

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO
EN OBRA**

**“CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”
POPAYÁN (CAUCA)**



YOHANA STEFANIE ORDOÑEZ PAZ

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

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO
EN OBRA**

**“CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACIÓN”
POPAYÁN (CAUCA)**



YOHANA STEFANIE ORDOÑEZ PAZ

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

**Director de Pasantía:
Ing. GERARDO ANTONIO RIVERA L.**

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

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	2
2.1. GENERALIDADES	2
2.2. RECURSOS PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO	3
2.2.1. Recursos humanos.....	3
2.2.2. Recursos físicos.....	3
2.3. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA.....	4
2.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	5
2.4.1. Edificaciones.....	5
2.4.2. Pavimento rígido de la calle 5N.....	5
2.4.3. Parqueaderos	6
2.4.4. Elementos especiales	6
2.4.4.1. Escaleras	7
2.4.4.2. Sumideros	7
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CONCRETO	8
3.1. CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA PARA LAS EDIFICACIONES	8
3.1.1. Concreto utilizado en la obra La Estación	8
3.1.2. Materiales utilizados en la obra La Estación	8
3.1.2.1. Cemento	8
3.1.2.1.1. Especificaciones y Normas para el cemento.....	9
3.1.2.1.2. Almacenamiento del cemento.....	9
3.1.2.2. Agregado Fino	10
3.1.2.2.1. Especificaciones y normas para el agregado fino	11
3.1.2.2.1.1. Análisis granulométrico de la Arena de Puerto Tejada	11
3.1.2.2.1.2. Propiedades Físicas y Químicas del Agregado Fino Utilizado.....	12
3.1.2.2.2. Ubicación del agregado fino en la obra.....	12
3.1.2.3. Agregado Grueso	13

3.1.2.3.1.	Especificaciones y Normas para el Agregado Grueso.....	13
3.1.2.3.1.1.	Análisis granulométrico del Triturado de Conexpe	13
3.1.2.3.1.2.	Propiedades Físicas y Químicas del Agregado Grueso Utilizado.....	14
3.1.2.3.2.	Ubicación del Agregado Grueso en la obra	15
3.1.2.3.3.	Chequeo del Tamaño Máximo Nominal.....	15
3.1.2.4.	Agua de Mezcla.....	16
3.1.2.5.	Aditivo para Concreto	17
3.2.	CONCRETO UTILIZADO PARA LAS LOSAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE 5N	17
4.	REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA PARA LAS EDIFICACIONES	18
4.1.	DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA.....	18
4.2.	RESISTENCIA DE DISEÑO.....	18
5.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	18
5.1.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO	18
5.1.1.	Prerrequisitos	18
5.1.2.	Proceso constructivo de columnas y pantallas en concreto reforzado.....	19
5.1.2.1.	Colocación del refuerzo	19
5.1.2.2.	Encofrado	19
5.1.2.3.	Mezclado del concreto	20
5.1.2.4.	Transporte y Colocación de la mezcla	21
5.1.2.5.	Vibrado del concreto.....	22
5.1.2.6.	Desencofrado.....	23
5.1.2.7.	Curado.....	23
5.1.3.	Proceso constructivo de las losas aligeradas	24
5.1.3.1.	Encofrado.....	24
5.1.3.2.	Colocación del refuerzo y encofrado de las Vigas.....	25
5.1.3.3.	Instalación de elementos aligerantes en los voladizos	26
5.1.3.4.	Instalación de viguetas prefabricadas	26

5.1.3.5.	Instalaciones sanitarias.....	27
5.1.3.6.	Instalaciones hidráulicas	27
5.1.3.7.	Instalación de placas prefabricadas	28
5.1.3.8.	Instalaciones eléctricas.....	29
5.1.3.9.	Mezclado del concreto.....	29
5.1.3.10.	Vaciado del concreto	29
5.1.3.11.	Vibrado de la losa	30
5.1.3.12.	Terminado de la losa.....	30
5.1.3.13.	Curado.....	31
5.1.3.14.	Desencofrado.....	31
5.2.	PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA DE CONCRETO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE 5N.....	32
5.2.1.	Prerrequisitos	32
5.2.2.	Instalación de las formaletas fijas	33
5.2.3.	Colocación de los pasadores o barras pasajuntas.....	33
5.2.4.	Colocación del refuerzo de las losas.....	34
5.2.5.	Demarcación de las juntas de expansión en losas con presencia de estructuras hidráulicas.....	34
5.2.6.	Preparación y Transporte del concreto premezclado	35
5.2.7.	Colocación y vibrado del concreto	35
5.2.8.	Colocación de barras de amarre o unión	36
5.2.9.	Acabado superficial.....	37
5.2.10.	Textura superficial	37
5.2.11.	Curado del concreto.....	38
5.2.12.	Ejecución de la junta transversal de construcción.....	38
5.2.13.	Corte de las juntas	39
5.2.14.	Retiro de formaletas	40
5.2.15.	Apertura al tránsito.....	40
6.	COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO EN OBRA	40
6.1.	COMPARACIÓN DE COSTOS DE MEZCLA CON Y SIN PLASTIFICANTES	41
7.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA.....	42

7.1. VERIFICACIÓN DEL CRONOGRAMA.....	42
7.2. CHEQUEO DE MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA.....	46
7.2.1. Ensayo de medición de la manejabilidad	46
7.3. PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	47
7.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión	47
7.3.2. Resistencias a la Compresión del concreto de la obra “Conjunto Residencial La Estación”	49
7.4. PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO.....	54
7.4.1. Ensayo de Resistencia a la flexión.....	54
7.4.2. Resistencias a la flexión y a la Compresión del concreto usado en el pavimento rígido de la calle 5N.....	55
7.4.3. Correlación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión.....	57
8. CONCLUSIONES	59
9. RECOMENDACIONES	60
10. BIBLIOGRAFÍA.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Proyecto “Conjunto Residencial La Estación”	2
Figura N° 2. Organigrama de la Obra “Conjunto Residencial La Estación”	3
Figura N° 3. Torre grúa.....	3
Figura N° 4. Vibrocompactador.....	3
Figura N° 5. Mezcladora.....	3
Figura N° 6. Retroexcavadora.....	4
Figura N° 7. Bulldozer.....	4
Figura N° 8. Campamento	4
Figura N° 9. Almacén.....	4
Figura N° 10. Planta general arquitectónica	4
Figura N° 11. Estructura del pavimento.....	6
Figura N° 12. Cimentación zona de parqueaderos.....	6
Figura N° 13. Formaleta para escaleras.....	7
Figura N° 14. Escaleras terminadas.....	7
Figura N° 15. Sumideros.....	7
Figura N° 16. Cemento Argos Tipo 1	8
Figura N° 17. Almacenamiento cemento Argos “La Estación”	10
Figura N° 18. Arena de Puerto Tejada.....	10
Figura N° 19. Triturado Conexpe	13
Figura N° 20. Agua de Mezcla	16
Figura N° 21. Aditivo plastificante usado en la preparación de mezclas de concreto.....	17
Figura N° 22. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto..	18
Figura N° 23. Colocación del refuerzo en columnas y pantallas	19
Figura N° 24. Formaleta en madera.....	20
Figura N° 25. Formaleta manoportante	20
Figura N° 26. Mezclado del concreto	21
Figura N° 27. Métodos de transporte de la mezcla de concreto.....	22
Figura N° 28. Colocación del concreto en las columnas	22

Figura N° 29. Vibrado del concreto	23
Figura N° 30. Desencofrado de columnas	23
Figura N° 31. Curado con materiales sellantes	24
Figura N° 32. Sistema de soporte del encofrado de la losa	24
Figura N° 33. Armado de vigas	25
Figura N° 34. Encofrado de vigas	25
Figura N° 35. Instalación de casetones	26
Figura N° 36. Instalación de viguetas prefabricadas	27
Figura N° 37. Amarre de las viguetas a las vigas principales	27
Figura N° 38. Instalaciones sanitarias.....	27
Figura N° 39. Instalación de placas prefabricadas	28
Figura N° 40. Refuerzo negativo.....	28
Figura N° 41. Instalaciones eléctricas.....	29
Figura N° 42. Vaciado del concreto en la losa.....	30
Figura N° 43. Vibrado de la losa	30
Figura N° 44. Acabado de la losa	31
Figura N° 45. Curado de la losa.....	31
Figura N° 46. Instalación de Formaletas fijas	33
Figura N° 47. Colocación de los pasadores.....	34
Figura N° 48. Losas que requieren refuerzo	34
Figura N° 49. Demarcación de juntas de expansión	35
Figura N° 50. Medio de transporte del concreto: Mixer	35
Figura N° 51. Colocación del concreto	36
Figura N° 52. Vibrado del concreto	36
Figura N° 53. Terminado del concreto	36
Figura N° 54. Colocación de barras de amarre	37
Figura N° 55. Acabado superficial usando el flotador	37
Figura N° 56. Textura superficial	38
Figura N° 57. Curado del concreto	38
Figura N° 58. Junta transversal de construcción.....	39

Figura N° 59. Corte de las juntas.....	40
Figura N° 60. Retiro de formaletas	40
Figura N° 61. Costos de mezcla de concreto con y sin aditivo.....	41
Figura N° 62. Medida del asentamiento de una mezcla de concreto con el cono o slump para la losa.....	47
Figura N° 63. Medida del asentamiento para las columnas y pantallas.....	47
Figura N° 64. Medida del asentamiento para el pavimento rígido.....	47
Figura N° 65. Toma de cilindros	49
Figura N° 66. Desencofrado de los cilindros.....	49
Figura N° 67. Inmersión de los cilindros en agua	49
Figura N° 68. Toma de vigas y cilindros para el pavimento rígido	55
Figura N° 69. Correlación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión.	58

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 1. Especificaciones Técnicas cemento Argos Tipo 1	9
Tabla Nº 2. Gradación Arena Puerto Tejada	11
Tabla Nº 3. Resultados de ensayos realizados a Arena de Puerto Tejada	12
Tabla Nº 4. Análisis granulométrico Triturado de Conexpe.....	14
Tabla Nº 5. Resultados de ensayos realizados al Triturado de Conexpe	15
Tabla Nº 6. Determinación del tiempo mínimo de desencofrado.	32
Tabla Nº 7. Comparacion de costos en pesos de mezclas con y sin aditivo.....	41
Tabla Nº 8. Cronograma de avance de obra “Conjunto Residencial La Estación”	43
Tabla Nº 9. Resistencias a la Compresión del concreto “Conjunto Residencial La Estación”	49
Tabla Nº 10. Resistencias a la Compresión y Módulos de Rotura del concreto usado en el pavimento rígido de la calle 5N.....	56
Tabla Nº 11. Promedio de la Resistencia a la Compresión y de la Resistencia a la Flexión.	57



1. INTRODUCCIÓN

En obras civiles es importante la aplicación de criterios y prácticas del control de calidad que no solo traigan beneficio y tranquilidad al usuario e inversionista de la obra si no al constructor de la misma; y ya que en la construcción el concreto es uno de los material que más se emplea especialmente en zonas urbanas requiere de un buen control de calidad que permita adquirir excelentes resultados y un producto final ideal.

El control de calidad del concreto debe estar presente tanto en la elección de cada uno de los materiales que lo componen, de su diseño de mezcla (su posterior manejo y cumplimiento), como del cuidado que se tenga en cada una de las etapas del concreto, y finalmente de los cuidados de uso, mantenimiento y del grado de satisfacción del producto resultante.

Supervisar todos los procedimientos que puedan afectar de una u otra forma la calidad del concreto es vital para el proyecto que se quiere realizar, teniendo en cuenta las normas establecidas y a las recomendaciones técnicas hechas por los investigadores de este campo, esto con el fin de lograr una mayor economía, mejores rendimientos y disminución del tiempo de trabajo.



2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1. GENERALIDADES



Figura N° 1. Proyecto “Conjunto Residencial La Estación”.

El “Conjunto Residencial La Estación”, es una obra que ofrece alternativas de Vivienda, en modalidad de apartamentos e incluye obras de Urbanismo. Dicha obra consiste en un Conjunto Cerrado Multifamiliar; que consta de cuatro torres de ocho pisos, una entrada general, zonas comunes, salón social, una piscina, zona de juegos infantiles y sótano de parqueaderos.

Adicionalmente se incluye la construcción y apertura de una nueva vía de doble calzada, la calle (5N) quinta norte, proyectada entre el centro comercial La Casona del Ferrocarril en la carrera 6A (Avenida Mosquera) y la carrera 9 (avenida Santander) que será el acceso principal al Conjunto Residencial La Estación, obteniendo dos alternativas en el futuro para su ingreso, uno por el barrio Bolívar, y el otro por la entrada a Loma Linda.

El promotor del proyecto es la Sociedad Inversiones y Desarrollos S.A, y la construcción la ejecuta el Consorcio AMT, que es una alianza de tres empresas relacionadas con el campo de la construcción. El proyecto está aprobado por la curaduría urbana N° 1, a través de la Licencia de Construcción # 3120 con vigencia de tres años.

La obra se ubica en la Ciudad de Popayán, localizada sobre la Avenida Mosquera y la Avenida Santander, entre la calle 5N y la calle 7N. El área total del lote donde se desarrollara el proyecto es de 12.287 m² y el área estimada a construir es de 31.721 m². La ejecución del Conjunto Residencial La Estación está proyectada para un periodo de tres años, iniciando en Octubre del 2008 y culminando en el año 2011.

2.2. RECURSOS PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO

2.2.1. Recursos humanos

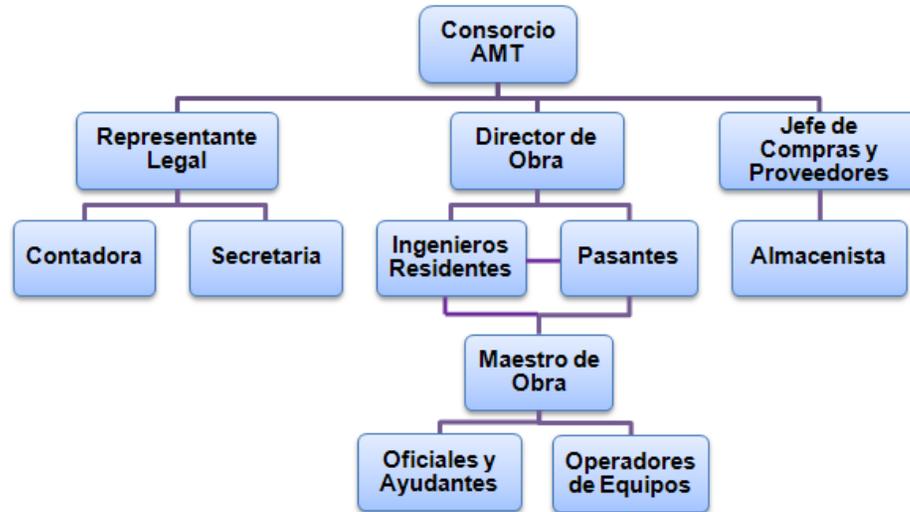


Figura N° 2. Organigrama de la Obra “Conjunto Residencial La Estación”.

La obra cuenta con un personal profesional y técnico adecuado para la ejecución del proyecto, entre los que se encuentran: el Director de obra, el Representante Legal del Consorcio, el Jefe de compras y proveedores, dos ingenieros residentes, un maestro general de obra, un almacenista, operadores de equipos, oficiales y ayudantes de construcción suficientes para cumplir todas las actividades a desarrollar. En la parte administrativa y financiera esta la secretaria, y la contadora pública.

2.2.2. Recursos físicos

Algunos de los equipos y espacios con los que se cuenta para la ejecución de la obra son:



Figura N° 3. Torre grúa



Figura N° 4. Vibrocompactador



Figura N° 5. Mezcladora



Figura N° 6. Retroexcavadora



Figura N° 7. Bulldozer



Figura N° 8. Campamento



Figura N° 9. Almacén

2.3. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

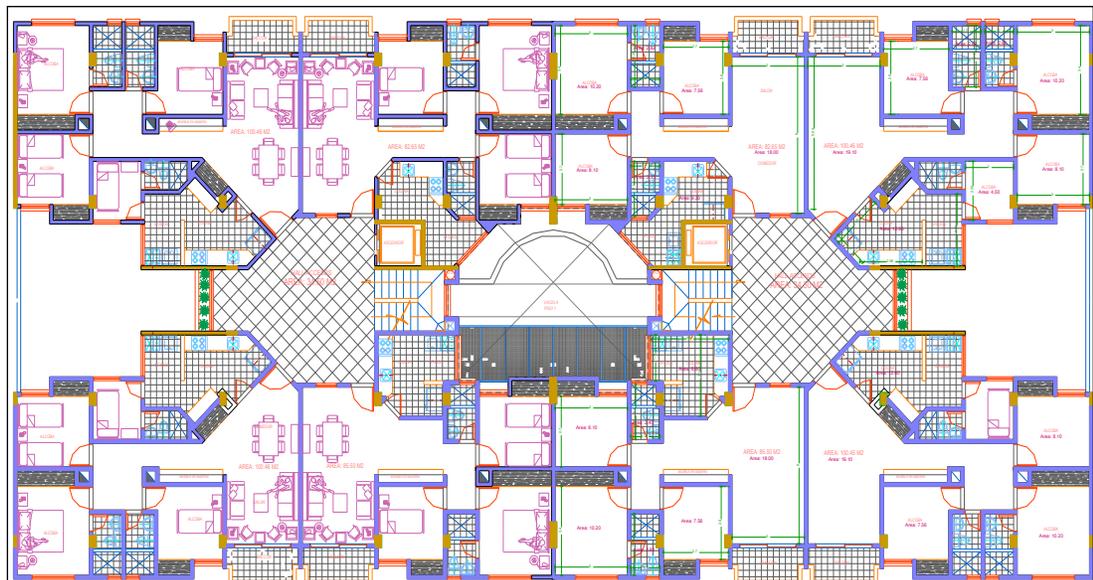


Figura N° 10. Planta general arquitectónica



Cada edificio se compone de un sótano de parqueaderos, el primer nivel de cada torre tendrá 10 apartaestudios de 40 y 45 m², y 2 apartamentos tipo de 82 m²; en los pisos del segundo al sexto nivel se tienen 4 apartamentos esquineros de 100,46 m², 2 apartamentos medianeros internos de 85,50 m² y 2 apartamentos medianeros exteriores de 82,65 m²; el séptimo y octavo piso consta de 8 apartamentos dúplex o PENT HOUSE, 4 de estos son apartamentos esquineros de 188,12 m², 2 apartamentos medianeros interiores de 160,41 m² y 2 apartamentos medianeros exteriores de 158,61 m²; para un total de 60 apartamentos por edificio. Además contará con 2 ascensores y dos zonas internas de escaleras por cada edificación.

2.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

2.4.1. Edificaciones

La cimentación de cada edificio corresponde a pilotes fundidos in situ, con concreto Tremie, sobre los cuales se apoya la losa de cimentación de tipo aligerada, construida en concreto reforzado.

El sistema estructural empleado en el diseño y construcción de dichas edificaciones es aporticado, es decir los elementos resistentes del sistema son vigas y columnas de concreto reforzado. Las losas de entrepiso utilizadas son losas aligeradas con prefabricados de concreto y con casetón en esterilla de guadua para los voladizos.

Existen elementos estructurales adicionales como las pantallas de concreto que aportan rigidez a todo el conjunto estructural.

2.4.2. Pavimento rígido de la calle 5N

Sobre la subrasante original, se colocó un Geotextil Tejido PAVCO T2100, que cubre la calzada, su respectiva berma y un ancho adicional de 1 m que permitió su doblez perimetral sobre la capa superior de relleno. Sobre el Geotextil se construyó una capa subrasante mejorada de 40 cm de espesor compactado en dos capas de 20 cm cada una, hasta lograr un grado de compactación igual o superior al 95 % del Proctor Modificado. La estructura de pavimento está constituida por losas de concreto hidráulico de 20 cm de espesor, construidas con una mezcla que tiene un módulo de rotura mínimo de 40 Kg/cm² a los 28 días; estas losas se apoyan sobre una subbase granular de 20 cm, constituida por un agregado que debe cumplir las especificaciones de subbase del artículo 320 del año 2007 de INVÍAS¹.

El pavimento rígido también cuenta con la construcción de los bordillos laterales de protección y andenes, cuya función es la protección lateral de la estructura.

¹ Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 320-07. Subbase granular.

En cuanto a las juntas, estas se diseñan con pasadores para complementar la transferencia de cargas entre losas.

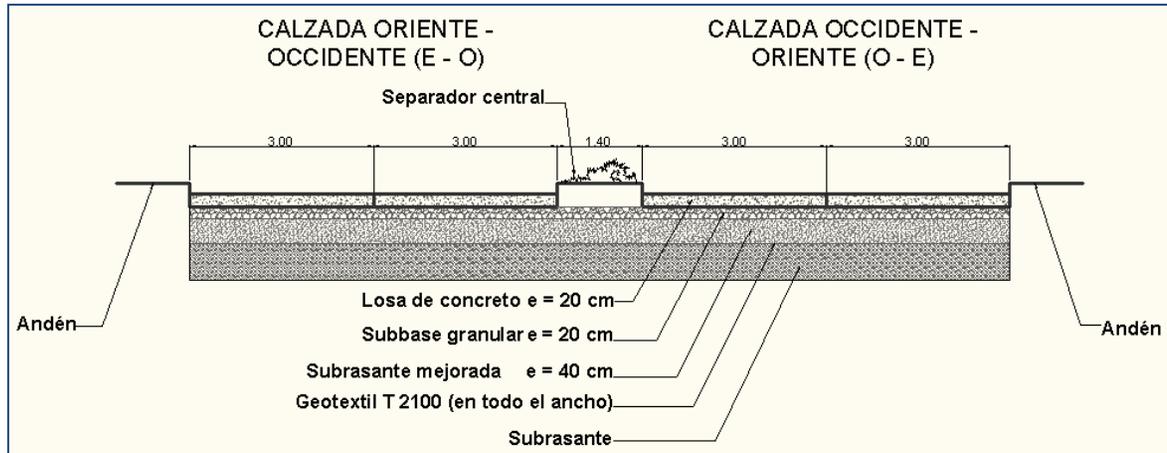


Figura N° 11. Estructura del pavimento.

2.4.3. Parqueaderos

El pavimento del sótano de parqueaderos es de concreto reforzado con una resistencia de diseño a la compresión de 3000 PSI (21 MPa) a los 28 días, la placa tiene un espesor de 12 cm, previamente se realiza la colocación y compactación de un relleno con roca muerta.

La cimentación de la estructura de parqueaderos consiste en zapatas aisladas en concreto reforzado de sección cuadrada y rectangular, unidas entre sí por vigas de cimentación.



Figura N° 12. Cimentación zona de parqueaderos

2.4.4. Elementos especiales

Entre los elementos que se fundieron, y que son especiales por sus características y respectivas funciones están:

2.4.4.1. Escaleras

Construidas con el fin de permitir el acceso interno a los apartamentos, desde la zona de parqueaderos hasta el séptimo piso y de acuerdo a las especificaciones de diseño, el concreto fue de una resistencia de 3000 PSI (21 MPa) a los 28 días, para su construcción se utilizó formaleta de madera, la distribución de los peldaños se realizó, de acuerdo a lo estipulado en los planos arquitectónicos, con huella de 30 cm y contrahuella de 18 cm, que van sobre una losa inclinada.



Figura N° 13. Formaleta para escaleras



Figura N° 14. Escaleras terminadas

2.4.4.2. Sumideros

Son estructuras en concreto que sirven para recolectar las aguas lluvias provenientes de las cunetas. De acuerdo a los diseños estos son de sección rectangular. La proporción de la mezcla utilizada es 1:2 ½:3, medidas en volumen suelto. El concreto destinado a los sumideros, se impermeabilizo con el objetivo de evitar filtraciones de agua.



Figura N° 15. Sumideros



3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CONCRETO

En una mezcla de concreto es importante determinar la combinación mas practica y económica de los materiales disponibles: agua, cemento, agregados y en algunos casos si se requiere aditivos, esto con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de obra en que habrá de utilizarse². Para obtener una mezcla de concreto satisfactoria es necesario tener en cuenta:

- Calidad de los materiales
- Optimo diseño, cumplimiento y manejo de la mezcla
- Optimización de los procesos constructivos
- Equipo técnico y humano adecuado

3.1. CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA PARA LAS EDIFICACIONES

3.1.1. Concreto utilizado en la obra La Estación

El concreto utilizado en la obra para la fundición de elementos estructurales es concreto reforzado, es decir que el concreto no actúa solo, para resistir las cargas, sino que se combina con el acero, para soportar los esfuerzos de tensión, tiene una resistencia de diseño $f_c = 3000$ PSI (21 MPa) a los 28 días, dicho concreto se obtiene a través de mezcla mecánica realizada en la obra y con la colocación del acero, de acuerdo a los requerimientos establecidos en el diseño, se conforma el concreto reforzado.

3.1.2. Materiales utilizados en la obra La Estación

3.1.2.1. Cemento

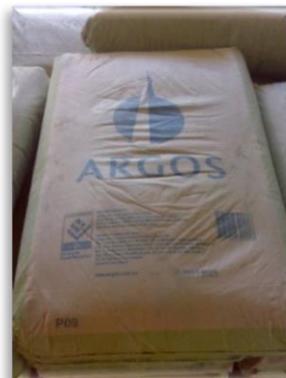


Figura N° 16. Cemento Argos Tipo 1

² Fuente: Tomado notas de materiales 2.



El cemento utilizado en los elementos estructurales es Cemento Argos Tipo 1, en presentación de sacos de 50 kilogramos, este tipo de cemento es el que se utiliza en obras de concreto en general, que no requiere propiedades físicas y químicas especiales.

3.1.2.1.1. Especificaciones y Normas para el cemento

El cemento tiene calidad certificada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, cumpliendo con las Normas Técnicas Colombianas NTC 121³ y NTC 321⁴.

A continuación se presentan las especificaciones técnicas que maneja cementos argos, que cumplen las especificaciones propuestas por las normas y que además cumplen especificaciones propias de cementos argos que las utilizan como un control interno de calidad en el cemento que producen.

Especificaciones técnicas			
PARÁMETROS QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 321 Tipo 1	ASTM C-1157 Tipo GU
Óxido de magnesio, MgO, máximo (%)	6.00	7.00	-
Trióxido de azufre, SO ₃ , máximo (%)	3.50	3.50	-
PARÁMETROS FÍSICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 121 Tipo 1	ASTM C-1157 Tipo GU
Fraguado inicial ⁽¹⁾ , mínimo (minutos)	90	45	45
Fraguado final ⁽¹⁾ , máximo (minutos)	320	480	420
Expansión autoclave, máximo (%)	0.80	0.80	0.80
Expansión en agua ⁽²⁾ , máximo (%)	0.02	-	0.02
Resistencia a 3 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	13.8	8.0	10.0
Resistencia a 7 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	20.7	15.0	17.0
Resistencia a 28 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	29.0	24.0	28.0

(1) Ensayo con aguja de Vicat según NTC 118
(2) Ensayo en barras de mortero a 14 días
(3) Ensayo a compresión sobre cubos de mortero con arena normalizada

Las especificaciones del cemento gris Tipo I Uso General producido por Cementos Argos S.A. cumplen con los valores de la norma colombiana NTC 121 y 321 y de la norma americana ASTM C-1157 (tipo GU)

Tabla N° 1. Especificaciones Técnicas cemento Argos Tipo 1 ⁵

3.1.2.1.2. Almacenamiento del cemento

El cemento en la obra se almacena en el sótano de la torre C, los sacos se colocan sobre plataformas de madera, aislados de cualquier pared o soporte lateral que pueda impedir la libre circulación de aire, o que pueda generar algún tipo de humedad, esto con el fin de que el cemento no fragüe antes de tiempo ya que si esto ocurre puede perder parte de su

³ Normas Técnicas Colombianas. NTC 121. Ingeniería civil y arquitectura, Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas.

⁴ Normas Técnicas Colombianas. NTC 321. Ingeniería civil y arquitectura, Cemento Portland. Especificaciones químicas.

⁵ Fuente: pagina www.argos.com.co



resistencia. Los sacos están cubiertos bajo techo todo el tiempo y tienen un cerramiento hecho con lonas impermeables que los protegen en tiempos de lluvias, a excepción de unas pequeñas cantidades de sacos, que son los de consumo rápido, en el momento de la fundición.

En cuanto al uso de los sacos de cemento se verificó que utilizaran los que más tiempo llevaran almacenados, también se revisó periódicamente que el cemento fluyera libremente y no presentara grumos que se rompan con dificultad, pues la calidad del cemento sería dudosa.



Figura N° 17. Almacenamiento cemento Argos “La Estación”

3.1.2.2. Agregado Fino

En la obra se utiliza arena lavada de río, debe estar libre de materiales contaminantes e impurezas orgánicas. Esta tiene una buena gradación para proporcionar trabajabilidad y adherencia, a la mezcla. La arena con la que se trabaja en la obra es arena limpia de Puerto Tejada.



Figura N° 18. Arena de Puerto Tejada



3.1.2.2.1. Especificaciones y normas para el agregado fino

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174⁶ y con el artículo 630 de 2007 de INVIAS⁷. Dichas normas hacen referencia al análisis granulométrico y propiedades físicas y químicas que deben cumplir los agregados.

3.1.2.2.1.1. Análisis granulométrico de la Arena de Puerto Tejada

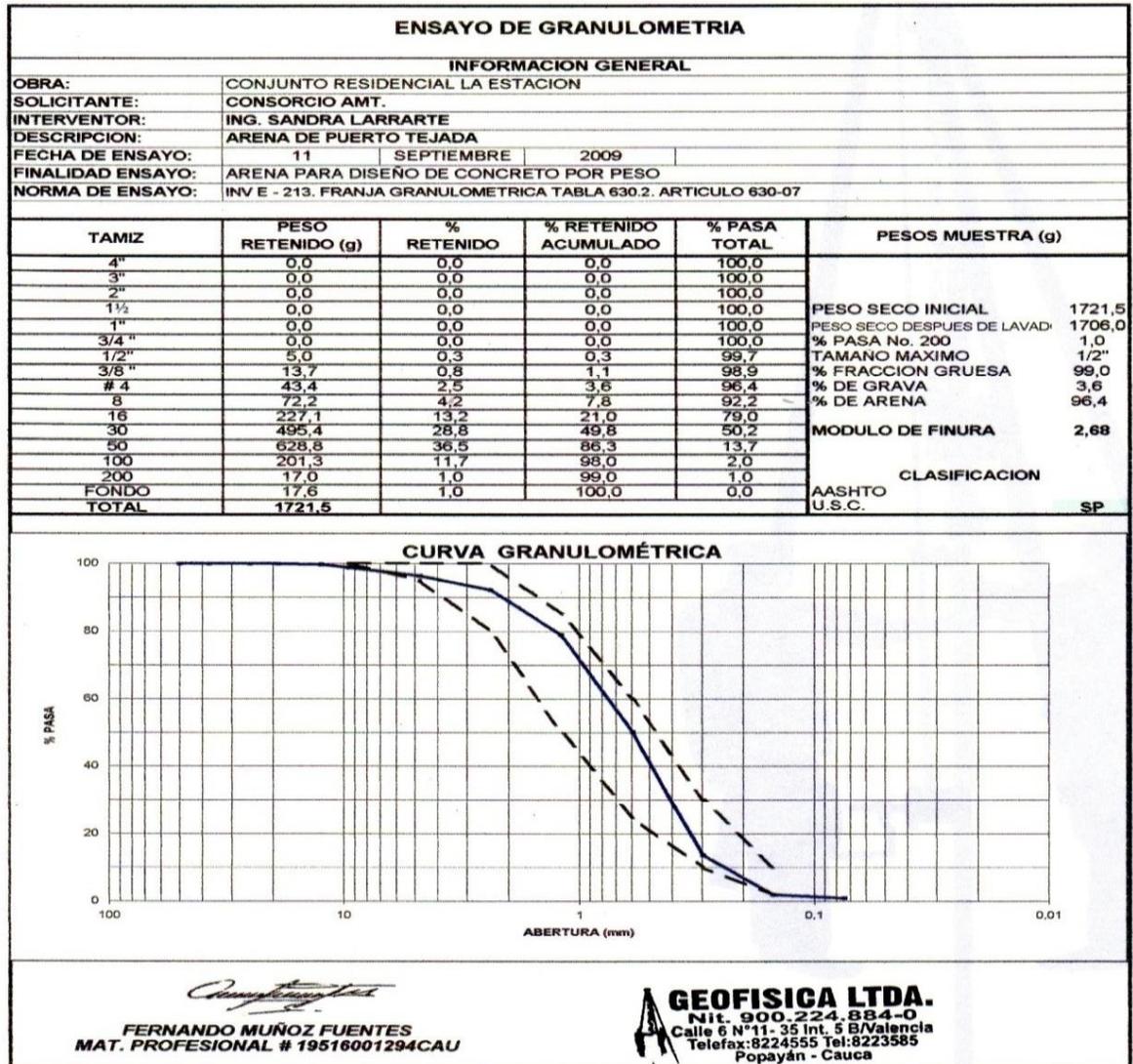


Tabla N° 2. Gradación Arena Puerto Tejada

⁶ Normas Técnicas Colombianas. NTC 174. Ingeniería civil y arquitectura, Especificaciones de los agregados para el hormigón.

⁷ Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 630-07. Concreto estructural.



Analizando los resultados del ensayo granulométrico del material fino, se puede clasificar como arena mediana, ya que su modulo de finura que es igual a 2.68 se encuentra en el rango de [2.60 a 2.90], de donde se obtiene esta clasificación.

3.1.2.2.1.2. Propiedades Físicas y Químicas del Agregado Fino Utilizado

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA ARENA DE PUERTO TEJADA				
ENSAYO	NORMA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN	GRADO DE ACEPTABILIDAD
Masa Unitaria Suelta	NTC - 92	1.445 g/cm ³	No hay especificación	Está en un rango aceptable
Materia Orgánica	INV E – 212	Color de Referencia 3	Ensayo Cualitativo	Cumple
Equivalente de arena	INV E – 133	88%	>60%	Cumple
Gravedad Especifica Bulk	INV E – 222	2.607 g/cm ³	No hay especificación	Está en un rango aceptable
Absorción	INV E – 222	1.483%	≤ 4%	Cumple
Limpieza	INV E – 214	1%	≤ 5%	Cumple

Tabla Nº 3. Resultados de ensayos realizados a Arena de Puerto Tejada

La arena de Puerto Tejada cumplió con la gradación, ya que se encontró dentro de la franja granulométrica especificado por el artículo 630 – 07 de INVIAS; en cuanto a sus propiedades físicas y químicas se halló que también arroja resultados satisfactorios cumpliendo con lo que se solicita.

3.1.2.2.2. Ubicación del agregado fino en la obra

La arena se ubica en un sitio cercano a donde está la mezcladora, se almacena de tal forma que se evite la segregación y evitando que esta se contamine con residuos de otros materiales. Siempre se descarga sobre excedentes de la misma para que no esté en contacto directo con el suelo y se impida así la contaminación con sustancias perjudiciales.



3.1.2.3. Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado procede de una cantera y posteriormente se somete a un proceso de trituración mecánica. El triturado usado en la obra fue suministrado por la empresa Conexpe, el Tamaño Máximo Nominal del triturado es 3/4".



Figura N° 19. Triturado Conexpe

3.1.2.3.1. Especificaciones y Normas para el Agregado Grueso

Los agregados para el concreto deben cumplir con la norma NTC 174⁸ y con el artículo 630 de 2007 de INVÍAS⁹. A continuación se presentan los ensayos realizados al material proveniente de la fuente que ha suministrado material a la obra.

3.1.2.3.1.1. Análisis granulométrico del Triturado de Conexpe

Como se puede observar en la tabla 4, el Triturado de Conexpe se ajustó mejor a la franja granulométrica AG-3¹⁰ cumpliendo con lo especificado. Por lo tanto del análisis granulométrico se puede resumir que el material cumple con el tamaño requerido, además se aprecia que el porcentaje de material que pasa el tamiz 200 es de 1.0% por lo tanto se determina que el triturado está libre de finos y se considera como un material limpio y libre de polvo.

⁸ Normas Técnicas Colombianas. NTC 174. Ingeniería civil y arquitectura, Especificaciones de los agregados para el hormigón.

⁹ Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 630-07. Concreto estructural.

¹⁰ Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 630-07. Concreto estructural. Tabla 630.4

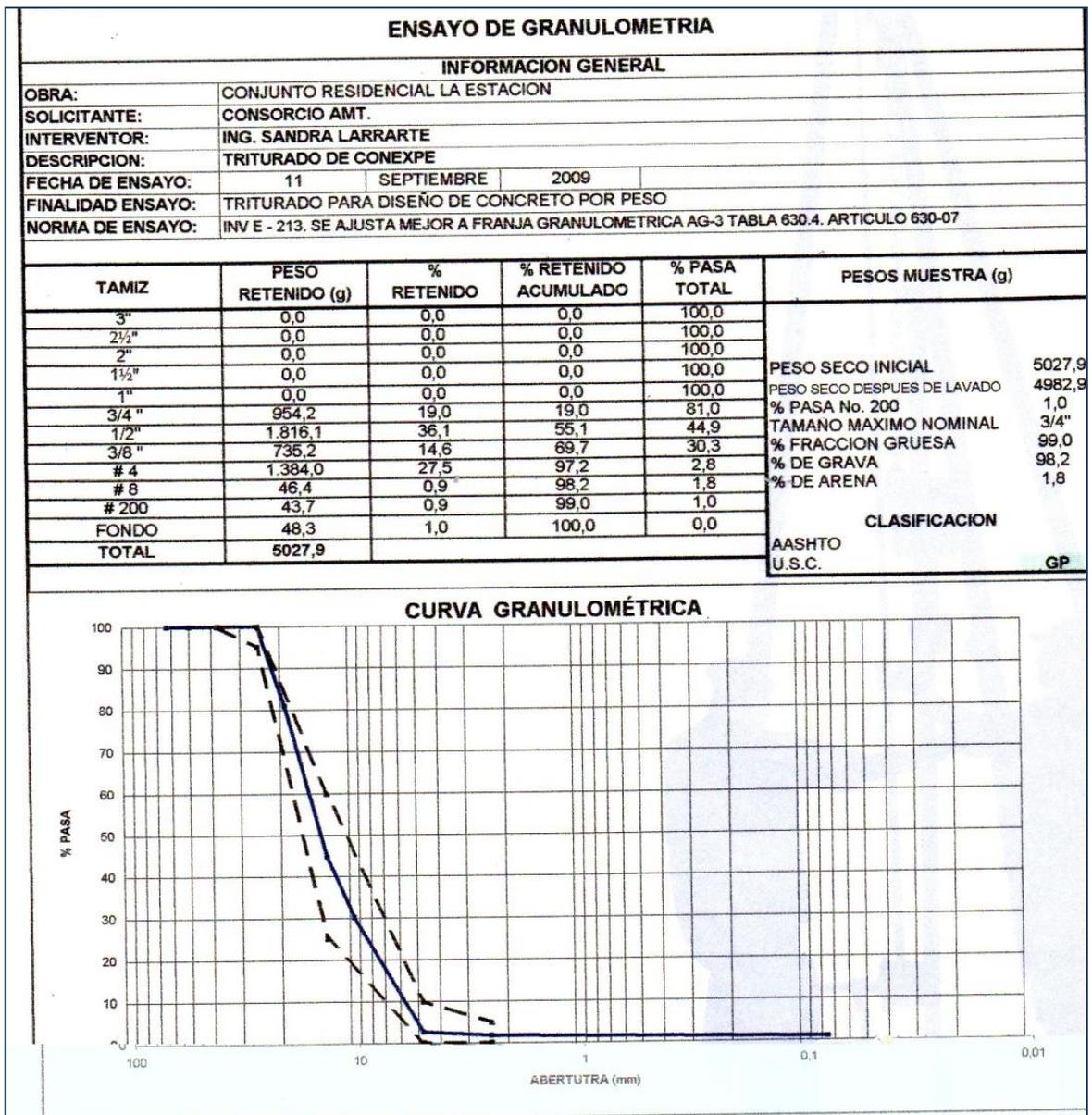


Tabla Nº 4. Análisis granulométrico Triturado de Conexpe

3.1.2.3.1.2. Propiedades Físicas y Químicas del Agregado Grueso Utilizado

Los siguientes resultados, permiten notar que las especificaciones de todos los ensayos se cumplen, a excepción, del resultado que arrojó el ensayo de resistencia al ataque de sulfatos de sodio, el cual aunque no cumple el valor planteado en la especificación, no se toma como un parámetro para rechazar el material, debido a que éste es importante en sitios donde se presentan bajas temperaturas ya que lo que hace es simular la expansión del agua por congelamiento.



El desgaste en la máquina de los ángeles para el triturado dio como resultado 28.8% de desgaste, que es menor al valor máximo establecido en las especificaciones, cuyo límite es 40%. Lo cual significa que es un agregado de buena calidad, es decir permitirá obtener un concreto durable y resistente al uso.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL TRITURADO DE CONEXPE				
ENSAYO	NORMA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN	GRADO DE ACEPTABILIDAD
Masa Unitaria Suelta	NTC - 92	1.344 g/cm ³	No hay especificación	Está en un rango aceptable
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E – 218	28.8%	≤ 40%	Cumple
Índice de Aplanamiento	INV E – 230	19.03%	≤ 25%	Cumple
Densidad Específica Aparente	INV E – 223	2.498 g/cm ³	No hay especificación	Está en un rango aceptable
Absorción	INV E – 223	2.4%	≤ 4%	Cumple
Resistencia al Ataque de Sulfato de Sodio	INV E – 220	19.13%	≤ 12%	No Cumple

Tabla N° 5. Resultados de ensayos realizados al Triturado de Conexpe

3.1.2.3.2. Ubicación del Agregado Grueso en la obra

El triturado se apila cerca a la mezcladora, separado del agregado fino, las partículas del agregado se agrupan de tal forma que se evite al máximo la segregación y la contaminación. La descarga se realiza sobre material sobrante con las mismas características, para evitar que el nuevo material se contamine al estar en contacto directo con el suelo.

3.1.2.3.3. Chequeo del Tamaño Máximo Nominal

El Tamaño Máximo Nominal del agregado no debe ser mayor que¹¹:

- a. 1/5 de la dimensión menor entre los lados de las formaletas,
- b. 1/3 del espesor de las losas,

¹¹ Normas Colombinas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C. Capítulo C.3.3.3



- c. $3/4$ del espaciamiento libre mínimo entre las barras o alambres individuales del refuerzo, paquetes de barras o los tendones o ductos de pre esforzado.

Dado que el Tamaño Máximo del agregado grueso utilizado es 1", el TMN es $3/4$ ", es decir 1.9 cm. Al realizar los chequeos se obtuvo:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{a. } \frac{1}{5} * 15 \text{ cm} = 3 \text{ cm} \\ \text{b. } \frac{1}{3} * 6 \text{ cm} = 2 \text{ cm} \\ \text{c. } \frac{3}{4} * 3 \text{ cm} = 2.3 \text{ cm} \end{array} \right\} > 1.9 \text{ cm OK!}$$

Tomando como referencia los cálculos anteriores, el Tamaño Máximo Nominal del agregado es menor que las tres condiciones anteriores (TMN = $3/4$ " = 1.9 cm < 2 cm < 2.3 cm < 3 cm), con lo anterior se buscó que no se produjeran hormigueros o vacíos ya que de no cumplir con las condiciones podría haber obstruido el paso de la mezcla a fundir.

3.1.2.4. Agua de Mezcla

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. Se recomendó que el agua utilizada en la mezcla del concreto cumpliera con la norma NTC 3459¹², esta debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que pudieran ser dañinas para el concreto o el refuerzo¹³. En la obra se utilizó agua del acueducto de Popayán.



Figura N° 20. Agua de Mezcla

¹² Normas Técnicas Colombianas. NTC 3459. Ingeniería civil y arquitectura, Agua para la elaboración de concreto.

¹³ Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C. Capítulo C.3.4

3.1.2.5. Aditivo para Concreto

En la obra fue necesaria la utilización de un aditivo súper plastificante de la línea Sika denominado Sikafluid, esto con el fin de ofrecer mejor manejabilidad del concreto, obteniéndose asentamientos entre 7 y 10 cm, se adicionó en la mezcla cuando iba a ser vaciada en columnas y pantallas; este aditivo reduce aproximadamente en un 20 % el agua de mezcla. Los aditivos reductores de agua, los aditivos retardadores y acelerantes, deben cumplir con la norma NTC 1299 o NTC 4023¹⁴.



Figura N° 21. Aditivo plastificante usado en la preparación de mezclas de concreto

3.2. CONCRETO UTILIZADO PARA LAS LOSAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE 5N

El concreto utilizado para las losas del pavimento rígido, es un concreto hidráulico producido en planta, el cual debe garantizar un modulo de rotura mínimo de 40 kg/cm² a los 28 días.

El concreto está conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregados finos y gruesos y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deben cumplir con los requisitos básicos descritos en las especificaciones del artículo 500 de 2007 de INVIAS¹⁵.

¹⁴ Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.3.6.5

¹⁵ Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 500-07. Pavimento de concreto hidráulico.



4. REQUISITOS DEL CONCRETO PRODUCIDO EN OBRA PARA LAS EDIFICACIONES

4.1. DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA

La mezcla se realiza en base a proporciones en volumen suelto iniciales de 1:2½:3, las cuales fueron encontradas, a través de mezclas diseñadas en el laboratorio. Para las anteriores proporciones se requieren entre 6.5 y 7.0 sacos de cemento por cada m³ de concreto, y para su medición se utilizan cajones de 0.33*0.33*0.33 m si la mezcladora es de un saco, o se utilizan carretillas enrazadas equivalentes a dos cajones, cuando la mezcla se realiza en una mezcladora de tres sacos.



Figura N° 22. Elementos empleados en la medición de proporciones en volumen suelto

4.2. RESISTENCIA DE DISEÑO

Todos los elementos estructurales deben cumplir con una Resistencia a la Compresión del Concreto $f'_c = 3000 \text{ PSI}$ (21 MPa) a los 28 días.

5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

5.1. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO

5.1.1. Prerrequisitos

- Tener los diseños arquitectónicos y estructurales definidos, de surgir cambios en el transcurso de la construcción, pedir la debida revisión y aprobación del diseñador.
- Tener establecido el diseño de la mezcla a emplear en la obra, de surgir variaciones realizar las pruebas en la obra, y verificar los resultados obtenidos.



- Debe haber disponibilidad tanto de materiales, como de herramientas, y equipos suficientes que garanticen el cumplimiento de la programación de la obra.
- Disponibilidad de personal suficiente e idóneo para realizar cada actividad.

5.1.2. Proceso constructivo de columnas y pantallas en concreto reforzado

5.1.2.1. Colocación del refuerzo

El suministro y la disposición del acero, se realizan de acuerdo a lo establecido en el diseño estructural, tanto para columnas como para pantallas.

En las columnas esta actividad, se realiza simultáneamente desde la cimentación del edificio, amarrando los aceros desde las vigas de la losa de cimentación, para las columnas del primer piso y luego se continúa traslapando las varillas para las columnas de niveles superiores.

El refuerzo en las pantallas se dispone de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural, en estos se describen 5 tipos de pantallas, estas tienen una parrilla de $\frac{1}{2}$ " cada 15 cm, tanto en sentido horizontal como vertical, formando una malla de refuerzo; lo indicado anteriormente se realiza para las pantallas de rigidez y para las pantallas de los ascensores. Se chequea, que para todos los elementos estructurales se cumplan entre otras cosas, los diámetros de las barras, las separaciones entre estribos, y los traslapes para cada elemento.



Figura N° 23. Colocación del refuerzo en columnas y pantallas

5.1.2.2. Encofrado

Se realiza la cimbra o marcación de las dimensiones de las columnas y pantallas, y antes de colocar la formaleta se chequean los ejes y alineamientos. La formaleta es una estructura temporal, debe ser resistente e indeformable, ya que servirá como molde y

soporte al concreto durante el vaciado y su posterior fragüe, hasta que este cumpla una resistencia determinada.



Figura N° 24. Formaleta en madera



Figura N° 25. Formaleta manoportante

La formaleta de las columnas está conformada por piezas de madera, que se ajustan con tensores, esta debe ser lubricada con algún tipo de desmoldante, para garantizar que el concreto no se adhiera a la formaleta y facilitar su retiro, una vez el concreto haya alcanzado una determinada resistencia. El encofrado de uno de los cinco tipos de pantallas, descrito en los planos estructurales, se realiza con tableros de madera ajustada con tensores, en todas las demás pantallas se emplea formaleta de aluminio tipo manoportable¹⁶, para garantizar el espesor de la pantalla se utiliza un elemento metálico denominado distanciador o corbata, dicha formaleta tiene ventajas con respecto a la de madera en cuanto a la resistencia, a un menor tiempo de ensamblaje de sus piezas, y un mejor acabado en el elemento. Estas piezas son igualmente lubricadas, con el fin de facilitar su remoción y evitar que el concreto se adhiera a la formaleta.

Antes de empezar el montaje de las piezas sean de madera o aluminio, se verifica que el acero de refuerzo este debidamente colocado especialmente centrado, para esto se utiliza los separadores (elementos de varilla $\frac{1}{4}$ ") y que las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y a gas se hayan realizado. En la construcción de este tipo de elementos 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.

5.1.2.3. Mezclado del concreto

Una vez estén listas las formaletas de los elementos a fundir, se dispone a iniciar el proceso de mezclado, pero antes de iniciarlo, es muy importante verificar que se cuente con las cantidades suficientes de materiales, e informar al personal, la dosificación de los materiales que se va a manejar y como ellos deben hacer las respectivas mediciones de

¹⁶ Manoportable: que una sola persona puede manipular



los materiales, ya que las proporciones que se utilizan para fundir todos los elementos estructurales y no estructurales son en volumen suelto.

Para la fundición de pantallas, al igual que para columnas, es necesario tener un adecuado control de la cantidad de agua que se le suministra a la mezcla, para llegar a un equilibrio entre manejabilidad y resistencia del concreto. Cada vez que se funden este tipo de elementos lo más importante es verificar que se adicione el aditivo en la dosificación requerida, y chequear que el asentamiento este, entre 7 y 10 cm y que la dosificación de los demás materiales sea la adecuada, para el caso, se adicionaba sikafluid equivalente al 1% del peso del cemento y se utilizaron proporciones 1:2½:3 en volumen suelto.

En la obra se utilizó una mezcladora mecánica, tipo no basculante, cuya olla tiene una capacidad aproximadamente de 0.45m³, dicha olla o tambor es reversible y gira en una dirección para mezclar e invierte el sentido de rotación para descargar el concreto; su accionamiento es totalmente hidráulico. Una vez los materiales, están en la olla, se supervisó que el tiempo de mezcla estuviera entre un minuto y un minuto y medio, esto con el fin de garantizar una mezcla homogénea, un adecuado recubrimiento de los agregados por la pasta de cemento y con ello un concreto de resistencia satisfactoria.



Figura N° 26. Mezclado del concreto

5.1.2.4. Transporte y Colocación de la mezcla

En la obra, generalmente se usa la torre grúa, como mecanismo para desplazar la mezcla de concreto desde su sitio de preparación hasta el sitio donde va a ser colocada, esta tiene la capacidad de hacer desplazamientos, tanto en forma horizontal, como en forma vertical, tiene por característica que se compone de cuerpos metálicos que se ensamblan unos a otros, dependiendo de la necesidad de altura requerida, logrando alcanzar una altura hasta de 38 m, y la longitud de su brazo alcanza los 30 m. Posee 4 motores de carga y un motor de giro.

Una vez, preparada la mezcla, esta se vacía sobre un cucharón metálico el cual se sujeta de un gancho en forma de garfio, que a su vez se sostiene por una polea, la cual permite el movimiento vertical del cucharón.

Cuando la torre grúa estaba en mantenimiento, se utilizó como alternativa de transporte una pluma grúa, que únicamente realiza desplazamientos en forma vertical.



Figura N° 27. Métodos de transporte de la mezcla de concreto

El vaciado del concreto para las columnas y pantallas se realizaba utilizando un cucharón, este tiene costados rectos con compuertas que se abren a toda el área del fondo para la extracción del concreto. En lugares donde la torre grúa no alcanzaba a transportar el concreto, la mezcla era descargada en buguies y mediante ellos se llegaba a un sitio cercano de la columna o pantalla a fundir, y posteriormente era vaciado dentro de la formaleta a través de recipientes. El vaciado se realiza en forma continua hasta completar la fundición, de cada uno de los elementos estructurales.



Figura N° 28. Colocación del concreto en las columnas

5.1.2.5. Vibrado del concreto

El tipo de compactación utilizado fue el vibrado interno, es decir se vibra directamente la mezcla de concreto y no se vibra desde la formaleta. Se utilizó un vibrador que funciona



con un motor eléctrico monofásico, este produce la energía de vibración, y esta es transmitida al concreto a través de una manguera.

Esta era una actividad un poco dispendiosa para el personal, ya que la sección y la altura de las columnas no permiten llegar a la base de estas, para evitar que en esta zona se presente hormigueo del concreto por falta de vibrado, hay necesidad de dar suaves golpes a la base de la formaleta con el fin de que se acomode mejor la mezcla.



Figura N° 29. Vibrado del concreto

5.1.2.6. Desencofrado

El desencofrado o retiro de la formaleta en las columnas y pantallas, se hace 2 días después de haber sido fundidas, de acuerdo a pruebas de resistencia realizadas.



Figura N° 30. Desencofrado de columnas

5.1.2.7. Curado

Para el curado de las columnas se utiliza las envolturas de los sacos de cemento humedecidos con el fin de que estos actúen como sellantes y eviten la pérdida del agua de mezcla. Este método es muy bueno ya que se logra cubrir casi en su totalidad la superficie de concreto expuesta.

El curado a las pantallas se realizaba mediante la aplicación de agua con una manguera al elemento recién fundido, es bueno si se aplica con constancia y uniformidad sobre toda la superficie de concreto.



Figura N° 31. Curado con materiales sellantes

5.1.3. Proceso constructivo de las losas aligeradas

5.1.3.1. Encofrado

El encofrado de la losa consiste en un juego de parales o puntales metálicos, también conocidos como “gatos” y sobre los cuales se apoyan cerchas metálicas, formando un sistema de soporte, además los parales son arriostrados¹⁷ por tijeras o crucetas metálicas, ubicadas en forma de diagonales, en ambos sentidos, obteniéndose así la rigidez necesaria del sistema. Para el entarimado se usa tableros de madera sobre los cuales, se arma y posteriormente se funde la losa. Las dimensiones de los tableros son 1.40*0.70 m.



Figura N° 32. Sistema de soporte del encofrado de la losa

¹⁷ Arriostramiento: Acción que genera la rigidez necesaria, de resistir fuerzas horizontales, sin colapsar, ni deformarse sensiblemente. Asocreto 1998

5.1.3.2. Colocación del refuerzo y encofrado de las Vigas

Una vez terminada y nivelada la formaleta se inicia a colocar 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 realizar la colocación de los aceros se debe respetar las distancias establecidas para la separación de barras y estribos, se verifica también los diámetros y las longitudes de traslape de las barras.

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 N° 33. Armado de vigas

Después de realizar el armado de las vigas, se hace el encofrado de estas respetando los recubrimientos establecidos por los planos; Los tableros usados en el encofrado son de madera, tiene una altura de 30 cm, la longitud varía dependiendo del espaciamiento entre vigas y viguetas, se sostienen con puntales de madera que se aseguran con puntillas para darle rigidez a la formaleta.



Figura N° 34. Encofrado de vigas



5.1.3.3. Instalación de elementos aligerantes en los voladizos

Los elementos aligerante para los voladizos, son casetones, elaborados en listones de madera y forrados con esterilla de guadua, estos sirven de formaleta para los nervios y viguetas de los voladizos, además reducen el peso de la estructura. Sobre estos se coloca y se amarra el acero de retracción y fraguado. Las dimensiones de los casetones varían de acuerdo a la planta estructural, su altura estándar es de 0.30 m.



Figura N° 35. Instalación de casetones

5.1.3.4. Instalación de viguetas prefabricadas

Las viguetas pretensadas 10x25 son suministradas por la sociedad “LV ESTRUCTURAS EN CONCRETO S. A.”. Esta empresa realiza la construcción, prefabricación, cargue e instalación de las viguetas.

Las viguetas prefabricadas tienen una altura de 25 cm, ancho de 10 cm y una longitud entre vigas de apoyo que varía de acuerdo a las especificaciones de los planos estructurales, estas son en concreto pretensado de 35 MPa, además incluye el refuerzo positivo (aceros de alta resistencia 270Ksi) y los estribos en hierro. El refuerzo negativo requerido lo suministra la obra y se instala durante el proceso de armado y fundición de la losa.

La vigueta prefabricada se transporta por medio de la torre grúa con ganchos sostenidos por cables de acero. Se apoya directamente sobre las vigas principales en cada uno de sus extremos empotrando 2 pulgadas en cada lado y tiene bastones de hierro para amarre y continuidad de la estructura. También requiere de apoyos intermedios provisionales durante el armado y la fundición de la losa.

El acabado superior es estriado y tiene los estribos embebidos en el concreto sobresaliendo para instalar el hierro negativo de la vigueta (este se realiza con varillas corridas 5/8”) y darle continuidad a la estructura. El acabado inferior es liso de formaleta metálica y no necesita repello.



Figura N° 36. Instalación de viguetas prefabricadas



Figura N° 37. Amarre de las viguetas a las vigas principales

5.1.3.5. Instalaciones sanitarias

El proceso de construcción de estas instalaciones 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. Los diámetros y los alineamientos se basan en los planos de diseño. Además se debe instalar los bajantes de aguas negras, tuberías de reventilación y bajantes de aguas lluvias.

Se emplearon accesorios y tuberías de PVC certificadas, así como limpiador y soldadura recomendada. El personal que maneja este tipo de instalaciones debe verificar que todos los elementos queden con su respectiva pendiente.



Figura N° 38. Instalaciones sanitarias

5.1.3.6. Instalaciones hidráulicas

Estas 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 emplean accesorios y tuberías de PVC de calidad certificada y acatando totalmente las recomendaciones de los fabricantes.

Su instalación se complementa con redes de abastecimiento de agua caliente.

De acuerdo al diseño arquitectónico, existen unos espacios vacíos, comúnmente llamados buitrones, estos son pasos en la losa de entrepiso donde se ubican los bajantes y tuberías, estos van desde el sótano hasta la cubierta.

5.1.3.7. Instalación de placas prefabricadas

La Prelosa Planar H-4 es suministrada por la sociedad “LV ESTRUCTURAS EN CONCRETO S. A.”. Esta empresa realiza la construcción, prefabricación, cargue e instalación de las placas prefabricadas.

La losa parcialmente prefabricada se compone de Prelosa Planar H-4 de altura 4cm, el ancho y la longitud varían de acuerdo a las especificaciones de los planos estructurales, estas son en concreto pretensado de 28 MPa; y un complemento de 6cm de concreto fundido en sitio de 21 MPa, para un total de 10 cm de losa. El refuerzo negativo requerido es la malla electrosoldada especificado por el calculista.

La placa prefabricada se transporta por medio de la torre grúa con ganchos sostenidos por cables de acero. Se apoya directamente sobre las viguetas en cada uno de sus extremos empotrando 2,5 cm en cada lado, además requiere de apoyo intermedio durante el armado y fundición. El acabado superior de la losa Planar H-4 es estriado y tiene conectores en acero embebido en el concreto para garantizar adherencia con el concreto nuevo. El acabado inferior es liso de formaleta metálica, facilitando un acabado de excelente calidad.



Figura N° 39. Instalación de placas prefabricadas



Figura N° 40. Refuerzo negativo



5.1.3.8. Instalaciones eléctricas

Su diseño se basa en los planos arquitectónicos, para determinar los puntos de iluminación, interruptores, tomacorriente, salidas de televisión, teléfonos, ubicación de tablero de protección y en general todos los elementos que forman la dotación eléctrica. Para su construcción se debe tener en cuenta los planos eléctricos, especificaciones de construcción y normas técnicas vigentes (RETIE). Los ductos, curvas y terminales utilizados son PVC conduit tipo pesado.



Figura N° 41. Instalaciones eléctricas

5.1.3.9. Mezclado del concreto

La mezcla de concreto para las losas de entrepiso, se realiza de acuerdo a la dosificación requerida en volumen suelto que es de 1:2½:3, para esta mezcla no se emplea ningún tipo de aditivo y se trabaja con asentamientos entre 4 y 6 cm. Generalmente, se efectúa en la mezcladora de tres sacos, y se transporta a través de la torre grúa.

5.1.3.10. Vaciado del concreto

Una vez, preparada la mezcla, esta se vacía sobre un bache metálico con capacidad de 900kg, el recipiente se sujeta de un gancho en forma de garfio, que a su vez se sostiene por una polea, la cual permite el movimiento vertical del bache.

El vaciado del concreto se realiza directamente desde el bache de la torre grúa, sobre el sitio de fundición, dicho bache tiene una compuerta inferior de descarga.

Para sitios donde la torre grúa no alcanza a llegar, la colocación del concreto, se realiza mediante el uso de carretillas, se debe colocar rampas de madera para un cómodo y seguro desplazamiento.



Figura N° 42. Vaciado del concreto en la losa

5.1.3.11. Vibrado de la losa

El vibrado de la losa se realiza simultáneamente con el vaciado del concreto y se emplea vibradores eléctricos, se debe tener en cuenta que estos equipos cumplan con los requerimientos necesarios en cuanto a diámetro y numero de revoluciones. El personal encargado de esta labor debe tener experiencia ya que no puede exceder el vibrado de la mezcla porque puede generar segregación de la misma.



Figura N° 43. Vibrado de la losa

5.1.3.12. Terminado de la losa

En el momento de terminar de llenar las vigas se coloca las plantillas de nivel, estas se ejecutan con el mismo concreto de losa y se chequea el nivel, en seguida se termina de vaciar la losa de recubrimiento. La losa debe ser terminada de tal forma que su superficie quede lisa, esto se logra pasando llanas metálicas, sobre la mezcla ya vibrada, extendida y nivelada. Para darle un mejor acabado se puede utilizar un palustre.

El procedimiento se realiza cuando el concreto está, en su punto de llana es decir cuando el agua de la mezcla aparece en la superficie dándole una tonalidad brillante a la mezcla recién colocada.



Figura N° 44. Acabado de la losa

5.1.3.13. 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 aplica una vez el concreto ha endurecido y durante cuatro días.



Figura N° 45. Curado de la losa

5.1.3.14. Desencofrado

Consiste en el retiro de todo el conjunto de elementos que conforman la obra falsa, en nuestro caso las losas se inician a desencofrar a los cuatro días después de fundidas, esto se logra mediante un diseño de mezcla óptima y un estudio de la resistencia temprana del concreto. En la curva de control del concreto sin aditivos, (Ver Tabla N° 6) se muestra que al cuarto día se ha alcanzado la resistencia de diseño requerida para la losa por lo tanto es posible su desencofrado.

REGISTRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO											
E REFERENCIA	INV. E-401, E-402, E-403, E-404, E-410, E-412						FECHA	13-Feb-2009			
O B R A : CONJUNTO RESIDENCIAL LA ESTACION											
SECTOR:											
SUMINISTRA:											
INTERVENTOR:											
CONSTRUCTOR: CONSORCIO AMT											
S O L I C I T Ó :											
ESTRUCTURA: CURVA Nº 1 DE CONTROL											
RESISTENCIA DE DISEÑO: 3000 P.S.I.											
Ref. N°	fecha toma	fecha rotura	Edad días	Perímetro cm	Carga Lb	Resistencia				DETALLE OBRA	
						KN	kg/cm ²	MPa	PSI	% DE 3000PSI	
16	31-Ene	02-Feb	2	48,6	71000	279,0	151	14,8	2149	72	
17	31-Ene	03-Feb	3	49	78000	298,6	159	15,6	2263	75	
18	31-Ene	04-Feb	4	48,2	113500	446,0	246	24,1	3493	116	
19	31-Ene	05-Feb	5	48,2	118000	463,7	256	25,0	3631	121	←
20	31-Ene	06-Feb	6	48,2	120500	473,5	261	25,6	3708	124	
21	31-Ene	07-Feb	7	48,3	124500	489,2	269	26,3	3816	127	
22	31-Ene	08-Feb	8	48,2	132500	520,6	287	28,1	4078	136	
23	31-Ene	09-Feb	9	48	134500	528,5	294	28,8	4174	139	

OBSERVACION: 1:2 1/2: 2 1/2 TRITURADO 3/4 ECOCIVIL Y ARENA DE PUERTO

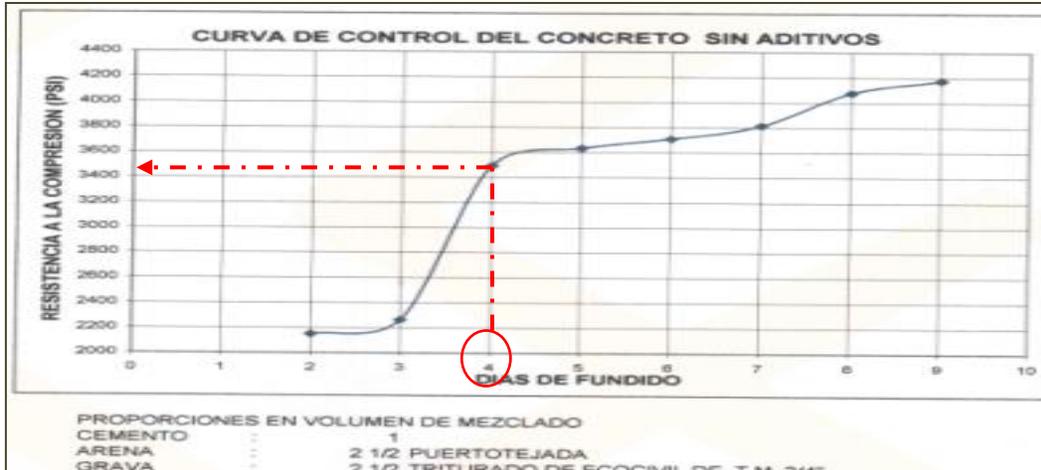


Tabla Nº 6. Determinación del tiempo mínimo de desencofrado.

5.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA DE CONCRETO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CALLE 5N

5.2.1. Prerrequisitos

- Acondicionamiento de la capa de apoyo (subbase): La superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla debe tener la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos.
- Tener los planos del diseño de la modulación de las losas de concreto, donde se encuentre la ubicación de las losas de concreto y sus medidas, detalles de juntas y elementos de refuerzo; de surgir cambios en el transcurso de la construcción, pedir la debida revisión y aprobación del diseñador.

5.2.2. Instalación de las formaletas fijas

La formaleta empleada es metálica, la altura libre de esta es de 20 cm que corresponde al espesor de diseño de las losas. Estas deben ser rígidas, rectas, sin torceduras y deben tener los orificios precisos para la colocación de las barras indicadas en los planos del proyecto. La formaleta es limpiada, aceiteada, alineada y asegurada con varillas de acero a la base con el fin de que una vez colocada sea capaz de resistir la presión del concreto y la vibración del equipo sin deformarse



Figura N° 46. Instalación de Formaletas fijas

5.2.3. Colocación de los pasadores o barras pasajuntas

Los pasadores se colocan como mecanismo para garantizar la transferencia transversal de carga entre las losas adyacentes. Se construyen con barras de acero redondo liso, de diámetro 1 pulgada, longitud 45 cm y espaciados centro a centro 30cm; ambos extremos de los pasadores deben ser lisos y estar libres de rebabas cortantes que restrinjan su deslizamiento libre dentro del concreto.

Los pasadores son recubiertos con material lubricante, para impedir la adherencia del acero con el concreto, y se instalan mediante canastas metálicas de sujeción (canastillas), suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijan a la base de un modo firme. Estas canastillas conservan los pasadores en la posición correcta durante la colocación y acabado del concreto, más no deben impedir el movimiento longitudinal de los mismos.

Los pasadores se colocan a mitad de la altura de la losa, con una mitad a cada lado de la junta, y se ponen paralelos entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación prevista para la junta de contracción transversal, de acuerdo con los planos del proyecto. Además se deja una referencia precisa que define dicha posición a la hora de completar la junta.



Figura N° 47. Colocación de los pasadores

5.2.4. Colocación del refuerzo de las losas

En algunas losas del proyecto fue necesario la colocación de parrillas de refuerzo, estas son en acero corrugado de diámetro $\frac{1}{2}$ pulgada cada 30 cm en ambas direcciones; según los planos del proyecto se requiere la colocación de una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Losas que no cumplan la relación de esbeltez largo/ancho comprendida entre el rango (1 - 1.3).
- Losas de forma irregular (no rectangular)
- Losas con presencia de cámaras de inspección.



Figura N° 48. Losas que requieren refuerzo

5.2.5. Demarcación de las juntas de expansión en losas con presencia de estructuras hidráulicas

Para realizar en un futuro las juntas de expansión, fue necesario aislar las cámaras de inspección y sumideros usando triplex e icopor en losas donde se presentaban estas estructuras hidráulicas.



Figura N° 49. Demarcación de juntas de expansión

5.2.6. Preparación y Transporte del concreto premezclado

El concreto premezclado es realizado por Concrevalle Ltda, y se transporta en un camión (mixer) que lo agita lentamente, a fin de evitar la segregación y un indebido endurecimiento.



Figura N° 50. Medio de transporte del concreto: Mixer

5.2.7. Colocación y vibrado del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se satura sin que se presenten charcos. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, es de un metro y medio (1.50 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones¹⁸.

El concreto se distribuye uniformemente, y una vez extendido se compacta inicialmente por vibración interna por medio de vibradores de agujas y luego se utiliza la regla vibratoria, para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación, la aparición de vacíos y logrando alcanzar la densidad adecuada. Después se enrasa usando llanas metálicas de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre

¹⁸ Especificaciones IDU-ET-2005. Capítulo 6. Pavimentos de concreto hidráulico



de irregularidades, marcas y porosidades, para darle un mejor acabado se puede utilizar un palustre.



Figura N° 51. Colocación del concreto



Figura N° 52. Vibrado del concreto



Figura N° 53. Terminado del concreto

5.2.8. Colocación de barras de amarre o unión

Las barras de amarre (usadas en juntas longitudinales), se utilizan con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Se construyen con barras de acero corrugado, de diámetro $\frac{1}{2}$ pulgada, longitud 75 cm y espaciadas cada 75 cm.



Las varillas de amarre se instalan en forma perpendicular a la junta. Se colocan a mitad del espesor de la losa, con una mitad a cada lado de la junta. Las varillas se insertan dentro de las formaletas, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.



Figura N° 54. Colocación de barras de amarre

5.2.9. Acabado superficial

Después de extendido y compactado, el concreto se somete a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto.

El acabado del pavimento se realiza por medio del flotador o enrasador, el cual tiene una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado, además tiene sus bordes ligeramente curvos y chaflanados evitando que se hunda en el concreto dejando surcos.



Figura N° 55. Acabado superficial usando el flotador

5.2.10. Textura superficial

Cuando en la superficie el brillo producido por el agua haya desaparecido, se le da al pavimento la textura superficial adecuada para garantizar la resistencia al deslizamiento

requerida. Para ello inicialmente se pasa una tela de fique sobre toda la superficie del pavimento en el sentido longitudinal, la tela debe encontrarse húmeda para garantizar que por su peso deje el microtexturizado que se requiere. Posteriormente, se le da al pavimento una textura transversal homogénea en forma de estriado, por medio de un cepillo de texturizado, en forma sensiblemente perpendicular al eje de la calzada.



Figura N° 56. Textura superficial

5.2.11. Curado del concreto

El curado busca evitar la pérdida de agua de la mezcla, este se realiza inmediatamente después del acabado final, y consiste en aplicar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, suficiente cantidad de agua, esparciéndola con una manguera, este se aplica por un período de siete (7) días.



Figura N° 57. Curado del concreto

5.2.12. Ejecución de la junta transversal de construcción

Las juntas transversales de construcción, se colocan en los lugares predeterminados para finalizar el colocado del día ó cuando se presente una interrupción que haga temer el

comienzo del fraguado. Estas se hacen coincidir con una junta de contracción transversal, y tienen pasadores en todo el ancho de la sección transversal, estos pasadores se construyen con barras de acero redondo liso, de diámetro 1 pulgada, longitud 45 cm y espaciados centro a centro 30cm, además son recubiertos con material lubricante, para impedir la adherencia del acero con el concreto.



Figura N° 58. Junta transversal de construcción

5.2.13. Corte de las juntas

El corte de las juntas transversales se realiza con discos abrasivos. Previamente se trazan sobre el pavimento de acuerdo con el diseño y la localización de las barras. Este corte se inicia cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución (no se presenten desportillamientos) y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. Sin embargo una vez comenzado el corte deberá continuarse hasta finalizar todas las juntas¹⁹. El corte de las juntas transversales en la obra se realizó en un rango de tres a cuatro horas de la colocación del pavimento.

Se realiza un corte inicial con un ancho de 3 mm y a una profundidad de 1/3 del espesor de la losa de concreto con el fin de inducir la falla controlada. Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello, de acuerdo con los planos del proyecto. El segundo corte deberá realizarse antes de 48 horas de la colocación del sello²⁰.

¹⁹ Especificaciones IDU-ET-2005. Capítulo 6. Pavimentos de concreto hidráulico

²⁰ Especificaciones IDU-ET-2005. Capítulo 6. Pavimentos de concreto hidráulico



Figura N° 59. Corte de las juntas

5.2.14. Retiro de formaletas

El retiro de formaletas se efectúa luego de transcurridas 24 horas a partir de la colocación del concreto, en función de la resistencia alcanzada por el concreto y del aspecto de los bordes del pavimento.



Figura N° 60. Retiro de formaletas

5.2.15. Apertura al tránsito

Para dar al servicio el pavimento rígido, se deben sellar las juntas y verificar que la resistencia del concreto este cercana al módulo de rotura especificado, para evitar la fisuración después del proceso constructivo.

6. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO EN OBRA

El análisis de precios se realizó para una dosificación de la mezcla de concreto en proporciones en volumen suelto 1:2½:3, considerando la mezcla de concretos con y sin aditivos y haciendo la comparación entre los costos de los materiales sin tener en cuenta la mano de obra y el equipo utilizado en su preparación.

6.1. COMPARACIÓN DE COSTOS DE MEZCLA CON Y SIN PLASTIFICANTES

Para el análisis de costos presentado a continuación es necesario tener en cuenta las cantidades de material, necesarias para la producción de un m³ de concreto para proporciones en volumen suelto 1:2½:3²¹, y su valor unitario de acuerdo a lo anterior se tiene:

Material	Cantidad de material por m ³ de concreto	Valor unitario	Concreto sin sikafluid \$/m ³ concreto	Concreto con sikafluid \$/m ³ concreto
Cemento	6.5 sacos/m ³ concreto	\$ 22000 / saco	\$ 143000	\$ 143000
Agregado Fino	0.65 m ³ /m ³ concreto	\$ 45000 / m ³	\$ 29250	\$ 29250
Agregado Grueso	0.78 m ³ /m ³ concreto	\$ 70000 / m ³	\$ 54600	\$ 54600
Agua	185 Litros/m ³ concreto	\$ 2 / Litro	\$ 370	\$ 296
Superplastificante sikafluid	3.25 Kg/m ³ concreto	\$ 3190 / Kg	\$ 0	\$ 10367.5
Total			\$ 227220	\$ 237513.5

Tabla N° 7.comparacion de costos en pesos de mezclas con y sin aditivo.

Cabe aclarar que dichas cantidades son aproximadas, ya que por ser proporciones en volumen suelto, puede surgir cierta variación en estas.

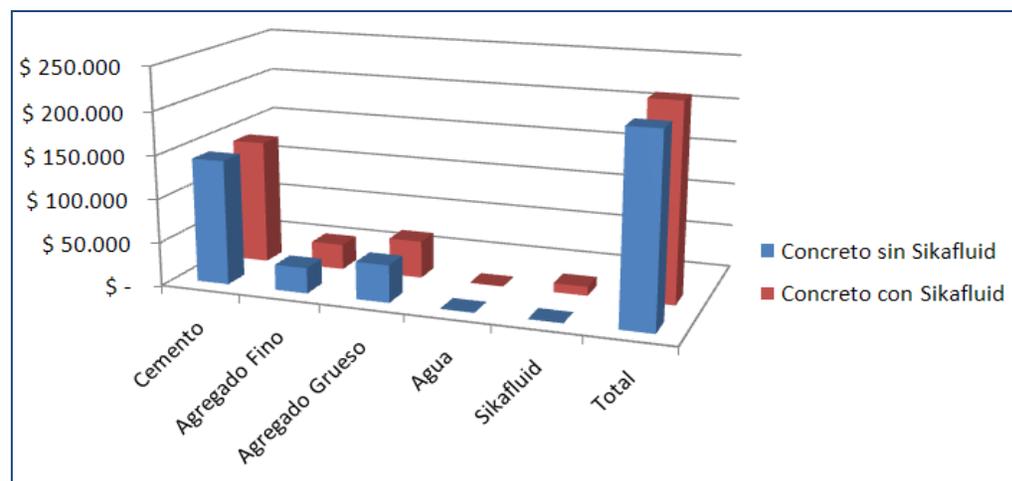


Figura N° 61. Costos de mezcla de concreto con y sin aditivo

La reducción de agua que permite el plastificante es de 20%. Existe un sobrecosto de \$10293.5 por metro cubico de concreto producido en obra con plastificante, esto se justica desde el punto de vista técnico, ya que logramos una buena manejabilidad, buena resistencia y un buen acabado de los elementos.

²¹ Rivera L. Gerardo A. "Concreto Simple". Unicauca. 1992.



7. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA

7.1. VERIFICACIÓN DEL CRONOGRAMA

Realice el seguimiento a la programación y ejecución de la obra a través de la verificación de los cronogramas de avance establecidos al inicio de la misma, esta programación fue realizada por el constructor, es decir, por el Consorcio AMT, en conjunto con Interventoría.

Cuando ingrese a la obra “Conjunto Residencial La Estación”, esta ya presentaba un retraso de media semana en la construcción de la losa aligerada del segundo piso, sin embargo este retraso se prolongo dos semanas y media más, esto se debió a que se cambió el sistema constructivo de la losa, pues a partir de esta, se adopto la losa prefabricada (pretensada). En sí la tardanza en el cronograma de obra se dio por lo siguiente:

- Aprobación por parte del asesor estructural debido al sistema constructivo.
- Retraso en la llegada de las viguetas prefabricadas y planares, los cuales son enviados desde Cali.
- Daños en la torre grúa.
- Daños en la mezcladora.

Sin embargo es necesario resaltar que gracias al nuevo sistema constructivo de la losa se agilizó la construcción, lográndose mayor eficiencia, lo cual permitió posteriormente lograr cumplir con el cronograma establecido.

A continuación se presenta la programación de la obra desde el momento en el cual ingrese a la pasantía.

Tabla N° 8. Cronograma de avance de obra "Conjunto Residencial La Estación"

PROGRAMA DE TRABAJO CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE CONCRETO TORRE C														
Mes			SEPTIEMBRE								OCTUBRE			
			SEMANA 37		SEMANA 38		SEMANA 39		SEMANA 40		SEMANA 41		SEMANA 42	
DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Sep-07	Sep-13	Sep-14	Sep-20	Sep-21	Sep-27	Sep-28	Oct-04	Oct-05	Oct-11	Oct-12	Oct-18
COLUMNAS PRIMER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEGUNDO PISO	M ²	825												
COLUMNAS SEGUNDO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA TERCER PISO	M ²	825	PROGRAMADO							EJECUTADO				
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												

PROGRAMA DE TRABAJO CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE CONCRETO TORRE C														
Mes			SEPTIEMBRE								OCTUBRE			
			SEMANA 43		SEMANA 44		SEMANA 45		SEMANA 46		SEMANA 47		SEMANA 48	
DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Oct-19	Oct-25	Oct-26	Nov-01	Nov-02	Nov-08	Nov-09	Nov-15	Nov-16	Nov-22	Nov-23	Nov-29
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEXTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS SEXTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEPTIMO PISO 1 PH	M ²	845,3												
COLUMNAS SEPTIMO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA OCTAVO PISO 2 PH	M ²	662,9												

PROGRAMA DE TRABAJO CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE CONCRETO TORRE C														
Mes			SEPTIEMBRE								OCTUBRE			
			SEMANA 48		SEMANA 49		SEMANA 50		SEMANA 51		SEMANA 52		SEMANA 53	
DESCRIPCIÓN	UND	CANT	Nov-23	Nov-29	Nov-30	Dic-06	Dic-07	Dic-13	Dic-14	Dic-20	Dic-21	Dic-27	Dic-28	Ene-03
COLUMNAS TERCER PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA CUARTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS CUARTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA QUINTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS QUINTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEXTO PISO	M ²	825												
COLUMNAS SEXTO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA SEPTIMO PISO 1 PH	M ²	845,3												
COLUMNAS SEPTIMO PISO INC PANTALLAS	ML	105,6												
LOSA ALIGERADA OCTAVO PISO 2 PH	M ²	662,9												



7.2. CHEQUEO DE MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA

La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue)²².

En la obra “Conjunto Residencial La Estación” el trabajo que realice en cuanto al control de la manejabilidad en la Torre C, consistía en realizar los ensayos de manejabilidad, en este caso, la prueba de slump, y mediante esta prueba verificaba que la cantidad de agua adicionada a la mezcla fuese la indicada para obtener los asentamientos requeridos para cada elemento fundido; además debía verificar: que se utilizaran los materiales adecuados, que el personal estuviera utilizando y cumpliendo con la dosificación adecuada y con las cantidades requeridas de aditivo de ser este necesario, debía observar que se midieran las cantidades de material, ya estipuladas para las proporciones en volumen suelto determinadas. También debía estar haciendo un permanente control de los procesos de transporte, vaciado, colocación, compactación, desencofrado y curado del concreto descritos anteriormente en este informe.

En cuanto al pavimento rígido de la vía, para los ensayos de manejabilidad del concreto premezclado, también se uso la prueba del slump, para tal caso, se extraía una muestra en el momento de la colocación del concreto para someterla al ensayo de asentamiento y se verificaba que este resultado estuviera dentro de los límites requeridos de acuerdo con el diseño de la mezcla.

7.2.1. Ensayo de medición de la manejabilidad

El ensayo empleado en la obra “Conjunto Residencial La Estación” para determinar la manejabilidad, consistió en medir la consistencia o fluidez de una mezcla del concreto a través de la prueba de asentamiento con el cono o Slump (NTC 396²³).

Esta prueba se realizaba 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. Siempre los resultados de asentamiento obtenidos en las mezclas preparadas en obra para la Torre C oscilaron en un rango entre 3 y 10 cm; y para el pavimento rígido de la vía los resultados de asentamiento obtenidos del concreto premezclado oscilaron en un rango entre 4 y 10 cm; Considerándose estas, como mezclas plásticas o de consistencia media.

²² Rivera L. Gerardo A. “Concreto Simple”. Unicauca. 1992. Capítulo 4.1

²³ Normas Técnicas Colombianas. NTC 396. Ingeniería civil y arquitectura, Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.



Figura N° 62. Medida del asentamiento de una mezcla de concreto con el cono o slump para la losa



Figura N° 63. Medida del asentamiento para las columnas y pantallas



Figura N° 64. Medida del asentamiento para el pavimento rígido

7.3. PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

La resistencia a la compresión del concreto es una de las propiedades más importantes para evaluar la calidad de un concreto, debido a que la principal característica estructural de este es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, por lo tanto es importante prestar mucha atención a esta propiedad para que no traiga futuras consecuencias a la estructura.

7.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Los cilindros para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto, deben fabricarse y curarse de conformidad con la norma NTC 550²⁴ y ensayarse según la norma NTC 673²⁵.

²⁴ Normas Técnicas Colombianas. NTC 550. Ingeniería civil y arquitectura, Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.

²⁵ Normas Técnicas Colombianas. NTC 673. Ingeniería civil y arquitectura, Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto.



La NSR 98 recomienda hacer y ensayar como mínimo dos cilindros para cada edad y trabajar con el valor promedio, con el fin de realizar un análisis estadístico de los resultados de resistencia a la compresión obtenidos. Sin embargo, en la obra se realiza una toma de cilindros representativa de cada elemento, siendo estos losas, pantallas y columnas, se elaboran 3 cilindros, uno por cada edad de evaluación a los 7, 14, y 28 días.

El método de compactación depende del asentamiento requerido para la mezcla, usándose compactación con varilla si dicho asentamiento es mayor a 2.5 cm. ya que uno de los requerimientos de la mezcla que se produce en la obra, es que esta sea de consistencia media o plástica, entonces el modo de compactar los cilindros es por medio del método de apisonado con varilla.

En la obra, mi labor como pasante consistía en realizar la toma de muestra de cilindros de concreto, después los referenciaba, y estaba pendiente para que fueran removidos de sus moldes después de 20 ± 4 horas de haber sido elaborados, para luego ser inmersos en agua hasta ser llevados al Laboratorio.

Por otro lado, en la obra se lleva un control interno de la toma de cilindros, por lo que otra de mis funciones era efectuar el diligenciamiento de los formatos que se envían al laboratorio, en estos se debía especificar: fecha de toma de los cilindros, número del consecutivo de los cilindros, sector de la estructura fundida con ese tipo de mezcla, la dosificación empleada, el asentamiento obtenido con la prueba del slump, la procedencia de los agregados, y si se adicionaron o no aditivo.

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.





Figura N° 65. Toma de cilindros



Figura N° 66. Desencofrado de los cilindros



Figura N° 67. Inmersión de los cilindros en agua

7.3.2. Resistencias a la Compresión del concreto de la obra “Conjunto Residencial La Estación”

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

Tabla N° 9. Resistencias a la Compresión del concreto “Conjunto Residencial La Estación”

CONVENCIONES	
Resistencias a los 28 días \geq 3000 PSI	
Resistencias a los 28 días $<$ 3000 PSI	
Resultados de resistencias pendientes	
Resultados de resistencia inconsistente	
Resistencias obtenidas del concreto premezclado (pavimento rígido)	



FECHA TOMA CILINDRO	Nº DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
10/09/2009	135	Viga de cimentación y zapata, zona 2 de parqueadero	7	2708
	136		14	3018
	137		28	3291
17/09/2009	138	Bloque C, 2º losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y B	7	2199
	139		14	2612
	140		28	3053
18/09/2009	141	Bloque C, 2º losa, Ejes 4,5,6 entre Ejes C y D	7	1540
	142		14	2407
	143		28	2798
18/09/2009	144	Bloque C, 2º losa, Ejes 7,8,9 entre Ejes A, B y C	7	2181
	145		14	2889
	146		28	3308
21/09/2009	147	Parqueadero pavimentos de la zona 1	7	2531
	148		14	3044
	149		28	3254
24/09/2009	150	Pantallas Eje entre A y B; columnas entre Ejes 4 A, B, C y D; pantalla Eje C entre 1 y 2; pantalla ascensor entre Eje 4 y 5	7	3090
	151		14	3527
	152		28	3816
25/09/2009	153	Bloque C, 2º losa, Ejes 8,9,10,11 entre Ejes C y D	7	2315
	154		14	2769
	155		28	3255
28/09/2009	156	Pantalla grande Eje 1 entre C y D; pantalla del ascensor, 1 columna de 1m*30; 5 columnas de 30*50; 2 gradas	7	2689
	157		14	3022
	158		28	3887
01/10/2009	159	Pantalla Eje A-B del Eje 11; pantalla ascensor Eje B-C entre 8 y 9	7	4201
	160		7	2682
	161		14	2857
	162		14	4909
	163		28	3537
	164		28	3632
06/10/2009	165	Bloque C, 3º losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y D	7	3537
	166		14	4232
	167		28	
09/10/2009	168	Columnas Ejes 3 y 4 entre C y D	7	1750
	169		14	2447
	170		28	



FECHA TOMA CILINDRO	Nº DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
13/10/2009	171	Pantalla Eje 1 entre Eje C y D; columna Eje 6 entre Eje A; columnas Eje 7 entre Eje A y B; columnas Eje 8 entre Eje A y B	7	2556
	172		14	3284
	173		28	3828
26/10/2009	174	Bloque C, 4º losa, Ejes 3 - 6 entre Ejes A y B	7	2686
	175		14	3061
	176		28	3782
28/10/2009	177	Columnas Ejes 2 - 6 del Eje A; columnas Ejes 2 - 4 del Eje B	7	2335
	178		14	2861
	179		28	3376
30/10/2009	180	Pantalla Eje 1 entre Eje C y D; columnas Eje 5 entre Ejes A y B; columna Eje 6 entre Eje B; columna Eje 5 entre Eje C	7	2226
	181		14	3250
	182		28	3595
31/10/2009	183	Bloque C, 4º losa, Ejes 5 - 11 entre Ejes C y D	7	
	184		14	
	185		28	
04/11/2009	186	Pantalla Eje 11 entre Ejes C y D; columnas Ejes 7 y 8 entre Ejes A y B; pantalla escalera	7	2273
	187		14	2647
	188		28	3179
10/11/2009	189	Bloque C, 5º losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes A y B	7	
	190		14	
	191		28	
11/11/2009	192	Bloque C, 5º losa, Ejes 1 y 2 entre Ejes C y D	7	2018
	193		14	2633
	194		28	
13/11/2009	195	Bloque C, 5º losa, Ejes 10 y 11 entre Ejes C y D	7	
	196		14	
	197		28	
13/11/2009	198	Pantalla Eje A y B; pantalla Ejes 2 y 3 entre B y C; columnas Ejes 2, 3,4 entre C y D; columnas Eje 6 entre Ejes A y B	7	
	199		14	
	200		28	
20/11/2009	201	Pantalla Eje 11 entre Ejes C y D	7	2152
	202		14	2607
	203		28	3162
24/11/2009	204	Bloque C, 6º losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes A y B	7	
	205		14	
	206		28	
26/11/2009	207	Bloque C, 6º losa, Ejes 1,2,3 entre Ejes C y D	7	
	208		14	
	209		28	



FECHA TOMA CILINDRO	Nº DE CILINDRO	UBICACIÓN	EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)
28/11/2009	210	Bloque C, 6º losa, Ejes 6,7,8,9 entre Ejes C y D	7	3372
	211		14	3893
	212		28	5007
30/11/2009	213	Columnas Ejes 4,5,6 entre A,B,C,D	7	2142
	214		14	2489
	215		28	3143
02/12/2009	216	Pantalla del ascensor Ejes 4,5 entre B y C	7	
	217		14	
	218		28	
04/12/2009	219	Pavimento, tramo Nº 1, carril derecho, K0+036	7	3744
	220		14	4152
	221		28	5206
07/12/2009	222	Pavimento, tramo borde losa, carril derecho, K0+075	7	2351
	223		14	4095
	224		28	4764
10/12/2009	225	Pavimento, tramo central, carril derecho, K0+080	7	3124
	226		14	3658
	227		28	4415
14/12/2009	228	Bloque C, 7º losa, Eje 3 entre Ejes A, B, C y D	7	2159
	229		14	2860
	230		28	2883
15/12/2009	231	Bloque C, 7º losa, Ejes 9, 10, 11 entre Ejes A y B.	7	3913
	232		14	4619
	233		28	5274
16/12/2009	234	Columnas Ejes 1-5 entre Ejes A y B; Pantalla Eje 3 entre Ejes A y B.	7	2185
	235		14	3046
	236		28	3097
18/12/2009	237	Columnas Ejes 6,9,10 entre Ejes A y B; Columnas Ejes 7,8,9 entre Ejes C y D; Pantalla Eje 1 entre Ejes C y D.	7	3799
	238		14	3936
	239		28	
28/12/2009	240	Bloque C, 8º losa, Eje 1 entre Ejes A y B	7	
	241		14	
	242		28	
30/12/2009	243	Bloque C, 8º losa, Ejes 9,10,11 entre Ejes A, B, C y D; viguetas Ejes 8 y 9 entre Ejes A, B y C	7	
	244		14	
	245		28	

De los anteriores resultados obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto de la obra "Conjunto Residencial La Estación", se puede observar que la mayoría de los



resultados han sido superiores a la resistencia de diseño, por lo que se puede decir que se cumple satisfactoriamente con la resistencia establecida por el calculista.

Los cilindros que fueron tomados el 01/10/2009 presentan irregularidades en las resistencias obtenidas, a pesar de haberse tomado dos cilindros por cada edad, esto podría deberse a que los cilindros no fueron bien elaborados en la obra o por un error humano en el laboratorio al realizar la respectiva anotación de los resultados.

El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos²⁶:

- a. 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
- b. Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), tenga una resistencia inferior en 3.5 MPa, o más, a $f'c$.

Si aplicamos el anterior criterio que propone la NSR-98 a los resultados obtenidos de resistencia a la compresión a los 28 días de la obra “Conjunto Residencial La Estación”, se tiene:

- a. Los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia a la compresión del concreto a los 28 días son:

3047 PSI	3053 PSI	3120 PSI	3459 PSI	3442 PSI	3653 PSI
3576 PSI	3767 PSI	3732 PSI	3662 PSI	3584 PSI	3383 PSI
3312 PSI	3783 PSI	3771 PSI	3678 PSI	3767 PSI	3751 PSI

Como se puede verificar en estos resultados, todos los promedios obtenidos están por encima del valor estipulado en los diseños estructurales de la obra “Conjunto Residencial La Estación”, $f'c = 3000$ PSI, entonces se cumple el numeral (a)

- b. Para evaluar el segundo requisito, basta con comparar el menor valor de resistencia a la compresión del concreto obtenido, pues si este cumple los demás también lo harán. Entonces se tiene que:

$$3000 \text{ PSI} = 21 \text{ MPa}$$
$$21 \text{ MPa} - 3.5 \text{ MPa} = 17.5 \text{ MPa} = 2500 \text{ PSI}$$

²⁶ Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C. Capítulo C.5.6.2.3



El menor valor de resistencia a la compresión obtenido fue de 2798 PSI, el cual supera el valor calculado en el numeral b de acuerdo a la NSR-98, que es de 2500 PSI, por lo tanto se cumple con este numeral.

Nota: Los cilindros tomados las fechas 4, 7 y 10 de diciembre de 2009 corresponden al pavimento rígido de la vía localizada en la calle 5N, estos resultados de resistencia a la compresión no se tomaron en cuenta en los cálculos y análisis realizados en los anteriores requisitos (numerales a y b) del Título C, Capítulo C.5.6.2.3 de la NSR-98; debido a que estos requisitos son aplicables para cada clase de concreto, y para la toma de estos cilindros se usó un concreto premezclado proporcionado por ConcreValle.

7.4. PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

Para el diseño de pavimentos rígidos la característica importante es la resistencia a la flexión del concreto o también llamada módulo de rotura, ya que en la práctica lo que se hace es diseñar el espesor del pavimento en forma tal que los esfuerzos de flexión, causados por el paso de vehículos y la diferencia de temperatura, sean inferiores a la capacidad máxima a flexión de las placas²⁷.

7.4.1. Ensayo de Resistencia a la flexión

Las vigas para el ensayo de resistencia a la flexión del concreto, deben fabricarse y curarse de conformidad con la norma NTC 1377²⁸ o ASTM C 31, y ensayarse según la norma ASTM C 78²⁹.

Para el pavimento rígido de la calle 5N, se tomaron 3 vigas por día de fundición, de las cuales una se destinó para una edad de evaluación de 7 días y las dos restantes para una edad de evaluación de 28 días. Adicionalmente a las vigas, se realizó la toma de 3 cilindros por día de fundición para ser ensayados a las mismas edades de las vigas y obtener resultados de resistencia a la compresión para posteriormente realizar una correlación con el módulo de rotura y obtener un control de calidad del concreto premezclado. El método de compactación usado para las vigas en la obra es el método de apisonado con varilla.

En la pasantía, mi trabajo consistía en estar pendiente en que días se iba a realizar la fundición de las losas del pavimento y de acuerdo a esto debía llamar al laboratorio (Geofísica) para que realizaran la toma de las vigas y los cilindros, además estaba

²⁷ Rivera L. Gerardo A. "Concreto Simple". Unicauca. 1992. Capítulo 6.5

²⁸ Normas Técnicas Colombianas. NTC 1377. Ingeniería civil y arquitectura. Hormigón. Elaboración y curado de muestras en el laboratorio.

²⁹ ICPC. Notas técnicas. Normas ASTM C 31 y C 78 para ensayos de concreto de calidad del concreto para pavimentos.



pendiente de que le fuera facilitado a la persona encargada de realizar los ensayos, el equipo y personal necesario para el transporte del concreto hasta el sitio establecido para la elaboración de los cilindros y vigas.

El laboratorio se encargaba de recoger las vigas y cilindros un día después de su elaboración. Las vigas y cilindros deben removerse de los moldes después de 20 ± 4 horas de haber sido elaboradas y ser puestas en agua hasta el momento de ensayo.

En el Laboratorio cada viga se prueba en la máquina de ensayo, se giran 90° respecto a la posición de elaboración y se aplica carga a una velocidad constante, hasta que estas fallen.

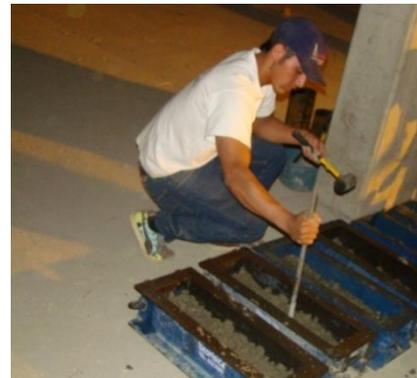


Figura N° 68. Toma de vigas y cilindros para el pavimento rígido

7.4.2. Resistencias a la flexión y a la Compresión del concreto usado en el pavimento rígido de la calle 5N

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



Tabla N° 10. Resistencias a la Compresión y Módulos de Rotura del concreto usado en el pavimento rígido de la calle 5N.

FECHA DE TOMA	UBICACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN OBTENIDA		MODULO DE ROTURA OBTENIDO	
		Edad en días	Kg/cm ²	Edad en días	Kg/cm ²
04/12/2009	Pavimento, borde losa, carril derecho, K0 + 036	7	263	7	32
		14	292	28	41
		28	366	28	43
07/12/2009	Pavimento, losa central, carril derecho, K0 + 040	7	324	7	33
		28	438	28	35
		28	432	28	37
07/12/2009	Pavimento, lado derecho, K0 + 080	7	214	7	27
		28	356	28	29
		28	350	28	32
10/12/2009	Pavimento, carril central derecho, K0 + 065	7	283	7	23
		28	332	28	34
		28	345	28	35
15/12/2009	Pavimento, carril lado izquierdo, K0 + 080	7	166	7	29
		28	228	28	33
		28	213	60	
17/12/2009	Pavimento, carril izquierdo, K0 + 060 al K0 + 100	7	297	7	23
		28	306	28	33
		28	300	60	
21/12/2009	Pavimento, carril derecho, K0 + 120 al K0 + 150	7	305	7	34
		28	354	28	43
		28	358	28	44
04/01/2010	Pavimento, carril izquierdo del extremo, K0 + 060 al K0 + 090	7		7	
		28		28	
		28		28	

CONVENCIONES	
MR a los 28 días \geq 40 Kg/cm ²	
MR a los 28 días $<$ 40 Kg/cm ²	
Resultados de resistencias pendientes	



7.4.3. Correlación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión

El módulo de rotura presenta valores que varían entre un 10% y un 20% de la resistencia a la compresión. Una relación aproximada, que puede utilizarse cuando no se disponga de ensayos de flexión, es la siguiente³⁰:

$$MR = k * \sqrt{RC}$$

Donde:

MR: Módulo de rotura estimado para el concreto (kg/cm²)

RC: Resistencia a la compresión obtenida en el concreto (kg/cm²)

k: Constante que varía normalmente entre 2.0 y 2.7, para resistencias en kg/cm² a 28 días.

	MR a los 28 días Kg/cm²	RC a los 28 días Kg/cm²
	42	366
	36	435
	30.5	353
	34.5	338.5
	33	220.5
	33	303
	43.5	356
Promedio:	36.07	338.86

Tabla N° 11. Promedio de la Resistencia a la Compresión y de la Resistencia a la Flexión.

$$k = MR / \sqrt{RC}$$

$$k = 36.07 / \sqrt{338.86}$$

$$k = 1.96$$

De la correlación entre MR y CR, la relación obtenida es la siguiente:

$$MR_{28D} = 1.96 * \sqrt{RC_{28D}} \text{ en kg/cm}^2; r = 0.99$$

³⁰ Rivera L. Gerardo A. "Concreto Simple". Unicauca. 1992. Capitulo 6.6

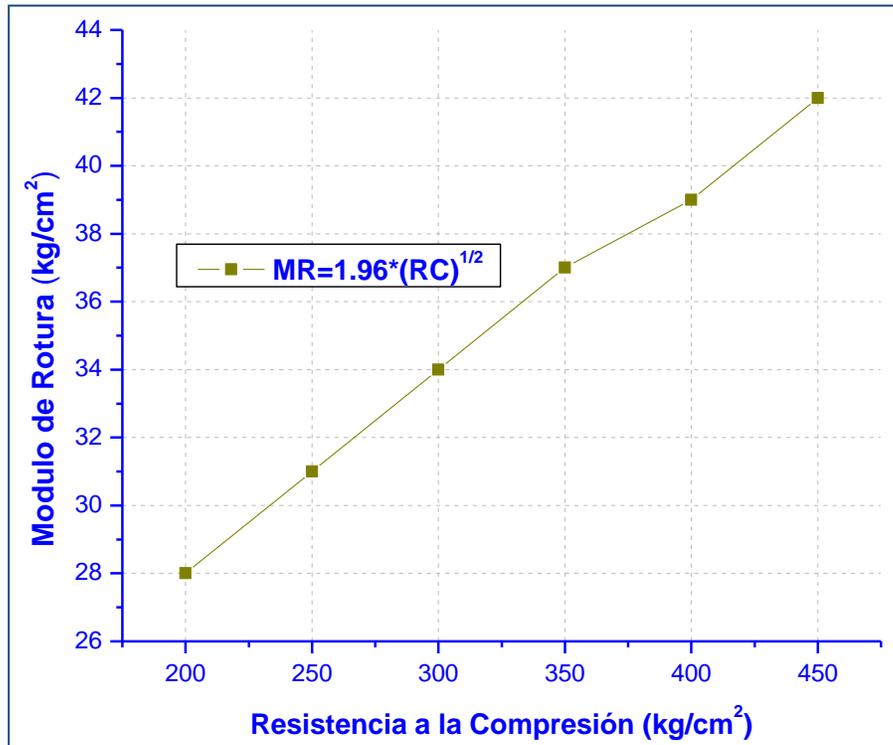


Figura N° 69. Correlación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión.



8. CONCLUSIONES

- La práctica de pasantía en la construcción del “Conjunto Residencial La Estación” ha sido una gran experiencia tanto a nivel profesional como personal, la primera por poder aplicar y mejorar conceptos sobre construcción, la segunda por la formación de un mejor carácter y toma de decisiones, además de aprender sobre el manejo del personal para lograr un buen trabajo en conjunto.
- Se examinaron los ensayos de laboratorio de los distintos materiales, arrojando buenos resultados comparados con las especificaciones para concreto estructural de INVIAS Artículo 630 de 2007, por lo cual se aprobó el uso de ellos.
- Se realizó la toma de muestras de cilindros para ensayos de resistencia nominal a la compresión, luego se analizaron los resultados mediante los criterios de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98 Capítulo C.5.6, los cuales confirmaron la buena calidad del concreto; análogamente en cada toma de muestra, se controló el asentamiento de la mezcla. Con esto podemos demostrar que un concreto producido en obra puede alcanzar resistencias iguales o mayores a las propuestas en el diseño, sin embargo es necesario contar con una adecuada dosificación la cual debe ser manejada y cumplida debidamente, además de tener unos materiales apropiados, un personal idóneo, equipo adecuado y una continua supervisión de las diferentes etapas que intervienen en el proceso de la elaboración del concreto.
- El aditivo empleado en la obra (Sikafluid), a pesar de incrementar los costos en el concreto, es un producto que favorece de forma significativa la producción de concreto, ya que reduce agua y mejora considerablemente la manejabilidad de la mezcla, facilitando la colocación, compactación e incrementando a su vez la resistencia.
- Es de gran importancia supervisar el buen manejo, manipulación y condiciones de almacenamiento de cada uno de los materiales que se usan en la elaboración del concreto, para lograr un buen producto final.
- Según el A.C.I, la resistencia a la flexión, para un concreto de peso normal, se aproxima a valores de 1,99 á 2,65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. Para el caso de los valores obtenidos para el pavimento rígido de la calle 5N, se aproximan a valores de 1,96 veces la raíz cuadrada de $f'c$, que es un valor cercano al recomendado por el A.C.I.



9. RECOMENDACIONES

- La NSR – 98³¹ recomienda mantener el concreto con una temperatura por encima de los 10 °C y húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante los primeros 7 días contados a partir de su vaciado excepto cuando se cure de acuerdo con “curado acelerado”; pero en la obra se realiza esta acción durante los primeros cuatro días. Por lo anterior se recomienda realizar el ensayo de resistencia en cilindros curados bajo condiciones de campo, con el objeto de comprobar la bondad del curado y de la protección del concreto en la estructura; se aconseja este tipo de ensayo solamente dos veces al año, ya que es simplemente un chequeo.
- Un ensayo de resistencia nominal a la compresión es el promedio de resistencia de dos cilindros, para lo cual se recomienda al consorcio AMT, en lugar de romper tres cilindros uno por edad (7 días, 14 días y 28 días), rompan 4 cilindros, una pareja a los 7 días y la otra a los 28 días, obteniendo así dos ensayos de resistencia; lo anterior es para evitar errores en los resultados, ya que están sujetos a tomar las muestras inadecuadamente, errores de los operarios del laboratorio, desajuste de la máquina de ensayo, entre otros; esto es para tener mayor confiabilidad estadística de los resultados. Además, con el fin de lograr lo anteriormente dicho, simultáneamente se recomienda la adquisición de mas moldes para la elaboración de cilindros, que permitan tomar mayor numero de muestras de los diferente elementos estructurales.
- Se recomienda que cuando llegue cemento a la obra, este no sea almacenado sobre o delante de otro cemento que lleve mas días en la obra, esto con el fin de que sea utilizado primero el cemento que ha estado almacenado por más tiempo.
- Es importante estar revisando que el personal encargado de la manipulación del aditivo cuente con la protección necesaria, como es usar guantes de caucho y gafas de protección, para evitar futuros inconvenientes.
- Recordar de forma permanente a todo el personal encargado de realizar la mezcla, la proporción que se debe utilizar, y en qué casos es necesario el uso de aditivos.

³¹ Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Titulo C. Capitulo C.5.11



10. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Vías. Especificaciones INVÍAS. Artículo 630-07. Concreto Estructural.
- Normas Colombianas de diseño y construcción sismo- resistente NSR-98. Título C.
- Normas Técnicas Colombianas NTC. Ingeniería civil y arquitectura
- Ing. Rivera L. Gerardo A. Concreto Simple. Unicauca. 1992.
- POLANCO F. Luis F., "Construcción I". Popayán (Colombia). Unicauca. 2000.
- "Manual de productos SIKA". 2007.
- Especificaciones IDU-ET-2005. Capítulo 6. Pavimentos de concreto hidráulico.
- ICPC. Notas técnicas. Normas ASTM C 31 y C 78 para ensayos de concreto de calidad del concreto para pavimentos.