totalmente el nueve (9) de marzo de 2016, con un total de 84 días laborales.

La fundición del grouting de nivelación se realizó del diez (10) de marzo de 2016 al doce (12) de marzo de 2016.

Como contratiempo se tuvo que el peso de algunas columnas para la sección de 80 x 80 superaba el peso soportado por la torre grúa para ese radio, por lo cual se debía esperar disponibilidad de la grúa telescópica TEREX, paralizando ocasionalmente en avance de la instalación de la estructura metálica y la losa de entre piso.

La fuerte lluvia también conllevaba interrupción en el trabajo de montaje de la estructura.

Se presentó asentamiento en terreno donde se encuentra cimentada la torre grúa, lo cual provoco una inclinación de este equipo. Se realizó la nivelación de la torre grúa empleando gatos hidráulicos de 100 toneladas y colocando en los soportes láminas de acero, y para prevenir que se repitiera se colocaron perfiles metálicos por debajo de los soportes de la torre grúa apoyados en la viga corona.

Figura 67. Nivelación de la torre grúa



Fuente: *El autor.*

Este percance también provocó una pérdida de verticalidad del muro de contención continuó a la cimentación de la torre grúa, por lo cual se optó por apuntalar la viga corona con pelines metálicos en dos puntos, y con un perfil metálico soldado en la platina de anclaje en el eje 4.

Figura 68. Apuntalamiento de la viga corona



Fuente: *El autor.*

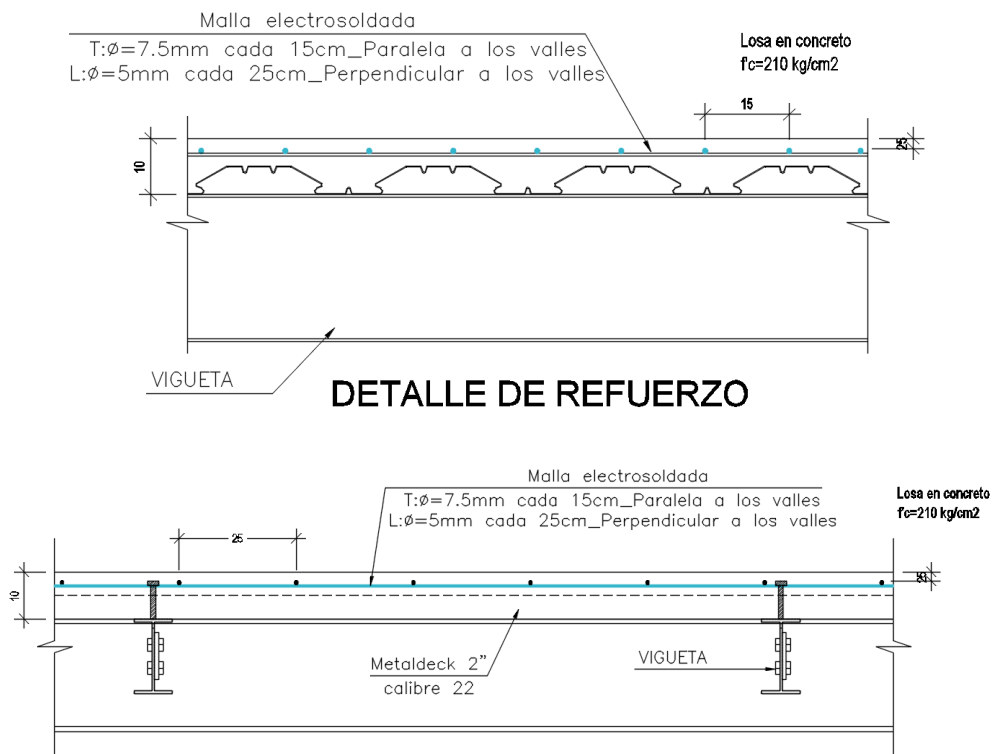
13. LOSA DE ENTREPISO

13.1 DESCRIPCIÓN

Para la construcción de losa de entre piso se empleó el sistema de lámina colaborante. Para esto se emplearon láminas de Meisadeck de 2" calibre 22.

Como refuerzo se empleó malla electro soldada con grafiles de 7.5 mm cada 15 cm en el sentido principal del Meisadeck, y grafiles de 5 mm cada 25 cm perpendiculares al sentido del Meisadeck.

Figura 69. Corte longitudinal y transversal de lámina colaborante

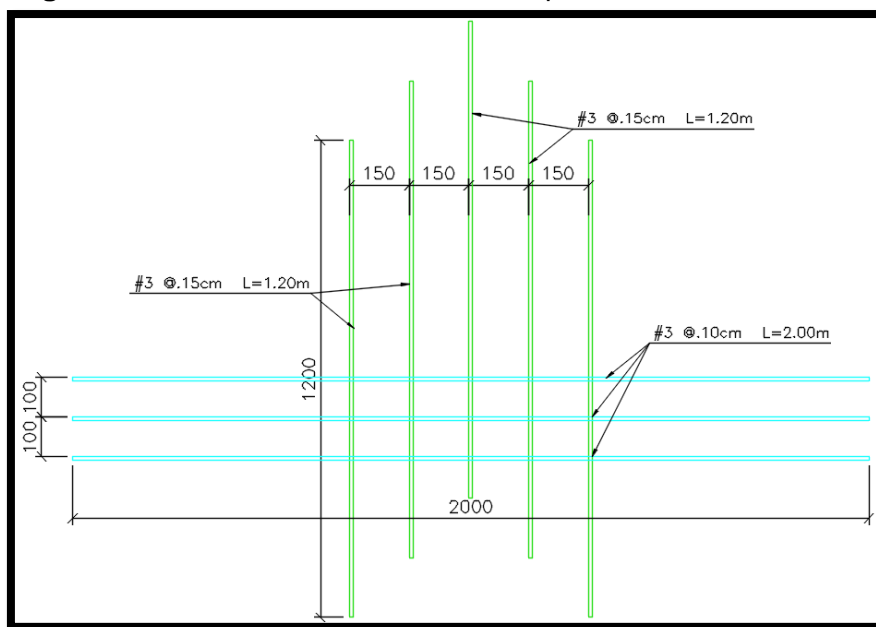


Fuente: MEISA, 2015.

Entre el eje A y el muro de contención 2, el Meisadeck trabaja en sentido perpendicular al resto, y se requirió barras #3 cada 30 cm de 1 metro de longitud, pues se presenta esfuerzos a tensión en la parte superior de la losa en este eje.

Adicionalmente a este refuerzo se empleó refuerzo en las esquinas de la losa, para evitar fisuras, con barras #3 cada 15 cm de 1.20 metros de longitud, y barras #3 cada 10 cm de 2 metros de longitud, como se muestra a continuación:

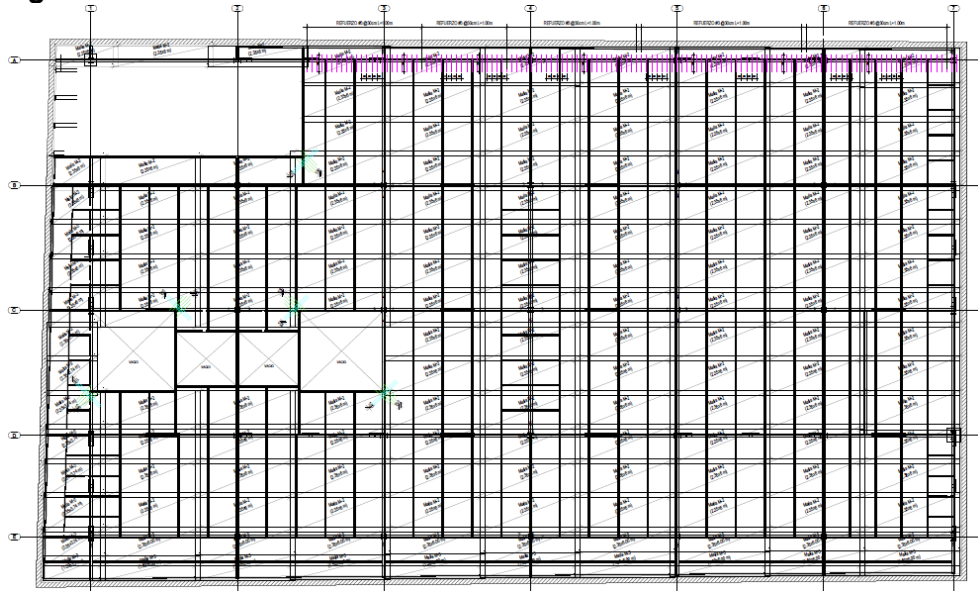
Figura 70. Detalle de refuerzo en las esquinas



Fuente: MEISA, 2015.

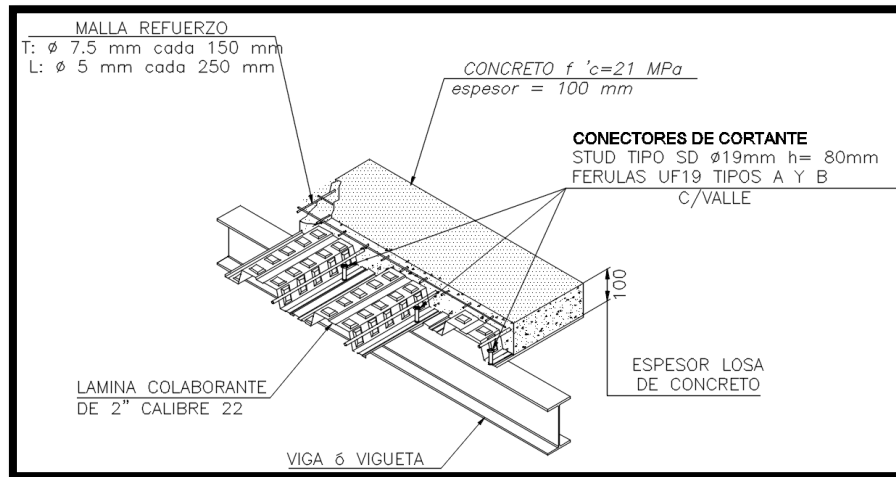
Se fijan las láminas de Meisadeck a las viguetas y vigas empleando studs de 19 mm de diámetro y una altura de 8 cm, en cada valle de las láminas. El espesor de la losa es de 10 cm, y el área total de 1612.36 metros cuadrados.

Figura 71. Colocación de malla electro soldada



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 72. Detalle de lámina colaborante de entrepiso



Fuente: MEISA, 2015.

El peso total de acero recto de refuerzo fue de 114 kilogramos y 5901.5 kilogramos de la malla. La cantidad de concreto empleado en total fue 132 metros cúbicos con una resistencia de 3000 PSI y TM ½", vaciados con descarga directa en la lámina y descarga empleando con balde autodescargante de la torre grúa.

13.2 CONSTRUCCIÓN

Con la estructura metálica ya armada y con la verticalidad chequeada se procedió con la colación las láminas de Meisadeck, transportándolas con la torre grúa e instalándolas manualmente garantizando el traslape entre láminas. Se realizaba la fijación de las láminas con studs en cada valle a lo largo de las vigas y viguetas, colocados con una férula o casquillo cerámico en la boquilla de la pistola, conectada a un equipo de soldadura, se aplicaba presión en la lámina de Meisadeck y se accionaba la pistola. Se hizo colocación de borde losa de 10 cm de alto en los vacíos de la losa. Alrededor de las columnas se colocaban collarines hechos con ángulos de acero, los cuales representaban las dimensiones de las columnas que se construirían, sirviendo de plantilla para la colocación del Meisadeck.

Se inició la colocación de la malla electro soldada, con traslapos de 30 cm y en las zonas con dirección de Meisadeck perpendicular se hizo la colocación de grafiles y se amarraron manualmente. Con “panelitas” de 2 cm de espesor se garantizó la separación de la malla con las láminas de Meisadeck. Finalmente se hizo la colocación del acero de refuerzo con barras #3, en las esquinas de la losa y sobre el eje A de toda la columna.

Se hizo el apuntalamiento de las vigas a $L/2$ y las viguetas a $L/3$ para prevenir deformaciones de estos elementos con las cargas concentradas en el momento del vaciado. Se realizó la fundición con concreto premezclado de argos, fundidos en tres días, con descarga directa sobre las láminas colaborante en las zonas perimetrales, y descarga por medio de balde autodescargante, con capacidad de 0.4 metros cúbicos, en las zonas centrales de la losa. Se vibró el concreto con un vibrador Bosch GVC 20-EX.

El curado del concreto se realizó cubriendo la losa con aserrín empapado de agua. Posteriormente se dilato la losa con pulidora, a lo largo de los ejes alfabéticos.

13.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Se realizó el cálculo de la cantidad de barras de acero a comprar para realizar la figuración del acero para refuerzo negativo de la losa. Este cálculo se soporta en la siguiente tabla:

Tabla 16. Cantidad de acero para losa de entrepiso

| ELEMENTO | CANTIDAD DE ELEMENTOS | | CANTIDAD | LONGITUD REQUERIDA (M) | LONGITUD PEDIDA (M) | CANTIDAD DE BARRAS TOTAL | PESO (KG) |
|-------------------|-----------------------|-------------------|----------|------------------------|---------------------|--------------------------|------------|
| | | | # 3 | | | | |
| LOSA DE ENTREPISO | 1 | ACERO DE VOLADIZO | 136 | 1 | 12 | 11 | 74 |
| | | ACERO DE ESQUINAS | 25 | 1.2 | 12 | 3 | 20 |
| | | | 15 | 2 | 12 | 3 | 20 |
| PESO TOTAL | | | | | | | 114 |

Fuente: *El autor.*

Se hizo la cartilla de acero para el pedido del refuerzo de la losa y la cuantía de mallas electro soldadas, además de la cotización de estas últimas.

Tabla 17. Cantidad de malla de refuerzo de losa de entpiso

| ELEMENTO | CANTIDAD DE ELEMENTOS | DIMENSIÓN (M) | | DIÁMETRO (mm) | | SEPARACIÓN (cm) | | PESO UNITARIO (KG) | PESO TOTAL (KG) |
|--------------|-----------------------|---------------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|--------------------|-----------------|
| | | LONG | TRANS | LONG | TRANS | LONG | TRANS | | |
| MALLA M-2 | 122 | 6 | 2.35 | 7.5 | 5 | 15 | 25 | 41.99 | 5122.7 |
| | 5 | 3.74 | 2.35 | 7.5 | 5 | 15 | 25 | 26.193 | 130.96 |
| MALLA M-3 | 1 | 3.74 | 2.35 | 5 | 7.5 | 25 | 15 | 25.57 | 25.57 |
| | 1 | 3.74 | 1.5 | 5 | 7.5 | 25 | 15 | 16.468 | 16.468 |
| | 9 | 6 | 2.35 | 5 | 7.5 | 25 | 15 | 40.934 | 368.40 |
| | 9 | 6 | 1.5 | 5 | 7.5 | 25 | 15 | 26.364 | 237.27 |
| TOTAL | | | | | | | | | 5901.4 |

Fuente: *El autor.*

En los días de fundición se realizó el control de concreto, de igual manera que en las fundiciones de los anteriores elementos.

13.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

La colocación del Meisadeck inicio el día quince (15) de diciembre de 2015 y concluyó el diecisiete (17) de marzo de 2016, con un total de 78 días laborales. La colocación de la malla inició el diez (10) de marzo de 2016 y finalizó el diecisiete (17) de marzo de 2016, con un total de 7 días laborales.

Las fundiciones se realizaron el dieciséis (16), diecisiete (17) y diecinueve (19) de marzo de 2016 en tres días laborales.

Como contratiempo se tuvo que no había disponibilidad de malla electro soldada especial con acero longitudinal de 5 mm cada 25 cm y acero transversal de 7 mm

cada 15 cm, por lo cual se recibieron los grafiles y se hizo el amarre en obra, lo cual significó un aumento considerable de tiempo, comparado con la sola colocación de la malla electro soldada.

14. COLUMNAS

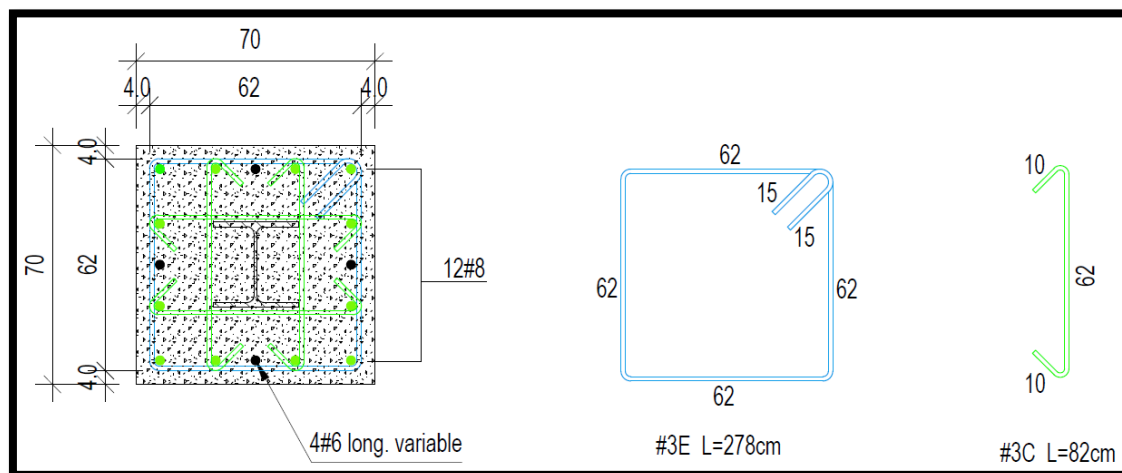
14.1 DESCRIPCIÓN

El sistema empleado en la construcción de la estructura permite realizar primero la fundición de la losa de entrepiso y posteriormente de las columnas del piso inferior. Se presentan un total de 19 columnas de 70 x 70 cm y 16 columnas con dimensión de 80 x 80 cm.

El refuerzo de las columnas de 70 x 70 cm se describe a continuación:

- Estribos con barras #3 cada 10 cm y 2.78 metros de longitud con ganchos de 15 cm
- Dos estribos en cada dirección con barras #3 cada 10 cm con longitud de 82 cm con gancho de 10 cm
- Estribos en los nudos soldados al alma de los perfiles cada 10 cm de 84 cm y 1.51 metros de longitud, con ganchos de 12 cm.
- Cuatro barras #6, soldadas en el patín de las vigas que llegan al nudo
- 12 barras #8, longitudinales.

Figura 73. Refuerzo transversal de las columnas 70 x 70

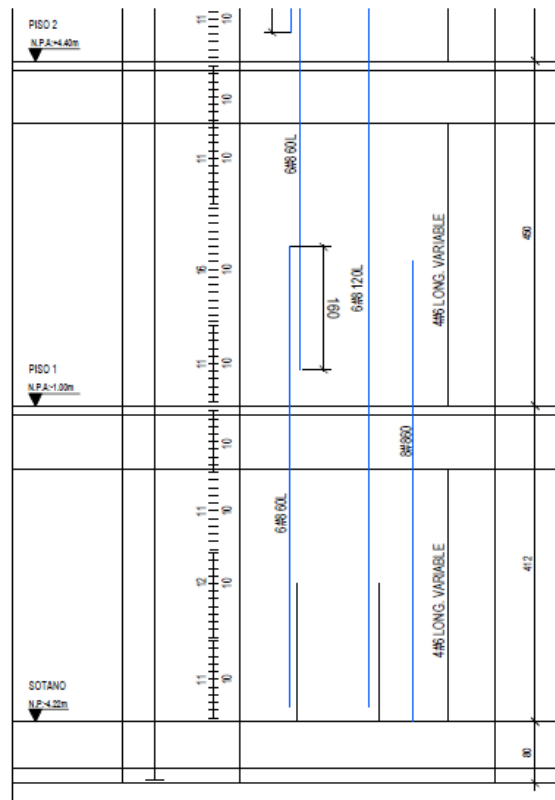


Fuente: MEISA, 2015.

El refuerzo de las columnas de 80 x 80 cm se describe a continuación:

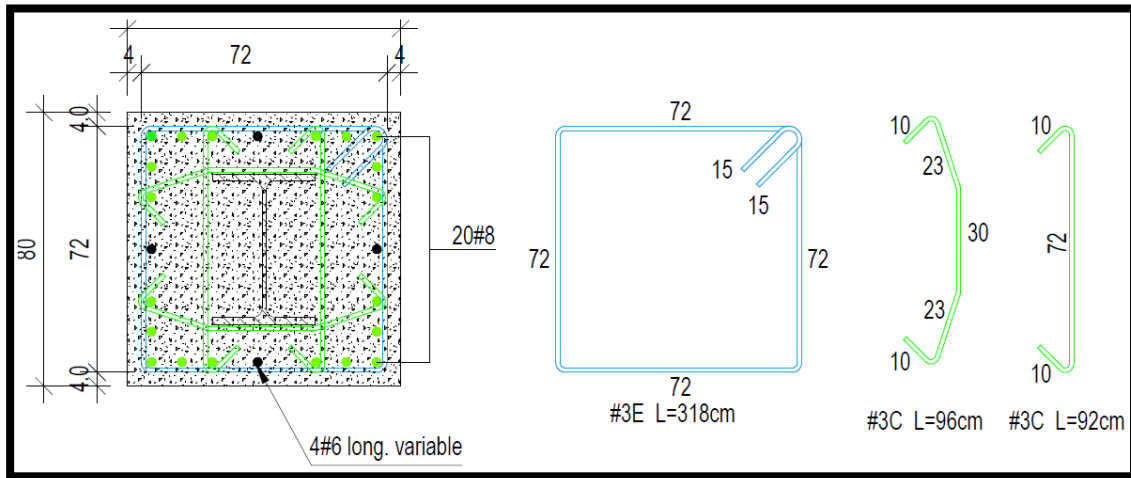
- Estribos con barras #3 cada 10 cm y 3.18 metros de longitud con ganchos de 15 cm
- Dos estribos alrededor de los patines del perfil con barras #3 cada 10 cm con longitud de 96 cm con gancho de 10 cm
- Dos estribos perpendiculares a los anteriores con barras #3 cada 10 cm con longitud de 92 cm con gancho de 10 cm
- Estribos en los nudos soldados al alma de los perfiles cada 10 cm de 94 cm y 1.66 metros de longitud, con ganchos de 12 cm.
- Cuatro barras #6, soldadas en el patín de las vigas que llegan al nudo
- 20 barras #8, longitudinales.

Figura 76. Despiece de las columnas hasta el segundo piso 80 x 80



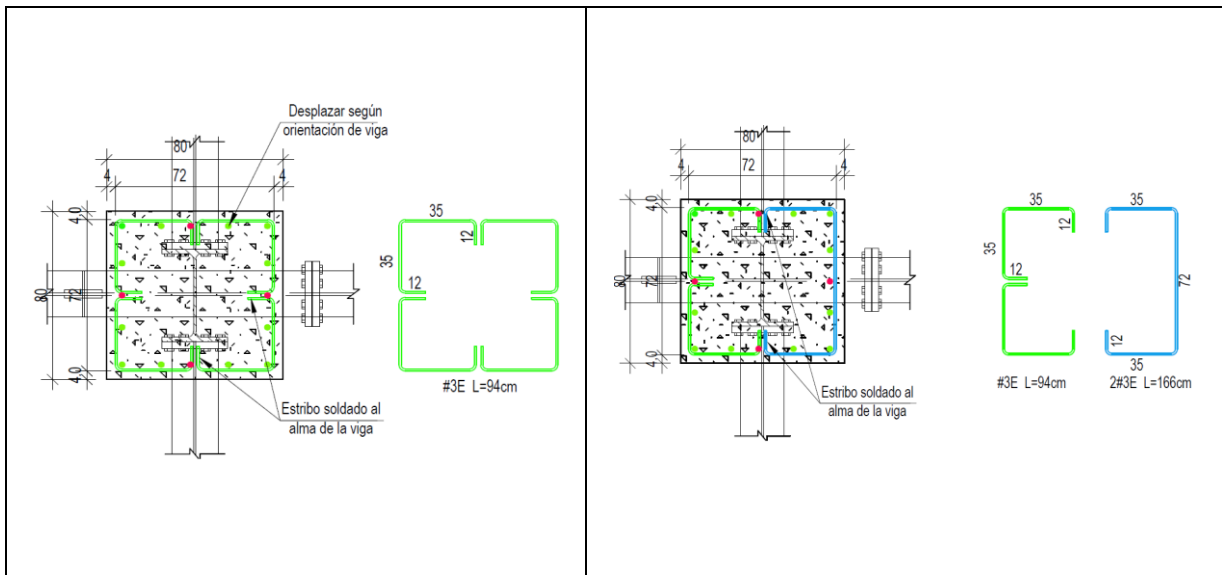
Fuente: MEISA, 2015.

Figura 77. Refuerzo transversal de las columnas 80 x 80



Fuente: MEISA, 2015.

Figura 78. Refuerzo transversal de las columnas 80 x 80 en los nudos



Fuente: MEISA, 2015.

El acero pedido para el refuerzo de las columnas del sótano tiene un peso total de 24800.88 kilogramos, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 18. Cantidad de acero para columnas de sótano

| CANTIDADES Y PESOS TOTALES | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | LONGITUD (M) | CANTIDAD | PESO(KG/M) | PESO (KG) |
| # 3 | 12 | 717 | 0.56 | 4818.24 |
| # 6 | 12 | 70 | 2.24 | 1881.6 |
| # 8 | 6 | 338 | 3.98 | 8071.44 |
| # 8 | 12 | 210 | 3.98 | 10029.6 |
| PESO TOTAL (KG) | | | | 24800.88 |

Fuente: *El autor.*

La cantidad de concreto plástico empleado para la fundición de columnas fue de 76 metros cúbicos, con una resistencia de 4000 PSI y TM 1/2", todos por descarga directa.

14.2 CONSTRUCCIÓN

Con las láminas de Meisadeck ya instaladas, y las barras de acero ya en obra, se procedió al figurado de estas, siguiendo las especificaciones del plano estructural. Se hizo el montaje del acero longitudinal de las columnas por medio de los collarines de las columnas, con barras de 6 y 12 metros, empleando la torre grúa para la colocación de las últimas. Con el traslapo requerido, se hizo el amarre correspondiente con las barras de anclaje presentes en los cabezales. Se hizo el corte de las barras #6 y se soldaron en los patines de las vigas que se

encontraban en el nudo. Se realizó la colocación de los estribos cada 10 cm, y se soldaron los estribos de los nudos en los patines de las vigas encontradas.

Con el refuerzo ya colocado, el ingeniero a cargo procedía a realizar la liberación de la columna, y se daba vía libre al encofrado de la columna. Para esto se empleó formaleta metálica, con los respectivos accesorios, destacando las corbatas lisas de 80 y 70 cm los cuales garantizaban las dimensiones de la columna. En los nudos se hizo el encofrado empleando súper board de 10mm, rigidizado con bastidores de 5 cm. Para mantener esta formaleta en su sitio se hizo un amarre con barras soldadas a los patines de la sección. En el caso de las columnas adyacentes al muro de contención 4 y de la rampa de acceso vehicular, se empleó icopor de 5 cm de espesor para dilatar las columnas de esos elementos.




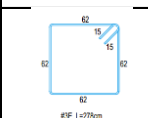





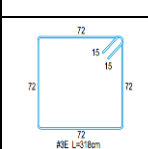
Se realizó la fundición de las columnas, transportando el concreto con carretillas y vaciándolos a través de los collarines de las columnas, mientras se realizaba el vibrado interno con dos vibradores Bosh GVC 20-EX, y el vibrado externo con mazos de goma.

Al día siguiente de la fundición se desencofraban las columnas, se rociaban con agua y se envolvían con plásticos para mantener la humedad y obtener un óptimo curado.

14.3 ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE

Basándose en los planos estructurales se hizo la cartilla de acero figurado de las 35 columnas del sótano, como se muestra a continuación:

Tabla 19. Cartilla de refuerzo para columnas del sótano

| PISO 1 | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-----|------------------------|----------------|-----------------|---|---|
| ELEMENTO | CANTIDAD DE ELEMENTOS | | CANTIDAD POR COLUMNA | | LONGITUD REQUERIDA (M) | CANTIDAD TOTAL | PESO TOTAL (KG) | FIGURACION | |
| | | | Diametro de la barra | | | | | | |
| | | | # 3 | # 8 | | | | | |
| COLUMNA 70X70 | 19 | ACERO PRINCIPAL | | 6 | 6.5 | 114 | 2944 |  | |
| | | | | 6 | 7.5 | 114 | 3397 |  | |
| | | ESTRIBOS | 136 | | 0.82 | 2584 | 1187 |  | |
| | | | 34 | | 2.78 | 646 | 1006 |  | |
| COLUMNA 80X80 | 16 | ACERO PRINCIPAL | | 8 | 6 | 128 | 3051 |  | |
| | | | | | 6 | 6 | 96 | 2288 |  |
| | | | | | 6 | 7.5 | 96 | 2861 |  |
| | | ESTRIBOS | 68 | | 0.96 | 1088 | 585 |  | |
| | | | 68 | | 0.92 | 1088 | 561 |  | |
| | | | 34 | | 3.18 | 544 | 969 |  | |
| TOTAL | | | | | | | 18848 | | |

Fuente: *El autor.*

Ya que el tiempo de entrega del acero figurado no se ajustaba a lo previsto, se optó por comprar acero recto y figurarlo en obra.

Se realizó el cálculo de la cantidad de acero recto a pedir, optimizando el corte de estas para obtener el mínimo desperdicio posible. Para este fin también se sugirió reducciones en los ganchos de algunos estribos, lo cual fue aprobado pues no se incumplía con la norma.

Tabla 20. Cantidad de acero para columnas de 70 x 70

| ELEMENTO | CANTIDAD DE ELEMENTOS | | CANTIDAD DIÁMETRO DE LA BARRA | | | LONGITUD REQUERIDA (M) | LONG PEDIDA (M) | CANTIDAD BARRAS | CANTIDAD TOTAL |
|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|-----|-----|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | | # 3 | # 6 | # 8 | | | | |
| COLUMNA 70X70 | 19 | ACERO PRINCIPAL | | 4 | | 4 | 12 | 4 | 76 |
| | | | | | 6 | 12 | 12 | 6 | 114 |
| | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 114 |
| | | ESTRIBOS | 136 | | | 0.8 | 12 | 9 | 171 |
| | | | 34 | | | 2.78 | 12 | 9 | 171 |
| | | | 32 | | | 0.8 | 12 | 2 | 38 |

Fuente: *El autor.*



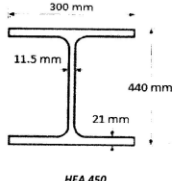
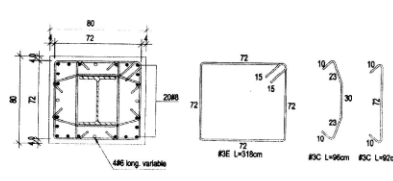
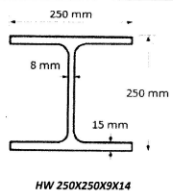
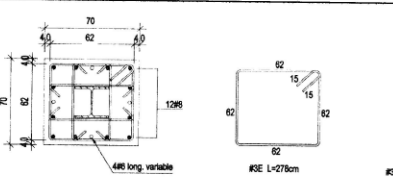
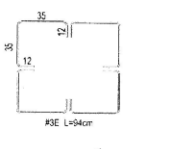
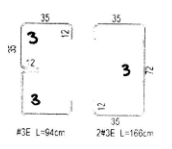
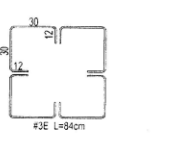
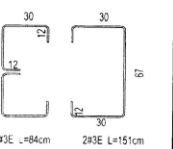
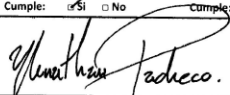
Tabla 21. Cantidad de acero para columnas de 80 x 80

| ELEMENTO | CANTIDAD DE ELEMENTOS | | CANTIDAD DIÁMETRO DE LA BARRA | | | LONGITUD REQUERIDA (M) | LONGITUD PEDIDA (M) | CANTIDAD DE BARRAS | CANTIDAD TOTAL |
|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|-----|-----|------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | | | # 3 | # 6 | # 8 | | | | |
| COLUMNA 80X80 | 16 | ACERO PRINCIPAL | | 4 | | 4 | 12 | 4 | 64 |
| | | | | | 8 | 6 | 6 | 8 | 128 |
| | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 96 |
| | | | | | 6 | 12 | 12 | 6 | 96 |
| | | ESTRIBOS | 68 | | | 0.94 | 12 | 0 | 0 |
| | | | 64 | | | 0.9 | 12 | 5 | 80 |
| | | | 34 | | | 3.18 | 12 | 12 | 192 |
| | | | 32 | | | 0.9 | 12 | 3 | 48 |

Fuente: *El autor.*

Se prestó apoyo en la liberación de las columnas completando el correspondiente formato. En este formato se chequeaba la cantidad de studs, cantidad, separación y diámetro de los estribos, diámetro y traslapo del acero longitudinal y la integridad de los ganchos.

Figura 79. Formato de revisión de columnas

| | | | |
|--|---|--|---|
|  | TITULO: SUPERVISION ARMADO COLUMNAS - PISO 1 | |  |
| | VERSION: 0-0002 | REGISTRO No.: FO. STE | |
| PROYECTO ESTRUCTURAL | | | |
| Ubicacion Ejes: <u>2A</u> Seccion (cm): <u>B0 x B0</u> | Altura (m): <u>4,12</u> Recibe riostra: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | Fecha de supervision: <u>14-04-2016</u> Fecha progr. fundicion: _____ | |
| VERIFICACION DEL REFUERZO: | | | |
| Adicionales <input type="checkbox"/> Studs: <input checked="" type="checkbox"/> Groutin de relleno: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Dias de fundicion: <u>35</u> Resistencia esperada: <u>24,0</u> | Refuerzo Longitudinal ASTM A706M W60 <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Diametro: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Traslapos: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Separacion: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | Refuerzo Transversal <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Diametros: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Longitud de ganchos: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Integridad de ganchos: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No | Observaciones |
| Seccion principal | | | |
|  <p>HEA 450</p> |  <p>4#6 long. variable</p> | #3E L=318 cm <u>37</u> #3C L=96 cm <u>72</u> #3C L=92 cm <u>64</u> Separacion (cm): <u>10</u> Recubrimiento (cm): <u>4</u> | |
|  <p>HW 250X250X9X14</p> |  <p>4#6 long. variable</p> | #3E L=278 cm #3C L=82 cm Separacion: Recubrimiento: | |
| Refuerzo a cortante en los nudos (soldadura) | | | |
| HEA 450 (0,80 X 0,80) | | HW 250X250X9X14 (0,70 X 0,70) | |
|  <p>#3E L=94cm</p> <p>Cantidad: <u>3</u> Cumple: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No</p> |  <p>#3E L=94cm 2#3E L=166cm</p> <p>Cantidad: <u>3</u> Cumple: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No</p> |  <p>#3E L=84cm</p> <p>Cantidad: <u>3</u> Cumple: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No</p> |  <p>#3E L=84cm 2#3E L=151cm</p> <p>Cantidad: <u>3</u> Cumple: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No</p> |
|  Ingeniero residente tecnico | | Maestro de obra | |

Fuente: Ingenieros Ana María Losada y Elkin Mauricio Gómez.

En las fundiciones se realizaba un control igual al mencionado en los anteriores elementos estructurales.

14.4 TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

El armado del acero de refuerzo de las columnas inicio el diecinueve (19) de marzo de 2016 y finalizo el quince (15) de abril de 2016, en un total de 23 días laborales.

Las fundiciones se realizaron entre el treinta y uno (31) de marzo de 2016 y finalizo el dieciséis (16) de abril de 2016 con un total de 15 días laborales.

El único inconveniente en la construcción de las columnas fue el hormigqueo que presentaron estas en la parte inferior, esto debido a que el vibrador no era lo suficientemente largo para brindar un buen vibrado en esta zona. Para remediar esto se empleó SikaTop 122 para clima cálido, resanando todas las zonas que presentaban hormigqueo.

15. CONCLUSIONES

- La modalidad de trabajo de grado como pasantía brinda al estudiante una experiencia supremamente enriquecedora para su futura vida profesional, y además es una excelente herramienta para aplicar los conocimientos teóricos obtenidos en sus años de carrera universitaria.
- En el campo de la construcción es esencial ser recursivo y saber tomar decisiones bajo presión, además de siempre estar preparado para cualquier situación que se pudiese presentar.
- Es de gran importancia para un ingeniero civil, estar a la par de las innovaciones que se presentan día tras día, y sacar el máximo provecho de estas herramientas.
- Una obra bien desarrollada es el producto de distintas partes que se unifican con un único propósito, contando con la arquitectura, los diseños estructurales, la cuantía y calidad de materiales, y la ejecución, donde se deben minimizar los errores de cada parte.
- No se realizó la comparación del tiempo de ejecución del proyecto con lo establecido en el cronograma de obra debido a que no había sido elaborado. Sin embargo, se establecían fechas para culminar cada actividad de acuerdo al avance de la obra, las cuales fueron cumplidas.

16. BIBLIOGRAFÍA

- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE N.S.R.-10, Título A, Capitulo A.2.5 –Coeficiente De Importancia.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD, RESOLUCIÓN NÚMERO 4445 DE 1996 (02, diciembre, 1996), CAPITULO II – VIII, Bogotá, D. C., 1996.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, RESOLUCIÓN NÚMERO 00002003 DE 2014 (28, mayo, 2014).
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE N.S.R.-10, Título I, Concreto Estructural.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE N.S.R.-10, Título F, Capítulo F.2 – Estructuras de acero con perfiles laminados, armados y tubulares estructurales
- http://www.construmatica.com/construpedia/Cono_de_Abrams
- http://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=501
- <http://www.turnasure.com/sp/turn-of-nut-method-turnasure-bolting-technology.shtml>