

AUXILIAR DE INTERVENTORÍA PROYECTO EDIFICIO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS
CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

CARLOS ANDRÉS PIAMBA LEÓN



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN
2006

AUXILIAR DE INTERVENTORÍA PROYECTO EDIFICIO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS
CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

CARLOS ANDRÉS PIAMBA LEÓN

Monografía para optar al título de
Ingeniero Civil

Director

FREDY ARTURO JARAMILLO OTERO

Ingeniero Civil



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN
POPAYÁN

2006



Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Popayán, _____



TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	10
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO	13
1.1 Localización	13
1.2 Diseños	14
1.2.1 Diseño Arquitectónico	14
1.2.2 Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación	17
1.2.3 Diseño Estructural	19
1.2.4 Diseño Hidráulico y Sanitario	22
1.2.5 Diseño Eléctrico y Redes de Datos	25
1.3 Contratistas	25
1.3.1 Construcción de la Estructura	26
1.3.2 Suministro de Concreto Premezclado	26
1.3.3 Suministro de Acero Figurado Grado 60	27
1.4 Gerencia e Interventoría del Proyecto	27
2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTIA	29
2.1 Despiece de la Estructura	29
2.2 Control de dimensiones y volúmenes de excavaciones manuales y solados de limpieza	30
2.3 Cálculo de las cantidades de acero requeridas y Recepción de acero figurado	31
2.4 Revisión de la colocación y amarre de aceros	32
2.5 Revisión de seguridad, producción y colocación de formaletas	33
2.6 Cálculo de las cantidades de concreto requeridas y Recepción de concreto	36
2.7 Toma de muestras de Concreto	37
2.8 Supervisión en la colocación del concreto	38
2.9 Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial	40
2.10 Controles Topográficos y Toma de Topografía	41
2.11 Recorridos por la obra	41
3 PROCESO CONSTRUCTIVO	43
3.1 Descapote y Movimiento de Tierra	43
3.2 Replanteo	45
3.3 Cimentación	46
3.4 Columnas	50
3.5 Vigas y Losas de Entrepiso	54
3.6 Gradadas	60



4	<i>PROBLEMAS PRESENTADOS QUE SE OBSERVARON</i>	62
4.1	Beta de suelo blando en el bloque Administrativo y escombros en el bloque A	62
4.2	Sobre volúmenes en las losas de entepiso	63
4.3	Deterioro de las vías	66
4.4	Bajas resistencias de ensayos de concreto	67
5	<i>REGISTRO DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO</i>	69
5.1	Formatos para registro de resultados de cilindros de concreto	70
	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	75
	<i>GLOSARIO</i>	78
	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	80



TABLA DE IMÁGENES

<i>Imagen 1.01: Mapa general de la localización del proyecto</i>	13
<i>Imagen 1.02: a) Lote, vista desde la facultad de Ingeniería Civil</i>	
<i> b) lote, vista hacia el Instituto Técnico Industrial</i>	13
<i>Imagen 1.03: Maqueta del Proyecto</i>	14
<i>Imagen 1.04: Maqueta digital del proyecto arquitectónico, bloque Administrativo</i>	14
<i>Imagen 1.05: Planta típica Bloque Administrativo.</i>	15
<i>Imagen 1.06: Planta típica Bloque A</i>	15
<i>Imagen 1.07: Plano con Planta típica Bloque B</i>	16
<i>Imagen 1.08: a) Bloque para muro exterior en concreto</i>	
<i> b) Detalle Construcción muro en bloque de concreto</i>	
<i> c) Sistema Drywall</i>	
<i> d) Muros interiores en Drywall</i>	16
<i>Imagen 1.09: Ubicación en planta de los sondeos</i>	17
<i>Imagen 1.10: Detalles sistema de cubierta</i>	20
<i>Imagen 1.11: Sección típica sistema de entrepiso y detalle del refuerzo vigueta VT1</i>	21
<i>Imagen 1.12: a) Detalle Columna C1 (50x50)</i>	
<i> b) Columna C2 (50x30).</i>	21
<i>Imagen 1.13: Detalle refuerzo zapata Z2, viga de cimentación Z4 y Fundición zapata.</i>	22
<i>Imagen 1.14: a) Control topográfico,</i>	
<i> b) Proceso de excavación,</i>	
<i> c) Colector de aguas lluvias izquierda, colector aguas servidas derecha,</i>	
<i> d) Descarga del colector de aguas lluvias sobre el río Molino.</i>	23
<i>Imagen 1.15: Red contra incendios</i>	24
<i>Imagen 1.16: Descargue de concreto premezclado.</i>	26
<i>Imagen 1.17: Descargue de acero figurado</i>	27
<i>Imagen 1.18: Comités de Obra</i>	28
<i>Imagen 1.19: Ingeniero Fernando Reyes Giraldo</i>	28



<i>Imagen 2.01: Proceso de excavación y tablas ubicadas para disminuir las dimensiones de las excavaciones.</i>	30
<i>Imagen 2.02: Revisión de dimensiones, ubicación y amarre del acero de refuerzo</i>	33
<i>Imagen 2.03: Componentes formaleta FORMESAN</i>	33
<i>Imagen 2.04: Componentes del sistema de formaletas GLEASON.</i>	34
<i>Imagen 2.05: a) Prueba de rigidez del Casetón,</i> <i>b) Casetón recubierto con tela sintética Casetex®,</i> <i>c) Detalle deformación de la tela Casetex®,</i> <i>d) Casetón recubierto de esterilla.</i>	35
<i>Imagen 2.06: a) Ensayo de asentamiento,</i> <i>b) Fabricación de cilindros.</i>	37
<i>Imagen 2.07: Ensayo de Compresión.</i>	38
<i>Imagen 2.08: Supervisión en fundición de columnas y placa de entepiso bloque Adm.</i>	39
<i>Imagen 2.09: Operaciones de vibrado y aplomo de columnas.</i>	39
<i>Imagen 2.10: Vertido de mortero 1:1 previo al vaciado de una columna.</i>	40
<i>Imagen 2.11: Conferencia de salud ocupacional y seguridad industrial.</i>	40
<i>Imagen 2.12: Control topográfico y toma de topografía en la base del talud.</i>	41
<i>Imagen 2.13: Visitantes durante un recorrido por la obra.</i>	42
<i>Imagen 3.01: Descapote usando Buldózer CAT-D6</i>	43
<i>Imagen 3.02: Estado inicial del talud, evidencia de inestabilidad.</i>	43
<i>Imagen 3.03: Esquema escuadra usada para verificar la inclinación del talud.</i>	44
<i>Imagen 3.04: Gráfico ensayo de compactación Proctor Modificado, suelo fino color rosado.</i>	44
<i>Imagen 3.05: Detalle caballete perimetral en guadua.</i>	45
<i>Imagen 3.06: Materialización con puntilla, de un eje principal en un caballete perimetral.</i>	45
<i>Imagen 3.07: a) Detalle plantilla para demarcación de zapatas,</i> <i>b) Proceso de excavación de zapatas.</i>	46
<i>Imagen 3.08: a) Detalle zapata con solado de limpieza y materialización de los ejes principales de la columna,</i> <i>b) Parrilla de refuerzo de la zapata, ubicada sobre separadores o “panelitas” de concreto.</i>	46
<i>Imagen 3.09: a) verificación de la ubicación del refuerzo de columnas respecto a los ejes principales,</i>	



<i>b) Detalle del refuerzo de arranque de columnas con tensores para asegurar la posición y aplomo.</i> _____	47
<i>Imagen 3.10: Operaciones de vaciado y vibrado de concreto en una zapata, detalle del tensor para el acero de la columna.</i> _____	47
<i>Imagen 3.11: Curado por inmersión de una zapata.</i> _____	48
<i>Imagen 3.12: a) Formaleta en madera para pedestales,</i> <i>b) Formaleta en acero y proceso de vaciado de concreto en un pedestal.</i> _____	48
<i>Imagen 3.13: a) Solado de limpieza para vigas de cimentación,</i> <i>b) Detalle cuña de separación interna, junta de formaleta en madera y pases eléctricos,</i> <i>c) Proceso de vaciado del concreto,</i> <i>d) Detalle soportes laterales de la formaleta.</i> _____	49
<i>Imagen 3.14: a) Formaleta para collarín sobre viga de cimentación,</i> <i>b) Aplicación de Cuseal® en losa de entrepiso y detalle de taches o “pelos” incrustados en la losa para soporte lateral de la formaleta de columnas.</i> _____	50
<i>Imagen 3.15: a) Colocación de traslapos de acero longitudinal de columnas,</i> <i>b) Detalle del acero de refuerzo y de los separadores de concreto en el interior de una formaleta para columna.</i> _____	51
<i>Imagen 3.16: Limpieza de formaleta y ubicación de varetas de madera para generar aristas de columna chaflanadas.</i> _____	51
<i>Imagen 3.17: Ventana lateral para el vaciado de una columna.</i> _____	52
<i>Imagen 3.18: Proceso de llenado de una columna a través de una ventana lateral.</i> _____	52
<i>Imagen 3.19: Sistema de entrepiso Gleason®.</i> _____	54
<i>Imagen 3.20: Montaje del sistema de entrepiso Gleason®.</i> _____	54
<i>Imagen 3.21: Detalle hilo para la nivelación inferior de la formaleta de entrepiso Gleason®.</i> _____	55
<i>Imagen 3.22: Vista general del acero de refuerzo para losas de entrepiso.</i> _____	55
<i>Imagen 3.23: Vista general de una losa de entrepiso lista para el vaciado de concreto, detalle de pases eléctricos y acero de retracción y temperatura en el sentido longitudinal</i> _____	56
<i>Imagen 3.24: Proceso de vaciado de concreto en losa de entrepiso.</i> _____	57
<i>Imagen 3.25: Retiro de la formaleta de fondo en losa de entrepiso.</i> _____	57
<i>Imagen 3.26: Apuntalamiento temporal de vigas y riostras durante el proceso constructivo.</i> _____	58



<i>Imagen 3.27: Esquema de la malla con vena y su colocación. (© Asocreto).</i>	59
<i>Imagen 3.28: Formaleta de fondo para gradas.</i>	60
<i>Imagen 3.29: a) Detalle de los pelos de arranque para el refuerzo de las gradas, b) Instalación de las parrillas de refuerzo.</i>	60
<i>Imagen 3.30: a) Vista general de la formaleta para gradas, b) Detalle de las tablas que generan la huella y contrahuella.</i>	61
<i>Imagen 3.31: Vista lateral de la formaleta para gradas y detalle de la estructura de soporte inferior.</i>	61
<i>Imagen 4.01: Localización y excavación de la zona con problemas de suelo de consistencia blanda.</i>	62
<i>Imagen 4.02: a) Instalación del Geotextil tejido T2400, b) Proceso de compactación del material de reemplazo.</i>	62
<i>Imagen 4.03: a) Escombros encontrados en las excavaciones del bloque A, b) Ensayo del cono de arena para medir la densidad.</i>	63
<i>Imagen 4.04: Deformación del marco de madera y de la tela</i>	64
<i>Imagen 4.05: a) Extracción de núcleos para medir el espesor de la placa, b) Variabilidad en el espesor de los núcleos extraídos</i>	64
<i>Imagen 4.06: a) báscula portátil para el pesaje de camiones, b) Operaciones de pesaje de un camión transportador de concreto.</i>	65
<i>Imagen 4.07: Adecuación de vías de acceso II etapa.</i>	66
<i>Imagen 4.08: Diversos problemas presentados durante la construcción de la primera etapa por el mal estado de las vías.</i>	66
<i>Imagen 4.09: Gráfico ensayos individuales de resistencia del concreto</i>	67



PRESENTACIÓN

La Universidad del Cauca en los últimos años debido a la incorporación de nuevos programas de formación Profesional y Tecnológica, ha tenido un incremento en la población estudiantil hasta el punto de superar la capacidad del área física de los edificios del Alma Mater. Esto ha llevado a las directivas de la institución a buscar soluciones, a corto, mediano y largo plazo, entre las cuales se contempla la construcción de tres bloques de cuatro pisos en el sector de Pomona los cuales serán destinados a la Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas (FCCEA), proyecto diseñado, casi en su totalidad, por docentes y personal administrativo de la Universidad.

Debido a la ubicación de estos edificios y su proximidad con la Facultad de Ingeniería Civil, y que la Facultad de Ingeniería cuenta con el recurso humano calificado y equipo necesario para realizar el control de calidad durante el proceso de construcción, la Universidad otorgó a la Facultad de Ingeniería Civil y en particular al Departamento de Construcción, la misión de llevar a cabo la dirección e interventoría del proyecto.

En el proyecto también se involucró personal docente de otros departamentos de la Facultad y algunos estudiantes que tuvimos la oportunidad de participar activamente trabajando como auxiliares de interventoría, labor en que aprendimos muchas cosas relacionadas con la construcción de estructuras y pusimos en práctica los conceptos y teorías adquiridas durante la formación profesional. Es de éste trabajo como auxiliar de ingeniero residente de donde nace el documento que a continuación presento el cual tiene como finalidad principal ser el informe o producto final de la pasantía realizada como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Civil de acuerdo con la Resolución No. 281 del 10 de Junio de 2005 y autorizada mediante Resolución 585 del 10 de Noviembre de 2005 por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil.

Mediante este documento trato también de seguir el lema de la Universidad del Cauca “*Posteris Lumen Moriturus Edat*” mostrando al lector las experiencias y cosas aprendidas durante mi pasantía en este proyecto.



JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con lo requerido por el Título V de la Ley 400 de 1997 en su Artículo 18, la construcción de la estructura de edificaciones cuya área construida, independientemente de su uso, sea mayor de 3000 m², debe someterse a una supervisión técnica, realizada de acuerdo con los requisitos del Título V de la Ley 400 de 1997 y del Título I de las Normas Colombianas de Construcción Sismo Resistente (NSR-98).

Adicionalmente los códigos (NSR-98, RAS-2000, INV, IDU, EPM, etc.) exigen al diseñador, constructor o supervisor técnico como mínimo 5 años de experiencia certificada e idoneidad para poder desempeñar cada una de sus funciones; debido a este requisito, el primer empleo de un ingeniero recién egresado es posiblemente como ingeniero auxiliar en algún proyecto de construcción, lo cual desde mi punto de vista es un buen comienzo para adquirir el tiempo y principalmente la experiencia e idoneidad que requiere el código y la responsabilidad de los cargos.

Por todo lo anterior, participar activamente como auxiliar de interventoría en el proyecto que en la actualidad desarrolla la Universidad del Cauca es una gran experiencia y privilegio ya que en nuestra ciudad es poco frecuente la construcción de proyectos de esta envergadura y que a la vez cuente con el equipo necesario para la supervisión y el personal calificado que oriente el aprendizaje del nuevo ingeniero.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Participar activamente en el proyecto que en la actualidad ejecuta la Universidad del Cauca en el sector de Pomona, desarrollando actividades de tipo práctico que generen experiencia y promuevan la confrontación de conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso académico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Observar y aprender de los diferentes procesos constructivos desarrollados en la obra.
- ✓ Adquirir experiencia en el campo de la construcción de edificaciones.
- ✓ Llevar un registro acerca de detalles constructivos importantes a tener en cuenta dentro de cada una de las actividades del proyecto.
- ✓ Aprender acerca de las actividades, controles y manejos de la obra que debe realizar un ingeniero interventor y residente de obra.
- ✓ Familiarizarse con la lectura y comprensión de planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, sanitarios, etc. que son la base de todo proyecto de construcción.
- ✓ Aprender a dirigir el personal y a interactuar adecuadamente con el, con el fin de establecer buenas relaciones laborales dentro del proyecto.
- ✓ Realizar un informe final que contenga las experiencias más importantes y la totalidad de los registros acerca de detalles constructivos tomados durante la pasantía.



El lote, propiedad de la Universidad del Cauca, tiene una extensión aproximada de 59.636 m² y el área total construida en esta primera fase del proyecto es de 6.579m² equivalentes a tres bloques de cuatro pisos cada uno con la geometría que se observa en la maqueta del proyecto.

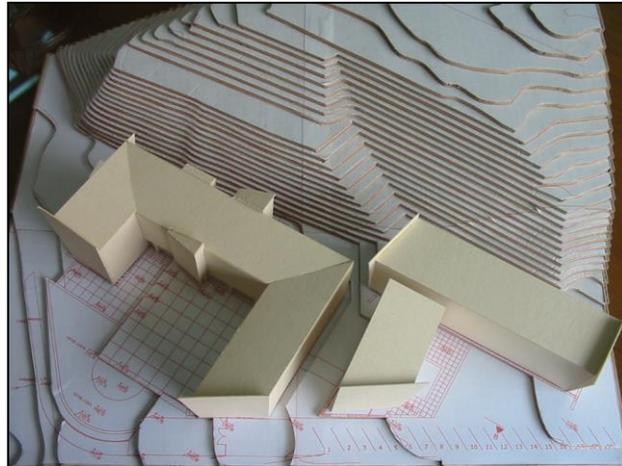


Imagen 1.03 Maqueta del Proyecto

1.2 Diseños

1.2.1 Diseño Arquitectónico

Los edificios fueron diseñados por el Arquitecto Diego Castro, quien actualmente se desempeña como jefe del Área de Edificios de la Universidad del cauca. El diseño total consta de cinco bloques de los cuales en esta primera fase se construirán solo tres distribuidos de la siguiente forma:



Imagen 1.04 Maqueta digital del proyecto arquitectónico, bloque Administrativo, Software 3D-Max.

- ✓ **Bloque Administrativo (955m² / nivel):** Con distribución para 50 oficinas destinadas a Docentes, administrativos, consultorios empresariales y comités estudiantiles de los programas de la FCCEA, 1 cafetería, 1 auditorio con capacidad para 158 personas, 4 baterías sanitarias en cada nivel y 4 locales comerciales; este edificio además de gradas, cuenta también con un ascensor que permitirá el desplazamiento vertical de personas con movilidad limitada (temporal o permanente) por todos los bloques ya que se encuentran comunicados en todos los niveles mediante puentes (Imagen 1.05).

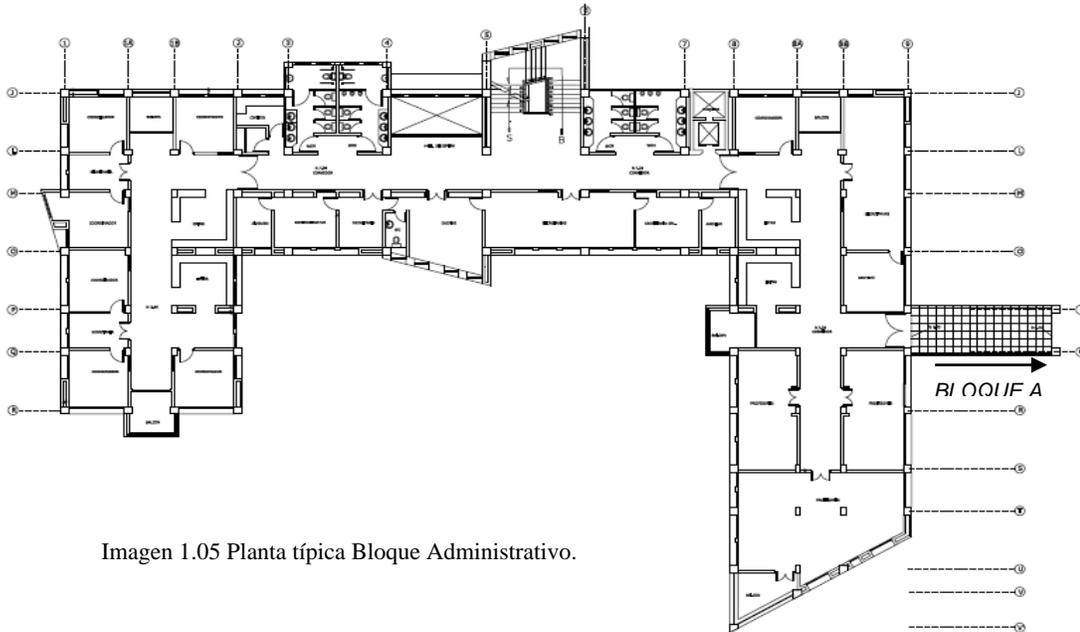


Imagen 1.05 Planta típica Bloque Administrativo.

- ✓ **Bloque A (210m² / nivel):** Consta de 8 Salas de informática y 4 salas de estudio; es el bloque más pequeño del proyecto y no tiene gradas ni baterías sanitarias razón por la que se comunica en todos los niveles con los bloques Administrativo y B, mediante puentes (Imagen 1.06).

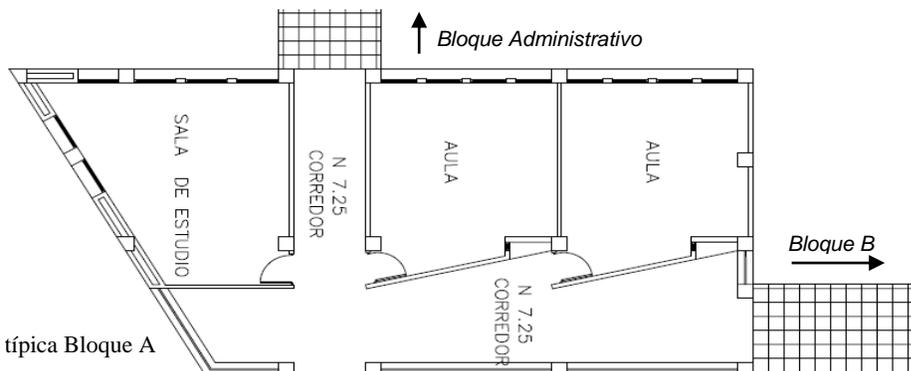


Imagen 1.06 Planta típica Bloque A

- ✓ **Bloque B (467m² / nivel):** 16 aulas, gradas y 2 baterías sanitarias en cada nivel; se comunica con el bloque A mediante Puentes en todos los niveles (Imagen 1.07)

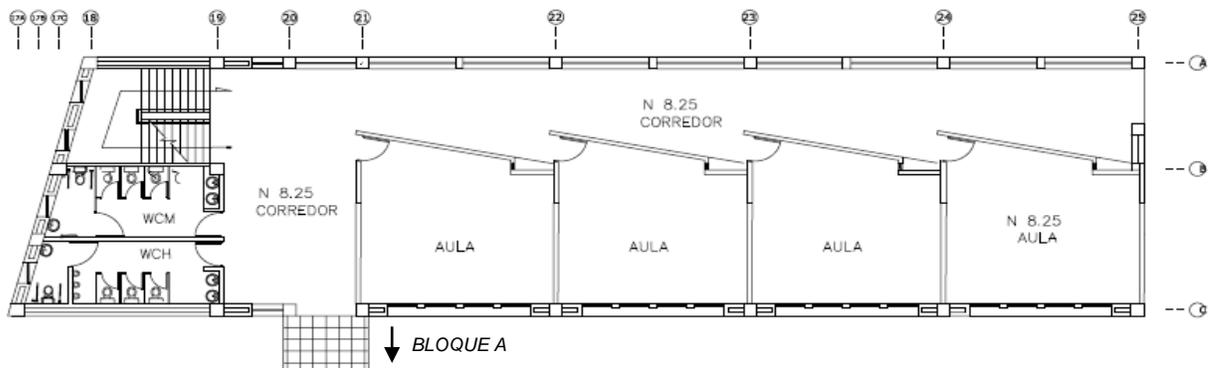


Imagen 1.07 plano con Planta típica Bloque B

Los tres bloques tienen como sistema de cubierta tejas de asbesto cemento perfil 10 apoyadas sobre correas metálicas en Celosía, muros exteriores y baños en bloque de concreto, divisiones interiores y cielorrasos en sistema liviano en seco (Drywall) y carpintería de aluminio para puertas y ventanas.



Imagen 1.08 a) Bloque para muro exterior en concreto, b) Detalle Construcción muro en bloque de concreto, c) Sistema Drywall, d) Muros interiores en Drywall.

1.2.2 Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación

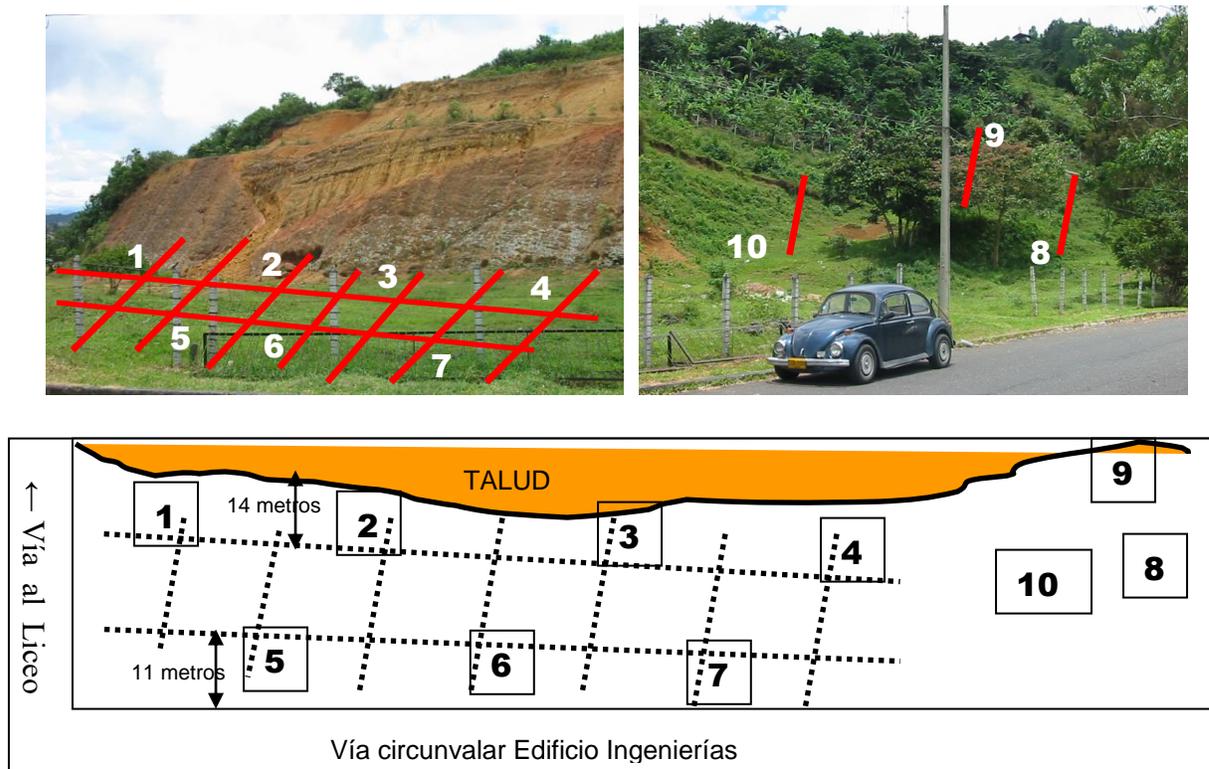


Imagen 1.09 Ubicación en planta de los sondeos (Tomado del Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación)

El estudio de suelos fue realizado por el Ingeniero Luciano Rivera Caicedo, Geotecnista adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil como catedrático del Departamento de Geotecnia. Él, con base en los resultados de laboratorio de las muestras extraídas en los 10 sondeos realizados con barreno manual hasta profundidades que varían entre los 6 y 9m, tomadas y ensayadas por el personal del Laboratorio de Suelos de la Universidad, dio unas recomendaciones técnicas acerca del tipo de suelo encontrado, tipo de cimentación a utilizar y la profundidad de desplante de la misma, entre las cuales se destacan:

- ✓ El suelo encontrado en el área de estudio es de origen residual proveniente de la descomposición de cenizas y aglomerados volcánicos. La estratigrafía se puede describir de la siguiente manera, a partir de la superficie:



- Estrato Limoso de color amarillo clasificado como MH, de consistencia dura a media cuya profundidad varía desde la superficie hasta los 2 y 6 metros, constituyendo un estrato variable con resistencias a la compresión simple que tiende a disminuir con la profundidad desde 2.26 a 0.206 kg/cm², el peso unitario varía entre 1.68 a 1.72 g/cm³ y la humedad natural está alrededor de 55% siendo su LL de 65% y el Límite Plástico de 36.5%.
- Estrato de suelo limoso de color Rosado, de consistencia baja a media, clasificado como MH, con un espesor que en el sondeo 3 va desde la superficie hasta la profundidad sondeada (8 y 9 metros), subyaciendo al anterior estrato en los otros sondeos. Su resistencia a la compresión inconfiada varía con la profundidad, con tendencia a disminuir, encontrándose valores entre 2.09 a 0.33 kg/cm².
- ✓ El nivel de aguas freáticas se detectó en los sondeos 1, 2, 3 y 4 a profundidades entre 4.00 y 5,50 metros; por lo tanto, no se prevé la presencia de agua durante la construcción de la cimentación.
- ✓ El tipo de cimentación a utilizar, es el de zapatas convencionales de sección cuadrada de concreto reforzado, para las columnas.
- ✓ La profundidad recomendada de cimentación es en todos los casos la mínima necesaria para enterrar las zapatas y no menor a 0.50 m.
- ✓ Debido a la heterogeneidad del subsuelo la presión máxima de contacto que se podrá utilizar para el cálculo de las zapatas recomendadas es de 10 ton / m².
- ✓ El coeficiente de sitio exigido para el diseño estructural, de acuerdo con el Código Colombiano sismo resistente es $S = 1.2$ para este lote.

El estudio de suelos es fundamental para el diseño y posterior estabilidad de toda estructura, por lo tanto de este informe no solo deben tener conocimiento los ingenieros diseñadores sino también los constructores e interventores del proyecto debido a que como todo estudio se limita solo a unos pocos sondeos, el estudio siempre conserva cierto grado de incertidumbre dependiendo de la precisión con que se realice; como lo veremos más adelante con algunos



problemas encontrados durante la ejecución de la obra. Es por esto que extraigo también el siguiente párrafo del informe de estudio de suelos del proyecto el cual pienso que es muy importante tener en cuenta:

“Si durante la construcción se registra en algún sitio un tipo de suelo de características diferentes a las aquí anotadas, recomendamos se nos consulte para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias.”

También adjunto a este documento una copia digital del Informe de estudio de suelos para que pueda ser consultada por la persona que desee conocer más sobre el contenido de estos informes.

1.2.3 Diseño Estructural

El diseño estructural fue realizado por el Ingeniero Juan Manuel Mosquera Rivera quien es profesor del Departamento de Estructuras de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

La estructura consiste en un sistema de Pórticos espaciales en Concreto Reforzado diseñados para soportar cargas verticales y laterales.

El sistema de resistencia sísmica empleada en cada zona de la estructura es el de pórtico espacial, el cual se concibió para efectos de análisis como una serie de pórticos planos en dos direcciones mutuamente perpendiculares, y debido a que el proyecto se encuentra en una zona de riesgo sísmico alto, fueron diseñados con un grado de Disipación de Energía Especial (DES). Es decir que cumple con una serie de requisitos adicionales que mejoran su comportamiento dinámico y que exige la Norma Sismo Resistente NSR-98 en el capítulo C.21.

El sistema de soporte de cubierta consiste en una serie de correas en celosía apoyadas sobre Cerchas metálicas en el bloque Administrativo y culatas en mampostería confinada para los bloques A y B. (Figura 1.10)

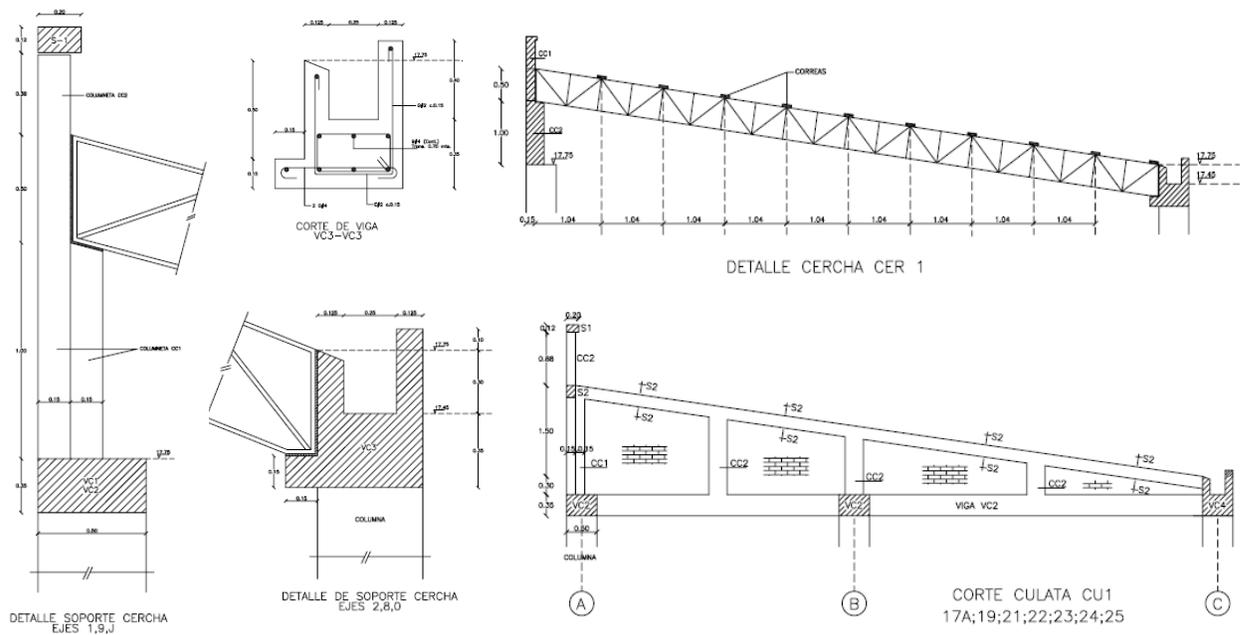


Imagen 1.10 Detalles sistema de cubierta

El sistema de entepiso consistía originalmente, en losas en una dirección en concreto de $f'c=21\text{Mpa}$ ($210\text{ kg/cm}^2 = 3000\text{ PSI.}$), acero de refuerzo de $f_y = 420\text{Mpa}$ (Grado 60) y aligeradas con casetón no removible de marco de madera forrado en una tela sintética tipo Casetex®.

Con este sistema, se tuvieron algunos inconvenientes de rigidez en los casetones, originados principalmente por la debilidad de los marcos de madera y por la deficiente técnica en la colocación de la tela por parte de los carpinteros. Este hecho generó un incremento en los volúmenes de concreto, con el consiguiente aumento en los costos y generando sobrecargas en las losas. Por esta razón, los casetones fueron cambiados finalmente a casetones totalmente cubiertos en esterilla y forrados con un plástico tipo invernadero con lo que se solucionó este inconveniente.

Las losas tienen un peralte total de 0.40m de los cuales 7cm corresponden a la placa de compresión y la altura restante corresponde al de las viguetas que tienen un ancho igual a 10cm como se observa a continuación.

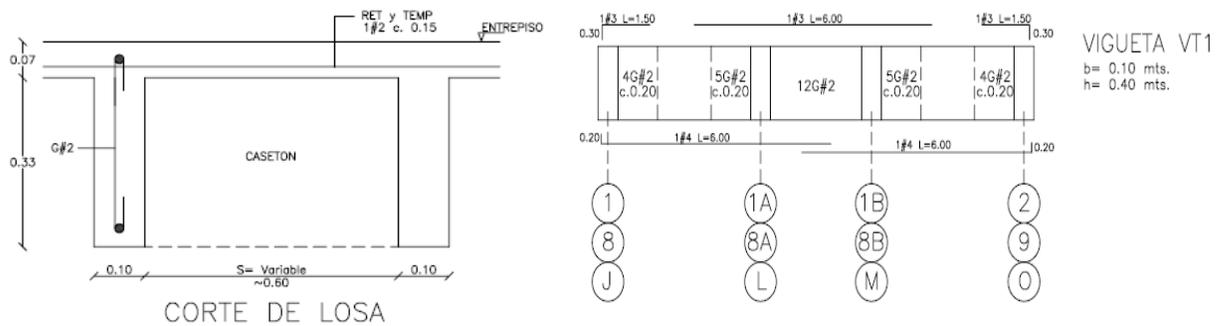


Imagen 1.11 Sección típica sistema de entepiso y detalle del refuerzo vigueta VT1

Los pórticos están conformados por vigas y columnas en concreto de $f'_c=21\text{Mpa}$ ($210\text{ kg/cm}^2 = 3000\text{ PSI.}$) y acero de refuerzo de $f_y = 420\text{Mpa}$ (Grado 60) en diámetros que varían desde #3 ($3/8''$) para estribos de vigas, viguetas y columnas hasta #7 ($7/8''$) para refuerzo principal o longitudinal de columnas. En el diseño se encuentran solo 2 tipos de columnas C1 de sección $0.50\text{m} \times 0.50\text{m}$ y C2 de $0.50\text{m} \times 0.30\text{m}$ como se observa en la Imagen 1.12, lo que facilitó el proceso de construcción debido a que solo se requirieron 2 tipos de formaleta para todo el proyecto.

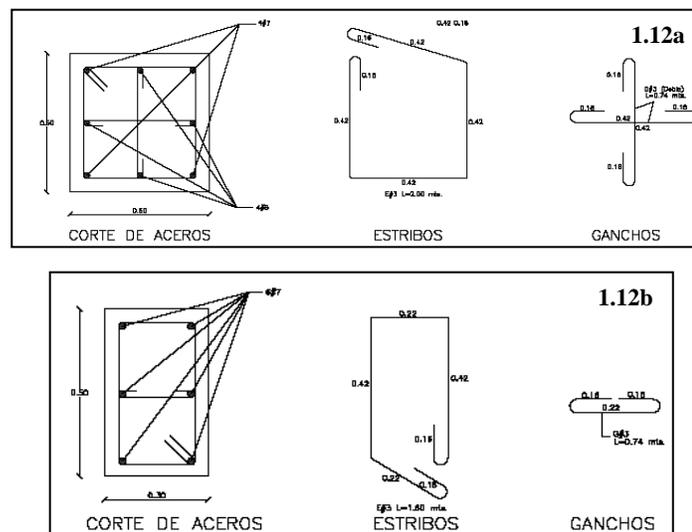
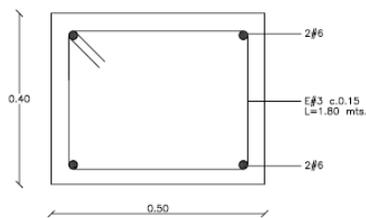
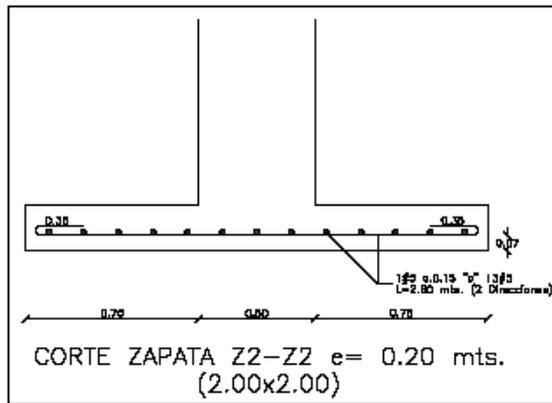
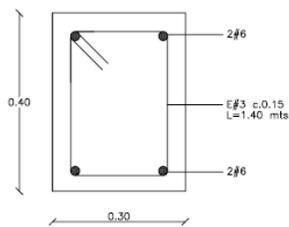


Imagen 1.12 a: Detalle Columna C1 (50x50) b: Columna C2 (50x30)

La cimentación es superficial y de acuerdo a lo recomendado por el Geotecnista, son zapatas individuales y cuadradas de dimensiones que van desde $1.5 \times 1.5\text{m}$ hasta $3.5 \times 3.5\text{m}$ y peraltes desde 0.20 hasta 0.30m respectivamente. Las zapatas van amarradas en ambas direcciones mediante vigas de cimentación de $0.5 \times 0.4\text{m}$ y $0.3 \times 0.4\text{m}$ de sección.



CORTE ZAPATA Z4-Z4



CORTE ZAPATA Z5-Z5

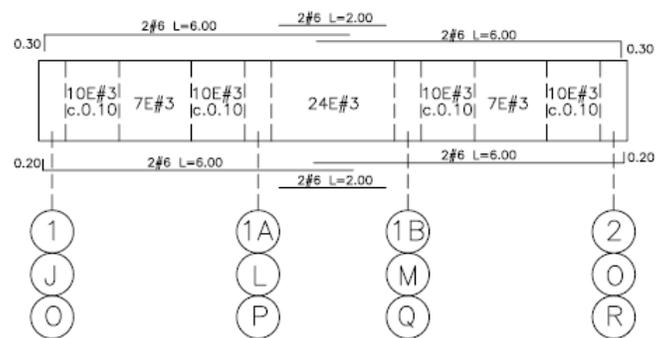


Imagen 1.13: Detalle refuerzo zapata Z2, viga de cimentación Z4, Z5 y Fundición zapata

1.2.4 Diseño Hidráulico y Sanitario

Realizado por los ingenieros John Calderón Ramírez y Napoleón Zambrano Alfonso docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

El diseño abarca red de agua potable, red contra-incendios, red de alcantarillado y red de aguas lluvias.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A., autorizó la disponibilidad de servicios para captación de agua potable, la cual se hará desde la tubería del acueducto público localizada en la carrera 2ª costado oriente. Las aguas residuales domésticas, serán llevadas por



medio de un colector que será construido para tal fin en la calle 15N y que descargará en el interceptor del Río Molino, en el puente que sobre este río existe en la mencionada calle.

De igual manera se construirá un colector paralelo al anterior que conducirá las aguas lluvias hasta el Río Molino, en donde las descargará mediante el cabezal de entrega que se ha proyectado para tal fin.



Imagen 1.14 a) Control topográfico, b) Proceso de excavación, c) Colector de aguas lluvias izquierda, colector aguas servidas derecha, d) Descarga del colector de aguas lluvias sobre el río molino.

En lo que respecta al sistema de suministro de agua potable para consumo humano y agua contra-incendio, se ha proyectado un tanque de almacenamiento de reserva, con un volumen de 60 (sesenta) metros cúbicos, el cual se construirá en la parte alta del talud que queda frente del edificio.

La presión de trabajo disponible en la red del acueducto, de aproximadamente 30 m.c.a es suficiente para alimentar los aparatos localizados en el último piso del edificio y llenar el tanque de almacenamiento en las horas de mínimo consumo.

También, se ha proyectado un sistema de suministro de agua contra-incendio de los denominados “HÚMEDOS” o sea que cuenta con agua permanentemente y en caso de emergencia puede ser accionado por los encargados del edificio.

Se han propuesto:

- ✓ Un hidrante de Torre de $\text{Ø} = 3''$ localizado al frente de la fachada del primer bloque que tiene frente hacia la carrera 2ª.
- ✓ Tres Siamesas de concentración con bocas de entrada de $\text{Ø} = 2 \frac{1}{2}''$, una por cada bloque, y
- ✓ Gabinetes tipo III distribuidos así:
 - Primer piso: 5 gabinetes.
 - Segundo, Tercero y Cuarto piso: 4 gabinetes.



Imagen 1.15 Red contra incendios a) Gabinete tipo III, b) Siamesa

Para el cálculo de bajantes de aguas lluvias, se tomó una lluvia con una intensidad, $i = 100$ mm/hora para las condiciones de Popayán y la utilización que se le va a dar al edificio.



1.2.5 Diseño Eléctrico y Redes de Datos

Realizado por el señor Edmundo Arteaga, Ingeniero Eléctrico, quien trabaja como contratista independiente; fue el encargado de diseñar la red eléctrica y de protección contra posibles sobrecargas eléctricas a los equipos instalados en los edificios.

Para la alimentación de estos bloques esta proyectada la instalación de una nueva Subestación debido a que la existente en los edificios de ingenierías no daría abasto ya que es antigua y se encuentra operando casi a su máxima capacidad.

Adicionalmente estarán conectados con el resto de edificios de la Universidad a través de Fibra Óptica y contarán con un sistema de Cableado Estructurado el cual combina Voz Datos y Video en un mismo paquete de cables que recorren todos los bloques a través de unas bandejas ubicadas sobre los cielorrasos y que está siendo desarrollado en conjunto con la Red de Datos y la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad quienes también se encuentran desarrollando una red WiFi con el fin de dotar a estos edificios de un servicio WLAN (Wireless Local Area Network) o Internet inalámbrico.

1.3 Contratistas

El proceso de contratación se realizó de conformidad con dispuesto en el artículo 209 de la Constitución Política, el régimen propio de la Universidad dispuesto en la Ley 30 de 1993, el Acuerdo 0105 de 1993 o Estatuto General de la Universidad, el Acuerdo 015 de 2000 o Régimen de Contratación de la Universidad del Cauca, los artículos 8, 9 y 44 a 49 de la Ley 80 de 1993, la Ley 734 de 2002 o Código Único Disciplinario.

La primera etapa del proyecto se dividió en tres contratos independientes que fueron adjudicados mediante licitación pública. Estos contratos son:

- ✓ Construcción de la Estructura.
- ✓ Suministro de Acero Figurado
- ✓ Suministro de Concreto Premezclado

1.3.1 Construcción de la Estructura

Contrato No. OJ-040 de 2005, “Construcción primera etapa del edificio de la Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca (estructura en concreto para el bloque Administrativo, y bloques de aulas A y B)”

Este contrato fue adjudicado al señor Edgar Oliveros Córdoba Ingeniero Civil residente en la ciudad de Bogotá, quien fue el ganador de la licitación pública realizada para la invitación a cotizar ordenada mediante la resolución No 026 de 11 de enero 2005, contrato realizado por el sistema de precios unitarios y plazos fijos el cual tenía un presupuesto oficial de \$1.032´444.147,78 y fue adjudicado a la propuesta realizada por valor de \$983.434.136 millones de pesos, incluido IVA, y una duración de 7 meses.

1.3.2 Suministro de Concreto Premezclado

Contrato No. OJ-022 de 2005 con un valor de \$436´801.213⁰⁰, adjudicado a la firma Concretos de Occidente S.A.; el contrato consistió en el suministro y bombeo de concreto premezclado con una resistencia a la compresión $f^c=3000\text{PSI}$ ($210\text{Kg}/\text{cm}^2$), agregado de tamaño máximo $\text{TM} = \frac{3}{4}$ " y asentamiento de 125 - 140mm. Esta fluidez se debe a que el proceso constructivo utilizado para la fundición contemplaba el bombeo del concreto. Los precios cotizados por metro cúbico (m^3) fueron los siguientes:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ✓ Concreto 3000PSI | \$231.903.72 / m^3 (Incluye IVA) |
| ✓ Concreto Impermeabilizado 3000PSI | \$247.361.88 / m^3 (Incluye IVA) |
| ✓ Bombeo | \$20.880.00 / m^3 (Incluye IVA) |



Imagen 1.16 Descargue de concreto premezclado



1.3.3 Suministro de Acero Figurado Grado 60

Contrato No. OJ-043 de 2005 con un valor de \$437'713.980⁰⁸ adjudicado a la empresa Ferropinturas del Cauca Ltda., el cual tuvo por objeto el suministro de acero estructural figurado con resistencia a la fluencia $f_y = 420\text{Mpa}$ y diámetros que varían desde #2 (1/4") hasta #7 (7/8"); el precio cotizado fue de \$2.000⁰⁰ por kilo de acero figurado.



Imagen 1.17 Descargue de acero figurado

1.4 Gerencia e Interventoría del Proyecto

La Gerencia e Interventoría del proyecto estuvo a cargo del Departamento de construcción de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca en cabeza del Ingeniero Luís Ildemar Bolaños Andrade, Decano de la Facultad, quien se desempeñó como gerente del proyecto.

El trabajo de la interventoría y administración del proyecto se dividió entre varios de los docentes que pertenecen al departamento de construcción de la siguiente manera:

Ing. Juan Carlos Zambrano Valverde, Interventor Técnico

Ing. Andrés Castrillón Valencia, Interventor Administrativo

Ing. Fredy Arturo Jaramillo Otero, Programación de obra

Arq. Gustavo Ángel Vera, Informes semanales de avance de obra

Arq. Diana Velasco Galvis, Seguridad Industrial

Ing. Luís Fernando Polanco Flores, Asesor Técnico



Imagen 1.18 Comités de Obra



Adicionalmente debido a que se requería un ingeniero que estuviera permanentemente en la obra se contrató al Ingeniero Fernando Reyes Giraldo, quien se desempeñó como Residente de interventoría.

Imagen 1.19 Ingeniero Fernando Reyes Giraldo.



2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE LA PASANTIA

Durante la pasantía me desempeñé como auxiliar de interventoría cargo en el cual tuve la posibilidad de realizar una serie de actividades entre las cuales se destacan:

2.1 Despiece de la Estructura

Familiarizarse con el proyecto, es la primer actividad que se debe realizar, al entrar a ser parte del equipo de trabajo de una obra civil; esto consiste en estudiar los planos y leer las especificaciones técnicas de la obra, con el fin, de tener un conocimiento general de qué es lo que se construye y con qué características o requerimientos, ya sean arquitectónicos o estructurales para, en un momento dado, tener criterio para tomar decisiones.

En el proyecto, el Ingeniero Fredy Arturo Jaramillo Otero, encargado de verificar y actualizar la programación y avance de obra, requería una base de datos, que contuviera todos los elementos estructurales de cada bloque, divididos por tipo, nivel y ubicación en la estructura referenciados con base a los ejes principales, adicionalmente, cada elemento debía contener información básica como dimensiones de la sección transversal y longitud. Todo esto con el fin de generar posteriormente una hoja electrónica que permitiera ser actualizada con el avance de la obra (elementos fundidos) y brindara en cualquier momento información acerca del estado del proyecto. Esta herramienta, facilita y optimiza el trabajo debido a que esta información puede ser usada en muchas labores tales como generación y revisión de actas, cuantificación de volúmenes de concreto entre otras generando ahorro de tiempo.

Personalmente esta labor me permitió familiarizarme con un alto grado de detalle con cada uno de los elementos que componen la estructura, debido a que la construcción de la base de datos requería una lectura detallada para el posterior despiece de la estructura plasmada en los planos.

2.2 *Control de dimensiones y volúmenes de excavaciones manuales y solados de limpieza*

Las excavaciones para la cimentación, fueron realizadas manualmente y según los pliegos de condiciones, serían pagadas por metro cúbico de excavación. Adicionalmente, debido a que el



Imagen 2.01 Proceso de excavación y Tablas ubicadas para disminuir las dimensiones de las excavaciones

concreto era suministrado por la Universidad mediante un contrato independiente, una de las tareas de la interventoría era controlar el suministro y consumo de concreto. Razón por la cual se debían controlar de manera estricta las dimensiones de las excavaciones ya que en el proceso constructivo las paredes de las excavaciones servirían de formaleta para el posterior vaciado de las zapatas; en los casos en que las dimensiones no fuesen satisfactorias, se solicitaba al constructor la ampliación o reducción de la sección según fuese el caso; la reducción de la sección se realizaba mediante la ubicación de tablas contra las paredes del fondo de la excavación hasta lograr una dimensión aceptable. Estos controles se realizaron en conjunto con las revisiones de los niveles de desplante mediante la utilización de equipos de precisión y la verificación de los espesores de los solados de limpieza ubicados en el fondo de

los solados de limpieza ubicados en el fondo de la excavación que, según las especificaciones técnicas del proyecto, debían ser como mínimo de 5 cm y serían pagados por metro cuadrado de solado; estas revisiones se realizaban periódicamente una vez terminadas las excavaciones de varias zapatas.



2.3 Cálculo de las cantidades de acero requeridas y Recepción de acero figurado

El acero requerido en la obra era solicitado al proveedor a través de la interventoría quienes éramos los encargados de realizar el pedido de acuerdo a las características, cantidades especificadas en los detalles de planos y a la programación de obra o requerimientos del contratista de la estructura.

Los pedidos se debían realizar con suficiente anticipación de tal forma que el proveedor tuviera el tiempo suficiente para realizar la producción y la entrega oportuna de los elementos solicitados; los cuales, eran pedidos tratando que, una vez el acero llegara a la obra, este fuera consumido en el menor tiempo posible ya que no era conveniente almacenar grandes cantidades de material debido al poco espacio disponible para tal fin, y adicionalmente a que esto disminuiría el espacio requerido para las operaciones diarias de la obra y la movilidad del equipo necesario especialmente para la colocación del concreto. Por esta razón, debe existir una buena coordinación con el proveedor y el contratista ya que cualquier retraso en el suministro de material, afectaría las actividades del contratista reflejándose en la programación y avance de obra.

Para lograr esto el ingeniero residente debe calcular y registrar en un archivo personal las cantidades requeridas para cada una de las actividades del proceso constructivo haciendo un despiece minucioso de la estructura antes de comenzar la obra; este trabajo inicialmente es bastante dispendioso pero al final ahorrará tiempo y evita errores, en comparación a cálculos realizados a última hora y bajo presión que muy probablemente contendrán errores.

Durante la construcción se realizaron varios de estos cálculos los cuales se revisaban comparándolos con los obtenidos por el ingeniero residente y posteriormente se generaba el pedido mediante un formato que contenía básicamente un código que indicaba para que tipo de elemento y bloque iba destinado, diámetro de la varilla, cantidad, longitud, peso nominal del ítem y peso total del pedido ya que el pago se realizaría con base en ese peso; adicionalmente, se incluía en cada ítem un dibujo que indicaba la figura y dimensiones que debía tener el acero, como se muestra en el siguiente ejemplo.



UNIVERSIDAD DEL CAUCA						
CONSTRUCCION EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS .						
COLUMNAS 4TO TRASLAPO BLOQUE B						
CODIGO	FIGURA	Ø	LONG (MT)	CANT (UN)	LONG TOTAL (MT)	PESO TOTAL (KG)
BBCO04		7/8"	6.0	84.0	504.0	1532.2
BBCO04		3/4"	6.0	84.0	504.0	1129.0
BBCO04		3/8"	2.0	842.0	1684.0	943.0
BBCO04		3/8"	0.74	1684.0	1246.2	697.8
					TOTAL	4302.0

Tabla 2.1 Ejemplo formato de pedido de aceros

La compra y uso de acero estructural figurado para proyectos en donde las figuras del refuerzo de los elementos es repetitivo o complejo tiene muchos beneficios ya que se ahorra mucho tiempo, espacio y dinero debido a que el personal necesario es reducido en comparación al requerido si se figura en obra, ahorra espacio porque no se requiere almacenamiento de grandes volúmenes de materia prima y principalmente dinero porque se ahorra al final de todo el proceso el precio equivalente al peso de todas las puntas o desperdicios de varillas generados por la producción de las figuras en obra adicional a las pérdidas generadas por errores en la figuración.

2.4 Revisión de la colocación y amarre de aceros

Esta tarea consistía en verificar que todo el acero de refuerzo estuviera colocado de acuerdo a los planos, especificaciones y requisitos del proyecto y de la Norma Sismo Resistente (NSR-98) en lo que respecta a ubicación, diámetros, longitudes de las barras, longitudes de traslape del refuerzo longitudinal, separación del refuerzo para cortante (estribos) y recubrimientos del acero así como el correcto amare que garantice que el acero no se moverá en el momento del vaciado del concreto. Esta labor se realizaba cuando se finalizaba el amarre de la totalidad de los

elementos programados para ser fundidos con el fin de dar el visto bueno y poder programar el vaciado del concreto.



Imagen 2.02 Revisión de dimensiones, ubicación y amarre del acero de refuerzo

2.5 *Revisión de seguridad, producción y colocación de formaletas*

El primer criterio a tener en cuenta a la hora de seleccionar la formaleta debe ser siempre la seguridad, seguida de: Características especificadas, Costo de fabricación, número de usos, facilidad de armado y desarmado, posibilidad de descimbrado o retiro parcial de la formaleta.

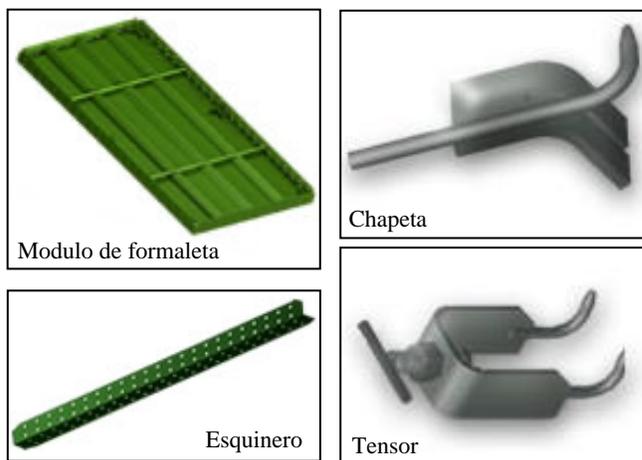


Imagen 2.03 Componentes formaleta Formesan (© FORMESAN)

Las formaletas usadas para las columnas y vigas de cimentación fueron formaletas metálicas Tipo FORMESAN, y para las vigas y losas de entrepiso tipo GLEASON; estas formaletas hacen parte de las soluciones que ofrecen algunas compañías dedicadas a la venta y alquiler de equipo para construcción los cuales diseñan y garantizan el correcto funcionamiento de sus equipos y sistemas con base en unas recomendaciones técnicas del armado y

cargas admisibles y también proveen soporte técnico en caso de ser necesario, sin costo adicional. Por esta razón la revisión de las formaletas en la obra se limitaba simplemente a la inspección visual del estado de las partes que conforman la formaleta y su correcta colocación y uso de acuerdo a las recomendaciones de la empresa fabricante es decir que si en cualquier momento se detectaba un componente o elemento defectuoso se solicitaba inmediatamente su refuerzo o reemplazo según el caso.

Por otra parte, el material aligerante utilizado para las placas de entrepiso se fabricaba en la obra. Consistía en casetones con marcos de madera separados máximo 30cm los cuales, iban unidos con cintas en esterilla con separaciones de 10cm conformando cajones que posteriormente eran recubiertos con tela sintética. Con este sistema se presentaron inconvenientes de rigidez en los casetones, originados principalmente por la debilidad de los marcos de madera y por la deficiente técnica en la colocación de la tela, hecho que originaba sobre volúmenes de concreto, incremento en los costos y principalmente sobrecargas en las losas; por esta razón, los casetones fueron cambiados a casetones totalmente cubiertos en esterilla y forrados con plástico tipo invernadero con lo cual se obtuvo una estructura mucho mas rígida y se solucionó este inconveniente.

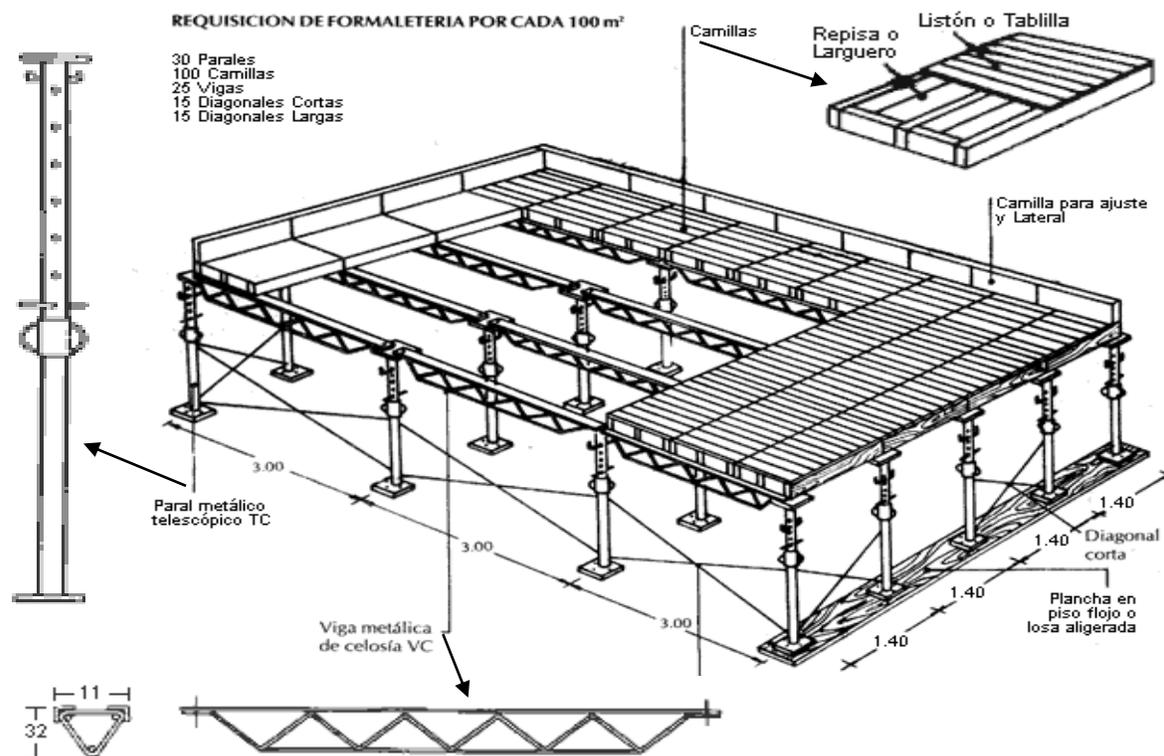


Imagen 2.04 Componentes del sistema de formaletas GLEASON (© GLEASON)



Imagen 2.05 a) Prueba de rigidez del Caseton, b) Caseton recubierto con tela sintética Casetex®, c) Detalle deformación de la tela Casetex®, d) Caseton recubierto de esterilla.

Entre las verificaciones que se deben realizar a la formaleta tenemos las siguientes:

- ✓ Seguimiento de los planos, si los hay.
- ✓ Verificación de los apoyos.
- ✓ Verificación de las uniones.
- ✓ Comprobación del funcionamiento y alcance de los dispositivos de nivelación.
- ✓ Revisión de dimensiones y nivelación (Planos arquitectónicos y referencias físicas)
- ✓ Revisión de las características de los bordes de placa

Cuando no se disponga de planos, la formaleta sea fabricada en la obra o no se tenga confianza o garantía en la seguridad, se debe realizar la comprobación de la capacidad de carga de cada uno de los elementos, teniendo en cuenta las cargas que se conocen y tomando un factor de seguridad de dos.



En Concretos Arquitectónicos, el aspecto es muy importante y como el acabado superficial lo produce la formaleta; se debe tener especial precaución en el estado y limpieza de la superficie que estará en contacto con el concreto.

2.6 Cálculo de las cantidades de concreto requeridas y Recepción de concreto

Los pedidos de concreto se realizaron con base en los volúmenes calculados a partir de planos estructurales, y considerando unos desperdicios bajos del orden del 1 al 2%.

La cantidad real de concreto adicional es muy difícil de cuantificar especialmente cuando se construyen secciones complejas como losas de entrepiso aligeradas ya que el volumen real depende de muchas variables como las condiciones y dimensiones de la formaleta. Por lo tanto, este valor es calculado y solicitado en el transcurso de la fundición como se explica en el siguiente ejemplo:

Si la cubicación del concreto requerido para el vaciado da como resultado 24m^3 y si cada camión tiene una capacidad para 6m^3 es lógico pensar que con 4 Mixers de 6m^3 es suficiente pero esto no es conveniente debido a que si al final falta una cantidad muy pequeña esta no puede ser entregada o adicionada al ultimo camión y las plantas no envían menos de 1.0m^3 especialmente si se trabaja en zonas apartadas; por esta razón, en la práctica lo que se hace es solicitar a la planta que los 2 últimos camiones vengan con un volumen menor que el máximo de carga con el fin de que en el último camión se solicite con el volumen total faltante el cual es calculado con base a planos y mediciones hechas en el sitio. También es importante ser previsorio a la hora de usar concretos premezclados y tener disponible un sitio de la obra donde se puedan usar y depositar fácilmente los sobrantes de concreto o mezclas que se puedan perder a causa de contratiempos que se puedan presentar como averías en los equipos de vaciado. Esto con el fin, de no perder dinero por consecuencia de estas posibles eventualidades.

El uso de concreto premezclado certificado tiene beneficios como ahorro de tiempo, reducción de personal y garantía de resistencia. Pero es importante tener en cuenta que para que se produzca esta última se debe tener un estricto control en los procesos de colocación y curado del concreto,

y que la garantía de resistencia no reemplaza los controles y ensayos que se deben realizar a la mezcla en obra.

Por otra parte el pedido del concreto se debe realizar con suficiente anterioridad debido a que la planta debe programar la producción y disponibilidad del equipo requerido para su transporte y colocación; también se debe especificar muy bien el tipo de concreto que se requiere con características como: $f'c$, asentamiento, TM y todas las particularidades en el concreto que se consideren pertinentes.

2.7 Toma de muestras de Concreto

Una de las grandes ventajas de este proyecto es que cuenta con un laboratorio de materiales a su disposición lo cual permitió realizar un buen control de calidad del concreto, control que



generalmente no se realiza en las obras que se construyen en la ciudad debido en gran parte a la falta de equipo y costos de los ensayos. Estas restricciones hacen que las revisiones se limiten a unas pocas muestras y que en algunos casos no se realicen o no cumplan con las normas, lo cual no es recomendable ya que estos ensayos son una medida de la calidad de la obra.



Una labor que desarrollaba con mucha frecuencia eran las revisiones que se deben realizar a los concretos certificados cuando llegan a la obra tales como: medida de la consistencia (asentamiento) con el cono de Abrams de acuerdo a la norma NTC 396, toma de muestras y fabricación de probetas o cilindros de concreto para ensayos de resistencia de acuerdo a la norma NSR 98 y a las normas NTC 454 y NTC 550 respectivamente.

Imagen 2.06 a) Ensayo de asentamiento,
b) Fabricación de cilindros.



Imagen 2.07 Ensayo de compresión

Durante la construcción, de cada muestra de concreto se tomaron probetas para ser falladas a 7, 14 y 28 días; dos por cada edad.

Algunas recomendaciones importantes dadas por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (Asocreto), y algunas contenidas en las normas antes citadas son las siguientes:

- ✓ Las Probetas nunca deben ser alteradas por movimientos o sacudidas, especialmente durante las primeras 24 horas. Una falta bastante común observada en las obras, es la fabricación de probetas cerca de donde el concreto está siendo descargado y luego se transportan a otro lugar para su almacenamiento.
- ✓ Todas las muestras de concreto fresco, independientemente del método empleado para obtenerlas, deberán ser remezcladas con una pala para asegurar su uniformidad.
- ✓ La muestra deberá ser protegida del sol, del viento y de la lluvia durante el periodo entre su toma y utilización.
- ✓ Si las muestras se toman sin cuidado no reflejarán la calidad del concreto que se está ensayando.

2.8 Supervisión en la colocación del concreto

La operación más importante durante el proceso de ejecución de un elemento, es la de vertido y colocación del concreto.

Esta supervisión, consistió en verificar la correcta ejecución de los pasos que conforman el proceso de colocación y curado del concreto tales como: vibrado, niveles y aplomos de columnas. Revisiones que se realizan algunas durante y otras una vez finalizada la colocación del concreto; también se verifica la aplicación del agente curador que en este caso era una parafina líquida conocida comercialmente como Curaseal® fabricado por Toxement. Se aplica, en el momento en que el agua libre sobre la superficie ha desaparecido y esta ha perdido su brillo.



Imagen 2.08 Supervisión en fundición de columnas y placa de entrepiso bloque Administrativo.

En algunos casos en los que el sol y/o el viento son muy fuertes, debe ser aplicada inmediatamente después de la operación de acabado final y antes de que el agua libre haya desaparecido completamente.

En el caso de las columnas, el Curaseal® es aplicado en el momento en que se retira la formaleta y si la superficie está muy seca, se humedece con agua y posteriormente se aplica el producto curador.

La revisión de aplomos en las columnas se realizó mediante el uso de plomadas fabricadas en la obra las cuales son sostenidas mediante un nylon sujetado a una varilla o madero que sobresale en la parte superior de la formaleta de la columna. Esta revisión consiste en verificar que la



Imagen 2.09 Operaciones de vibrado y aplomo de columnas

lectura realizada con una cinta métrica en la parte superior coincida con la medida en la parte inferior de la columna con una tolerancia de +/- 5mm. Es conveniente usar como mínimo 2 plomadas por cara en 2 lados consecutivos del elemento con el fin de detectar posibles torsiones en la columna cuando se usa formaleta metálica industrial en buen estado; en caso de usar formaleta fabricada en obra es recomendable verificar los 4 lados del elemento.

Un paso muy importante que se debe realizar y verificar antes de iniciar el vaciado de cualquier elemento es el humedecimiento y limpieza de la formaleta y armadura mediante la aplicación de



Imagen 2.10 .Vertido de mortero 1:1 previo al vaciado de una columna

una cantidad de agua suficiente en especial cuando se usa formaleta de madera o cualquier otro material absorbente; adicional a esto, para el caso de columnas, muros pantallas y demás elementos con congestión de acero, se debe vaciar una cantidad adecuada de mortero 1:1 con el fin de que sature de mezcla la armadura y la formaleta. Si no se realiza esta operación, al realizar el vaciado, el mortero que constituye el concreto se quedara adherido a estos elementos mientras desciende, llegando al fondo solo

el agregado grueso, lo que origina, hormigueros en la base del elemento.

La colocación de concreto se debe realizar por capas no mayores de 40cm ya que espesores mayores dificultan la salida de aire; el vibrador se debe introducir hasta que penetre la capa inmediatamente inferior.

No se debe introducir el vibrador contra la pared de la formaleta, con el objeto de evitar la formación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

2.9 Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial

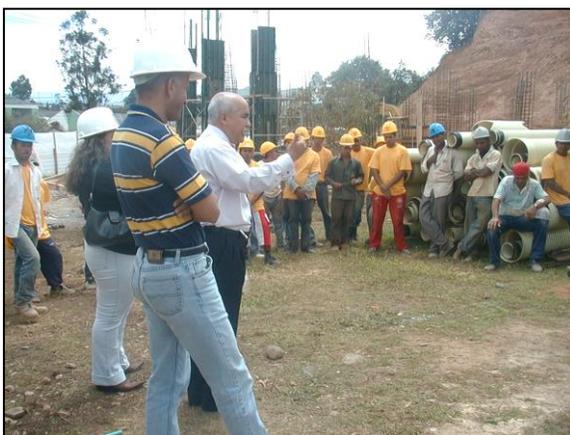


Imagen 2.11 Conferencia de salud ocupacional y seguridad industrial.

El velar por la seguridad de todo el personal es una gestión fundamental que se deben realizar en cualquier proyecto, ya que la inversión que se realice en este campo no se compara con los costos económicos y morales generados por la pérdida de una vida humana, en el caso de un accidente en la obra.

La verificación realizada por la interventoría consistía en revisar que todos los contratistas tuvieran inscritos a sus empleados en un sistema de Seguridad Social.

Adicionalmente, durante la construcción, la interventoría exigió el uso de los implementos de seguridad industrial a cada uno de los trabajadores y dictó conferencias relacionadas con la seguridad industrial.

2.10 Controles Topográficos y Toma de Topografía

Se realizaron controles topográficos durante la ejecución del proyecto con el fin de verificar principalmente los niveles de cada uno de los elementos estructurales. También se realizó una toma de topografía en la base de los taludes destinada al diseño de los sistemas de recolección y evacuación de agua lluvia (cunetas), con el fin de prevenir la erosión de los taludes.

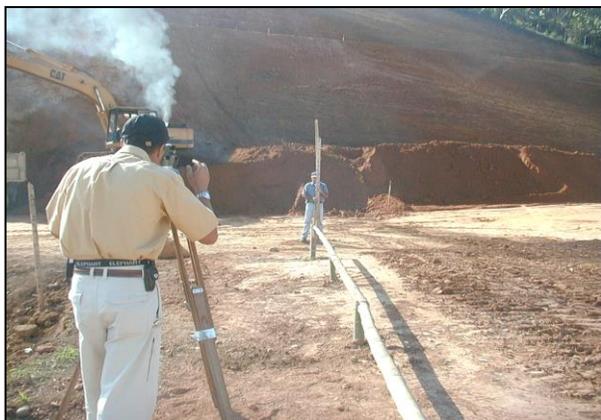


Imagen 2.12 Control topográfico y toma de topografía en la base del talud.

2.11 Recorridos por la obra

Diariamente se realizaban recorridos por la obra con el fin de supervisar el avance de cada uno de los frentes de trabajo. Estos recorridos particularmente me sirvieron para aprender de los procesos constructivos mediante la observación del trabajo realizado por los obreros.

También se realizaron visitas guiadas a algunos estudiantes de la facultad y estudiantes de la Fundación Universitaria en donde se les explicaba las generalidades y características del proyecto.



Imagen 2.13 Visitantes durante un recorrido por la obra.

3 PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1 Descapote y Movimiento de Tierra

El descapote fue realizado mediante la utilización de equipo pesado; un buldózer Caterpillar D6 realizó el corte del material (capa vegetal, suelo orgánico y escombros principalmente), una retroexcavadora y varias volquetas fueron las encargadas de realizar el cargue y retiro del



Imagen 3.01: Descapote usando Buldózer CAT-D6

material extraído, hasta un lote de la Universidad ubicado en la parte posterior del diamante de béisbol, lugar determinado como sitio de disposición final.

Debido a la proximidad con la que quedarían los nuevos edificios, al talud existente, el cual se encontraba con una inclinación aproximada de 60° , era necesario asegurar su estabilidad para proteger los edificios contra posibles deslizamientos, para esto el geotecnista del proyecto realizó las siguientes recomendaciones: retrasar la pata del talud por lo menos 7 metros, construir una terraza de 4 metros de ancho en la parte media y reducir la inclinación del talud a 45° .



Imagen 3.02: Estado inicial del talud, evidencia de inestabilidad.

Estas recomendaciones originaron la realización de un movimiento de tierras de aproximadamente 30000 m^3 de suelo limoso, movimiento realizado mediante el uso de un buldózer similar, al que realizó el descapote y que posteriormente fue reemplazado por una excavadora hidráulica con la cual se obtuvo una mayor eficiencia, debido a la mayor

productividad de este equipo en comparación con el buldózer por las condiciones de la obra.

La inclinación desde los taludes se garantizaba mediante el uso de una escuadra como la mostrada en la imagen 3.3, la cual es construida de tal forma que su hipotenusa quede con la

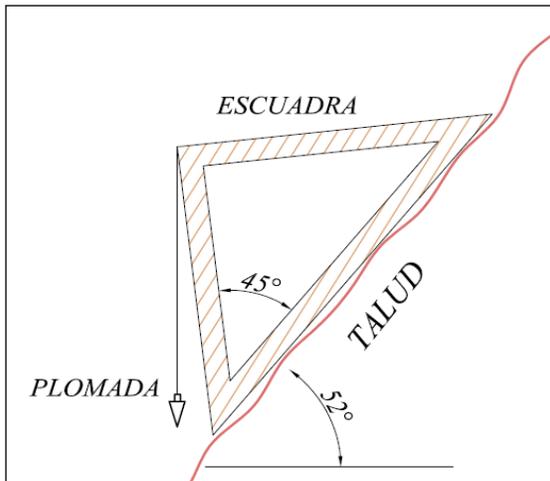


Imagen 3.03: Esquema escuadra usada para verificar la inclinación del talud

inclinación del talud (45° para este caso) cuando una plomada amarrada en la intersección de los dos catetos, coincida con la arista vertical de la escuadra.

La mayor parte del suelo excavado fue depositado en un lote cercano. La cercanía y características, como facilidad de acceso, generó ciclos cortos y continuos de las volquetas.

El suelo restante fue usado para la conformación de los rellenos necesarios para lograr las cotas requeridas en los diseños; para esto, se usó una beta de limo color rosado el cual después de algunos ensayos de laboratorio presentó buenas características mecánicas para este fin. Con base en los ensayos, se determinó que se debía compactar hasta el 95% PM (Proctor Modificado) para lo cual se emplearon varios tipos de compactadores entre rodillos lisos y rodillos pata de cabra.

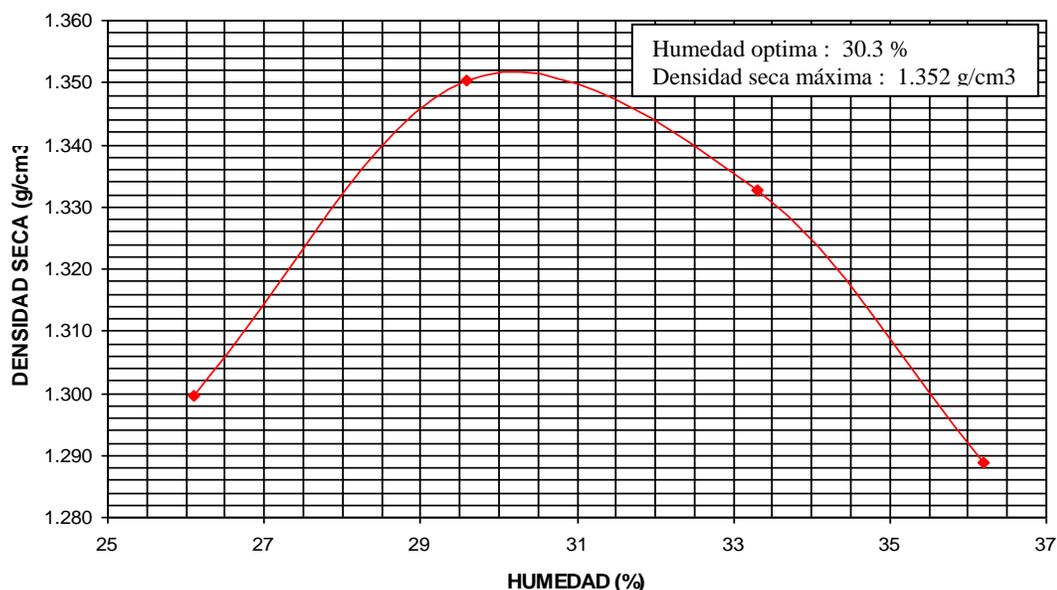


Imagen 3.04 Gráfico ensayo compactación Proctor Modificado, suelo fino color rosado, Fuente: Talud Ingenierías Unicauca.

3.2 Replanteo

El replanteo de un proyecto se realiza, con base en las referencias dejadas cuando se hizo el levantamiento inicial del lote (Norte, BM, Deltas, etc.) y los planos en planta del proyecto, los cuales indican la ubicación de cada uno de los elementos que conforman la estructura.



Imagen 3.05: Detalle caballete perimetral en guadua.

Lo primero que se realiza es determinar en el sitio las referencias o puntos de amarre de los planos ya que estos son el punto de partida para la localización. Los planos contienen también el trazo de alineamientos ortogonales que generalmente coinciden con los ejes de columnas o muros según el caso. Estos alineamientos se denominan ejes principales.

En el terreno se materializan estos ejes ubicando en el perímetro de los edificios unos caballetes (marcos en madera o guadua) a los cuales se les clava una puntilla en los puntos por donde pasan dichos alineamientos, el proceso de ubicación es similar al usado para el replanteo de vías en donde a partir de ángulos y distancias medidos en los planos se ubican los puntos que conforman el eje de la vía.

Estos caballetes se ubican en todo el perímetro de la estructura a una distancia tal que no



Imagen 3.06: Materialización con puntilla, de un eje principal en un caballete perimetral.

interfieran con las tareas de excavación y construcción de la cimentación. Cada puntilla se marca con el nombre del alineamiento al cual pertenece (1, 2, A, A', K, etc.), de tal forma que al unir con un hilo un par de puntillas marcadas con el mismo nombre, el hilo represente el alineamiento indicado en los planos, y la intersección de un par de hilos, la ubicación del eje de una columna en el caso de que los ejes indicados en los planos coincidan con el centro de la columna.

3.3 Cimentación

Para la construcción de la cimentación, inicialmente se marcan con una pala hoyadora los sitios a excavar con ayuda de plantillas de madera fabricadas en obra las cuales tienen las dimensiones de la planta de cada zapata. Estas plantillas se ubican en el terreno centrándolas con respecto a los ejes que interceptan la columna que llega a la zapata.

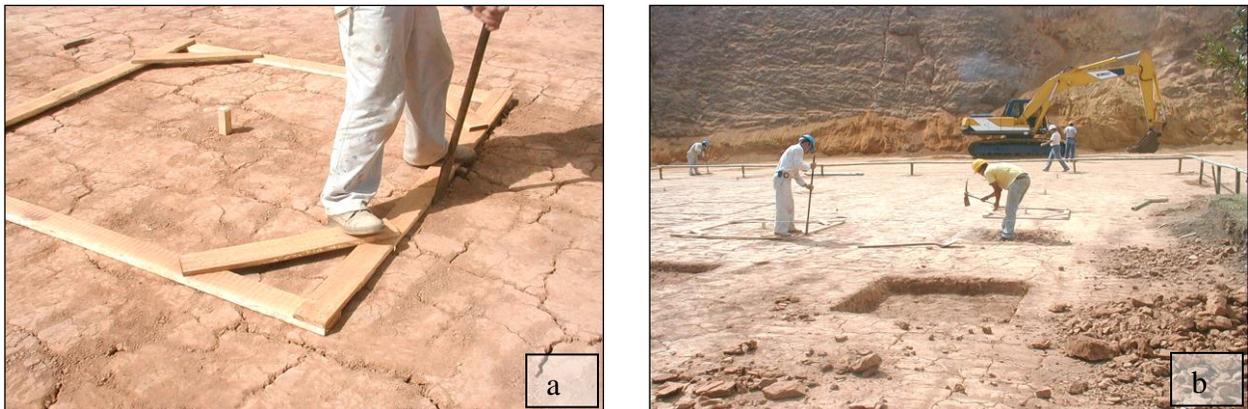


Imagen 3.07 a) Detalle plantilla para demarcación de zapatas, b) Proceso de excavación de zapatas.

Se realiza la excavación verificando periódicamente la verticalidad de las paredes con la ayuda de una plomada. Una vez alcanzada la profundidad requerida se procede a cubrir y nivelar el fondo de la excavación con una capa de concreto pobre con el fin de disminuir el consumo de concreto, proporcionar una superficie nivelada y limpia para la ubicación del acero, y principalmente para prevenir el amasado o re-moldeo del suelo del fondo de la excavación que generaría una disminución de la capacidad de carga.



Imagen 3.08 a) Detalle zapata con solado de limpieza y materialización de los ejes principales de la columna, b) Parrilla de refuerzo de la zapata, ubicada sobre separadores o "panelitas" de concreto.

Cuando los solados ya han fraguado se procede a la ubicación del acero de refuerzo de la zapata el cual consiste en una parrilla hecha con varias varillas individuales figuradas de acuerdo a los planos y amarradas en cada intersección de barras con alambre negro #18. Estas parrillas van ubicadas sobre unos cubos (separadores o panelitas) de siete centímetros (7cm) de lado, hechos en concreto de la misma calidad que el de la estructura, que tienen como finalidad proporcionar el recubrimiento requerido del acero, que es muy importante para garantizar la durabilidad y vida útil de la estructura.



Imagen 3.09 a) verificación de la ubicación del refuerzo de columnas respecto a los ejes principales, b) Detalle del refuerzo de arranque de columnas con tensores para asegurar la posición y aplomo.

El acero de arranque de las columnas son barras de seis metros (6m) en forma de L las cuales se ubican y amarran sobre la parrilla teniendo como referencia un estribo previamente orientado,



Imagen 3.10 Operaciones de vaciado y vibrado de concreto en una zapata, detalle del tensor para el acero de la columna.

centrado y amarrado sobre el refuerzo de la zapata. Adicionalmente, se ubican algunos estribos con el fin de unir las varillas de refuerzo longitudinal de la columna conformando un castillo o armadura lo suficientemente rígida que posteriormente, se centra y sostiene con ayuda de alambres o tensores amarrados a estacas enterradas en el perímetro de la excavación que impiden o limitan el movimiento de la armadura durante la fundición.

A continuación se procede a vaciar el concreto; para esto, previamente se ubican en las paredes de la excavación marcas que indiquen la altura hasta la cual debe llegar el concreto o se pasan niveles (hilos a una altura determinada) que sirvan de referencia para realizar las mediciones durante el proceso de fundición. Cuando se termina de vaciar y vibrar el concreto un oficial le da el nivel y acabado usando un codal y platacho respectivamente.



Imagen 3.11 Curado por inmersión de una zapata.

El curado se puede realizar por cualquier método; no resulta económico el uso de productos comerciales como Antisol® de Sika o Curaseal® de Toxement para estos elementos ya que es mucho más barato y sencillo el uso de métodos de curado como inmersión en agua o el uso de cualquier material que retenga humedad como por ejemplo la tierra de la excavación.

En el proceso constructivo, la columna no es fundida monolíticamente con la zapata por lo cual, al área de contacto entre estos dos elementos, se le debe proporcionar una rugosidad adecuada que permita la adherencia entre estos elementos.

Las vigas de cimentación que amarran todas las zapatas nacen a una altura variable medida desde la zapata razón por la cual primero se debe fundir un pequeño tramo de la columna llamado pedestal el cual se funde uno o dos días después de vaciar la zapata; para esto se usa una formaleta metálica o en madera fabricada en la obra, la cual se ubica y alinea respecto a los ejes y se verifica su plomo con ayuda de un nivel de burbuja o una plomada y posteriormente se posicionan los separadores o panelitas encargados de garantizar el recubrimiento del acero.



Imagen 3.12 a) Formaleta en madera para pedestales, b) Formaleta en acero y proceso de vaciado de concreto en un pedestal.

Para construir las vigas de cimentación, se realiza la excavación de zanjas las cuales se nivelan mediante un solado de limpieza igual al usado en el fondo de las excavaciones de las zapatas; una vez fraguados los solados, se procede a colocar las armaduras de refuerzo de las vigas de acuerdo a los planos y separando el acero del suelo con ayuda de panelitas concreto.

La formaleta usada para las vigas es la misma formaleta metálica que se emplea para las columnas y va apoyada con una serie de pedazos de madera en su parte interior y estacas y diagonales en madera en el exterior separadas aproximadamente 60cm las cuales en conjunto proporcionan estabilidad y rigidez para el vaciado del concreto.



Imagen 3.13 a) Solado de limpieza para vigas de cimentación, b) Detalle cuña de separación interna, junta de formaleta en madera y pases eléctricos, c) Proceso de vaciado del concreto d) Detalle soportes laterales de la formaleta.

Es muy frecuente y casi inevitable durante cualquier proceso constructivo, la realización de juntas frías de construcción, especialmente cuando se trabaja con elementos de gran longitud como vigas, o elementos que requieren grandes volúmenes de concreto como losas de entrepiso. La localización de las llamadas juntas frías debe ser el resultado de la planeación del proceso constructivo, pero definir y acertar en su localización requiere conocimientos básicos sobre el funcionamiento estructural.

No es recomendable realizar juntas frías en las proximidades de los nudos, o mejor en la zona de confinamiento de las vigas. La junta preferiblemente debe localizarse hacia el tercio central de las vigas o viguetas.

3.4 Columnas

Inicialmente, se construyen unos pequeños tramos de columna (10cm aproximadamente), llamados collarines, los cuales, sirven de guía para ubicar la formaleta y restringir el movimiento de la base del elemento, ya que en el momento del vaciado de la columna, la formaleta puede desplazarse lateralmente desde la base si no se encuentra bien asegurada perimetralmente, quedando desalineada respecto a sus ejes y corregir esto durante el vaciado es muy complicado. Los collarines se emplean principalmente en los sitios en donde las columnas van ubicadas sobre vigas de cimentación, elementos esbeltos en donde el ancho de la columna es similar el ancho del elemento que la sostiene, y también sobre esquinas y bordes de losas de entrepiso.



Imagen 3.14 a) Formaleta para collarín sobre viga de cimentación, b) Aplicación de Cuseal® en losa de entrepiso y detalle de taches o “pelos” incrustados en la losa para soporte lateral de la formaleta de columnas.

Para las columnas ubicadas en la parte interna de las losas, es conveniente, el día en que se funde la placa, dejar en el perímetro del sitio donde se ubicará la formaleta de la columna unos tachos o “pelos” que son simplemente unos pedazos de varilla incrustados en la placa que servirán posteriormente de apoyo lateral en la base de la formaleta de las columnas.

Antes de colocar la formaleta se debe ubicar y amarrar todo el acero de refuerzo de cortante (estribos) y realizar los traslapes del refuerzo longitudinal en caso se ser requeridos; los cuales, deben ir ubicados en la mitad central de la longitud del elemento según la NSR-98. Criterio que se debe tener en cuenta para realizar el despiece y pedido de acero.

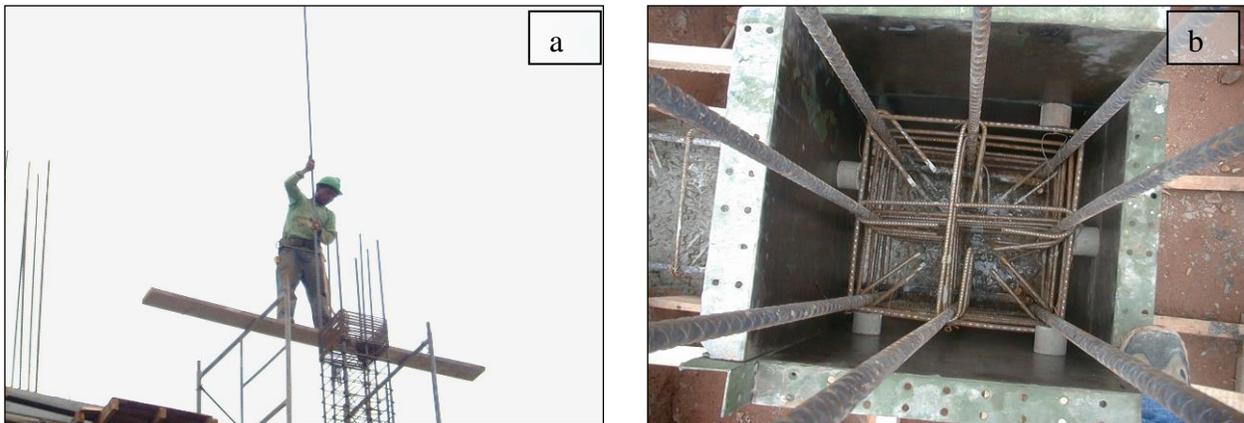


Imagen 3.15 a) Colocación de traslapes de acero longitudinal de columnas, b) Detalle del acero de refuerzo y de los separadores de concreto en el interior de una formaleta para columna.

Posteriormente, se deben ubicar los separadores que garantizan el recubrimiento del acero. Una vez posicionados y asegurados los separadores, se procede a ubicar la formaleta que previamente



Imagen 3.16 Limpieza de formaleta y ubicación de varetas de madera para generar aristas de columna chaflanadas.

ha sido ensamblada formando dos módulos independientes de longitud un poco mayor que la longitud del elemento a fundir los cuales al ser unidos conforman el molde o formaleta de la columna.

Los módulos de formaleta antes de ser unidos, se deben limpiar, revisar el estado, aplicar un desmoldante y con el fin de eliminar las aristas vivas

(ángulo de 90°) en las esquinas internas de la formaleta se ubican unas varetas de madera que le generan a la columna ya fundida unas aristas chaflanadas que previenen posteriormente problemas de desportillamiento de las esquinas. Las formaletas se unen mediante chapetas las cuales se distribuyen a lo largo de la unión de forma proporcional a la presión que deben soportar.

Cuando la formaleta esta armada y posicionada en el lugar donde quedará la columna, se procede



Imagen 3.17 Ventana lateral para el vaciado de una columna

a ubicar unos parales metálicos telescópicos (tacos, dos por cada lado de la columna), iguales a los empleados en la formaleta de las losas de entrepiso. Tienen como finalidad apuntalar lateralmente la formaleta y servir de herramienta de ajuste para plomar las columnas una vez finalizado el vaciado ya que cada uno de los tacos se le puede ajustar su longitud con los tornillos que poseen, según la necesidad.

Cuando se funden elementos muy altos y esbeltos o tan congestionados de acero, que no se puede introducir en la formaleta la manguera de la bomba desde la parte superior; para reducir la altura de caída del concreto, y evitar la segregación, se deben retirar de la formaleta algunos módulos, con el fin, de generar ventanas laterales por donde pueda ser introducido el concreto y llenar el



Imagen 3.18 Proceso de llenado de una columna a través de una ventana lateral.

elemento en varias etapas limitadas por la altura a la cual se encuentran las ventanas en donde se procede a cerrar cada una de ellas con el módulo correspondiente y se continua llenando y repitiendo el proceso hasta que el concreto pueda ser vaciado por la parte superior del elemento sin tener problemas de segregación debidos a la altura libre de caída del concreto (más de 2m).



Antes de iniciar el vaciado del concreto se debe humedecer y eliminar cualquier contaminante (polvo principalmente) que pueda estar presente en la superficie de la formaleta y el acero mediante el vaciado de uno o dos baldes de agua en el interior de esta y posteriormente, se agregan de dos a cuatro baldados de mortero 1:1 con el fin de saturar de mortero la superficie del acero y la formaleta y evitar así, que se presenten hormigueros en la base de la columna ya que se no se realiza esta operación al vaciar el concreto directamente el mortero que hace parte de este se quedará adherido en las paredes de la formaleta y armadura de refuerzo llegando al fondo únicamente el agregado grueso obteniendo como resultado un elemento de baja resistencia, poroso y de mal aspecto en la base.

El vibrador debe estar siempre en el fondo de la formaleta antes de depositar la primera capa de concreto y es conveniente realizarle unas marcas en el eje del vibrador con el fin de tener una referencia para controlar el retiro de este durante el vaciado.

La manera ideal de colocar y compactar concreto en una columna pequeña (y otras secciones, si es posible), es alimentarlo continuamente a una velocidad que el vibrador lo pueda compactar, retirando al mismo tiempo el vibrador, lenta y continuamente. Cuando las circunstancias no permiten emplear este método, es necesario realizar el llenado por capas y restringir el espesor de las capas a 40cm aproximadamente, ya que espesores mayores dificultan la salida de aire. También es conveniente verificar que el vibrador penetre un poco la capa inmediatamente inferior con el fin de garantizar homogeneidad y unión entre capas.

Así mismo, se debe evitar introducir el vibrador contra la pared de la formaleta, con el objeto de evitar la formación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

Una vez finalizado el llenado de la columna se procede a enrasar (nivelar) y aplomar la columna mediante el procedimiento comentado anteriormente en la sección 2.8 de este documento..

El retiro de la formaleta de las columnas se puede realizar, según las condiciones de la obra y características del concreto a las 24 horas de fundido el elemento; e inmediatamente después, se procede a aplicar el sistema de curado.

3.5 Vigas y Losas de Entrepiso

La formaleta para vigas y losas de entrepiso, se instala cuando se ha finalizado el proceso de construcción de las columnas de soporte correspondientes a una placa o tramo de placa de entrepiso, y consta como se detalla en la sección 2.5, de párales metálicos (tacos), vigas metálicas en celosía, diagonales y tableros de madera.



Imagen 3.19 Sistema de entrepiso Gleason®.

Inicialmente se arma la estructura de soporte compuesta de tacos, vigas y diagonales que conforman la obra falsa que servirá de apoyo a la placa hasta que el concreto alcance la resistencia suficiente que le permita trabajar de forma segura e independiente sin ayuda de estos elementos; debido a que las cargas de la losa durante este periodo serán transmitidas al suelo o sobre las placas de entrepiso inmediatamente inferior, se deben ubicar en la base de los párales

metálicos: tablas, tablonos o cualquier otro elemento rígido que permita aumentar el área de contacto del apoyo y disminuir por lo tanto los esfuerzos generados por transmisión de cargas que debido a la pequeña sección en la base de los tacos podrían hundirse en el suelo o romper la losa como consecuencia del fenómeno denominado punzonamiento.



Imagen 3.20 Montaje del sistema de entrepiso Gleason®.

Cuando se tienen entrepisos muy altos, se debe tener en cuenta que los párales telescópicos tienen menor resistencia cuanto más extendido esté el vástago; en estos casos, se hacen varios pisos de estructura de soporte en donde cada una de ellas debe ser estable por sí misma, y se debe verificar que todos los apoyos tengan suficiente área para que no haya riesgo de que se caigan “pelen”.

Una vez armada la estructura de soporte se procede a ubicar los tableros, los cuales, van simplemente apoyados sobre las vigas metálicas; posteriormente y con base en referencias ubicadas en las columnas, se tienden hilos a este nivel, respecto a los cuales, se ajustan cada uno



Imagen 3.21 Detalle hilo para la nivelación inferior de la formaleta de entepiso Gleason®.

de los tacos con el fin de nivelar la superficie de los tableros a la altura especificada en el diseño; es recomendable dejar el nivel de la formaleta por lo menos dos centímetros (2cm) por encima del nivel real ya que cuando se funde la placa esta tiende a descender un poco por las deformaciones normales que sufre la estructura al ser cargada y constructivamente, es mucho más fácil hacer descender los tacos para ajustar el nivel que subirlos.

Cuando ya está armada la formaleta, la interventoría debe realizar la revisión del nivel y horizontalidad de la formaleta; revisión que consiste en verificar con ayuda de un nivel de precisión colocado sobre la formaleta, que no hayan desniveles mayores a más o menos diez milímetros (+/- 10mm) en varios puntos aleatorios de la formaleta.

Una vez lista la superficie se procede a materializar las vigas y viguetas mediante una cimbra que es básicamente un instrumento cerrado, (por lo general un tubo de PVC) atravesado por un hilo que al ser empolvado con un color mineral, sirve para marcar líneas.



Imagen 3.22 Vista general del acero de refuerzo para losas de entepiso.

La materialización de estos elementos es con el fin de tener una guía visible que ayude a los herreros a ubicar la armadura de refuerzo de la placa. Una vez amarrado y revisado el acero se procede a ubicar en su sitio los casetones los cuales deben ir asegurados a los tableros con puntillas con el fin de evitar su movimiento durante el vaciado; también se deben ubicar

panelitas en donde sea necesario con el fin de fijar y garantizar el recubrimiento del acero.

Finalmente se ubican todas las tuberías que van embebidas en la placa y el acero de retracción y temperatura; en este proyecto, los conductos o tuberías solo atraviesan la placa y son asegurados en su sitio con alambre.



Imagen 3.23 Vista general de una losa de entrepiso lista para el vaciado de concreto, detalle de pases eléctricos y acero de retracción y temperatura en el sentido longitudinal

La ubicación de tuberías embebidas a través de elementos estructurales, deben ser consultadas y autorizadas por el calculista de la estructura ya que en estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) no se permite embeber conductos, tuberías o camisas de cualquier material en los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica. Por otra parte en la NSR-98 en el capítulo C.6.3, aparecen también algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de realizar estas operaciones

Excepto cuando los planos de conductos y tuberías son aprobados por el Ingeniero Diseñador, los conductos y tuberías embebidas dentro de una losa, muro o viga (fuera de los que simplemente los atraviesan), deben cumplir los siguientes requisitos: Su dimensión externa no puede ser mayor de $1/3$ del espesor total de la losa, muro o viga dentro de los cuales estén embebidos, su separación, medida centro a centro, no puede ser menor de 3 diámetros o anchos medidos centro a centro.

Una vez finalizada la colocación de estas tuberías y previo a la fundición de la placa se realiza una revisión rápida en donde se verifica que los separadores sean los necesarios, y que cada uno de los componentes de la placa, están bien ubicados.

Realizadas todas estas revisiones se procede a lavar toda la formaleta con el fin de retirar cualquier contaminante producto del tránsito de personas sobre la formaleta y humedecer la madera con el fin de evitar la pérdida de agua del concreto.

El vaciado se realiza por tramos y se debe tener cuidado de no concentrar mucho concreto en un solo punto ya que puede hacer fallar la formaleta debido a la concentración de esfuerzos que esto genera. Para evitar esto, el llenado se debe realizar por franjas o secciones tratando de repartir uniformemente el peso a lo largo y ancho de la formaleta y prevenir así inclinaciones de la misma.



Imagen 3.24 Proceso de vaciado de concreto en losa de entrepiso.

El orden del vaciado del concreto en este tipo de losas debe realizarse llenando primero las viguetas siempre empezando desde el centro hacia el exterior, continuación las vigas y por último se llena la losa superior esto con el fin de evitar el posible desplazamiento de los casetones.

El vibrado se debe realizar constantemente a medida de que se llena cada uno de los elementos que conforman la losa; a medida que se van terminando de llenar tramos de losa obreros ubicados en la parte inferior de la formaleta van ajustando y nivelando los tacos con ayuda de las mismas referencias y niveles usados para armar la formaleta. Mientras que otros obreros van eliminando de las caras de la columna la lechada que alcanza a salir por las juntas entre la formaleta y columna.



Imagen 3.25 Retiro de la formaleta de fondo en losa de entrepiso.

Al mismo tiempo, en la parte superior, un oficial y el maestro van nivelando y dándole el acabado a la superficie de la losa y un obrero aplica el Curaseal® sobre la superficie de la placa cuando se finaliza este proceso.

El desencofrado perimetral se realiza al día siguiente mientras que la formaleta de fondo debe permanecer en su posición hasta que el

concreto haya alcanzado la resistencia necesaria para que sea capaz de soportar con el suficiente margen de seguridad su propio peso y el de las cargas permanentes o temporales que puedan actuar sobre ellos durante la construcción. En este caso, el retiro de la formaleta de fondo se puede realizar según las especificaciones, cuando el concreto alcanza una resistencia del 75% de $f'c$. En la operación de desencofrado los soportes se deben ir retirando de forma tal que el elemento de concreto vaya entrando en carga gradualmente y de modo uniforme, primero los intermedios y por último los extremos.

Es recomendable mantener el fondo de las vigas y elementos análogos durante 12 horas, despegados del concreto y a unos dos o tres centímetros (2 o 3cm), con el fin, de evitar los perjuicios que pudieran ocasionar la rotura instantánea o no, de una de estas piezas al caer de gran altura.

Como la construcción de las placas y elementos superiores de la edificación requiere el transporte y reubicación de los materiales, las placas empiezan a recibir las cargas de bloques, arena, hierro y otros elementos, así como las cargas del tráfico de personal.



Imagen 3.26 Apuntalamiento temporal de vigas y riostras durante el proceso constructivo.

Durante la construcción y especialmente cuando se almacenen estos materiales en la placa, estos deben colocarse sobre vigas, preferiblemente en las de carga para losas en una dirección, y apuntalarse adecuadamente el piso de abajo. Nunca se deben colocar los bloques en la mitad de las luces de la placa y sobre voladizos, puesto que se introducen esfuerzos muy altos y concentrados que pueden fisurar la placa.

La localización de las juntas frías como se comentó en la sección 3.3, debe ser el resultado de la plantación del proceso constructivo y requiere, conocimientos básicos sobre el funcionamiento estructural.

No es recomendable realizar juntas frías en la zona de confinamiento de las vigas (nudos). La junta preferiblemente debe localizarse hacia el tercio central de las vigas

Para la conformación de las juntas frías existe una técnica de origen europeo, que consiste en la colocación de una malla con vena colocada inclinada aproximadamente a 45 grados debidamente amarrada al refuerzo de la viga. Para ello, la malla se debe cortar dejando paso al refuerzo tanto longitudinal como el de los estribos tal como se muestra en la imagen.

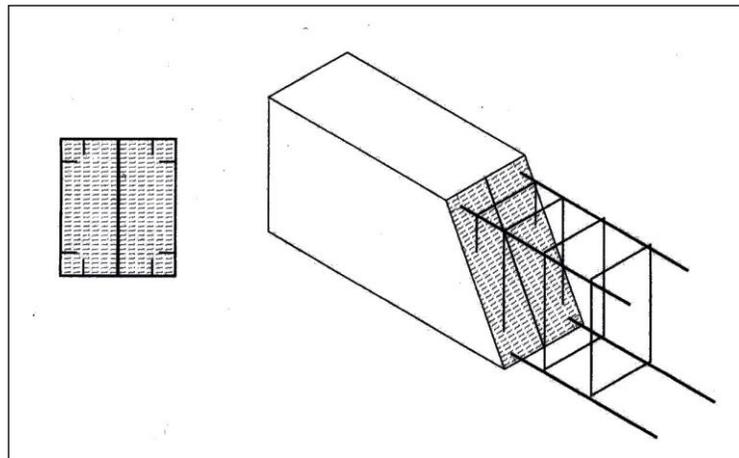


Imagen 3.27 Esquema de la malla con vena y su colocación. (© Asocreto)

Dependiendo de la dimensión del elemento estructural, se puede ayudar a la malla con la colocación transitoria por fuera del tramo que se va a vaciar, de una tabla debidamente sujeta a la formaleta. El concreto vaciado en las proximidades de la malla debe vibrarse como el resto de la viga, con lo cual algo de pasta traspasa la malla.

Cuando se vaya a vaciar posteriormente el resto de la viga, se retiran los excesos de mezcla que haya traspasado la malla, se limpia la malla sin necesidad de retirarla y solamente con el debido humedecimiento con agua, se coloca el nuevo concreto, el cual se adhiere al concreto gracias a la inclinación de la superficie rugosa dejada en el primer vaciado.

Para el caso de vigas o placas de cimentación, debe recordarse que sobre ellas la carga la ejerce el suelo, por lo que la junta debe formarse a 45 grados, pero la zona a vaciar es la contraria a la señalada en las vigas aéreas y en ellas es más necesaria la colocación de la tabla para que la malla no se desgarre.

3.6 Gradadas

Las gradadas son, esencialmente, placas estructurales inclinadas que comunican dos niveles del edificio. Y están conformadas por peldaños, formados por la huella, la contrahuella, y la losa maciza de soporte.

La formaleta empleada para la construcción de las gradadas fue la misma que se uso en la construcción de las placas de entrepiso a excepción de que los tacos y vigas de soporte se distribuyeron e instalaron de tal forma que los tableros que conformaban el fondo de la grada quedaran con la inclinación y geometría deseada.



Imagen 3.28 Formaleta de fondo para gradadas

Una vez posicionados todos los tableros, se procede a instalar el acero de refuerzo que consiste generalmente en parrillas dobles debido a que estos elementos desarrollan momentos positivos y negativos que deben ir amarradas a unos pelos de arranque y llegada dejados durante la fundición de la placa los cuales deben haber quedado adecuadamente anclados a esta ya que son la garantía de la conexión con la estructura.



Imagen 3.29 a) Detalle de los pelos de arranque para el refuerzo de las gradadas, b) Instalación de las parrillas de refuerzo.

Se colocan los tableros laterales que tienen listones verticales a los cuales sostienen las tablas del tamaño de la contrahuella que definen el molde para que la grada sea fundida con las dimensiones exactas.



Imagen 3.30 a) Vista general de la formaleta para gradas, b) Detalle de las tablas que generan la huella y contrahuella.

La colocación del concreto se hace de abajo hacia arriba. Se van nivelando las huellas con una regla talladora, manejada por encima del encofrado de las contrahuellas. Se vibra cada peldaño de abajo hacia arriba penetrando la aguja hasta la losa y teniendo cuidado de no causar segregación.

Si el vaciado es manual, las superficies de la huella se cubren provisionalmente con tablas para facilitar el paso de trabajadores que transportan la mezcla hacia arriba; después de vaciar y nivelar completamente la escalera, se desciende emparejando las huellas con una llana de madera “Platacho”.

El retiro de la formaleta debe hacerse con cuidado para no desportillar ni dañar las aristas de los



Imagen 3.31 Vista lateral de la formaleta para gradas y detalle de la estructura de soporte inferior.

peldaños, y sin afectar de algún modo el concreto de la grada. A los tres días, se pueden retirar los tableros laterales, y la estructura de soporte se retira cuando el concreto alcance la resistencia necesaria para que sea capaz de soportar con el suficiente margen de seguridad su propio peso y el de las cargas permanentes o temporales que puedan actuar sobre ella, durante la construcción.

4 PROBLEMAS PRESENTADOS QUE SE OBSERVARON

4.1 *Beta de suelo blando en el bloque Administrativo y escombros en el bloque A*

Durante el proceso de descapote y movimiento de tierra fue encontrada una beta de suelo de



Imagen 4.01 Localización y excavación de la zona con problemas de suelo de consistencia blanda.

consistencia blanda en el estrato superior localizado entre los ejes (8 - 9A) y (O - V) del bloque administrativo. Esto requirió que se consultara al ingeniero Geotecnista las modificaciones que debían hacerse al diseño original de la cimentación con el fin de solucionar este problema; para lo cual, se ordenaron algunos sondeos y ensayos a las muestras extraídas de esta zona y con base en estos resultados de laboratorio, el Geotecnista

determinó que la solución apropiada era remover todo el suelo de esta zona hasta una profundidad de un metro (1.0m) aproximadamente, extender dos capas de Geotextil tejido T2400 con traslapes de 40 cm y rellenar con un suelo de color rosado extraído del talud; el cual debía ser compactado como mínimo hasta el 95% del PM (Proctor Modificado). Todo esto debido a que no se podía profundizar la cimentación ya que el estudio geotécnico del proyecto muestra que la resistencia del suelo disminuye con la profundidad.



Imagen 4.02 a) Instalación del Geotextil tejido T2400, b) Proceso de compactación del material de reemplazo.

El relleno de esta zona fue realizado extendiendo capas de aproximadamente 20cm de espesor, que eran compactadas una a una con un rodillo pata de cabra hasta llegar al grado de compactación especificado, el cual era verificado por la interventoría mediante el ensayo del cono de arena que era realizado por Geotecnólogos del Laboratorio de Suelos de la Universidad.

Durante las excavaciones de la cimentación del bloque A se encontraron escombros a la profundidad de desplante de algunas zapatas, esto requirió como en el caso anterior la consulta por parte de la interventoría al Geotecnista acerca de los cambios o medidas que se debían tomar. Dando como solución, la remoción y reemplazo de todo este material por el suelo de color rojizo usado en el relleno realizado en el bloque administrativo.



Imagen 4.03 a) Escombros encontrados en las excavaciones del bloque A, b) Ensayo del cono de arena para medir la densidad.

Estos dos casos confirman el grado de incertidumbre que se tiene en todo proyecto acerca del estudio Geotécnico, y que es importante además de la supervisión, el conocimiento y comprensión de estos estudios con el fin de no pasar por alto estos detalles que muy probablemente conllevarán a tener patologías en el futuro.

4.2 Sobre volúmenes en las losas de entrepiso

Cuando se iniciaron las fundiciones de las losas de entrepiso se detectaron excesos en los consumos de concreto respecto a los volúmenes calculados en los planos que alcanzaban el 16% algo que es anormal debido a que los desperdicios en este tipo de losas máximo deben llegar al cinco por ciento (5%) y por otra parte esto genera incremento en los costos por metro cuadrado de losa y principalmente o lo que es peor sobrecargas en la estructura. Esta anomalía motivó a la

interventoría y al constructor a buscar el por qué de esta situación llegando inicialmente a la



Imagen 4.04 Deformación del marco de madera y de la tela.

conclusión después de revisar: cálculos, dimensiones y formaleta que el problema posiblemente estaba localizado en los elementos que aligeran la placa que consisten en casetones con marcos de madera separados máximo 30cm los cuales iban unidos con unas cintas en esterilla con separaciones de 10cm conformando unos cajones que posteriormente eran recubiertos con una tela sintética tipo Casetex® en los que se detectaron deformaciones excesivas originadas

principalmente por la debilidad de los marcos de madera y por la deficiente técnica en la colocación de la tela por parte de los carpinteros. Por esta razón se decidió reforzar la estructura de los casetones reduciendo la separación de los marcos a 20cm y verificar durante el vaciado el espesor de la placa. Esto se hizo, pero como continuaron los altos consumos de concreto, se decidió forrar totalmente los casetones con esterilla y recubrirlos con plástico tipo invernadero a cambio de la tela sintética, principalmente por costos. Con estas medidas se solucionaron los problemas de rigidez pero no los de consumo de concreto lo cual hizo cambiar el rumbo de la investigación hacia el proveedor del concreto ya que los consumos excesivos solo se presentaban en las losas de entrepiso y no en las columnas o vigas de cimentación elementos, que por su geometría, son fáciles de medir y cubicar.



Imagen 4.05 a) Extracción de núcleos para medir el espesor de la placa, b) Variabilidad en el espesor de los núcleos extraídos.

Después de realizar una visita a la planta de mezclas en donde se tomaron muestras a los agregados, y se observaron los procesos de dosificación, medición y cargue del concreto en los camiones se detectaron algunas falencias en el proceso, ya que la planta de Popayán no posee laboratorio para realizar ensayos a los materiales. Los materiales se encuentran a la intemperie y la empresa no posee una báscula que permita pesar los camiones para verificar el contenido del concreto, sino que simplemente se basa en las dosificaciones por peso, remitidas de Cali en donde se encuentran los laboratorios de la empresa, las cuales realiza la planta por separado a cada componente que conforma la mezcla.



Imagen 4.06 a) báscula portátil para el pesaje de camiones, b) Operaciones de pesaje de un camión transportador de concreto.

Por estas razones se decidió medir indirectamente el volumen transportado en cada camión para lo cual se realizaron ensayos de masa unitaria suelta y pesaje de los camiones cuando llegan y salen de la obra obteniéndose excelentes resultados debido a que esto obligó a la planta a realizar ajustes en la dosificación mejorando los volúmenes despachados, con lo que se consiguió la disminución en los consumos de concreto, en las losas de entepiso llegando a valores de desperdicio inferiores al 3%.

En conclusión el problema radicaba en la falta de ensayos de laboratorio básicos como el de humedad que permite hacer correcciones a la dosificación y principalmente a que recientemente la planta había cambiado de proveedor del agregado grueso lo que originó el cambio en el peso específico de la mezcla.

4.3 Deterioro de las vías

Antes de iniciar cualquier proyecto de construcción se deben adecuar las vías de acceso de acuerdo a las características como ancho, alto, radios de giro y principalmente peso de los vehículos y maquinaria requerida en la obra ya que no tener en cuenta estos detalles puede traer trastornos en la ejecución del proyecto.



Imagen 4.07 Adecuación de vías de acceso II etapa.

En esta obra se presentó este problema debido principalmente a que el inicio de las actividades de construcción se realizaron durante una larga época de tiempo seco que hizo confiar al constructor de la capacidad de soporte del suelo, pero la llegada de la

temporada invernal combinada con los grandes pesos vehiculares que se manejaban en la obra deterioró rápidamente las vías ocasionando principalmente bloqueos y averías en los vehículos de suministro de materiales y sobre todo demoras en la colocación y posibles pérdidas de concreto que se traducen en sobrecostos para la obra.



Imagen 4.08 Diversos problemas presentados durante la construcción de la primera etapa por el mal estado de las vías.

4.4 Bajas resistencias de ensayos de concreto

Durante el transcurso de la obra se detectaron unas resistencias por debajo del límite mínimo permitido por la norma NSR-98 que dice: “El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple Simultáneamente los siguientes requisitos:

- (a) Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia, iguallen o excedan el valor nominal especificado para $f'c$, y
- (b) Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia, tenga una resistencia inferior en 3.5 MPa, o más, a $f'c$.”.

Estas bajas resistencias correspondientes a los ensayos 10,13 y 14 (ver gráfico), están localizadas en las zapatas del bloque B y Vigas de cimentación del bloque A. razón por la cual fue necesaria la toma de ciertas medidas como alertar al proveedor de concreto de estas bajas resistencias y la toma de núcleos de concreto de estas zonas los cuales fueron extraídos de acuerdo a la norma NTC 3658 (ASTM C42) con el fin de asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se haya comprometido.

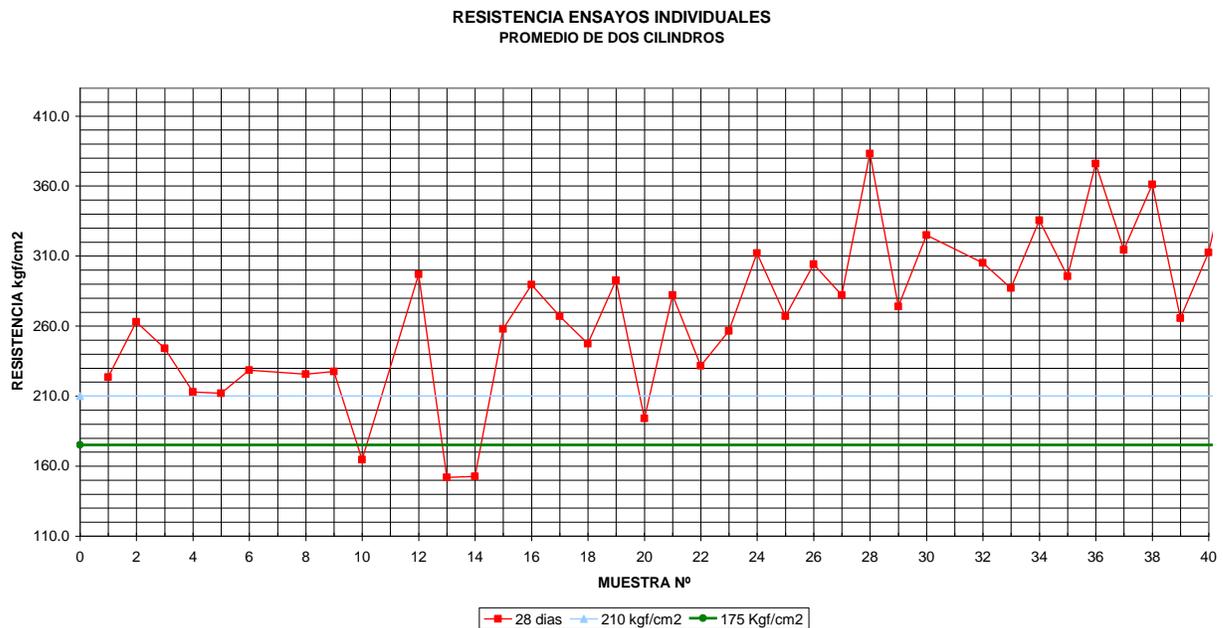


Imagen 4.09 Gráfico ensayos individuales de resistencia del concreto



El resultado de estos ensayos fue satisfactorio ya que la resistencia de los núcleos cumple con los requisitos mínimos exigidos por la NSR-98: *“El concreto de la zona representada por los núcleos es estructuralmente adecuado, si el promedio de los 3 núcleos resulta por lo menos igual al 85% de $f'c$, y si ningún núcleo presenta una resistencia menor del 75% de $f'c$.”*



5 REGISTRO DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO

El control de calidad de obras de concreto implica la realización de un número de ensayos que puede variar desde unos pocos cilindros hasta varios cientos o aun varios miles en la estructura de grandes edificaciones u otras construcciones que requieran el empleo de volúmenes considerables de concreto.

Trátase de estructuras menores o de importantes obras el registro cuidadoso de los resultados de los ensayos realizados reviste gran importancia, fundamentalmente por dos razones:

- Los resultados se deben analizar comparándolos y correlacionándolos con otros ya obtenidos; es decir, analizar las cifras de un ensayo sin enfrentarlas a las demás es perder gran parte de la información que se puede lograr durante el control de calidad; por ejemplo, cuando se realizan ensayos a compresión de cilindros a 7 y 28 días no es confiable, en muchos casos, emplear las correlaciones conocidas entre las resistencias a las dos edades; por otro lado, un solo par de resultados no aporta información suficiente, ya que la resistencia a 7 días suele ser un porcentaje muy variable de la resistencia que se tendría a los 28 días, aún en idénticas circunstancias de la mezcla del concreto; por lo tanto las resistencias a estas dos edades se deben registrar en forma tal que permita con facilidad la confrontación de varios pares de resistencias. Otro ejemplo: la resistencia del concreto a 28 días en una determinada obra puede presentar una tendencia a descender, la cual es muy difícil de detectar cuando se observan los resultados aislados; en cambio dicha tendencia se detecta a simple vista si se tiene cuidado de registrar gráficamente los promedios de tres ensayos consecutivos, sobre una carta de control en la forma indicada más adelante.



- La experiencia de un constructor o de una firma constructora no consiste únicamente en haber participado en la realización de muchas obras, sino en poder aplicar los conocimientos adquiridos en ellas a las que al momento este encargado de ejecutar. Para que ello sea posible, se requiere disponer de métodos eficientes de registro y recuperación de la información, entre los cuales se puede mencionar un archivo adecuado, el empleo de fotografías debidamente identificadas, y el registro de los datos de ensayos en forma simple, ordenada, y relativamente constante de obra a obra; en otras palabras, se debe dejar lo menos posible a la memoria, para evitar tenerse que hacer preguntas como: ¿Cuál fue la dosificación de la mezcla de concreto que empleé en la obra que terminé hace seis meses?

5.1 Formatos para registro de resultados de cilindros de concreto

En vista de que el ensayo a compresión de cilindros resume casi todo el proceso de control de calidad del concreto, y de que es a la vez el ensayo que con mayor frecuencia se realiza durante dicho control, el Instituto Colombiano de Productores de Cemento - ICPC ha desarrollado tres formatos en los que se puede registrar en forma simple, ordenada y metódica, el conjunto de los resultados obtenidos en cada obra.

Dichos formatos fueron adaptados al proyecto para realizar el registro y análisis de las muestras ensayadas.

Formato #1 Cuadro General: En el cual se consignan los datos de cada muestra tomada en forma consecutiva e independiente de la clase de mezcla. Este formato es una especie de “diario” que contiene gran cantidad de datos a los cuales solo el necesario acudir cuando se tengan dificultades.

CUADRO GENERAL

RESULTADOS DE ENSAYOS DE CILINDROS

PROYECTO EDIFICIO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS, UNIVERSIDAD DEL CAUCA

INTERVENTOR: JUAN CARLOS ZAMBRANO

LABORATORIO: SUELOS Y MATERIALES UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FECHA DE TOMA	Nº CILINDRO	Nº MUESTRA	ASENTAM. Cm	EDAD días	kgf/cm ²		PESO UNIT. Kg/m ³	PAG.	OBSERVACIONES
					RESISTENCIA	RANGO			
12/08/2005	1	1	15.0	7	127	3	2274	1a, 1c	
	2			7	124	12			
	3			14	201				
	4			14	189	2316			
	5			28	217				
	6			28	230	2287			



Formato #2 Resumen de la Mezcla: en donde se reordena y depura la información por clase de mezcla, después de ensayar cilindros. De manera, que este formato se constituye en la hoja de trabajo, en la cual se pueden comparar fácilmente los datos de una misma mezcla, se pueden hacer predicciones de la resistencia del concreto a 28 días de edad con base en resistencias tempranas.

RESUMEN DE LA MEZCLA $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

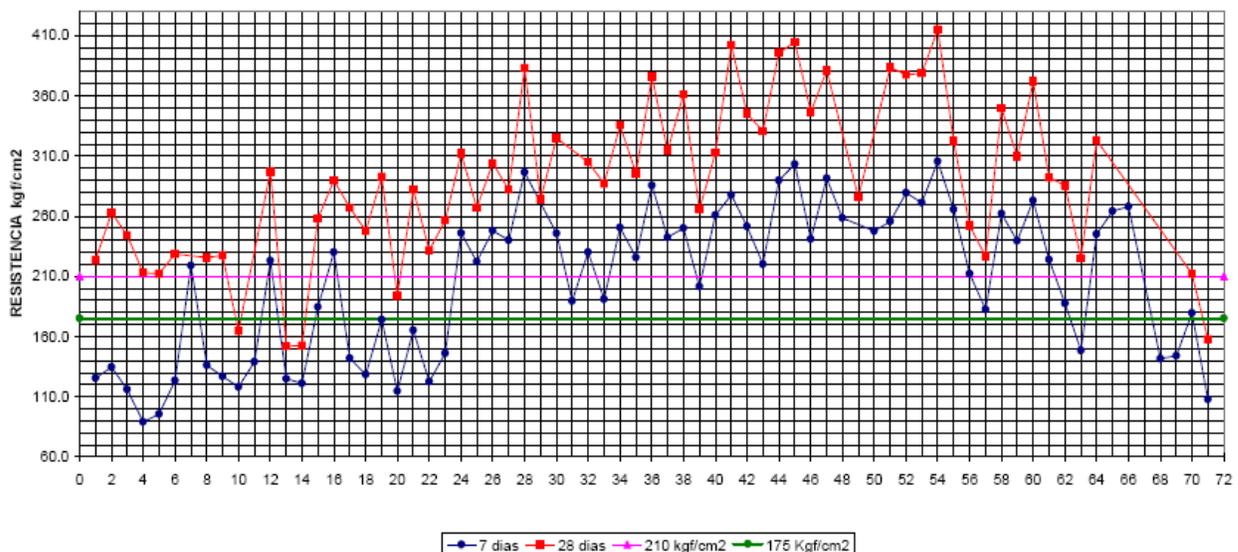
RESULTADOS DE ENSAYOS DE CILINDROS

PROYECTO EDIFICIO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS, UNIVERSIDAD DEL CAUCA
INTERVENTOR: JUAN CARLOS ZAMBRANO LABORATORIO: SUELOS Y MATERIALES UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FECHA DE TOMA	Nº MUESTRA	ASENT. cm	EDAD dias	RESISTENCIA PROMEDIO (kgf/cm^2)					OTRA	RANGO	OBSERVACIONES
				7 dias	14 dias	ESTIMADA		MEDIDA			
						7 >> 28	14 >> 28				
12/08/2005	1	15.0	7	125.5		212.4				3	
			14		195.0		239.1		12		
			28				223.5		13		
19/08/2005	2	9.5	7	134.5		221.3				1	
			14		200.5		244.3		11		
			28				263.0		14		
20/08/2005	3	8.0	7	116.0		203.1				*	
			14		178.0		222.9		*		
			28				244.0		*		

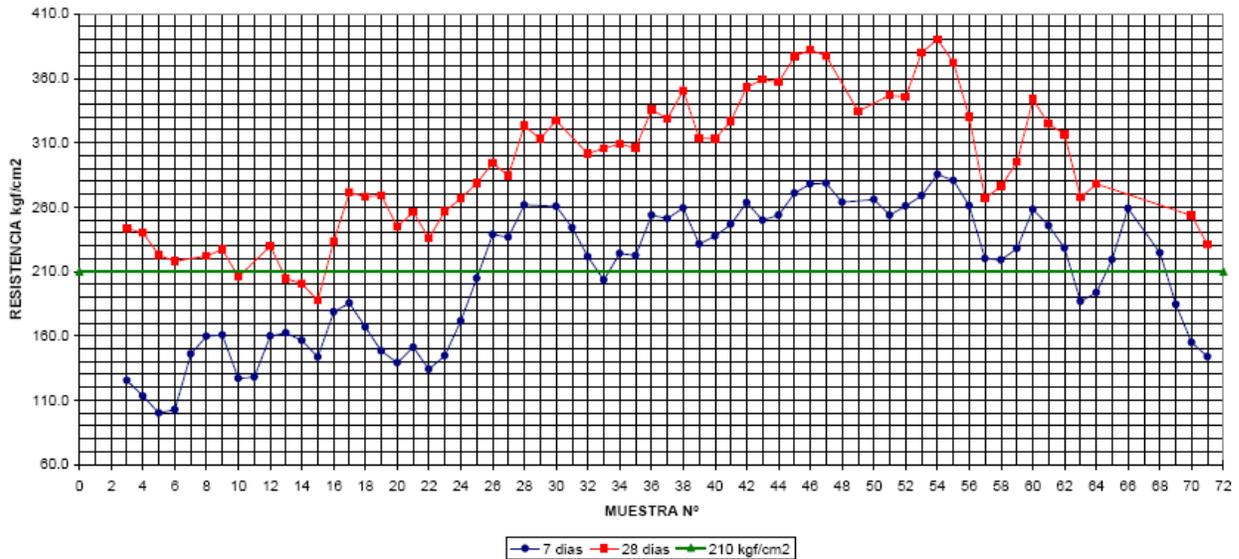
Formato # 3 Gráfico de Control para Mezcla: el cual sirve para visualizar rápidamente el comportamiento de las pruebas (promedio de dos cilindros), a 7 y 28 días de edad, e igualmente el promedio móvil de 3 ensayos consecutivos.

PROYECTO FCCEA, UNIVERSIDAD DEL CAUCA
RESISTENCIA ENSAYOS INDIVIDUALES
PROMEDIO DE DOS CILINDROS





PROYECTO FCCEA, UNIVERSIDAD DEL CAUCA
RESISTENCIA PROMEDIO DE TRES ENSAYOS CONSECUTIVOS



Los datos y resultados de este procedimiento se encuentran en el Anexo A, y con base en esos datos se puede obtener los siguientes resultados:

$$\text{Resistencia Promedio} = 290.40 \approx 290 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Desviación Estándar} = 68.05 \approx 68 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Coeficiente de Variación} = 23.40 \approx 23 \%$$

Como se puede ver, para evaluar un conjunto de resultados no es suficiente conocer el valor promedio únicamente, así este cumpla y exceda el requisito de resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, como ocurre en este caso, ya que la dispersión de los resultados de las prueba (promedio de dos cilindros), medida a través de la desviación estándar es bastante alta. Ello quiere decir que de acuerdo a la tabla 5.1, el grado de control en la producción es pobre y esto no es aceptable para una planta de producción en donde la dosificación se hace por peso y las propiedades de los materiales son casi constantes.



Tabla 5.1 Normas para el control del concreto

PRODUCCION GENERAL – VARIACION TOTAL					
Clase de operación	Desviación estandar para diferentes grados de control en kg/cm ² (coeficiente de variación para diferentes grados de control en %)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control en campo	Menor de 25 (menor de 10)	25 - 35 (-)	35 - 40 (10 - 15)	40 - 50 (15 - 20)	Mayor de 50 (mayor de 20)
Mezclas de prueba de laboratorio	Menor de 15 (menos de 5)	15 - 17 (-)	17 - 20 (5 - 7)	20 - 25 (7 - 10)	Mayor de 25 (mayor de 10)

Por otra parte, si con estos datos se quisiera determinar la probabilidad de las pruebas por debajo de $f'c$ que pueden aparecer al ejecutar una nueva producción de concreto en un proyecto cuyo $f'c$ es nuevamente 210 Kg/cm², se tendría de acuerdo a los requisitos de resistencia que :

$$\bar{X} = f'c + \sigma \Rightarrow \sigma = X - f'c \text{ o sea,}$$

$$\bar{X} - f'c = 290 - 210 = 80 \text{ Kg/cm}^2 \text{ es decir,}$$

$$\frac{80\sigma}{68} = 1.18\sigma$$

Para la tabla 5.2, la probabilidad de que las pruebas por debajo de $f'c$ si $\bar{X} = f'c + 1.18\sigma$ es igual a aproximadamente el 12% o sea, que puede esperarse que el 12% de las pruebas arroje resultados inferiores a 210 Kg/cm².

TABLA 5.2 Porcentajes inferiores a $f'c$ esperados en los resultados de las pruebas

Resistencia promedio \bar{X}	Porcentaje de resultados bajos	Resistencia promedio \bar{X}	Porcentaje de resultados bajos
$f'c + 0.10 \sigma$	46.0	$f'c + 1.6 \sigma$	5.5
$f'c + 0.20 \sigma$	42.1	$f'c + 1.7 \sigma$	4.5
$f'c + 0.30 \sigma$	38.2	$f'c + 1.8 \sigma$	3.6
$f'c + 0.40 \sigma$	34.5	$f'c + 1.9 \sigma$	2.9
$f'c + 0.50 \sigma$	30.9	$f'c + 2 \sigma$	2.3
$f'c + 0.60 \sigma$	27.4	$f'c + 2.1 \sigma$	1.8
$f'c + 0.70 \sigma$	24.2	$f'c + 2.2 \sigma$	1.4
$f'c + 0.8 \sigma$	21.2	$f'c + 2.3 \sigma$	1.1
$f'c + 0.9 \sigma$	18.4	$f'c + 2.4 \sigma$	0.8
$f'c + \sigma$	15.9	$f'c + 2.5 \sigma$	0.6
$f'c + 1.1 \sigma$	13.6	$f'c + 2.6 \sigma$	0.45
$f'c + 1.2 \sigma$	11.5	$f'c + 2.7 \sigma$	0.35
$f'c + 1.3 \sigma$	9.7	$f'c + 2.8 \sigma$	0.25
$f'c + 1.4 \sigma$	8.1	$f'c + 2.9 \sigma$	0.19
$f'c + 1.5 \sigma$	6.7	$f'c + 3 \sigma$	0.13



Aplicando los criterios de aceptación de la NSR-98, la mezcla que produce los resultados obtenidos del análisis estadístico debe tener una resistencia promedio de diseño f'_{cr} mínima de:

$$f'_{cr} = 210 + 1.34 * 68 = 301.12 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ó}$$

$$f'_{cr} = 210 - 35 + 2.33 * 68 = 333.44 \text{ Kg/cm}^2$$

Es decir que la mezcla se debe diseñar para un f'_{cr} de 333 Kg/cm² de modo que garantice un f'_{c} de 210 Kg/cm²

Finalmente, se determina cual es el f'_{c} que se obtiene con el promedio de resistencia real obtenido f'_{cr} a los 28 días. Es decir para que f'_{c} califica el concreto producido.

$$f'_{c} = f'_{cr} + 35 - 2.33 * \sigma \text{ o sea,}$$

$$f'_{c} = 290 + 35 - 2.33 * 68 = 166.56 \text{ Kg/cm}^2$$

Como conclusión esto nos dice, que a pesar de que el promedio general obtenido es alto (290 Kg/cm²), la dispersión de los resultados es grande ($\sigma = 68 \text{ Kg/cm}^2$), probablemente por una deficiente uniformidad en la producción, el f'_{c} que se ha obtenido en obra es de 167 Kg/cm² y no de 210 Kg/cm² como estaba especificado. Ello implica que la mezcla debe rediseñarse para un f'_{cr} de 333 Kg/cm².



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La principal conclusión es que la realización de una pasantía durante la formación profesional del nuevo ingeniero es una excelente herramienta que permite aprender nuevos conceptos y técnicas, confrontar y complementar las teorías aprendidas durante la formación académica y adicionalmente le permite conocer e interactuar con personas del sector de la construcción de los cuales aprende de sus experiencias y principalmente de sus errores.
- Personalmente la generación de la base de datos con la ubicación de cada uno de los elementos estructurales del proyecto me permitió familiarizarme con un alto grado de detalle con cada uno de los elementos que componen la estructura, debido a que la construcción de la base de datos requería una lectura detallada para el posterior despiece de la estructura plasmada en los planos.
- La formación matemática recibida en durante la formación profesional nos vuelve muy estrictos y precisos en cálculos y mediciones que realizamos pero en la práctica existen ciertas tolerancias admisibles que no ponen en riesgo ni la seguridad ni la funcionalidad de la estructura o construcción que realizamos.
- La formaleta metálica es una excelente opción cuando se construyen gran cantidad de elementos que por su geometría, permiten el rote y la reutilización de la formaleta.
- El uso de concreto premezclado certificado no reemplaza en ningún momento los controles de calidad que se deben realizar a la mezcla.
- El ingeniero recién egresado tiene herramientas teóricas que le dan criterio para plantear soluciones a diferentes problemas que se presentan durante la construcción pero generalmente tiene muchas falencias por la falta de experiencia en lo que se respecta a la parte práctica de



la construcción por esta razón el nuevo ingeniero debe apoyarse en un buen equipo de trabajo mientras adquiere dicha experiencia.

- La Facultad de Ingeniería Civil debe seguir apoyando y motivando a los estudiantes de últimos semestres en la realización de pasantias y practicas laborales ya que estas son unas excelentes herramientas que complementan la formación de ingenieros íntegros y capaces de asumir responsabilidades y retos en los diferentes campos de la construcción.
- Para ser un buen ingeniero residente es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
 - ✓ Cumpla con sus deberes y horarios: El residente de una obra tiene la gran responsabilidad de garantizar que la obra sea correctamente ejecutada. La presencia permanente del residente en la obra es garantía para el propietario y para el obrero de que alguien calificado cuida la obra. Si el residente es cumplidor de sus deberes y horarios, así lo serán los obreros y técnicos de la obra.
 - ✓ Conozca de lo que habla: Las enseñanzas recibidas en la universidad le confieren al profesional criterio para adoptar soluciones y metodologías frente a problemas. También le sirven para revisar planos y estudios de la construcción, pues el buen residente cuestiona y aclara lo que le entregan los técnicos de cada área. Si un ingeniero muestra inseguridad o desconfianza en sus decisiones esa inseguridad será percibida por las demás personas de la obra como falta de preparación y puede convertirse o generar pérdida de autoridad.
 - ✓ Sea buen administrador: La organización administrativa es un punto vital en las obra. Un residente que no organice los trámites y controles administrativos va a perder mucho tiempo sentado en la oficina de la obra, descuidando su labor técnica y control de la misma.



- ✓ Maneje las relaciones humanas: el residente debe tener don de mando, que consiste en hacerse entender mediante órdenes claras y estudiadas, e imponerse para solucionar problemas obteniendo respeto sin necesidad de gritar o castigar. También es hacer que los obreros hagan bien su labor. Un residente grosero y que cambia mucho de opinión genera problemas y es muy probable que la gente le pierda autoridad.
- ✓ Aprenda a trabajar bajo presión: las obras deben ejecutarse de acuerdo con la programación prevista para que los costos financieros no se incrementen, lo que se traduce en una carrera contra el tiempo, donde la presión del trabajo exige que el residente se organice y catalogue correctamente las prioridades de la obra.
- ✓ Tenga sensibilidad social y sea justo: ser justo con los obreros, velar por su seguridad y bienestar, permite al residente no solamente llevar a cabo una obra correctamente, sino colaborar en el mejoramiento de la situación social de los obreros, existe la costumbre de frenar los pagos a los subcontratistas para obligarlos a cumplir con sus obligaciones. Esta decisión es errada, pues los únicos perjudicados son los obreros del subcontratista y por ende la obra ya que esta práctica desmotiva el trabajo. Hay que dialogar, claro está sin ser blandos, pues la obra también se perjudica.
- ✓ Hable con los diseñadores: en la práctica profesional el residente debe aprender a utilizar a los diseñadores y asesores del proyecto, consultando todos aquellos aspectos que no requieran un comité, sino una solución pronta y clara a los problemas de la obra.



GLOSARIO



Andamio: estructura o armazón de metal o madera, que facilita el trabajo en lugares altos, de difícil alcance para la altura del trabajador.



Boquillera o Codal: Regla o canal metálica o de madera, de 1 a 2 metros de largo por 5cm de ancho y por 10 cm de alto, utilizada para pulir o moldear superficies planas, horizontales o verticales, en proceso de repello, revoque o pañete.



Buggy o Carreta: Equipo utilizado para el traslado de materiales, consta de un platón plástico o metálico; una rueda de caucho, dos manijas para su conducción y dos patas para su soporte.



Cepillo de Alambre: instrumento que consta de un mango o raqueta de madera, en la raqueta de madera hay incrustados pelos de alambre acerado, es utilizado para limpiar superficies como metales, ladrillo, piedra, etc.



Cinzel: Herramienta acerada, de distintas formas, comúnmente cilíndricos de 20 a 30 cm de largo aproximadamente. Uno de los extremos termina en forma de punta y el otro tiene una cabeza que sirve para recibir el golpe. Se utilizan para demoler y hacer regatas o canales, en mampostería y concreto.



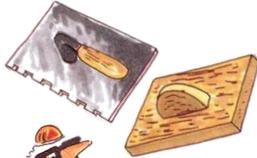
Cimbra: Instrumento cerrado, (por lo general es un tubo de PVC) atravesado por un hilo o piola, que al empolvarse con polvo mineral, sirve para marcar líneas.



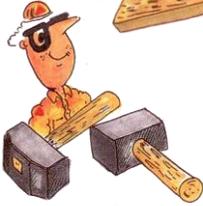
Escuadra: Instrumento de metal o de madera, compuesto por dos reglas donde una cae sobre la otra en forma vertical, formando un ángulo de 90° grados, se emplea para medir, trazar y verificar ángulos.



Hisopo: manajo de fibra, fique o cabuya atado a un mango de madera, empleado como brocha, para esparcir agua, cal pintura, etc.



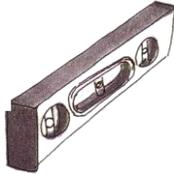
Llana o “Platacho”: herramienta compuesta por una plancha metálica o de madera, (algunas lisas otras dentadas), con cabo o manija. Se utilizan para extender mezclas, pulir pañetes y acabados, pega de enchapes, etc.



Maceta, Porra o Mandarria: Martillo con cabeza metálica cuadrangular simétrica con mango pequeño, sirve para golpear con fuerza; viene en distintos tamaños y su peso puede variar.



Mazo o “Chapulin”: Herramienta para golpear, generalmente con cabeza de caucho y mango en madera. Utilizado en construcción para vibrar el concreto, golpeando la formaleta, se utiliza también para la pega de enchapes.



Nivel de Burbuja: Se utiliza para verificar la horizontalidad o verticalidad de una superficie. Cuando la burbuja de aire queda entre las dos líneas demarcadas en el tubo, se dice que la superficie sobre la cual se asienta el nivel esta horizontal o vertical según el caso.



Nivel de manguera: manguera plástica transparente empleada para pasar niveles por medio del sistema de vasos comunicantes, la manguera utilizada debe ser de un diámetro de 1/4 a 3/8” de pulgada, (NO deben formarse burbujas en la manguera).



Palustre: Herramienta elaborada con lámina de acero, usada para amasar, extender, y lanzar morteros, tiene diferentes formas y tamaños.



Pistola de calafateo: Herramienta metálica que se utiliza generalmente en la aplicación de masillas empacadas en cartuchos.



Plomada de castaña: Herramienta que sirve para verificar la verticalidad en mampostería y revoques, frisos, o repellos.

Dibujos cortesía de Sika S.A.



BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente- NSR 98, Bogota D.C., 1998

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO – ASOCRETO, Cartilla José Concreto, Instituto del Concreto, Bogota D.C., 2002

UNIVERSIDAD DEL CAUCA, Especificaciones Técnicas Proyecto Edificio para la Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca, Popayán, 2005

RIVERA LUCIANO, PEÑA JORGE, Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación Edificio para la Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca, Popayán, 2003

ZAMBRANO NAPOLEÓN, CALDERON JOHN, Memoria Técnica del Proyecto de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias Edificio para Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca, Popayán, 2004.

MUÑOZ HAROLD ALBERTO, Construcción de Estructuras, Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto, Bogota D.C., 1998.

SANCHEZ DE GUZMAN DIEGO, Tecnología del Concreto y del Mortero, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., 1986.

MADRID CARLOS ARTURO, MADRID GERMAN, Notas Técnicas – ICPC “Registro de los Resultados de Ensayo del Concreto”, Instituto Colombiano de Productores de Cemento – ICPC, Medellín, 1982.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca por la formación profesional que culmino con esta pasantia y en especial al cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería Civil, por todos los conocimientos transmitidos con dedicación, responsabilidad y generosidad.

Al Departamento de Construcción de la Facultad de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de participar activamente en la Interventoría de la primera etapa del proyecto edificio para la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca.

Al Ingeniero Fredy Arturo Jaramillo Otero, por el apoyo y confianza depositada durante la realización de la pasantía.

Al Ingeniero Fernando Reyes Giraldo, por sus enseñanzas, consejos y aportes realizados a mi formación como ingeniero, y por sus aportes técnicos y fotográficos realizados al documento.

Al los Ingenieros Luís Ildemar Bolaños Andrade y Juan Carlos Zambrano Valverde, por su diligencia y objetividad en la revisión, correcciones, recomendaciones y aportes realizados a este documento.