

**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRA
EDIFICIO BELALCAZAR
POPAYÁN**



YANETH STELLA AVIRAMA PAZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
POPAYÁN
2010**

**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN OBRA
EDIFICIO BELALCAZAR
POPAYÁN**



**Presentado por:
YANETH STELLA AVIRAMA PAZ**

**Informe Final de Práctica Profesional (Pasantía) para optar al título de
Ingeniera Civil**

Director: Ing. GERARDO ANTONIO RIVERA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
POPAYÁN
2010**

Nota de aceptación:

Firma del director

Firma del jurado

Popayán, 13 de julio de 2010

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado a lo largo de mi vida, por sus bendiciones, por ser quien me guía, por darme todas y cada una de las oportunidades presentes en mi vida

A toda mi familia por su apoyo, comprensión y amor, por todos los principios y valores enseñados desde niña

A la Universidad del Cauca, y profesores por todos sus conocimientos y formación durante toda mi carrera que me llevaron a ser una profesional integral

A todo el equipo profesional de la obra, Arquitecto, Ingenieros como también al dueño de ella, el Señor José Vicente Morillo por brindarme la oportunidad de realizar la practica profesional y participar en su proyecto

A mis compañeros y amigos por su apoyo, colaboración y con quienes compartí buenos momentos

Y a todas aquellas personas que pusieron su granito de arena, durante mi formación profesional

Hoy y siempre

.....GRACIAS!!!

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
3. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
3.1 INFORMACIÓN DEL PROYECTO	3
3.2 DISEÑO ARQUITECTÓNICO	4
3.3 ESTUDIO DE SUELOS	5
3.4 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	7
4. DESARROLLO DE LA PASANTIA	8
4.1 ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE.....	8
4.2 TRABAJO DE CAMPO.....	8
4.3 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO	8
4.3.1 Concreto hecho en obra.....	8
4.3.1.1 Materiales.....	9
4.3.2 Chequeo de la manejabilidad	12
4.3.2.1 Ensayo de Asentamiento.....	13
4.3.3 Resistencia a la compresion del concreto.....	14
4.3.3.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto	14
4.3.3.2 Resistencias a la Compresión del concreto de la obra “Edificio Belalcazar”	16
4.4 SEGUIMIENTO A PROCESOS TÉCNICOS Y CONSTRUCTIVOS	20
4.4.1 Proceso constructivo de cimentación	20
4.4.1.1 Cimentación	20
4.4.1.2 Procedimiento en obra	21
4.4.2 Proceso constructivo de muros de sótano.....	28
4.4.2.1 Unidades de mampostería	28
4.4.2.2 Mezclas que se requieren	29
4.4.2.3 Refuerzo	32
4.4.2.4 Levantamiento del muro	33
4.4.3 Proceso constructivo de columnas y pantallas de sótano	38

3.4.3.1 Colocación del acero de refuerzo.....	38
4.4.3.2 Encofrado.....	41
4.4.3.3 Fundición	44
4.4.3.4 Desencofrado y curado	45
4.4.3.5 Inconvenientes en la construcción de columnas y pantallas	45
4.4.4 Proceso constructivo losa aligerada de primer piso	46
4.4.4.1 Encofrado.....	46
4.4.4.2 Colocación del refuerzo	47
4.4.4.3 Instalación de los elementos aligerantes	49
4.4.4.4 Instalaciones eléctricas.....	50
4.4.4.5 Instalaciones hidráulicas	51
4.4.4.6 Instalaciones sanitarias.....	51
4.4.4.7 Fundición de la losa	52
4.4.5 Proceso constructivo de rampa de acceso a sótano	55
4.4.5.1 Encofrado.....	56
4.4.5.2 Colocación del refuerzo	57
4.4.5.3 Fundición de la rampa.....	57
5. CONCLUSIONES	61
6. RECOMENDACIONES.....	62
7. BIBLIOGRAFIA	63
8. ANEXOS.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño general del proyecto	3
Figura 2. Sótano	4
Figura 3. Distribución de los apartamentos	5
Figura 4. Estado inicial de obra	8
Figura 5. Cemento Diamante Tipo 1.....	9
Figura 6. Arena de Puerto Tejada	10
Figura 7. Triturado.....	10
Figura 8. Agua de mezcla	11
Figura 9. Aditivo plastificante para mezclas de concreto	11
Figura 10. Cajón para las proporciones utilizadas	12
Figura 11. Mezcladora de 9 pies ³	12
Figura 12. Ensayo de asentamiento en obra.....	13
Figura 13. Tabla de asentamientos.....	14
Figura 14. Elaboración de cilindros en obra	15
Figura 15. Ensayo de resistencia en el laboratorio.....	16
Figura 16. Cimentación.....	21
Figura 17. Compactación de roca muerta	21
Figura 18. Zanjas para las vigas de cimentación	22
Figura 19. Solado de vigas y losa de cimentación	23
Figura 20. Verificación ancho de zanjas.....	23
Figura 21. Viga de cimentación ejes B/5	23
Figura 22. Columna C1 ubicada sobre ejes D/5.....	24
Figura 23. Pantalla P1 ubicada en el eje 5	24
Figura 24. Parrilla de losa atravesada en viga de cimentación	24
Figura 25. Chequeo de longitud de traslapes y recubrimiento	24
Figura 26. Parrilla de refuerzo terminada	25
Figura 27. Producción del concreto	25
Figura 28. Transporte del concreto	26
Figura 29. Colocación de mezcla.....	26
Figura 30. Compactación por vibración interna.....	27
Figura 31. Nivelación y enrasado con codales.....	27
Figura 32. Acabado con llana	28
Figura 33. Unidades de mampostería.....	29
Figura 34. Mortero de pega.....	30
Figura 35. Cal Promical	31
Figura 36. Fundición de celdas	32
Figura 37. Refuerzo horizontal en muros de sótano	32
Figura 38. Sección de columnetas	33
Figura 39. Colocación de codales	34
Figura 40. División de las hiladas en el codal.....	34
Figura 41. Colocación de pines para acero de columnetas	35
Figura 42. Modulación de bloques.....	35

Figura 43. Primera hilada de muro	36
Figura 44. Celdas del bloque fundidas.....	36
Figura 45. Formaletas para columnetas de muro	37
Figura 46. Vaciado del concreto en las columnetas.....	37
Figura 47. Compactación del concreto	37
Figura 48. Muro terminado	38
Figura 49. Figurado de estribos	38
Figura 50. Colocación del acero de refuerzo a lo largo del edificio	39
Figura 51. Diseño estructural columna C1	40
Figura 52. Diseño estructural columna C2	40
Figura 53. Diseño estructural columna C3	40
Figura 54. Diseño estructural pantalla P1	41
Figura 55. Diseño estructural pantalla P2	41
Figura 56. Colocación de estribos.....	41
Figura 57. Marcación de dimensiones de columnas	42
Figura 58. Formaleta en madera	42
Figura 59. Formaletas ajustadas.....	43
Figura 60. Vaciado del concreto	44
Figura 61. Vibrado del concreto	44
Figura 62. Desencofrado de columnas y pantallas.....	45
Figura 63. Pantalla P1 ubicada sobre ejes B/5	46
Figura 64. Pantalla P1 ubicada sobre ejes B/3	46
Figura 65. Colocación del encofrado	47
Figura 66. Colocación de la malla de alambre.....	47
Figura 67. Colocación de refuerzo para losa de entrepiso	48
Figura 68. Sección transversal vigas.....	48
Figura 69. Detalle losa aligerada	49
Figura 70. Paneles de concreto	49
Figura 71. Instalación de casetones de guadua	50
Figura 72. Instalaciones eléctricas	50
Figura 73. Instalaciones sanitarias	51
Figura 74. Mezclado del concreto.....	52
Figura 75. Compactación por vibración interna.....	53
Figura 76. Losa terminada	54
Figura 77. Diseño de rampa de acceso.....	56
Figura 78. Formaleta rampa de acceso	56
Figura 79. Colocación refuerzo.....	57
Figura 80. Colocación del concreto	58
Figura 81. Acabado superficial	59
Figura 82. Textura superficial.....	59
Figura 83. Cortes de juntas	60

1. INTRODUCCIÓN

La filosofía del control de calidad se desarrolla alrededor de la vigilancia exhaustiva de todas las actividades que conducen a la obtención de un producto final, esto es en el proceso de producción, e igualmente se refiere al control de la calidad de los componentes que intervienen en el proceso productivo, de esta forma siempre se estará manejando un nivel aceptable de calidad deseada.

Este documento pretende mostrar las actividades relacionadas como pasante, en el transcurso de la construcción del Edificio Belalcazar, aportando los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Facultad de Ingeniería Civil, destacándose los temas relacionados con la calidad de concreto utilizado en la edificación, procesos constructivos de la cimentación y estructura.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Fortalecer y ampliar los conocimientos adquiridos en el programa de Ingeniería Civil, participando como Auxiliar de ingeniería en la supervisión y control de calidad del concreto en la obra “EDIFICIO BELALCAZAR”.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería civil en la obra, para lograr una supervisión y control adecuados.

Realizar pruebas de control de calidad del concreto en obra verificando los resultados de acuerdo a las normas técnicas establecidas.

Procurar el cumplimiento de normas y especificaciones en cuanto al almacenamiento y manipulación de los diferentes componentes del concreto.

Participar en la obra haciendo supervisión en cada uno de los procesos constructivos de la edificación.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.1 INFORMACIÓN DEL PROYECTO

El Edificio Belalcazar es una obra que ofrece alternativas de Vivienda y comercio, en modalidad de apartamentos y locales comerciales.

Localizado en la ciudad de Popayán, barrio Ciudad Jardín, Carrera 7 N # 18 N 59. El área total del lote donde se desarrollará el proyecto es de 524,48 m² y el área estimada a construir es de 1390,10 m².

Esta obra consiste en un edificio de 4 pisos y un sótano para parqueaderos. El primer piso destinado para tres locales comerciales y un apartamento; en el segundo, tercero y cuarto nivel igual numero de apartamentos, dos por nivel.

Los apartamentos contarán con áreas de 124.74, 149.79 y 132.11 m² y los locales comerciales serán de 20.10, 28.52 y 39.19. m²; el sótano para parqueaderos tendrá un área de 387.00 m².



Figura 1. Diseño general del proyecto

3.2 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El diseño fue realizado por el Arquitecto Jairo Maldonado, teniendo en cuenta la existencia de espacios fundamentales que brinden comodidad y funcionalidad.

Este proyecto se acopla al área del lote dispuesta para su construcción y cumple con las exigencias del dueño del mismo.

PLANTA ARQUITECTONICA SÓTANO

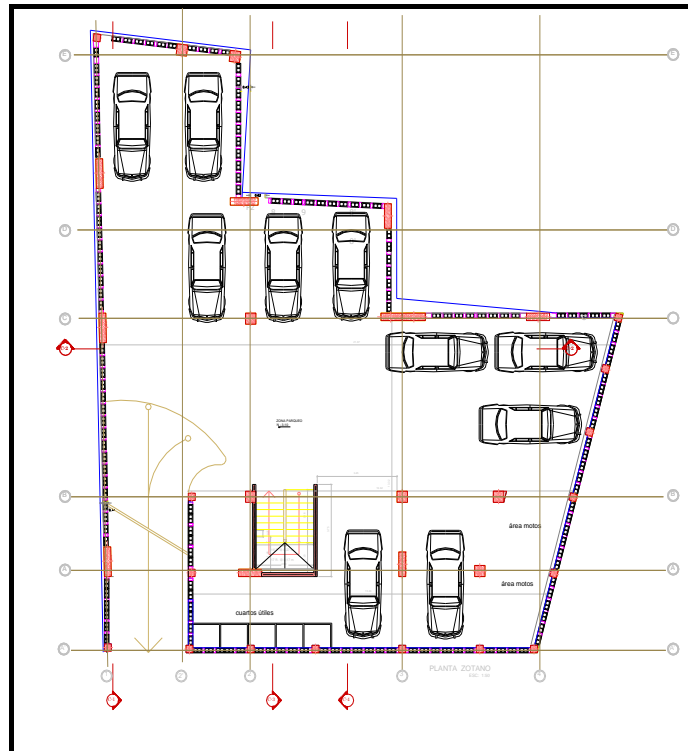


Figura 2. Sótano

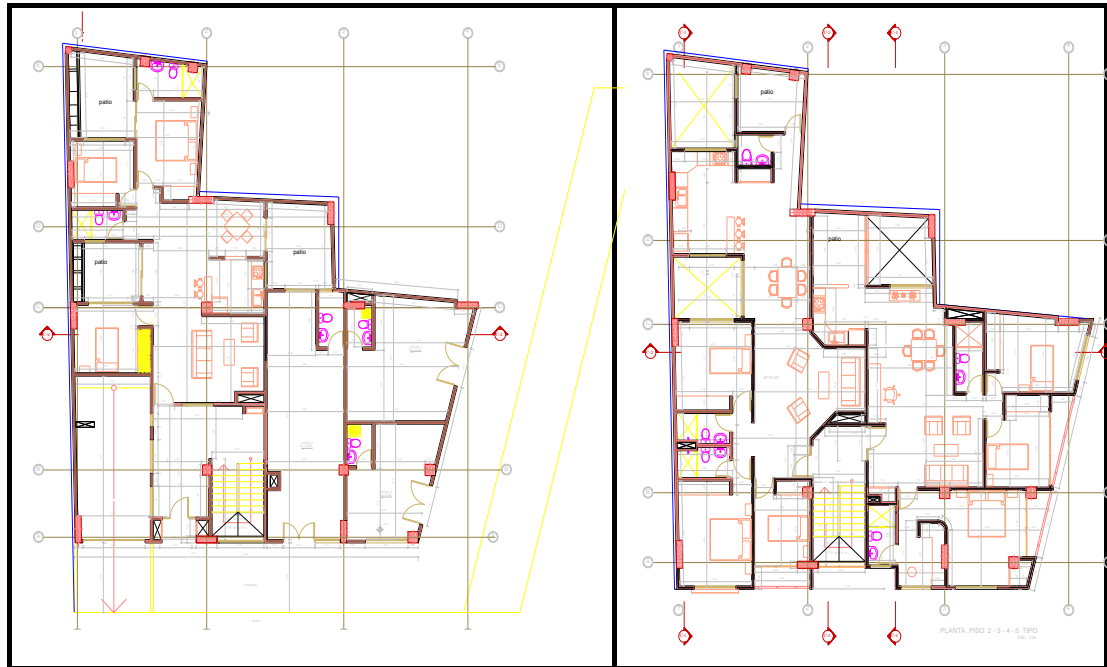


Figura 3. Distribución de los apartamentos

Distribución:

Para primer nivel:

El apartamento de primer piso cuenta con: 3 alcobas, sala, comedor, cocina, 2 patios y 2 servicios sanitarios.

Para 2, 3,4 nivel:

El apartamento tipo 1 cuenta con: 3 alcobas, 1 balcón, sala, comedor, cocina, patio de ropas y 3 servicios sanitarios.

El apartamento tipo 2 cuenta con: 3 alcobas, 2 balcones, estudio, sala, comedor, cocina, patio de ropas y 2 servicios sanitarios.

3.3 ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos fue efectuado por la empresa GEOCONSULTA LTDA, conformada por los Ingenieros MARGARITA POLANCO DE H. Y GERMAN CUJAR CHAMORRO.

El trabajo de exploración y muestreo del subsuelo consistió en la ejecución de tres sondeos, dos con equipo de perforación manual y uno con equipo de perforación mecánico, efectuados a profundidades variables entre 6.80 y 13.00m.

Con el fin de conocer las características físicas y mecánicas de los diferentes substratos encontrados en el sitio, durante la exploración y muestreo se tomaron muestras inalteradas con tubo Shelby y muestras alteradas en bolsas plásticas, se efectuaron Pruebas de Penetración Estándar cada 1.50 m y se registraron en el sitio las características más sobresalientes de cada uno de los estratos.

Con las muestras obtenidas se realizaron ensayos de laboratorio como: Compresiones Simples o Inconfinadas, Humedades Naturales, Límites de Consistencia, Pesos Unitarios en estado Húmedo y en estado seco, Gravedad Específica y un ensayo de Consolidación.

El suelo tipo que se encontró fue un suelo fino limoso de color amarillo y presencia de Roca Meteorizada, con características típicas de una ceniza volcánica. Este suelo está clasificado según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, como un Limo de Alta Compresibilidad MH.

A una profundidad de 9.60 m se encontró una capa de suelo fino arenoso con presencia de grava y Roca Meteorizada de color gris oscuro, este suelo se encontró hasta la máxima profundidad explorada de 13.0 m.

A la fecha de realización de los sondeos, el nivel de aguas freáticas se detectó entre 4.50 y 5.50 m, contados a partir del nivel del piso, lo que indica que este no afectará en ningún momento la excavación.

Se recomendó por parte de la consultora utilizar zapatas corridas, Presión Máxima Permisible será de $\sigma_p = 5.6 \text{ Ton/m}^2$. La profundidad de cimentación recomendada será de 0.60 m contados a partir del nivel del sótano.

Dentro de las recomendaciones para la construcción de la cimentación de la Estructura:

Se recomienda que la excavación para la construcción del sótano se realice por tramos de 3.0 m cada uno, pues se debe tener especial cuidado con las construcciones vecinas.

Debido a que los máximos asentamientos por consolidación están próximos a los máximos tolerables por la estructura proyectada, se recomienda amarrar las zapatas en las dos direcciones.

3.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural fue realizado por el Ingeniero CARLOS DIAGO FRANCO, quien recomendó:

Sistema estructural aporticado
Grado de disipación de energía: DES.
Materiales:
Concreto: $f'c = 21$ MPa.
Mortero de pega: Tipo M
Acero: $f_y = 420$ MPa.

Cimentación: Retirar todos los materiales inconvenientes en el apoyo directo (Descapote y residuos orgánicos) y mejorar con una capa de material inerte del tipo Roca muerta con un espesor de 20 cm.

Viga de cimentación de espesor igual a 0.60 m y losa de espesor de 0.40 m.

Las losas de entrepiso serán losas aligeradas con casetón en esterilla de guadua.

La cubierta será en Estructura Metálica con $E=200000$ Mpa, $F_y=250$ Mpa, Soldadura 6013 y se recomienda utilizar Pintura Anticorrosiva.

4. DESARROLLO DE LA PASANTIA

4.1 ACTIVIDADES INICIALES COMO PASANTE

Como pasante las actividades iniciales realizadas fueron las siguientes:

Reconocimiento de lugar.
Interpretación de planos y diseños.
Conocimiento del personal.

4.2 TRABAJO DE CAMPO

La primera actividad que se desarrolló fue el reconocimiento de la obra, encontrando que la construcción de la obra ya tiene un avance de un mes, que lleva un desarrollo del 5%, que corresponde a demolición de la antigua casa y excavación del lote.

En la siguiente figura se muestra el estado inicial de la obra.



Figura 4. Estado inicial de obra

4.3 SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO

4.3.1 Concreto hecho en obra

El concreto hecho en obra es una mezcla que se produce con un control de calidad tanto de materiales como de producción, esto nos garantiza un concreto

de óptimas condiciones, que satisface las necesidades tanto técnicas como económicas de la obra. Se utilizó este concreto preparado en obra en un sector de la cimentación con un área aproximada de 86 m² que equivale a un 40 % del área total de la cimentación, igualmente se utilizó para fundir las columnas y pantallas del sótano y losa de primer piso.

El concreto utilizado en la obra para la fundición de elementos estructurales tiene una resistencia de diseño $F'c = 21 \text{ Mpa}$

4.3.1.1 Materiales

Este concreto se obtiene a través de mezcla mecánica realizada en obra, de los siguientes componentes:

Cemento

Debe ser cemento portland y debe cumplir con las normas NTC 121 y NTC 321. En la obra se utilizó Cemento DIAMANTE TIPO 1, presentación de sacos de 50 kilogramos, este tipo de cemento es el que se utiliza en obras de concreto en general, al cual no se le exigen propiedades físicas y químicas especiales.



Figura 5. Cemento Diamante Tipo 1

Agregados

Deben tener una resistencia propia suficiente, deben estar libres de sustancias químicas, recubrimientos de polvo u otros materiales que afecten la hidratación del cemento y la adherencia de la pasta.

- **Agregado fino**

La arena con la que se trabaja en la obra es Arena limpia de Puerto Tejada. Esta debe ser bien gradada, estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas con el fin proporcionar trabajabilidad y adherencia a la mezcla.

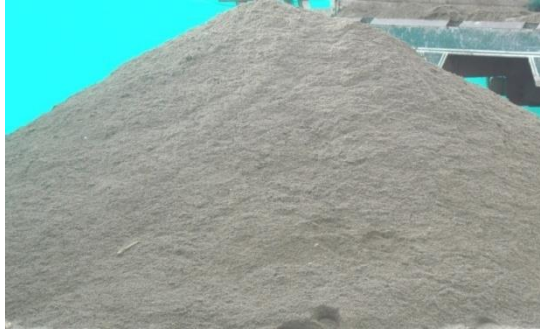


Figura 6. Arena de Puerto Tejada

- **Agregado Grueso**

El agregado grueso utilizado procede de una cantera y posteriormente se somete a un proceso de trituración mecánica. Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174. El triturado usado en obra es suministrado por Agregados & Mezclas Cachibi S.A. El tamaño máximo del triturado es 3/4".



Figura 7. Triturado

- **Agua**

El agua es un componente muy importante de una mezcla de concreto ya que se encarga no solo de darle manejabilidad a la mezcla, sino también de hidratar el cemento para que este desarrolle toda su resistencia. Además proporciona resistencia adicional a través del curado que se realiza al concreto endurecido. En la obra se utilizó agua del acueducto.



Figura 8. Agua de mezcla

- **Aditivo**

Los aditivos ayudan a mejorar la manejabilidad y manipulación del concreto en caso que se fundan elementos muy esbeltos, o muy reforzados. Muchos también tienen la propiedad de acelerar el fraguado de la mezcla.

Con el fin de dar mayor manejabilidad a la mezcla especialmente cuando se fundieron columnas y pantallas, se optó por utilizar CONCREPLAST un plastificante de la línea Toxement.



Figura 9. Aditivo plastificante para mezclas de concreto

Dosificación de la mezcla

La dosificación de los componentes del concreto debe hacerse para proporcionar la resistencia solicitada, además de manejabilidad y consistencia adecuada para

que el concreto fluya fácilmente dentro de las formaletas, sin segregación ni exudación excesiva.

En obra, la mezcla se realiza en base a proporciones en volumen suelto iniciales de 1:2:3.

1 bulto de cemento

2 cajones de arena

3 cajones de triturado

La cantidad de agua es subjetiva

Para esta dosificación se requieren 7 sacos de cemento por cada m^3 de concreto. Para la medición de dichas proporciones se utilizan cajones de $0.33 \times 0.33 \times 0.33m$ para una mezcladora de 9 pies^3 .



Figura 10. Cajón para las proporciones utilizadas



Figura 11. Mezcladora de 9 pies^3

4.3.2 Chequeo de la manejabilidad

En un buen porcentaje, la resistencia de un concreto es función del grado de compactación, por lo tanto es necesario que toda mezcla de concreto posea una consistencia o trabajabilidad que permita su transporte, colocación, compactación y terminado con el menor esfuerzo posible y sin propiciar la segregación de los componentes que contiene.

La prueba más usada para la medición de manejabilidad es el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams, se emplea como un ensayo de control y entrega una indicación sobre la uniformidad del concreto entre cada tanda de mezcla, además se controla la cantidad de agua adicionada.

4.3.2.1 Ensayo de Asentamiento

El ensayo de asentamiento esta establecido en la norma NTC 396 y tiene como objeto determinar el asentamiento (slump) del concreto en obra. La prueba se realiza sobre una superficie plana, solida y no absorbente.

Para realizar esta prueba se utiliza un molde de sección troncocónica y una varilla compactadora lisa de punta redondeada.

Procedimiento del ensayo en obra:

Se saca una muestra representativa de las características y propiedades de la mezcla de concreto que se está produciendo. Esta mezcla es vaciada al molde en tres capas cada una de ellas es compactada utilizando la varilla lisa.

Al retirar el molde la mezcla tiende a asentarse, la diferencia entre la altura del molde y la altura alcanzada por la mezcla una vez se quita el apoyo, es la medida de la fluidez de dicha mezcla; lo que permite también determinar su consistencia.



Figura 12. Ensayo de asentamiento en obra

Asentamientos trabajados en obra

Elemento Estructural	Asentamiento(cm)
Losa de Cimentación	4-6
Columnas y Pantallas	8-10
Rampa de acceso al sótano	4-3
Losa de entrepiso aligerada	5-6

Figura 13. Tabla de Asentamientos

Esta prueba se realizó siempre que había fundición, con el fin de controlar la cantidad de agua adicionada a la mezcla, y que de esta forma no se fuera a alterar su resistencia.

4.3.3 Resistencia a la compresion del concreto

En general la resistencia del concreto endurecido se considera como la propiedad determinante de su calidad, la medida que informa sobre esta calidad, es la que resulta de los ensayos de resistencia a la compresión.

4.3.3.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto

Este ensayo corresponde a las normas NTC 673 y 550. Para realizar este ensayo se utilizan moldes cilíndricos y una varilla compactadora.

El procedimiento de llenado y compactación del cilindro se emplea en función de la trabajabilidad del concreto. En obra se realizó por 3 capas debidamente compactadas con varilla (método apisonado), ya que la mayoría de los asentamientos obtenidos se encontraban entre 2.5-7.5 cm.

Procedimiento del ensayo en obra:

Se sacó una muestra representativa de las características y propiedades de la mezcla de concreto que se estaba produciendo. Se llenó el molde y se compactó cada capa, al compactar la última de ellas se enrazó.

Una vez elaborados los cilindros, sus primeras 24 h, se colocaron sobre una superficie horizontal, rígida, previéndose de perturbaciones o vibraciones como

también pérdida de humedad por evaporación. Luego son llevados al laboratorio, son sumergidos en agua, a igual temperatura, y saturada de cal.

En el Laboratorio cada cilindro se prueba en la máquina de ensayo, aplicando carga axial a cada cilindro, a una velocidad constante, hasta que estos fallen.

Un ensayo de resistencia debe ser el resultado del promedio de resistencia de 2 cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, o a la edad especificada en caso de que sea diferente de 28 días¹.

En la Obra se realizó toma de cilindros para cada elemento estructural, para la cimentación se tomaron 3 muestras en fundiciones diferentes, como también se tomaron muestras para rampa de acceso al sótano y primera losa de entrepiso. En cada muestra se elaboraron 4 cilindros, dos por cada edad de evaluación a los 7, y 28 días.



Figura 14. Elaboración de cilindros en obra

¹ NSR 98 Capitulo 5.6.1.4



Figura 15. Ensayo de Resistencia en el laboratorio

4.3.3.2 Resistencias a la Compresión del concreto de la obra “Edificio Belalcazar”

A continuación se muestran los resultados de las resistencias obtenidas hasta la fecha.

CONVENCIÓN	
Resistencias a los 28 días Concreto preparado en obra.	
Resistencias a los 28 días Concreto Premezclado	
Resistencias proyectadas a los 28 días (utilizando ecuación ICPC)	

REGISTRO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO “EDIFICIO BELALCAZAR”

FECHA DE TOMA	ELEMENTOS FUNDIDOS	EDAD EN DIAS	DIAMETRO DEL CILINDRO (cm)	AREA CILINDRO (cm ²)	CARGA MAX. (KN)	CARGA MAX. (Kg)	RESISTENC. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (Mpa)	PROMEDIO (Mpa)
12-Mar10	Segunda etapa	7	15,87	197,8084093	300	30591	155	15.5	
	Losa de Cimentación	7	15,24	182,415119	295	30081,15	165	16.5	
		28	15,78	195,5711974	380	38748,6	198	19.8	
		28	15,86	197,5592018	420	42827,4	217	21.7	20.8

FECHA DE TOMA	ELEMENTOS FUNDIDOS	EDAD EN DIAS	DIAMETRO DEL CILINDRO (cm)	AREA CILINDRO (cm ²)	CARGA MAX. (KN)	CARGA MAX. (Kg)	RESISTENC. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (Mpa)	PROMEDIO (Mpa)
10-Abr-10	Tercera etapa	7	15,75	194,8282875	290	29571,3	152	15.2	
	Losa de Cimentación	7	15,73	194,3337997	295	30081,15	155	15.5	
		28	15,45	187,4769435	395	40278,15	215	21.5	
		28	15,73	194,3337997	405	41297,85	213	21.3	21.4

FECHA DE TOMA	ELEMENTOS FUNDIDOS	EDAD EN DIAS	DIAMETRO DEL CILINDRO (cm)	AREA CILINDRO (cm ²)	CARGA MAX. (KN)	CARGA MAX. (Kg)	RESISTENC. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (Mpa)	PROMEDIO (Mpa)
27-Abr-10	Cuarta etapa	7	15,84	197,0612582	295	30081,15	153	15.3	
	Losa de Cimentación	7	15,45	187,4769435	310	31610,7	169	16.9	
		28	15,81	196,3155209	420	42827,4	218	21.8	
		28	15,76	195,075767	415	42317,55	217	21.7	21.8

FECHA DE TOMA	ELEMENTOS FUNDIDOS	EDAD EN DIAS	DIAMETRO DEL CILINDRO (cm)	AREA CILINDRO (cm ²)	CARGA MAX. (KN)	CARGA MAX. (Kg)	RESISTENC. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (Mpa)	PROMEDIO (Mpa)
12-May10	Rampa de Acceso a Sótano	7	15,85	197,3101515	285	29061,45	147	14.7	
		7	15,79	195,8191481	290	29571,3	151	15.1	
		28	15,78	187.7197106	415	42317,55	225	22.5	
		28	15,83	196,8125221	410	41807,7	212	21.2	21.9

FECHA DE TOMA	ELEMENTOS FUNDIDOS	EDAD EN DIAS	DIAMETRO DEL CILINDRO (cm)	AREA CILINDRO (cm ²)	CARGA MAX. (KN)	CARGA MAX. (Kg)	RESISTENC. (Kg/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA (Mpa)	PROMEDIO (Mpa)
01-Jun-10	losa de 1er piso	7	15,81	196,3155209	235,3	23993,541	122	12.2	
		7	15,83	196,8125221	289,4	29510,118	150	15.0	
		28					204	20.4	
		28					220	22.0	21.2

Con los anteriores resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto de la obra “Edificio Belalcazar”, se puede observar que la mayoría de los resultados son iguales o superiores a la resistencia de diseño, esto quiere decir que se cumple satisfactoriamente con la resistencia establecida por el calculista.

El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos²:

1. Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), igualen o excedan el valor nominal especificado para $f'c$, y
2. Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia, tenga una resistencia inferior en 3.5 MPa, o más, a $f'c$.

Aplicando el anterior criterio expuesto en la NSR-98 a los resultados obtenidos de resistencia a la compresión a los 28 días para el concreto preparado en obra se tiene que el promedio aritmético que se pueden obtener de tres resultados consecutivos fue: 21.3 Mpa. Este promedio obtenido se encuentra por encima del valor de resistencia de diseño requerida para estos elementos estructurales del Edificio Belalcazar, correspondiente a $f'c=21$ Mpa, entonces se cumplió con el primer numeral.

Para evaluar el segundo numeral, se compara el menor valor de resistencia a la compresión del concreto obtenido, si este cumple los demás también lo harán.

Entonces se tiene que:

$$21 \text{ Mpa} - 3.5 \text{ MPa} = 17.5 \text{ Mpa}$$

El menor valor de resistencia a la compresión que se obtuvo de los ensayos realizados para el concreto preparado en obra fue 20.8 Mpa, el cual supera el valor calculado en el numeral 2 de acuerdo a la NSR-98, correspondiente a 17.5Mpa, por lo tanto se cumplió con el numeral dos y se considera que el nivel de resistencia obtenida es satisfactoria.

Para el concreto premezclado proporcionado por Concrevalle no se obtuvieron los suficientes resultados para el cálculo y análisis realizado en los anteriores

² Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.5.6.2.3

requisitos, pero de igual manera superaron el valor de resistencia requerida de 21Mpa.

4.4 SEGUIMIENTO A PROCESOS TÉCNICOS Y CONSTRUCTIVOS

Los procesos técnicos y constructivos observados durante la pasantía son los correspondientes a la cimentación, muros de sótano, columnas, pantallas, rampa de acceso al sótano y primera losa de entrepiso, los cuales se explicarán a continuación detallando cada elemento que lo constituye y su proceso constructivo.

A continuación se da a conocer el trabajo de campo que desarrolle en la construcción del Edificio Belalcazar comparando el proyecto diseñado con lo realizado en obra.

4.4.1 Proceso constructivo de cimentación

4.4.1.1 Cimentación

De acuerdo con las características de la estructura proyectada, las cargas máximas por columna estimadas, y teniendo en cuenta las propiedades físicas y mecánicas del suelo encontradas en el sitio, se recomienda una cimentación superficial cuya Presión Máxima Permisible será de $\sigma_p=5.60 \text{ ton/m}^2$.

La profundidad de cimentación es de 0.60 m, contados a partir del nivel del sótano. Hay que tener en cuenta que se tomaron medidas preventivas durante la construcción de la cimentación y practicas de demoliciones en el proceso de implantación de la nueva estructura ya que existían edificaciones colindantes cuyas estructuras fueron construidas sin los requisitos previos de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes, las cuales pueden tener problemas de estabilidad, es por esto que se decidió realizar la excavación para la construcción del sótano por tramos de 3.0 m sobre las paredes de la excavación que colindaban con las edificaciones vecinas.

Se diseñó una losa de cimentación, esta fue diseñada con espacios vacios de diferentes áreas, estos huecos se consideran como disipadores de energía y además generan un ahorro de concreto reforzado en la cimentación.

La cimentación tuvo que realizarse por etapas trabajándose en áreas diferentes pero el proceso constructivo fue igual para todas.

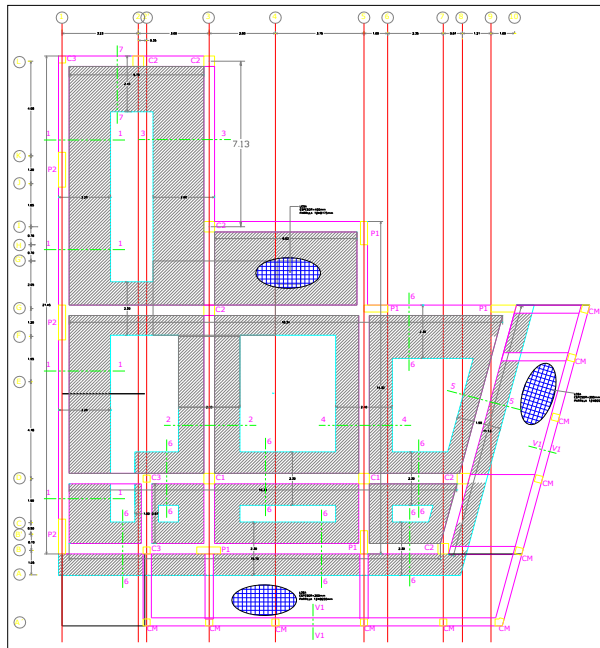


Figura 16. Cimentación

4.4.1.2 Procedimiento en obra

Inicialmente y por recomendación del diseño estructural después de retirar todos los materiales inconvenientes en el apoyo directo se mejoró el suelo con una capa de material inerte del tipo roca muerta con un espesor de 20 cm, este es debidamente apisonado y nivelado, se compactó con rana sobre el área a trabajar.



Figura 17. Compactación de Roca Muerta

Una vez compactada el área a trabajar se hizo el replanteo de ejes de cimientos descritos en los planos estructurales y con base en ellos se dibujaron sobre el área las correspondientes zanjas para la viga de cimentación.

Se procede hacer la excavación de las zanjas que tendrán una profundidad de 20 cm, que corresponde a la diferencia de alturas entre la viga de cimentación y la losa; el ancho de zanja es de 45 cm.



Figura 18. Zanjas para las Vigas de Cimentación

Después se coloca el solado de limpieza en cada una de las zanjas, este tiene un espesor de 5 cm y se utilizó material Gravo-arenoso en proporción 1:8.

1 bulto de cemento Diamante tipo 1
8 cajones (33x33x33 cm) de material Gravo-arenoso

De igual manera se coloca el solado de limpieza sobre el área correspondiente a la losa, con el mismo espesor y proporción del solado de las zanjas, pero para este se tiene en cuenta dejar los espacios vacíos estipulados en el plano de cimentación.



Figura 19. Solado de Vigas y Losa de Cimentación

Seguido a esto se procede a colocar el castillo de acero para las vigas, el cual tiene una altura de 52 cm y ancho de 37 cm.

Para controlar el proceso se verificó las profundidades y el ancho de las zanjas. En cuanto a la colocación del refuerzo, se revisó la cantidad de acero puesto en obra, con la especificación que da el diseño estructural; además se comprobó que el espaciamiento entre las paredes de la zanja y el acero sea suficiente para que se cumpla con el recubrimiento del acero.



Figura 20. Verificación ancho de zanjas



Figura 21. Viga de Cimentación ejes B/5

Se procede a armar los castillos de las diferentes pantallas y columnas que parten desde la viga de cimentación y van amarrados a esta, de igual manera se tiene en cuenta el refuerzo correspondiente a las columnetas del muro del sótano.



Figura 22. Columna C1 ubicada sobre ejes D/5



Figura 23. Pantalla P1 ubicada en el eje 5

Posteriormente se realizó la instalación del refuerzo de la losa, que corresponde a una parrilla de barras #4 cada 17.5 cm, se verificó constantemente que la cantidad de acero puesto en obra, coincida con la especificación del diseño estructural.

A medida que se va avanzando en la colocación de la parrilla de refuerzo se deben ir colocando las “panelas” o trozos de concreto que sirven como apoyo de la armadura y que garantizan el recubrimiento mínimo del refuerzo. También se deben colocar cuando se arme el refuerzo de las vigas.

Los chequeos realizados fueron: que se cumpla con la longitud de traslapeo correspondiente al despiece descrito en los planos estructurales. Cuando la losa esté totalmente armada y lista para la fundición, se debe hacer la última revisión, tanto de la limpieza como de traslapeos y separaciones, de tal manera que las condiciones y requisitos se hayan cumplido satisfactoriamente.



Figura 24. Parrilla de losa atravesada en Viga de Cimentación



Figura 25. Chequeo de longitud de traslapeos y recubrimiento



Figura 26. Parrilla de Refuerzo terminada

FUNDICIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La fundición de la primera etapa de la cimentación se hizo con concreto hecho en obra, esta área corresponde a un 40% del área total de la cimentación. Los materiales y su dosificación correspondiente para el concreto hecho en obra ya están mencionados anteriormente.

El proceso observado comienza agregando a la mezcladora mecánica aproximadamente un 60% del total de la cantidad de agua, después se adiciona cuatro cajones de triturado y un bulto de cemento, posteriormente dos cajones de arena, nuevamente se adiciona 2 cajones de triturado enseguida el otro bulto de cemento y los 2 últimos cajones de arena para completar la proporción. Al final se le adiciona el resto de agua necesaria, que cumpla con el asentamiento y garantice una mezcla manejable.



Figura 27. Producción del concreto

Transporte

Una vez la mezcla es recibida de la mezcladora mecánica, se transporta a través

de un canal, el concreto es recibido de este en carretillas y estas llevan el concreto hasta el sitio de disposición final.

Encima de la parrilla de refuerzo se colocan unos tabloncillos para facilidad de transporte con el fin de evitar la vibración exagerada en la carretilla, que se produce por el paso entre el acero.

Cabe anotar que las carretillas deben de estar limpias, y se debe impedir golpes y vibraciones para evitar segregación³. Es importante además, proteger la mezcla por contaminación con polvo si ésta debe llevarse a una distancia considerable.



Figura 28. Transporte del concreto

Colocación

Una vez que llega la carretilla al lugar indicado, la persona encargada hace el vaciado. La mezcla se acomoda con palas por el personal dispuesto para eso.



Figura 29. Colocación de mezcla

³ Rivera L. Gerardo A. "Concreto Simple". Unicauca

Compactación

Este proceso consiste en reducir al mínimo la cantidad de aire atrapado una vez ha sido vaciada la mezcla, la compactación de concreto se hizo por vibración interna, insertando directamente al concreto un vástago vibratorio, se debe evitar que el vibrador toque el refuerzo.



Figura 30. Compactación por Vibración Interna

Acabado

Después de que el concreto ha sido extendido y vibrado, se inicia el proceso de nivelación que consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie para dejarlo al nivel apropiado. Para obtener este nivel se colocaron una serie de hilos ubicados en forma estratégica, estos son suspendidos de los castillos de columnas o pantallas, con los cuales se va midiendo que haya una altura uniforme entre el concreto y los hilos. Con ayuda de codales se enrasa el concreto con movimiento de vaivén avanzando una pequeña distancia en cada desplazamiento.



Figura 31. Nivelación y Enrasado con Codales

Inmediatamente después de enrasado el concreto, se realiza el aplanado, se emplea una llana con el fin de eliminar los puntos altos o bajos de la superficie, la llana debe de mantenerse plana sobre la superficie y debe desplazarse con un ligero movimiento de vaivén en arco para rellenar vacíos y alisar abultamientos.



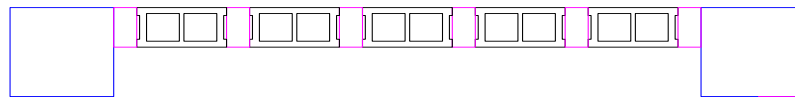
Figura 32. Acabado con llana

Curado

El curado consiste en aplicar a la losa, suficiente cantidad de agua, esparciéndola con una manguera, procurando humedecer la totalidad de la superficie de la losa. Este se realizó una vez el concreto endureció y durante los 7 días posteriores, cumpliendo con lo estipulado por la norma NSR 98.

4.4.2 Proceso constructivo de muros de sótano

En el diseño estructural se sugirió realizar en el sótano muros confinados con bloques de concreto, los elementos de confinamiento serán columnetas de sección 10x20 cm, colocando así un sistema de bloque-columneta-bloque alrededor de todo el sótano. Los muros del sótano tienen una altura de 2.8 m y espesor de 0.19 m, tienen la finalidad de contener el suelo que rodea el sótano.



Detalle muros de sótano

4.4.2.1 Unidades de mampostería

Bloques de concreto

Dimensiones: 19 cm x 19 cm x 39 cm.

Número de celdas interiores: 2 y espesor de paredes interiores: 4 cm.

En la figura se muestra la unidad de mampostería utilizada en la obra.



Figura 33. Unidades de mampostería

4.4.2.2 Mezclas que se requieren

- **Mortero de pega:**

Es el elemento que une las unidades de mampostería a través de las juntas horizontales en función de su capacidad de adherencia. Debe tener una buena plasticidad y consistencia para poderlo colocar de la manera adecuada.

MATERIALES: Por lo general está constituido por cemento, arena, agua y aditivos si es necesario.

Agua de la mezcla: Debe ser limpia, libre de materiales que afecten desfavorablemente cualquiera de las propiedades del mortero.

Cemento: Puede ser cemento portland tipo I, II, III o VI o cementos de mampostería. El usado en la obra es cemento portland Diamante tipo I.

Arena: Puede ser natural o triturada. Debe estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas. Debe ser bien gradada para proporcionar trabajabilidad y adherencia, ya que si ésta es muy fina se obtienen morteros frágiles y permeables y si es muy gruesa se disminuye su trabajabilidad. En la obra se utiliza arena de Puerto Tejada.

DOSIFICACIÓN:

Para el mortero de pega se utiliza la proporción en volumen 1:3

1 bulto de cemento
3 cajones de arena

La cantidad de agua es subjetiva, de tal forma que permita manejabilidad a la mezcla.

El mezclado del mortero se hizo manualmente, sobre un piso de concreto, limpio y plano, mezclando inicialmente la arena y el cemento, luego se adiciona agua, se mezcla nuevamente con palas hasta obtener una consistencia uniforme.



Figura 34. Mortero de Pega

Mortero de inyección:

Este mortero se utilizó para rellenar las celdas de cada uno de los bloques que conforman el muro. Este mortero tiene los mismos componentes del mortero de pega y se adicionó uno más, Cal.

MATERIALES:

Agua: Debe ser limpia y libre de material perjudicial que afecte la resistencia de la mezcla.

Cemento: Puede ser cemento portland tipo I, II, III o VI o cementos de mampostería. El usado en la obra es cemento portland Diamante tipo I.

Arena: Puede ser natural o triturada. Debe estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas. Debe ser bien gradada para proporcionar trabajabilidad y adherencia, ya que si ésta es muy fina se obtienen morteros frágiles y permeables

y si es muy gruesa se disminuye su trabajabilidad. En la obra se utiliza arena de Puerto Tejada.

Cal: La cal que se utilizó es la cal aérea, apagada y en forma de polvo, esta proporciona al mortero impermeabilidad, adherencia y baja contracción. En la obra se utiliza Cal PROMICAL saco de 10 Kg.



Figura 35. Cal Promical

DOSIFICACIÓN:

Para el mortero de inyección se utiliza la proporción en volumen 1:0,2:4
1 bulto de cemento
0.2 bulto de cal
4 cajones de arena

El mezclado de mortero de inyección se realizó manualmente, teniendo especial cuidado que se cumpliera con la dosificación además este mortero debe tener fluidez tal que haya una perfecta penetración en todas las cavidades del muro.

El vaciado se realiza con baldes y se hace la compactación con varillados (chuzones) utilizando barras #4 que ayudan a la eliminación de vacíos de la mezcla y a fluir adecuadamente por las celdas.



Figura 36. Fundición de celdas

4.4.2.3 Refuerzo

REFUERZO HORIZONTAL:

Se debe colocar a medida que se va construyendo el muro, según el diseño estructural cada hilada. El refuerzo utilizado para esta obra es una varilla de 6mm (#2) y se coloca en la junta de pega en donde queda embebido por el mortero de pega.



Figura 37. Refuerzo horizontal en muros de sótano

COLUMNETAS:

Las columnetas que se construyen en el muro tienen una sección de (0.10x0.20) m, quedando embebidas dentro de la misma sección del muro. Las columnetas están constituidas por 2 barras #5, 1 barra #4 y estribos #2 cada 20 cm.

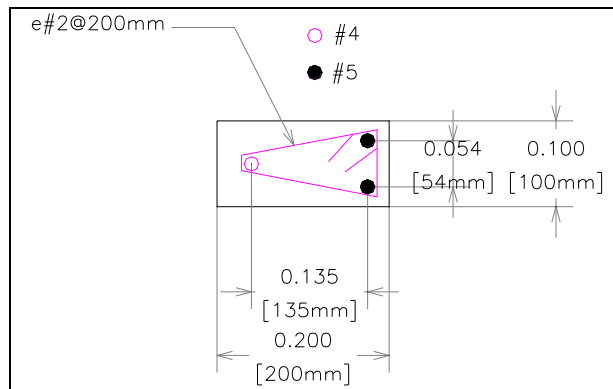


Figura 38. Sección de columnetas

Fundición de las columnetas

Se utilizó concreto con dosificación 1:2:3. Los materiales utilizados para esta:

Cemento Portland Diamante Tipo 1
Arena de Puerto Tejada
Triturado con tamaño máximo de 1/2"
Agua del acueducto

El mezclado fue manual, se realizó sobre un piso de concreto limpio, se verificó que se cumpliera con la dosificación, además que fuera una mezcla manejable para que pueda fluir adecuadamente dentro de la formaleta de las columnetas.

4.4.2.4 Levantamiento del muro

Se realizó el siguiente procedimiento según lo observado en la obra:

Se colocaron codales en los extremos de lo que va a ser el muro. Su función es mantener la verticalidad del muro durante su construcción, chequeándolo constantemente con plomadas.



Figura 39. Colocación de los codales

Posteriormente se dividen los codales, desde el piso de la losa, en un número determinado de hiladas tomando un espesor aproximado de 20 cm (altura del bloque 19 cm), con el fin de garantizar que todo el muro tenga el mismo nivel de las hiladas.

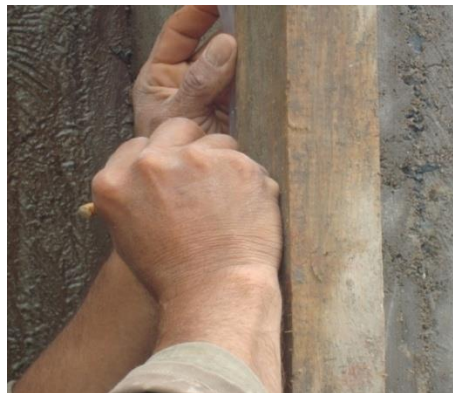


Figura 40. División de las hiladas en el codal

Después se coloca un hilo que una los codales de los extremos del muro por la primera hilada. Este hilo servirá tanto para colocar la hilada uniformemente como para garantizar la verticalidad del muro, ya que se irá corriendo hacia arriba a medida que vaya construyendo el muro.

Se revisa que los castillos de las columetas previamente colocados estén a plomo, se colocaron pines en el barranco con el fin de sostenerlos.



Figura 41. Colocación de pines para acero de columnetas

Posteriormente se modularon los bloques sobre la losa, para la primera hilada, el bloque debe quedar centrado en el espacio correspondiente entre castillos de las columnetas.



Figura 42. Modulaci3n de bloques

Una vez hecho 3ste paso, se coloc3 el mortero de pega sobre la losa y se construye la primera hilada. Despu3s se corre el hilo en la segunda marca y se construye la segunda hilada, y as3 sucesivamente hasta terminar el muro. Se debe tener en cuenta colocar refuerzo horizontal (1 barra #2) embebido en el mortero de pega en cada hilada.



Figura 43. Primera hilada de muro

Una vez terminada la pega del bloque se funden las celdas con el mortero de inyección o grouting y se compacta con varillados.



Figura 44. Celdas del bloque fundidas

Después se realizó la fundición de las columnetas del muro, inicialmente se colocó la formaleta en cada una de las columnetas que conforman el muro.



Figura 45. Formaleta para columnetas de muro

Posteriormente se realizó el vaciado del concreto dentro de las formaletas y de igual manera que en la fundición de celdas se compactó con varilla, haciendo chuzones, con el fin de eliminar vacíos de la mezcla y para ayudar a fluir adecuadamente el concreto.

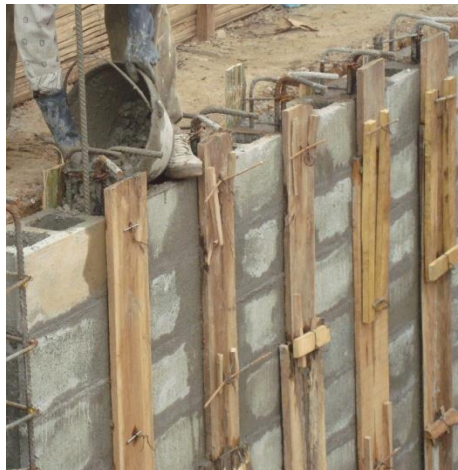


Figura 46. Vaciado del concreto en las columnetas



Figura 47. Compactación del concreto



Figura 48. Muro terminado

4.4.3 Proceso constructivo de columnas y pantallas de sótano

3.4.3.1 Colocación del acero de refuerzo

FIGURADO

El figurado de estribos tanto para columnas como para pantallas, se realiza en obra con una herramienta en donde se tienen previamente marcadas las dimensiones de estribos.



Figura 49. Figurado de los estribos

COLOCACIÓN

En las columnas y pantallas la colocación del acero se realiza simultáneamente desde la cimentación del edificio, amarrando los aceros desde las vigas de la losa de cimentación, para las columnas del sótano y luego se continúa traslapando las varillas para las columnas de niveles superiores.

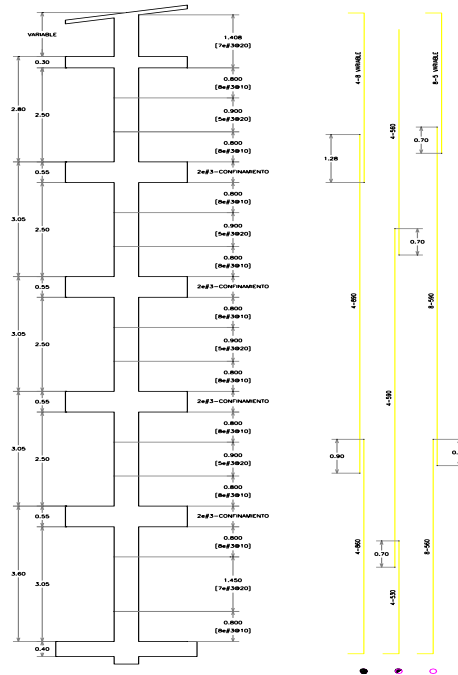


Figura 50. Colocación del acero de refuerzo a lo largo del edificio

El refuerzo en columnas y pantallas se dispone de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural, en estos se describen 3 tipos de columnas y 2 tipos de pantallas a lo largo de toda la edificación.

Columnas

C1: Constituida por una sección de (0.45×0.45) m, tiene 4 varillas de 1" y 12 varillas de 5/8", con flejes triples # 3 cada 10 o 20 cm, en cada piso se encuentran 2 columnas tipo C1.

C2: Constituida por una sección de (0.45×0.45) m, tiene 12 varillas de 5/8", con flejes triples # 3 cada 10 o 20 cm, en cada piso hay 6 columnas tipo C2.

C3: Constituida por una sección de (0.30×0.30) m, tiene 8 varillas de 5/8", fleje # 3 cada 10 o 20 cm, en el sótano se encuentran 3 columnas tipo C3.

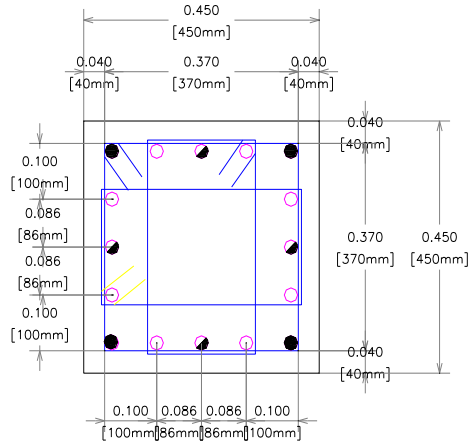


Figura 51. Diseño estructural columna C1

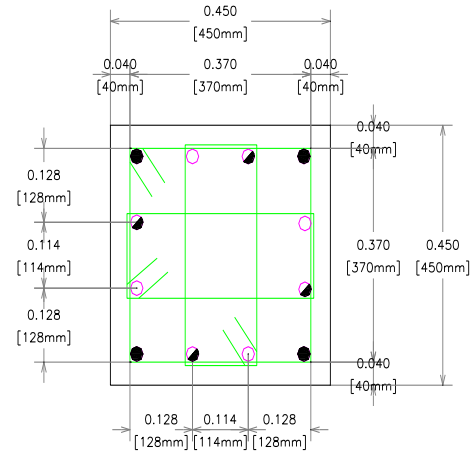


Figura 52. Diseño estructural columna C2

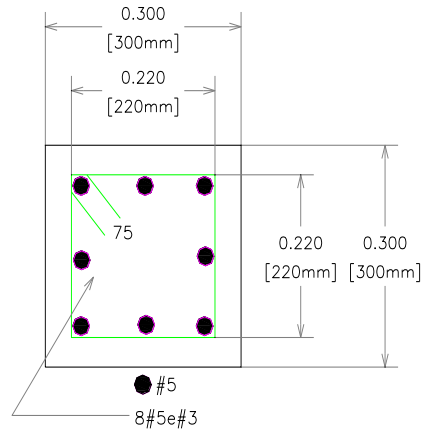


Figura 53. Diseño estructural columna C3

Pantallas

P1: Constituida por una sección de (1.0×0.30) m, tiene 20 varillas de 5/8", fleje # 3 cada 10 o 20 cm, hay 5 pantallas tipo P1 por piso.

P2: Constituida por una sección de (1.2×0.30) m, tiene 20 varillas de 5/8", fleje # 3 cada 10 o 20 cm, hay 3 pantallas tipo P2 por piso.

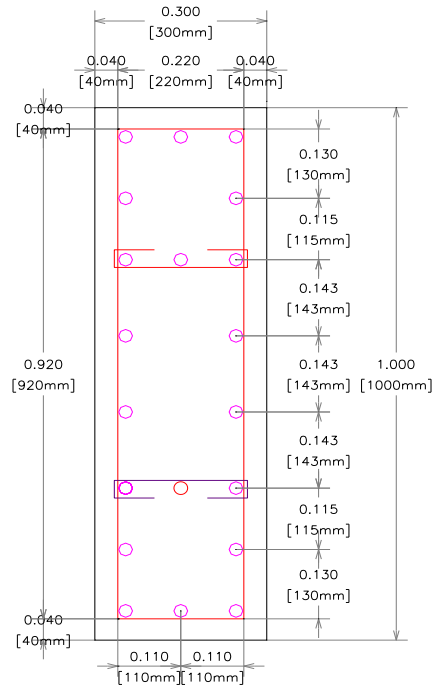


Figura 54. Diseño estructura pantalla P1

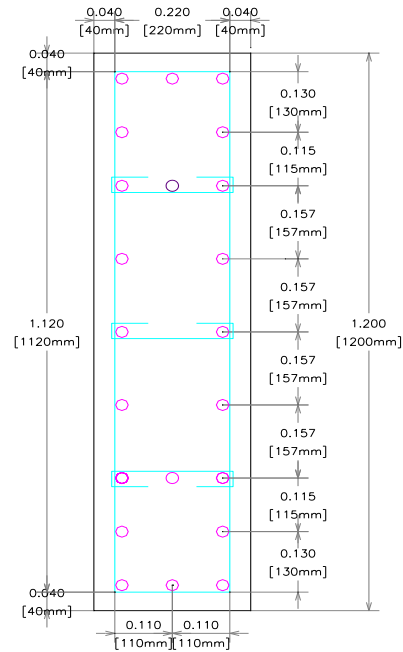


Figura 55. Diseño estructura pantalla P2

Los chequeos realizados fueron: que tanto para el acero de refuerzo en pantallas como en columnas se cumpla con los diámetros de las barras, las separaciones entre estribos, y los traslapos de las barras, dispuestos en los planos del diseño estructural.



Figura 56. Colocación de estribos

4.4.3.2 Encofrado

Antes de colocar la formaleta se chequean los ejes y alineamientos y se realiza la cimbra o marcación de las dimensiones de las columnas y pantalla



Figura 57. Marcación de dimensiones de columnas

La formaleta está se construye en madera, a pesar que esta es una estructura temporal, debe ser resistente e indeformable, ya que servirá como molde y soporte al concreto durante su vaciado y hasta que alcance una determinada resistencia.

La superficie de la formaleta que vaya a estar en contacto con el concreto se cubre con una capa de algún desmoldante, en este caso se utilizo aceite, para evitar la adherencia entre el concreto y la formaleta y además para facilitar su retiro durante el desencofrado.



Figura 58. Formaleta en madera

En la construcción de columnas y pantallas es muy importante garantizar su verticalidad, para esto se utilizan pesas, que pueden ser pequeños cilindros de concreto, o ladrillos que hacen la función de plomadas, la formaleta se apoya con tacos y se ajusta con cerchas, con el fin de darle un mayor soporte a la formaleta.



Figura 59. Formaletas ajustadas

Los chequeos realizados fueron: Antes de empezar el montaje de las piezas de madera, se verifica que el acero de refuerzo este debidamente colocado especialmente centrado, para esto se utiliza los separadores (elementos de varilla $\frac{1}{4}$ ").

Se verifica que tanto para columnas como para pantallas la formaleta quede a plomo, que tengan las dimensiones adecuadas estipuladas en el diseño.

4.4.3.3 Fundición

Para la fundición de pantallas se utilizó concreto preparado en obra con una proporción 1:2:3 y se adicionó Concreplast de Toxemen en proporción 250 ml por bulto de cemento. Para la mezcla se utilizaron los mismos materiales utilizados en losa de cimentación.

En el caso de columnas y pantallas es necesario elaborar una mezcla de concreto manejable, que caiga con fluidez y llene todos los espacios de la formaleta, garantizando el recubrimiento del acero.

Para el transporte y colocación se utilizan andamios colocados adecuadamente, y posteriormente es vaciado a la columna o pantalla a través de recipientes. El vaciado se realiza en forma continua hasta completar la fundición del elemento.



Figura 60. Vaciado del concreto



Figura 61. Vibrado del concreto

El vibrado se realiza internamente con vibrador eléctrico tanto para columnas como en pantallas. Fue necesario con un martillo de caucho dar algunos golpes alrededor de la formaleta con el fin de evitar que se presenten hormigueros en el concreto en sitios donde el vibrador no tiene alcance.

Durante la fundición de columnas y pantallas de sótano se realizaron pruebas de Slump para obtener el asentamiento de la mezcla, se manejaron asentamientos entre 8 y 10 cm.

4.4.3.4 Desencofrado y curado

El retiro de la formaleta en las columnas y pantallas, se hace de 24 a 48 horas posteriores a la fundición.

El curado se realizó mediante la aplicación de agua con manguera a cada elemento fundido, este se hizo con constancia y uniformidad sobre toda la superficie de concreto.



Figura 62. Desencofrado de columnas y pantallas

4.4.3.5 Inconvenientes en la construcción de columnas y pantallas

Una vez retirada la formaleta de dos pantallas de sótano se encontraron hormigueros en la parte inferior de cada una de ellas, aunque en ningún lugar se veía expuesto el acero de refuerzo esto indica que no se realizó una correcta compactación del concreto, se optó por subsanar estas imperfecciones con mortero de repello.



Figura 63. Pantalla P1 ubicada sobre ejes B/5



Figura 64. Pantalla P1 ubicada sobre ejes B/3

4.4.4 Proceso constructivo losa aligerada de primer piso

4.4.4.1 Encofrado

La formaleta es una estructura temporal, encargada de sostener los elementos de la losa mientras ésta desarrolla sus propiedades de resistencia y comienza a trabajar por sí sola según ha sido diseñada.

El encofrado de la losa se realizó con formaleta tipo Gleason compuesta por tacos metálicos, vigas metálicas en celosía, diagonales largas y cortas (tijeras) con las que se obtiene la rigidez necesaria para el sistema. Para el entarimado se usó tableros de madera sobre los cuales, se arma el acero de refuerzo y posteriormente se funde la losa, las dimensiones de los tableros utilizados son 1.40*0.70 m.

Los tableros deben engrasarse para obtener facilidad cuando se quite la formaleta, en la obra se utilizó para esta función aceite quemado.



Figura 65. Colocación del encofrado

Una vez listo el entarimado se colocó una malla de alambre tipo gallinero que será usada como el refuerzo de una posterior torta o capa de mortero de un espesor de 3 cm que se funde con el fin que funcione como cielo falso.



Figura 66. Colocación de la malla de alambre

4.4.4.2 Colocación del refuerzo

Una vez colocada la malla se colocó el refuerzo correspondiente a vigas, el cual ha sido cortado y flejado en obra de acuerdo a los planos estructurales, esto es realizar los ganchos a las varillas principales y la elaboración de flejes o estribos. Al armar el refuerzo de las vigas de los respectivos ejes, se debe respetar el diámetro de las barras y se debe cumplir con el espaciamiento correcto de los estribos. Para esto se hacen grupos provisionales de 15 a 20 estribos que permiten una mejor manejabilidad, éstos se colocan en la formaleta que previamente fue marcada en cada espaciamiento y son atravesados por las barras

de refuerzo de la viga; luego fueron separados los estribos y amarrados a las barras adecuadamente. De igual manera se colocó el refuerzo para las viguetas.



Figura 67. Colocación de refuerzo para losa de entrespiso

La sección típica de las vigas es de 45x55 cm, la losa aligerada tiene un espesor de 8cm y nervios de sección 13x47 cm.

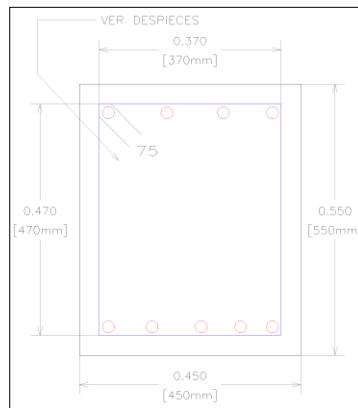


Figura 68. Sección transversal vigas

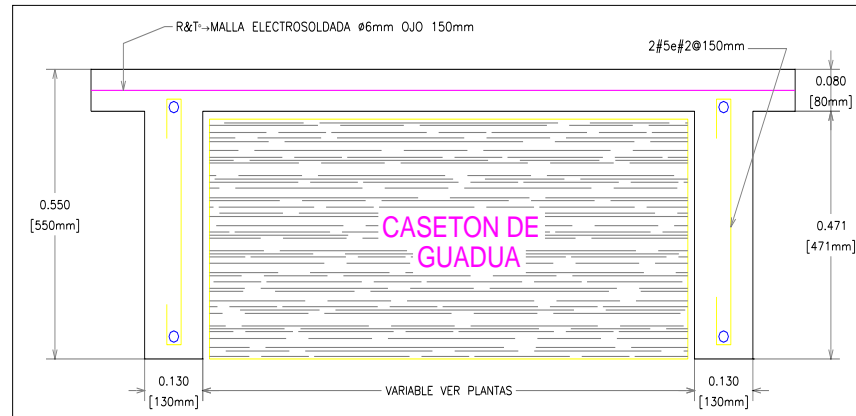


Figura 69. Detalle losa aligerada

A medida que se avanza en la colocación del refuerzo es necesario ir colocando “panelas”, o pequeños trozos de concreto, fabricados en obra y que se colocan entre la formaleta y el acero de refuerzo, esto con el fin de garantizar el recubrimiento necesario al acero, propuesto en el diseño.



Figura 70. Panelas de concreto

Para el refuerzo de retracción y variación de temperatura se diseñó una malla electrosoldada diámetro 6 mm, el cual se coloca sobre el material aligerante (casetones).

4.4.4.3 Instalación de los elementos aligerantes

En este tipo de losa se utilizan elementos aligerantes para rebajar su peso propio y sirven de formaleta para las viguetas. Para la losa se utilizaron casetones hechos con una estructura basada en listones de madera y forrados en esterilla de guadua.

Las dimensiones de los casetones varían dependiendo del plano estructural de losa de entrepiso en planta y su altura estándar es de 47 cm. Antes de la colocación de ellos se funde la capa de mortero de 3 cm en el espacio ocupado por cada uno de ellos de esta manera quedan asegurados en la formaleta.

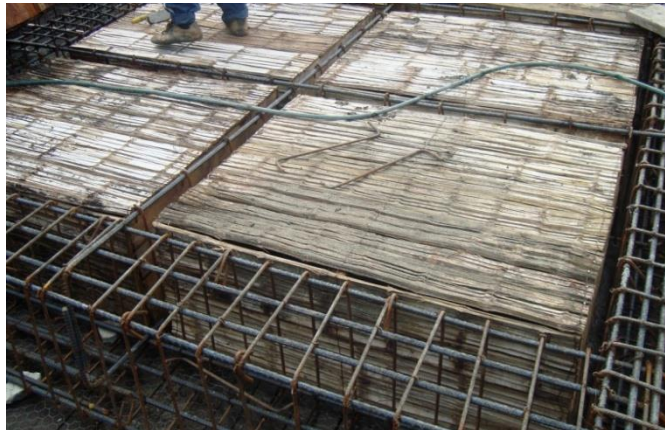


Figura 71. Instalación de casetones de guadua

4.4.4.4 Instalaciones eléctricas

Su diseño se basa en los planos arquitectónicos, para determinar los puntos de iluminación, interruptores, tomacorriente, salidas de televisión, teléfonos y en general todos los elementos que forman la dotación eléctrica. Para su construcción se debe tener en cuenta los planos eléctricos y especificaciones de construcción.

Los ductos, curvas y terminales utilizados son PVC conduit tipo pesado.



Figura 72. Instalaciones eléctricas

4.4.4.5 Instalaciones hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas consisten en la construcción de todas las redes de abastecimiento de agua potable a cada piso y de las instalaciones internas de cada apartamento.

Se ejecutan con alineamientos y diámetros de acuerdo a los planos de diseño, para su instalación se utiliza tubería tipo PAVCO PVC Presión para agua fría y tubería PVC tipo PAVCO ULTRATEMP para agua caliente, cada una de ellas de calidad certificada y acatando totalmente las recomendaciones de los fabricantes.

4.4.4.6 Instalaciones sanitarias

El proceso de construcción de instalaciones sanitarias se inicia con la localización y ubicación de cada uno de los puntos sanitarios y posteriormente se realiza el ensamble de las tuberías y accesorios que forman la instalación. Tanto los diámetros, y los alineamientos se basan en los planos de diseño.

Todas las tuberías de primer piso van colgadas debajo de la losa de este, por medio de platinas. Las tuberías de desagüe de los aparatos van por dentro de la losa respectiva en cada piso. Las tuberías utilizadas son PVC SANITARIAS para las líneas que van colgadas de la losa en diámetros 2", 3", 4" y 6" , para las líneas que van enterradas se utilizó tipo PVC NOVAFORT, diámetros 6" y 8".

El personal que maneja este tipo de instalaciones debe verificar que todos los elementos queden con su respectiva pendiente.



Figura 73. Instalaciones sanitarias

Para comunicar las tuberías de un piso a otro se utilizan los buitrones que son cajones que atraviesan toda la estructura sin ser interrumpidos. Estos buitrones

dan facilidad a la instalación y sirven para permitir la revisión de posibles fallas futuras en la red hidráulica.

4.4.4.7 Fundición de la losa

Para la fundición de la losa de entrepiso aligerada se utilizó concreto preparado en obra con una proporción 1:2:3. Para la mezcla se utilizaron los mismos materiales utilizados en losa de cimentación y columnas en cuanto a triturado, arena y agua. El cemento utilizado para esta mezcla fue Argos tipo 1, en presentación de sacos de 50 kilogramos, tiene calidad certificada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, cumpliendo con las Normas Técnicas Colombianas NTC 121 y 321.

En la obra se utilizaron tres mezcladoras mecánicas con capacidad de producción para dos bultos es decir 0.29 m^3 .



Figura 74. Mezclado del concreto

Transporte y Colocación

El transporte del concreto hasta el sitio de disposición final se realizó por medio de carretillas, la mezcla es recibida directamente de la mezcladora mecánica y se lleva a través de unos tabloncillos colocados sobre la parrilla de acero para facilidad de transporte con el fin de evitar la vibración exagerada de la carretilla que se produce por el paso sobre el acero.

Una vez que llega la carretilla al lugar indicado, la persona encargada hace el vaciado. La mezcla se acomodó con palas por el personal dispuesto para eso.

Vibrado de la losa

El vibrado de la losa se realizó simultáneamente con el vaciado del concreto y se emplearon vibradores eléctricos. El personal encargado de esta labor debe tener experiencia para no llegar a exceder el vibrado de la mezcla ya que puede generar segregación además debe evitar que el vibrador toque el refuerzo o la formaleta.



Figura 75. Compactación por vibración interna

Acabado

Después de que el concreto ha sido vibrado, se retiró el exceso de concreto de la superficie dejando el nivel apropiado, para esto se colocó una serie de hilos ubicados en forma estratégica, estos fueron suspendidos de los castillos de columnas o pantallas, con los cuales se va midiendo que haya una altura uniforme entre el concreto y los hilos. Con ayuda de codales se enrasó el concreto con movimiento de vaivén avanzando una pequeña distancia en cada desplazamiento.

La losa debe ser terminada de tal forma que su superficie quede lisa, esto se logró pasando llanas metálicas, después de nivelada.



Figura 76. Losa terminada

Curado

El curado consiste en aplicar a las losas, suficiente cantidad de agua, esparciéndola con una manguera, procurando humedecer la totalidad de la superficie de la losa. Este se realizó una vez el concreto endureció y durante 7 días posteriores.

Al efectuar la supervisión del proceso constructivo de la losa de entrepiso, se realizaron las siguientes actividades:

- ★ Verificar tipo de barras, longitudes de traslapo de la barra y hacer respetar las distancias establecidas para las separaciones de barras y estribos estipuladas en planos estructurales.

- ★ Observar la debida colocación de los cubos de concreto “panelas” debajo del acero de refuerzo para evitar el contacto con la formaleta con el fin de garantizar el recubrimiento necesario al acero, propuesto en el diseño.

- ★ Supervisar la adecuada colocación de los elementos aligerantes para las losas y sus debidas dimensiones, con el fin de respetar las dimensiones de las viguetas.

- ★ Verificar que los puntos del sistema eléctrico estén acorde con los planos eléctricos, de igual manera verificar la correcta localización y ubicación de cada uno de los puntos sanitarios, así como los ensambles de las tuberías y accesorios que forman las instalaciones.
- ★ Revisar y verificar la limpieza de la losa una vez este lista para la fundición, esta debe estar libre de elementos como trozos de madera, tubería, alambre, clavos, puntillas, etc.
- ★ Supervisar que el personal dispuesto para la producción del concreto realice las mediciones exactas de cada uno de los materiales de la mezcla con el fin de cumplir con la dosificación requerida en volumen suelto.
- ★ Supervisar que el vibrado del concreto durante la construcción de la losa de entrepiso se realice de forma adecuada y simultáneamente con el vaciado del concreto para evitar que se presenten hormigueros.
- ★ Verificar que se haga un adecuado curado de manera continua durante los días posteriores a la fundición de la losa.
- ★ Realizar los respectivos ensayos para el control de calidad del concreto en obra: toma de cilindros para la respectiva prueba de resistencia del concreto y prueba de Slump para obtener el asentamiento de la mezcla, se manejan asentamientos entre 5 y 6 cm.

4.4.5 Proceso constructivo de rampa de acceso a sótano

Para la rampa de acceso al sótano se diseñó una losa maciza de espesor 15 cm y concreto con resistencia de diseño de 21 Mpa.

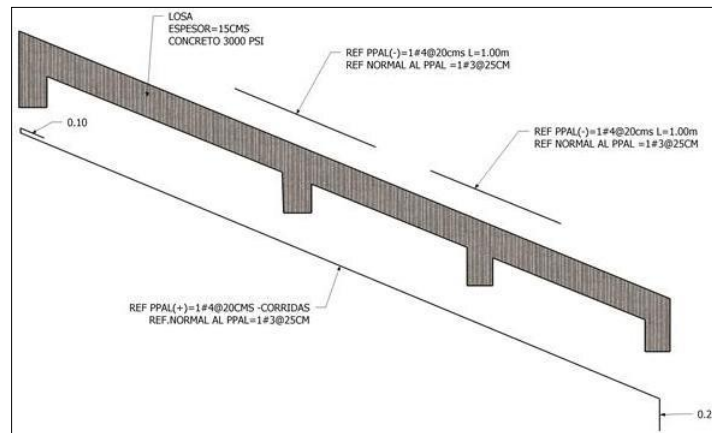


Figura 77. Diseño de rampa de acceso

4.4.5.1 Encofrado

El encofrado de la losa se realizó con tableros de madera apoyados sobre cerchas y estas sujetas a tacos para la parte inicial de la rampa en la parte final llegando a la losa de cimentación del sótano se utilizó esterilla de guadua.

Los tableros deben engrasarse para obtener facilidad cuando se quite la formaleta, en la obra se utilizó para esta función aceite quemado.

La formaleta se coloca una vez se haya marcado sobre los muros aledaños, el nivel con la pendiente correspondiente. Las dimensiones de la rampa son: 3.50x13.0 m y tendrá una pendiente del 27%.



Figura 78. Formaleta rampa de acceso

4.4.5.2 Colocación del refuerzo

Se diseñó para la losa una parrilla de acero corrugado utilizando para el refuerzo principal una barra #4 cada 20 cm en el sentido del eje de la rampa, para refuerzo normal al principal una barra #3 cada 25 cm, en sentido transversal al eje de la rampa.

Para las vigas perpendiculares al eje de la rampa se diseñó una sección de: 20x25 cm con 4 barras 5/8" y para los estribos barra 3/8" cada 20 cm.

Se diseñaron pasadores con longitud de 1 m utilizando barras 1/2" cada 20 cm estas paralelas al eje de la rampa y con refuerzo normal a este se utilizan barras 3/8" cada 25 cm.

Los pasadores se colocan y se amarran sobre con las 3 vigas con el fin de transferir transversalmente las cargas a lo largo de toda la rampa.

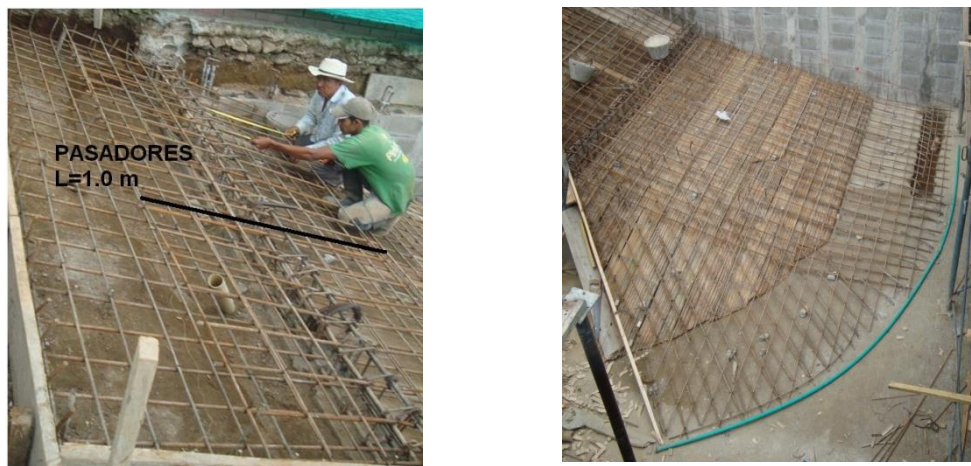


Figura 79. Colocación Refuerzo

4.4.5.3 Fundición de la rampa

Mezclado y transporte del concreto

Para garantizar la resistencia requerida de diseño de 21Mpa, se utilizó para la mezcla de concreto una dosificación 1:2:3, el concreto fue preparado en obra con mezcladora mecánica con capacidad para 0.29 m³. Los materiales para la dosificación fueron los mismos utilizados para la construcción de pantallas, columnas y sótano.

Cemento Diamante Tipo 1
Arena limpia de Puerto Tejada
Triturado de Agregados & Mezclas Cachibi S.A
Agua del acueducto

Por trabajarse con una losa en pendiente se necesitaba que esta mezcla fuera de consistencia seca, se manejaron asentamientos ente 3 y 4 cm.

El transporte del concreto hasta el sitio de disposición final se realizó por medio de carretillas.

Colocación y vibrado del concreto

Una vez que llega la carretilla al lugar indicado, la persona encargada hace el vaciado. La mezcla se distribuye uniformemente con palas por el personal dispuesto para eso, se comenzó el vaciado desde losa de cimentación hasta losa de primer piso.

El vibrado de la losa se realizó simultáneamente con el vaciado del concreto, se realizó por vibración interna utilizando vibrador eléctrico, de igual manera se debe tener cuidado con la duración del vibrado ya que una vibración excesiva termina por segregar el concreto⁴.



Figura 80. Colocación del concreto

⁴ Rivera L. Gerardo A. "Concreto Simple". Unicauca

Acabado superficial

Después de extendido y compactado, el concreto se somete a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada esto se hizo con ayuda de codales y llanas.

Después se da a la losa la textura superficial adecuada para garantizar la resistencia al deslizamiento requerida esta es una textura transversal homogénea en forma de estriado, se realizó por medio de un cepillo de texturizado, en forma sensiblemente perpendicular al eje de la losa.



Figura 81. Acabado superficial



Figura 82. Textura superficial

Corte de las juntas

El corte de las juntas longitudinales y transversales de contracción se realiza con discos abrasivos. Este corte se inicia cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento. Se realizaron cortes con un ancho de aproximadamente 5 mm y a una profundidad 3 cm de la losa de concreto.

Se realizaron estos cortes a la mitad del ancho de la losa para el eje longitudinal, haciendo rectángulos con dimensiones de 1.75 x 1.30 m



Figura 83. Cortes de juntas

Curado

Se realizó por el método más utilizado de curado que fue manteniendo un medio húmedo mediante la aplicación continua o frecuente de agua sobre toda la superficie de la losa y utilizando una manguera.

Según la NSR 98 para concreto diferente del de alta resistencia temprana, debe mantenerse húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante los primeros 7 días contados a partir de su vaciado⁵.

⁵ NSR 98 Capitulo C.5.11.1

5. CONCLUSIONES

- ★ Refiriéndose a la calidad del concreto concluyó:
 - Tanto un concreto producido en obra como un concreto producido en planta puede alcanzar resistencias iguales o mayores a las propuestas en el diseño, siempre y cuando las mezclas se rijan por una adecuada dosificación, se trabaje con los materiales adecuados y se realice constante supervisión de las diferentes etapas que intervienen en el proceso de su elaboración.
 - Realizar un curado prolongado a todos los elementos de concreto, es de vital importancia para que el concreto desarrolle toda su resistencia y además para evitar que se presenten fisuras cuando el concreto ha endurecido.
 - Supervisar y dar indicaciones precisas al personal en cada uno de los procesos de la fundición, es clave para que los procedimientos constructivos se realicen de forma adecuada y se obtengan resultados satisfactorios.
 - Los aditivos son de gran importancia en la producción del concreto, pues estos favorecen de manera significativa en: la manejabilidad, fraguado y resistencia del concreto, es por esto que se justifica la inversión que se hace para ellos siempre y cuando se haga una buena dosificación en la mezcla.
- ★ Haber tenido la oportunidad de participar como pasante en el proyecto del EDIFICIO BELALCAZAR fue de gran crecimiento como profesional porque además de generar experiencia al aplicar todos los conocimientos adquiridos durante la carrera profesional se aprende a observar, analizar y tomar decisiones que contribuyen al buen desarrollo de una obra civil y de esta manera afianzar el criterio ingenieril que se debe tener como profesional.

6. RECOMENDACIONES

- ☑ Disponer con certeza y puntualidad de los materiales imprescindibles de obra, como son el cemento, agregado fino y agregado grueso, acero de refuerzo o formaletas para no generar atrasos adicionales en la ejecución de la obra.

- ☑ Se debería realizar un mejor control sobre los materiales que se utilizan en la obra, incluyendo ensayos de laboratorio para garantizar su calidad pues no basta con las garantías que ofrecen los proveedores.

- ☑ Evitar que durante la producción del concreto, el agua para se contamine, debido a factores externos, como el lavado de herramientas y en caso que sea necesario fundir durante el transcurso de una lluvia es importante tapar con lonas o plásticos los agregados, con el fin de no aumentar agua a la mezcla y que esto pueda llegar a afectar las resistencias.

- ☑ Supervisar la limpieza de los encofrados antes de que los elementos sean fundidos, especialmente las losas, ya que pueden quedar pedazos de madera o de tubos, sobrantes de la instalación de la formaleta y de los ductos de transporte del cableado eléctrico respectivamente, que pueden generar discontinuidad en la homogeneidad del concreto, una vez este ha endurecido.

- ☑ Manejar seguridad industrial de los maestros, oficiales y ayudantes ya que no se utilizaban cascos ni guantes protectores en casi ninguno de los procesos constructivos, para no generar en la obra accidentes los cuales ponen en riesgo a los trabajadores.

7. BIBLIOGRAFIA

HERRERA Angélica M., MADRID Germán G., “Manual de construcción de mampostería de concreto”. Medellín (Colombia). ICPC. 2003

“Normas Colombianas de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98”.
Capitulo C.

POLANCO F. Luis Fernando., Construcción 1. Popayán (Colombia). Unicauca.
2000

RIVERA L. Gerardo A., “Concreto Simple”. Popayán (Colombia). Unicauca. 1992

8. ANEXOS

- ★ Carta de aprobación por parte del Ingeniero encargado JORGE CAMPO
- ★ Carta de aprobación de horas exigidas por La Universidad Del Cauca
- ★ Carta de aprobación informe presentado al Ingeniero encargado JORGE CAMPO
- ★ Concepto de informe final por la Ingeniera JULIA EUGENIA RUIZ (Jurado)
- ★ Resolución de aprobación de pasantía