

**SUPERVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PANTALLAS PRE-
EXCAVADAS DEL PROYECTO: “ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL
PASO DEPRIMIDO POR POPAYÁN RUTA 2502 Y 2503”
DICIEMBRE A MARZO DE 2009**



MARICELA CAROLINA CASTILLO HERRERA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE
POPAYÁN
2009**

**SUPERVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PANTALLAS PRE-
EXCAVADAS DEL PROYECTO: “ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL
PASO DEPRIMIDO POR POPAYÁN RUTA 2502 Y 2503”
DICIEMBRE A MARZO DE 2009**



Proyecto práctica profesional (pasantía) para optar al título de Ingeniero Civil

MARICELA CAROLINA CASTILLO HERRERA

**Director:
Ing. Hugo Yair Orozco Dueñas
Docente Facultad de Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE
POPAYÁN
2009**

Nota de aceptación:

El director y los jurados han leído este documento, escuchando la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Septiembre de 2009.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por el inmenso amor que me ha brindado, por guiarme y darme salud para la culminación de esta carrera.

A mis padres por su cariño, paciencia, comprensión y apoyo incondicional.

A mis hermanos por su confianza, amistad, y por contar con ustedes en todo momento.

A mis familiares y amigos por sus palabras de aliento en cada uno de los momentos de mi vida.

A mis maestros por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con sinceridad a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de este proyecto.

Especialmente a mi asesor el Ingeniero Hugo Yair Orozco Dueñas por su orientación, tiempo y dedicación, Al Ingeniero Blas Uriel Páez Chinchilla por su disposición, manejo de información idónea y ánimo a la hora de responder alguna inquietud. Gracias al Ingeniero Luís Arenas y al Ingeniero Freddy Pineda, por darme la oportunidad de realizar mi pasantía en la construcción del paso deprimido por Popayán y de colaborarme en todo momento. A mis compañeros por su gran ayuda cuando me enfrentaba con ciertos problemas.

CONTENIDO

	pág.
1. TITULO DE LA PASANTÍA _____	8
2. INTRODUCCIÓN _____	9
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO _____	10
3.1. OBJETIVO GENERAL _____	10
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	10
4. ALCANCE DEL PROYECTO DE PASANTIA _____	11
5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO _____	12
6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA _____	13
6.1. MISIÓN _____	13
6.2. VISIÓN _____	13
6.3. CONVENIO UNIVERSIDAD DEL CAUCA – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS _____	13
7. ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO _____	14
7.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. _____	14
7.2. ANTECEDENTES _____	17
7.2.1. ESTADO INICIAL DE LA ZONA DE INTERSECCIÓN _____	17
7.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO _____	19
7.4. GENERALIDADES DE LAS PANTALLA PRE-EXCAVADAS _____	21
7.5. DEFINICIONES _____	21
7.6. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS _____	23
8. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EJECUTADAS _____	29
8.1 SEGUIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS EN CONCRETO REFORZADO. _____	29
8.1.1 Localización. _____	30
8.1.1 Modulación de las pantallas. _____	35
8.1.2 Excavación de las pantallas o barretes. _____	37
8.1.3 Colocación de las juntas en las pantallas. _____	45
8.1.4 Colocación del refuerzo de las pantallas y barretes _____	47
8.1.5 Colocación del concreto en las pantallas o barretes. _____	54
8.1.6 Descabece de las pantallas, barretes y viga de amarre. _____	59
8.2 ARMADO DE PARRILLAS DE REFUERZO. _____	62
8.3 CONTROLES DE CALIDAD DE LOS MATERIALES. _____	78
8.3.1 Ensayos tipo slum (Asentamiento del concreto). _____	84
8.3.2 Ensayos de resistencia del concreto. _____	86
8.3.3 Ensayos para los lodos bentoníticos. _____	87
8.4 AVANCE DE LA OBRA. _____	89
8.5 INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PANTALLAS. _____	97
9. CONCLUSIONES. _____	105

10. LISTA DE GRÁFICOS Y DE FIGURAS. _____	108
11. LISTA DE TABLAS. _____	109
12. ANEXOS. _____	110
ANEXO 1 Informes Acerca Del Seguimiento Constructivo De Las Pantallas Que Se Manejaron Por Parte De La Entidad Contratista. _____	110
ANEXO 2 Cuadros De Control. _____	110
ANEXO 3 Planos De Avance De Obra. _____	110
13. BIBLIOGRAFÍA. _____	111

1. TITULO DE LA PASANTÍA

SUPERVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PANTALLAS PRE-EXCAVADAS DEL PROYECTO: "ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PASO DEPRIMIDO POR POPAYÁN RUTA 2502 Y 2503". DICIEMBRE A MARZO DE 2009.

2. INTRODUCCIÓN

Para que los estudiantes de la Universidad del Cauca tengamos la oportunidad de complementar, reforzar los conocimientos y adquirir nuevas experiencias en procesos de construcción; la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca ha reglamentado la práctica profesional con diferentes modalidades; entre ellas se encuentra la pasantía, de acuerdo con la Resolución N° 281 de junio 10 del 2005 la cual busca que el estudiante cumpla con los requerimientos de un trabajo de grado y pueda optar al título de Ingeniero Civil.

Para tal fin, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) Territorial Cauca, ha permitido que participemos en la realización de trabajos de pasantía en obras civiles y/o en el campo administrativo, y así podamos fortalecer los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria.

En el presente informe se resumen los diferentes aspectos concernientes al desarrollo de las actividades propias de la etapa de construcción de las Pantallas Pre-excavadas del proyecto: “Estudios, Diseños y Construcción del Paso Deprimido por Popayán Ruta 2502 y 2503”. De igual forma, se describirá el método constructivo (comparándolo con especificaciones y normas del INVIAS) y por último, se detallarán algunos inconvenientes presentados en el desarrollo de esta actividad de acuerdo al conocimiento adquirido durante el periodo de pasantía.

Así mismo, el documento se complementa con un record fotográfico realizado a lo largo de las diferentes visitas al sitio de obra en compañía del ingeniero supervisor del INVIAS y el interventor del contrato, detallando del proceso constructivo.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1. OBJETIVO GENERAL

Participar en el proyecto: ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PASO DEPRIMIDO POR POPAYÁN RUTA 2502 Y 2503, en la etapa de construcción de Pantallas Pre-excavadas acompañando a la supervisión del contrato por parte del INVIAS y al interventor, cumpliendo con 640 horas, con el fin de tener una experiencia laboral personal de campo, y así poder optar al título de ingeniero Civil en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar seguimiento a la excavación para el montaje de pantallas en concreto reforzado.
- Observar y registrar fotográficamente el montaje del acero de refuerzo para las pantallas, chequeando de manera técnica los requisitos de la norma NSR- 98.
- Determinar, si la entidad contratante (INVIAS) ejerce controles de calidad sobre los materiales utilizados en el proceso constructivo de las Pantallas Pre-excavadas.
- Revisar los resultados de los ensayos efectuados a los materiales de obra, por parte de la entidad contratante (INVIAS).
- Efectuar visitas al sitio del proyecto, junto al Supervisor del Contrato por parte de la Territorial (INVIAS), y/o la interventoría con el fin de observar el estado y el avance de la obra.
- Observar los problemas presentados en la construcción de la obra y plantear de manera técnica posibles soluciones para los mismos.
- Reforzar los conocimientos adquiridos en la Universidad del Cauca, mediante la practica en una obra real.
- Presentar un informe final de acuerdo a los patrones que fija la Universidad del Cauca y adicionalmente realizar la sustentación que será presentada en el ciclo de conferencias investigativas que ofrece la Facultad de Ingeniería Civil, con el fin de socializar en forma general el desarrollo de la pasantía.

4. ALCANCE DEL PROYECTO DE PASANTIA

Este proyecto se limita a la realización de actividades como ingeniera auxiliar en el proyecto: “Estudio, Diseño y Construcción del Paso Deprimido por Popayán ruta 2502 y 2503” en la etapa de construcción de Pantallas Pre excavadas, especialmente acompañando al supervisor del contrato por parte del INVIAS y de forma indirecta a la empresa de interventoría.

Dichas labores contemplan el seguimiento de la excavación para el montaje de pantallas en concreto reforzado, chequeando de manera técnica las exigencias de la norma NSR 98; determinando si la entidad contratante ejerce controles de calidad sobre los materiales utilizados en el proceso constructivo, de igual forma, se revisarán los resultados de los ensayos efectuados a los materiales de obra.

Finalmente, se presentará un informe escrito con una compilación del seguimiento de las obras y los posibles inconvenientes durante esta actividad, y si fuere del caso, planteando posibles soluciones académicas.

Estas funciones se efectuarán en un periodo comprendido entre diciembre de 2008 y marzo del 2009 hasta completar 640 horas necesarias para cumplir un proyecto de pasantía, requisito de grado para optar al título de Ingeniera Civil en la Facultad de Ingeniería Civil.

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con este proyecto de pasantía no solo se pretende cumplir con lo establecido por la Facultad de Ingeniería Civil en la Resolución N° 281 de 2005 en su Capítulo segundo, Artículo N° 10, sobre objetivos de la pasantía, sino también adquirir nuevos conocimientos y experiencia en el área de la supervisión (entidad contratante), funciones de interventoría y procedimientos para la construcción de pantallas de concreto pre-excavadas.

El trabajo por realizar consistirá en efectuar un seguimiento de la etapa de construcción de Pantallas Pre-excavadas acompañando al supervisor del contrato por parte del INVIAS y a la empresa de interventoría para el proyecto: "Estudio, Diseño y Construcción del Paso Deprimido por Popayán ruta 2502 y 2503", donde se establecerán si se efectúan controles de calidad y qué tipo de controles a los materiales de construcción, seguimiento de los trabajos a ejecutarse y contrastar la teoría con lo realizado en el sitio de las obras.

6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA

El Instituto Nacional de Vías INVIAS, es un establecimiento público de orden Nacional, adscrito al Ministerio de Transporte, creado por decreto 2170 del 30 de Diciembre de 1992 con oficinas principales situadas en Santa Fe de Bogotá y oficinas regionales. Es la entidad receptora, y en su jurisdicción de la Territorial Cauca se desarrolla el proyecto.

6.1. MISIÓN

Garantizar a la sociedad la construcción, mejoramiento y mantenimiento de la estructura vial no concesionada a cargo de la entidad, contribuyendo así, al desarrollo sostenible y a la integración del país a través de una red eficiente cómoda y segura.

6.2. VISIÓN

Ser en el año 2019, una entidad dinamizadora del desarrollo de la infraestructura vial no concesionada a su cargo, que brinda seguridad y bienestar a los usuarios, altamente reconocida por la calidad en su gestión integrada por un equipo humano comprometido en el cumplimiento de su misión.

6.3. CONVENIO UNIVERSIDAD DEL CAUCA – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

Según el acuerdo 2242 del 16 de octubre de 2007 “Convenio interinstitucional para el desarrollo de prácticas profesionales de estudiantes universitarios” El INVIAS, facilita que el estudiante vinculado a la Universidad del Cauca complemente con la práctica el proceso de formación académica facilitando que pueda aplicar sus conocimientos de manera dirigida y supervisada, reciba instrucción y confronte la teoría con la realidad y tecnologías actuales que dispone el INVIAS.

7. ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO

7.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO¹.

El proyecto objeto de esta pasantía, se encuentra ubicado en el Departamento del Cauca, Municipio de Popayán, Paso Nacional por Popayán entre la carrera 17 con calles 4ª y calle 5ª Barrio La Esmeralda.(ver figura 1 y 2).

Esta intersección Vial se encuentra ubicada en el sector conocido como La Esmeralda, tradicionalmente comercial especializado en comercio de galería y callejero. Los analistas de urbanismo consideran que este sector en los últimos años, se ha venido incorporando al centro de la ciudad ampliando su espacio urbano, debido al impulso que la actividad comercial imprime al sector. Desde una perspectiva más general, la intersección es el lugar obligado de:

- ❖ Todos los viajes con origen y/o destino al occidente de la ciudad.
- ❖ Todos los vehículos que transitan por la vía Panamericana.

Esta doble función urbana hace que el sector de La Esmeralda en general, y de la intersección en particular, sea un área de la ciudad congestionada y desordenada; situación que se debe solucionar con prioridad por la actual Administración Municipal.

El sector aledaño a la intersección o área de influencia directa, está delimitado por la carrera 15 a la carrera 20 entre calles 1N y 7ª. En cuanto a la influencia indirecta se considera el sector centro y occidente de la ciudad, ya que un alto porcentaje de la población reside en el sur – occidente, cuyas principales vías de acceso son las calles 4ª y 5ª.

¹ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 11 de interventoría. Popayán Diciembre de 2008.

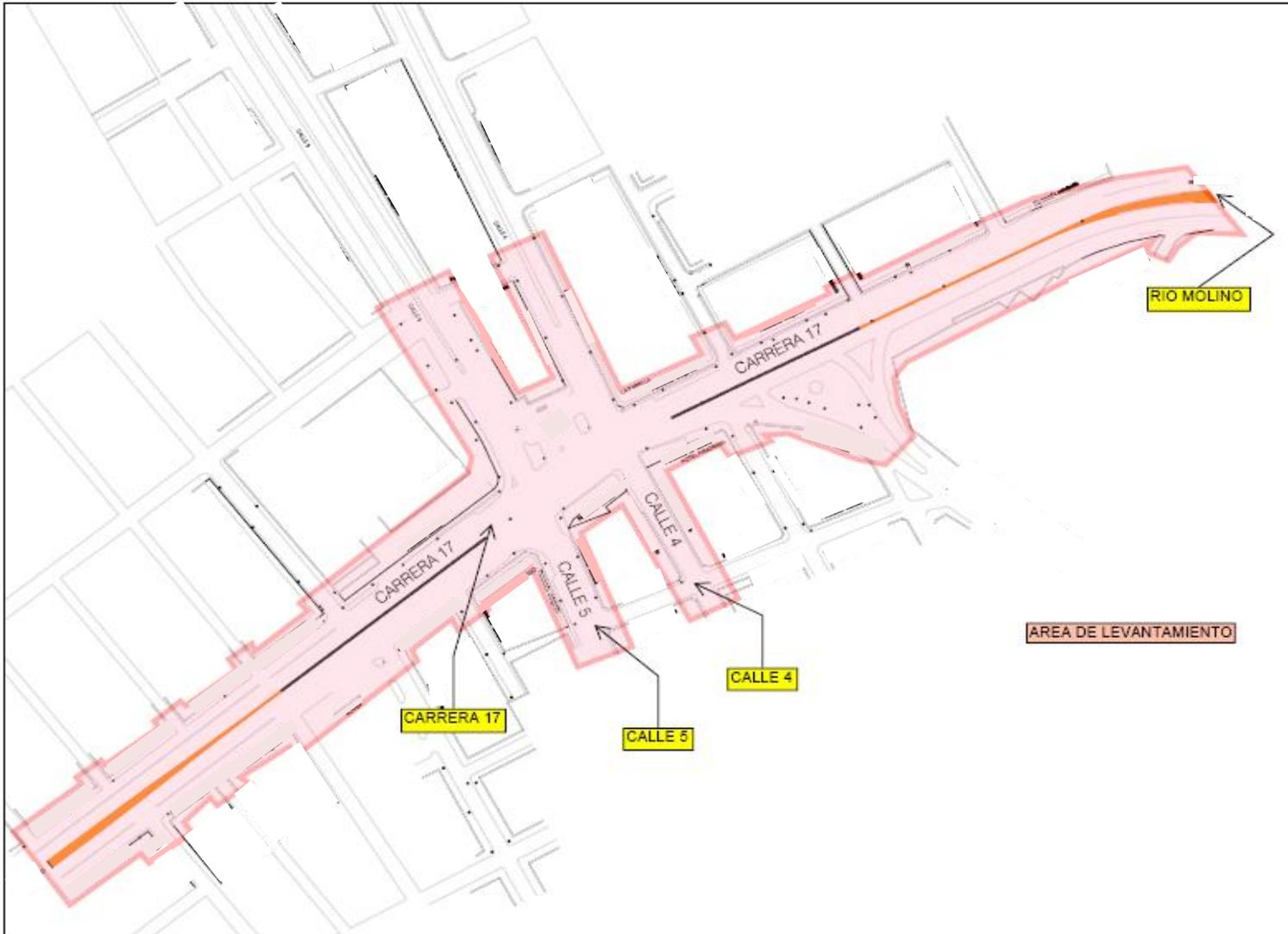
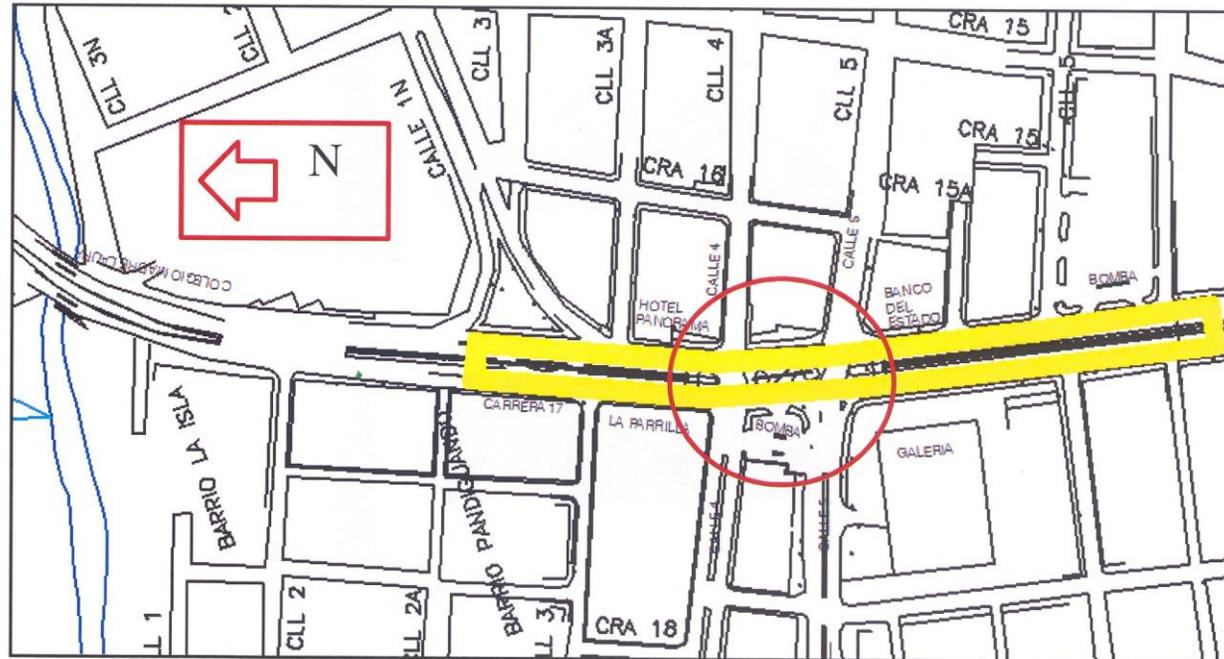


Figura 1. Localización del proyecto.

(Fuente: UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 11 de interventoría. Popayán Diciembre de 2008.)



UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



UNION TEMPORAL
P.C.A. - TECNOCONSULTA S.A.

CARRERA 17 ENTRE CALLE 4 Y CALLE 5



Alcaldía de Popayán

Figura 2. Ubicación general del proyecto.

(Fuente: UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe de interventoría adicional para presentación al doctor Álvaro Uribe Vélez. Popayán Abril de 2009.)

7.2. ANTECEDENTES²

7.2.1. ESTADO INICIAL DE LA ZONA DE INTERSECCIÓN

7.2.1.1. Urbano.

El sector de La Esmeralda se viene consolidando como sector de transición del área central de la ciudad, y en este sentido, su función urbana obedece a la de un sector central, pero carece de un núcleo que aglutine y ordene el sistema de actividades tan variadas que se presentan en el área. Por lo anterior, los usos de los suelos son muy variables: galería, comercio informal callejero, establecimientos comerciales establecidos, residencial, negocio de cantinas y bares, etc.

El sector de La Esmeralda no dispone de parques, zonas verdes u otro atractivo. Es una zona carente de personalidad e identificación, (en cuanto al nivel paisajístico, ya que carece de vegetación y no posee organización en las diferentes actividades que se presentan en este sector). Algunas zonas de este sitio, podrían ser incluidas en un proceso de renovación urbana que se viene gestionando.

7.2.1.2. Paisajístico y Ambiental.

En relación con el componente ambiental el sector se caracteriza por poseer limitaciones en las condiciones de cobertura vegetal restringidas a pequeñas áreas verdes y separadores centrales de la carrera 17 y calles 5^a que no generan hábitat propicios para el desarrollo óptimo de fauna.

En cuanto a oferta de recurso hídrico, por ser una obra urbana se limita al paso del río Molino en la parte norte del proyecto sin tener ninguna repercusión directa sobre el desarrollo del mismo.

En cuanto a calidad del paisaje, el sector de las obras se ubica en un plano semi-cerrado con evidente continuidad, en donde no existe estructuración ni ordenación del espacio urbano de sus elementos.

En cuanto a las condiciones climáticas del sector, éstas son propias de un ecosistema sub-andino, de régimen bimodal en las lluvias registrando una precipitación media anual de 2417 mm. Igualmente se presentan temperaturas del orden de los 19 grados centígrados y una humedad del 70%. En cuanto a vientos éstos se registran en los meses de Julio y Agosto de acuerdo con los reportes de la estación meteorológica del aeropuerto Guillermo Valencia.

² UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 11 de interventoría. Popayán Diciembre de 2008.

Se evidencia una transformación de espacios de uso residencial hacia adaptaciones para uso comercial, carente de estética, aunado a las condiciones de tráfico desordenado con altos niveles de presión sonora que inciden en la calidad ambiental del sector.

Las condiciones sanitarias del área de la Esmeralda son muy deficientes, el manejo de basura y desechos no es adecuado.

7.2.1.3. Infraestructura vial.

En la zona del proyecto se pueden encontrar las siguientes características:

- Una sub-utilización de la calle 4ª, en el sector comprendido entre la carrera 17 y la carrera 23, debido al poco uso de la calzada izquierda.
- Un deficiente estado general de la capa de rodadura en todo el sector, especialmente las calles 4ª y 5ª entre carreras 11 a 23.
- Existen carriles que no están consolidados en la sección transversal de la calle 5ª entre la carrera 17 a la 23.
- El mal estado de los andenes existentes y la falta de señalización vial del sector.

7.2.1.4. Tránsito.

Para los volúmenes de tránsito presentes y la actual distribución de fases, esta intersección está próxima a llegar a la saturación. El nivel de servicio es muy deficiente para los usuarios, lo que denota un desorden y caos en esta zona. Difícilmente se pueden tener mejoramientos significativos conservando las actuales características de nivel de servicio.

El desorden vial en la intersección es notorio: no existe una disciplina por parte de los usuarios (vehículos y motocicletas) del uso de carriles; hay deficiencias geométricas respecto a radios de giro y en todos los períodos de los semáforos se observan movimientos saturados, lo que permite precisar que el fenómeno generalizado de congestionamiento no es temporal. Hay movimientos saturados que se presentan en más de uno de los períodos. Es el caso del movimiento de giro a la izquierda de la calle 5ª con carrera 17 o el movimiento directo de la calle 4ª con carrera 17.

En el actual sistema de control del tránsito no se maneja el concepto de desfase, necesario para lograr una adecuada optimización de los semáforos. No se generan planes con diferente duración del ciclo. Sin embargo, manteniendo las actuales condiciones de circulación: geometría, sentidos, etc., es imposible llegar a tener una intersección semaforizada que ofrezca unas condiciones adecuadas de operación de la Vía.

7.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO³

De acuerdo con el estudio de tránsito se detectó que los movimientos más comunes se producen sobre la carrera 17, tanto de norte a sur como de sur a norte. Los consultores realizaron las respectivas proyecciones de tránsito y recomendaron que para el mediano y largo plazo es necesario proporcionar a estos movimientos un paso directo a desnivel.

En esta alternativa se contempla la construcción de un paso deprimido cubierto sobre la carrera 17, de unos 110 m de longitud aproximadamente entre la calle 4ª y la calle 5ª, de tal manera que permita el flujo directo y sin obstáculos en los sentidos norte – sur. De acuerdo con los resultados del estudio origen – destino, el diseño definitivo debe garantizar un gálibo de 4.80 metros, el cual sumado a la estructura exige deprimir la carrera diecisiete 6.00 metros por debajo del nivel actual, para lo cual se debe contar con rampas de acceso de longitud de 100 metros que garantizarían pendientes por debajo del 6%. Adicionalmente, se deben proporcionar calzadas adicionales sobre la carrera 17, que permitan realizar los giros en la intersección al nivel actual.

Por lo tanto, la carrera 17 dispondrá de cuatro calzadas con dos carriles cada una, es decir, cuatro carriles por sentido, dos a nivel y dos deprimidos. Esto exige la adquisición de los predios ubicados sobre la carrera 17 entre calles 4ª y 5ª y algunos predios ubicados entre las calles 3ª y 4ª.

Sobre la carrera 17 entre calle 4ª y calle 5ª se dispone de una zona amplia (losa del paso deprimido), sobre la cual se desarrollan a nivel los movimientos controlados con semáforos. Las calzadas a nivel funcionarán como vías lentas una vez se finalice el proyecto. Esta alternativa, de acuerdo con el estudio inicial, incluye el cambio de sentido de las calles 4ª y 5ª desde la carrera 17 a la carrera 23, la adecuación de la intersección del Cementerio, rehabilitación de la estructura del pavimento, reubicación de redes de servicios públicos y telefonía.

Esta solución técnica completa está siendo objeto de estudio definitivo y a nivel de Fase III dentro del Contrato 3437 de 2007, con el fin de precisar en detalle todas las características definitivas a construir en la siguiente Fase.

³ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 11 de interventoría. Popayán Diciembre de 2008.

Tabla 1. Contrato de obra No 3437 de 2007.⁴

OBJETO	Estudio, Diseño y Construcción del Paso Deprimido por Popayán Ruta 2502 y 2503.
SUPERVISOR DEL CONTRATO	Ing BLAS URIEL PÁEZ CHINCHILLA
EMPRESA CONTRATISTA	Consortio ESTYMA – JMV
VALOR DEL CONTRATO	\$11.505'570.373 Millones incluido IVA
PLAZO	Diez y ocho (18) meses
FECHA DE INICIACIÓN	30 de enero de 2008
FECHA PREVISTA DE TERMINACIÓN	30 de julio de 2009

Tabla 2. Contrato de Interventoría No 3459 de 2007.

OBJETO	Interventoría para el Estudio, Diseño y Construcción del Paso Deprimido por Popayán Ruta 2502 Y 2503.
EMPRESA INTERVENTORA	Unión Temporal P.C.A.-TECNOCONSULTA
VALOR DEL CONTRATO	\$909.688.426 Millones incluido IVA
PLAZO	Diez y nueve (19) meses
FECHA DE INICIACIÓN	30 de enero de 2008
FECHA PREVISTA DE TERMINACIÓN	30 de agosto de 2009

Tabla 3. Etapa de diseños.

VALOR DISEÑOS	\$348'000.000
PLAZO DISEÑOS	Cuatro (4) meses
FECHA DE INICIACIÓN	30 de enero de 2008
FECHA TERMINACIÓN	31 de mayo de 2008

Tabla 4. Etapa de construcción.

VALOR DEL CONTRATO	\$11.157'570.373
PLAZO DE OBRA	Catorce (14) meses
FECHA DE INICIACIÓN	31 de mayo de 2008
FECHA TERMINACIÓN	29 de julio de 2009. Un mes de estudios y diseños se traslapa con un mes de construcción.
VALOR DE ANTICIPO OTORGADO	\$5.535'000.000 (48%)

⁴ El valor de la etapa de diseños mas el valor de la etapa de construcción da como resultado el valor del contrato de obra No 3437 de 2007.

7.4. GENERALIDADES DE LAS PANTALLA PRE-EXCAVADAS

La pantalla pre-excavada, también conocida como muro pantalla o pantalla de hormigón in situ; es un tipo de estructura de contención flexible, empleada habitualmente en construcciones civiles. Este tipo de estructura se utiliza en lugar de recurrir a paneles prefabricados de hormigón, es decir, los elementos estructurales de este tipo de pantalla se funden directamente en el sitio de las obras

Las dimensiones de los paneles o módulos que conforman los muros pantalla, son entre 2,5 y 6 m de longitud, y 0.6 a 0.8 m de espesor. La profundidad y la longitud de la pantalla dependerán del tipo de obra a ejecutarse.

7.5. DEFINICIONES

- **Barretes.** Pila de sección rectangular correspondiente a las características dimensionales de la almeja utilizada en la excavación. En el caso del puente deprimido, sirven para evitar el volcamiento de las pantallas a causa de presiones ejercidas por el suelo, o sea, funcionan como contrafuertes, ya que una vez concluida la excavación, la pantalla trabajará como un muro de contención y a su vez conformarán las paredes del puente deprimido el cual se asemejará a un enorme boxculvert doble en el cual circularan los vehículos.
- **Pantallas pre-excavadas.** Son paredes de contención que se construyen en módulos, antes de realizar una gran excavación. Su función es resistir los empujes laterales del terreno una vez se realice la extracción del suelo y que a su vez limitan la entrada de agua al interior de una excavación.
- **Armaduras de refuerzo o parrillas de refuerzo.** Es el acero de refuerzo necesario que se emplea bien para el barrete o para el módulo pantalla, el cual sirve para soportar las cargas verticales o laterales, respectivamente. Dichas cargas o fuerzas se pueden generar a partir del accionar vibraciones producidas por sismos o movimiento de los vehículos pesados.
- **Tubería tremie.** Tubería de acero utilizada durante la fundición de las pantallas o barretes. Esta tubería está constituida por secciones de longitud variable, un elemento de punta, tramos rectos, y termina en su parte superior en una tolva de forma cónica la cual encausa el vaciado del concreto tremie al ducto. (ver figura 3).
- **Concreto tremie (tipo D).** Concreto especial utilizado en los elementos pre-excavados en cimentaciones profundas. Sus características principales son:

- Presenta una manejabilidad por un periodo de tiempo largo (aproximadamente 3 horas).
- Un asentamiento entre 7" y 9".
- Un tamaño máximo del agregado de ¾".



Figura 3. Detalle de la tubería tremie.

Tabla 5. Clase de concreto estructural⁵

CLASE	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS		USO Y OBSERVACIONES
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	
A	35	350	Concreto pretensado y postensado.
B	32	320	Concreto pretensado y postensado.
C	28	280	Concreto reforzado.
D	21	210	Concreto reforzado.
E	17.5	175	Concreto reforzado.
F	14	140	Concreto simple.
G	14	140	Concreto ciclópeo (se compone de concreto simple clase F, y agregado ciclópeo en una proporción de 40 %, como máximo, del volumen total.

⁵ NORMAS INVIAS. Especificaciones de construcción. Artículo 630-07 Pg 6.

- **Lodo Bentonítico.** El lodo es una suspensión de arcilla en agua, con los aditivos necesarios para cumplir las siguientes funciones:
 - Refrigerar la herramienta de corte.
 - Sostener las paredes de la perforación.
 - Estabilizar la columna o sarta de perforación.
 - Lubricar el rozamiento de ésta con el terreno.

Se distinguen diversos tipos de lodos en función de su composición. Por una parte están los denominados "naturales", constituidos por agua clara (dulce o salada) a la que se incorpora parte de la fracción limoso.-arcillosa de las formaciones rocosas conforme se atraviesan durante la perforación. Se utilizan especialmente en el sistema de circulación inversa (en la circulación directa se requieren lodos de mayor densidad y viscosidad).

Por otra parte están los lodos "elaborados" de los cuales existen diferentes tipos siendo los más frecuentes los preparados a base de arcillas especialmente bentoníticas, en cuya composición predominan los filosilicatos del grupo de la montmorillonita. Estos lodos se utilizaron para realizar la excavación en el puente deprimido.

La Tixotropía es la propiedad que tiene las suspensiones bentoníticas de pasar de sólido a líquido mediante agitación; si a continuación se las deja en reposo, recuperan la cohesión y el comportamiento sólido. Para que una arcilla tixotrópica muestre este comportamiento deberá poseer un contenido en agua próximo a su límite líquido. En cambio, en torno a su límite plástico, no existe posibilidad de comportamiento tixotrópico.

- **Saneo.** (limpieza de las impurezas de un material). Este proceso consiste en eliminar definitivamente el hormigón contaminado por los lodos bentoníticos. Esta actividad se realizó para el descabece de las pantallas pre-excavadas.
- **Torón.** Está formado por un número de alambres de acero de alta resistencia, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas. Estos torones se utilizaron durante la manipulación del acero de refuerzo de las pantallas.

7.6. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS

El proceso de construcción de las pantallas pre-excavadas comprende las siguientes etapas:

a. Construcción de muretes guía. Estos muretes suelen elaborarse en hormigón ligeramente armado a ambos lados de la futura zanja de la pantalla con un espesor del orden de 30 a 50 cm y una profundidad de 0.70 a 1.00 m. Sus dimensiones dependen, tanto de la naturaleza del terreno como del tamaño de la cuchara de excavación.

Los muros guía son de carácter provisorio y tuvieron la siguiente aplicación durante la construcción de las pantallas de concreto reforzado:

- ◆ Guiar el útil de excavación (cuchara al cable sobre grúa de caída libre) para la ejecución de la pantalla.
- ◆ Evitar el derrumbe del terreno de la zona superior de la zanja por efecto del golpe de cuchara.
- ◆ Se emplea para contener parte de la cimentación de edificios medianeros en el caso de construcciones antiguas.
- ◆ Facilitar que los lodos bentoníticos se mantengan al nivel de la plataforma de trabajo, permitiendo desarrollar plenamente su misión de contención del terreno durante la excavación del módulo.
- ◆ Servir de soporte para que la armadura del módulo permanezca colgada en posición previamente a la fundida del panel.
- ◆ Beneficiar la localización visual de los módulos de las pantallas.
- ◆ Garantizar su verticalidad.



Figura 4. Detalle del murete guía. Los muretes tienen un acabado final a ras del piso existente.

b. Excavación. La excavación se realiza por paneles o módulos cuya longitud puede oscilar entre 2.5 y 6 m. La longitud de los paneles depende de la profundidad de la excavación, entre mas profunda sea la excavación la longitud del módulo va a ser mayor, como también el acero de refuerzo a utilizar. La profundidad de la excavación depende del diseño de la rasante y de la estructura de la vía (carpeta, base, subbase y subrasante); la excavación es igual a la cota del terreno original menos la cota de la subrasante.

Se ejecuta la excavación con una cuchara bivalva, mecánica o hidráulica. La excavación se puede hacer con o sin bentonita (lodo bentonítico), de acuerdo con la calidad del terreno. La bentonita es un lodo tixotrópico que suele usarse en estos casos, el cual se agrega a la excavación a medida que esta se va realizando.

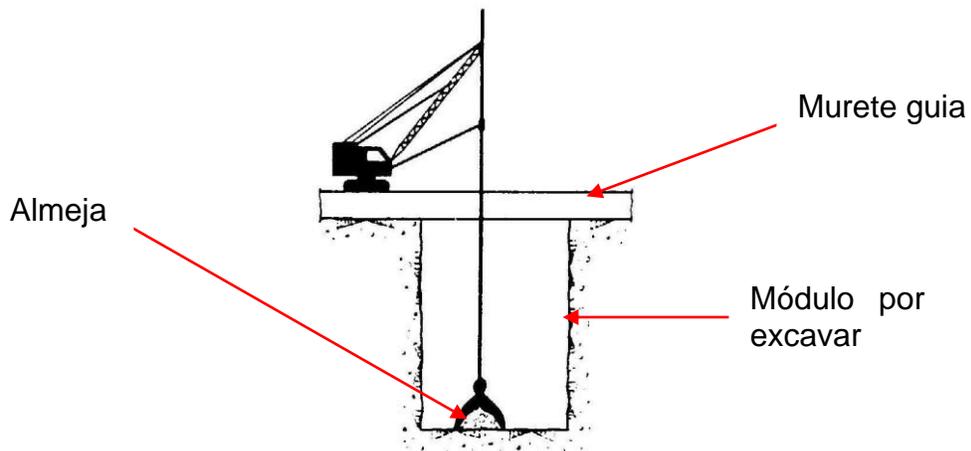


Figura 5. Detalle del módulo completamente excavado y lleno de lodo (corte longitudinal paralelo a la vía).



Figura 6. Detalle de la excavación de un módulo.

Para efectuar la colocación de la junta entre paneles, se utilizan encofrados metálicos de junta lateral, los cuales se colocan antes de hormigonar para moldear las juntas. De esta manera se asegura la continuidad de la excavación y se utiliza como guía para la perforación del panel. Estos encofrados se disponen verticalmente, bien fijados y empotrados en el fondo para evitar que se produzcan movimientos y un posible escape del hormigón fresco recién vaciado por la base del mismo.

Estos encofrados suelen ser de forma circular, generalmente tubos perfectamente lisos para que sea fácil extraerlos unas horas después de fundido el concreto. Para ello estos encofrados poseen un elemento dispuesto en su extremo superior para ser cogidos y extraídos sin dificultad alguna.

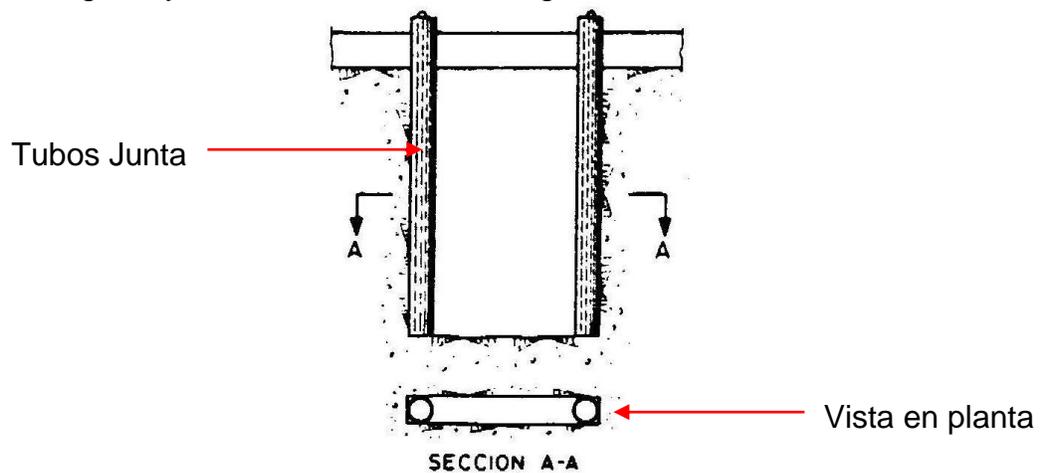


Figura 7. Detalle de los tubos junta dentro del módulo pantalla (corte longitudinal paralelo al eje de la vía).

- c. **Construcción e instalación de la armadura.** La construcción de la armadura se realiza de acuerdo con los planos y diseños previos, formando una jaula, llamándose así por constituir un conjunto cerrado y solidario para cada panel. Cada armadura viene provista de elementos para el izado y para evitar su movimiento durante la fundida del concreto.

Después de revisada la configuración del hierro (espaciamiento, calibres y amarres), la armadura es izada con una grúa para su disposición final. De forma adicional deben colocar separadores y rigidizadores que permitan su correcta ubicación dentro de la excavación y se garantice el recubrimiento mínimo de hormigón requerido.

En cada panel, se ubica la jaula centrada y con un recubrimiento mínimo de 7,5 cm. Dependiendo del tipo de suelo. El recubrimiento puede ser de 6 cm, siempre y cuando el terreno sea blando.

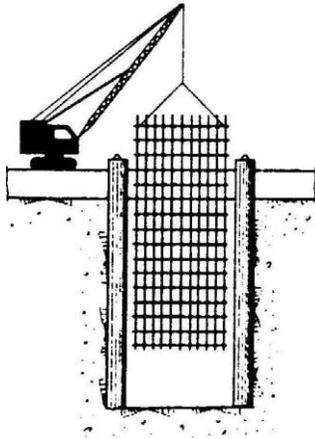


Figura 8. Detalle del izaje de la armadura en el módulo (corte longitudinal).

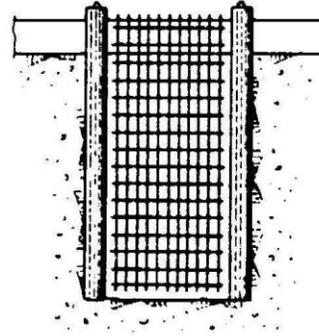


Figura 9. Detalle de la armadura totalmente instalada en el módulo (corte longitudinal).

- d. Colocación del concreto en los paneles.** El vaciado del concreto se realiza mediante tubo Tremie, debiendo el mismo estar perfectamente limpio para su uso. La tubería debe estar en todo momento introducida de 3 a 5 m en la masa de hormigón para evitar se produzca el “corte” de la pantalla por interposición de capas de lodo.

Debido a que la densidad del hormigón es mayor que la de los lodos bentoníticos, éste irá desalojando a los lodos conforme se produzca el llenado del panel. Así que los lodos deberán ser reconducidos mediante una aspiración con bomba en superficie hasta un desarenador, perteneciente a la Planta de Lodos Bentoníticos, para su reciclaje y reutilización.

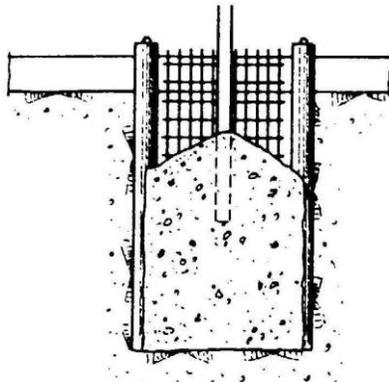


Figura 10. Detalle de la fundición del módulo con tubería tremie.

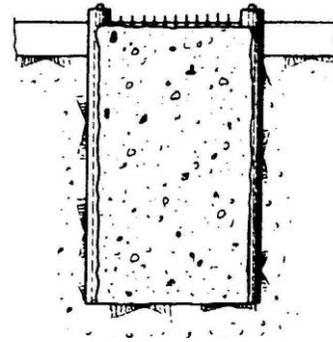


Figura 11. Detalle del módulo embebido en concreto.

Luego de fundido el concreto en cada módulo, se extraen los elementos laterales dispuestos para moldeo de juntas; esta operación se realiza antes de que se endurezca mucho el hormigón.

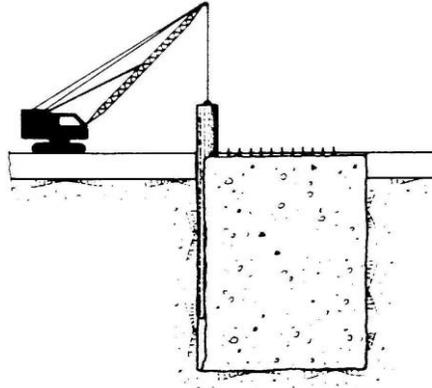


Figura 12. Detalle de la extracción de juntas.

- e. **Descabezado y viga de amarre.** Una vez fundidas o construidas las pantallas in situ, se realiza la demolición de los muretes guía y el saneo de la parte superior del hormigón de la pantalla que consiste en el descabezado de la misma; esto quiere decir que se rompen los últimos 40 ó 50 cm por dos razones: una, para descubrir las armaduras y la otra, para eliminar el hormigón de mala calidad que queda en las cabezas, debido a que generalmente se ha mezclado con bentonita. La viga de amarre se construye para forzar a que todos los paneles trabajen solidariamente, estableciendo una conexión estructural en cabeza, que compatibiliza las deformaciones entre paneles, evitando que las juntas entre módulos se abran.

RESUMEN GENERAL DEL PROCESO DE EJECUCIÓN.

- a. Construcción de dos muretes-guía.
- b. Excavación.
- c. Colocación de juntas en los extremos del Panel y luego la armadura.
- d. Se funde el panel de abajo hacia arriba, mediante el uso de tubería y concreto tremie.
- e. Se extraen las juntas después de haber endurecido el hormigón se hace el descabezado y se construye la viga de amarre.

8. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EJECUTADAS

Las actividades desarrolladas en el transcurso de la Pasantía comprendida entre los meses de Diciembre a Marzo en el proyecto: “Estudio, Diseño y Construcción del paso por Popayán, Ruta 2502 y 2503”, en la etapa de construcción de Pantallas Pre-excavadas se resumen a continuación:

1. Seguimiento de todo el proceso de construcción desde la excavación hasta el montaje de pantallas en concreto reforzado, mediante visitas de obra y registro fotográfico y escrito.
2. Chequeo técnico del acero de refuerzo con base en los requisitos de la norma NSR 98.
3. Verificación y revisión de los controles de calidad (ensayos de laboratorio) sobre los materiales utilizados en el proceso constructivo de la Pantallas Pre-excavadas efectuados por el contratista.
4. Realización de frecuentes visitas al sitio del proyecto, junto al Supervisor del Contrato por parte del INVIAS, y/o la interventoría con el fin de observar el estado y avance del mismo. Estas visitas permitían enriquecer el conocimiento en cuanto al desarrollo de la obra y metodología utilizada, confrontando la teoría con la práctica in situ.
5. Se observaron y documentaron los diferentes inconvenientes presentados en la construcción de las Pantallas los cuales fueron reportados al Instituto Nacional de Vías.

8.1 SEGUIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS EN CONCRETO REFORZADO.

El seguimiento de la construcción de pantallas en concreto se ejecutó en los sitios de obra en donde se presentaron cimentaciones profundas, en el paso deprimido por Popayán. Estas pantallas ofrecen una solución tanto técnica como económica a los diferentes problemas geotécnicos y brindarán seguridad durante la ejecución de la etapa de excavaciones.

A continuación se describe el procedimiento utilizado en la construcción de las pantallas en concreto reforzado, acompañado de un registro fotográfico lo cual permite mejor entendimiento de los procesos y deja una evidencia de las dichas actividades.

8.1.1 Localización.

In situ se ubicaron las pantallas, o sea su espesor y longitud, por medio de vigas guía⁶ o muros guía. Esta actividad se realizó con la ayuda de una comisión de topografía en donde primero se materializaron los bordes internos y externos de los muros guías⁷.

Para la localización de los muros guía (viga guía), se tuvo en cuenta un archivo de coordenadas entregados por el contratista al topógrafo, en el cual se tienen detallados los límites tanto de las pantallas como de los barretes, según los planos generales para la construcción. Los muros guías se construyeron con un espesor de 0.20 m y una profundidad que variaba entre 0.8 y 1.0 m. La longitud de estos estaba acorde con la longitud de las pantallas.



FOTO No 1. Comisión de topografía localizando los bordes internos y externos de los muros guías.

Una vez localizados los bordes de los muros guía, se inicia la excavación de los mismos mediante una retro-excavadora. La profundidad de la excavación variaba entre 1.0 y 1.5 m.

Posteriormente se instaló el acero de refuerzo de 1/2 de pulgada corrugado, cada 30 cm de distancia los verticales y para los horizontales se pasaba una varilla por la mitad del espesor del muro guía y de la profundidad del mismo; quedando en total 5 varillas horizontales (ver foto No 3). En el diseño de los muros guía existía un detalle en forma de “L” de espesor 0.20 m, profundidad 0.8 m y ancho 0.40 m (ver figura 13). También se ubicaron los elementos de formaleta como tablas,

⁶ En el informe semanal de interventoría se define como “Viga Guía”.

⁷ Cada pantalla en concreto reforzado tenía dos muros guía, los cuales van a definir el espesor de la misma.

puntales y atraques; acto seguido se fundieron dichos muros con concreto premezclado de 2000 psi (ver fotos No 3 y 4)

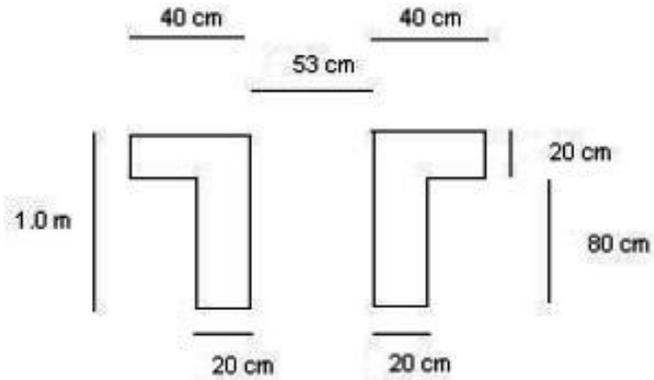


Figura 13. Detalle de los Muros Guía (Viga Guía).



FOTO No. 2. Se detalla la excavación del terreno utilizando una retroexcavadora para la construcción de los muros guía.



Ubicación
del Barrete

Acero de refuerzo

FOTO No 3. Detalle del montaje del acero de refuerzo para el muro guía y el barrete.



Puntales.

Tabla.

Barrete.

Atraques.

FOTO No 4. Detalle de las formaletas para el muro guía y el barrete.



FOTO No 5 y No 6. En las fotos se evidencia el descargue del concreto del Míxer y el acomodo de este para darle el acabado final al muro guía.



FOTO No 7. Para cumplir con los cronogramas y aprovechando el clima, las fundiciones se realizaron hasta en horas nocturnas.



FOTO No 8. Detalle de la realización del control topográfico durante la construcción de los muros guías para garantizar su verticalidad y horizontalidad por parte de la comisión de topografía



FOTO No 9. Detalle de un muro guía ya terminado y listo para iniciar el proceso de excavación de la pantalla.

8.1.1 Modulación de las pantallas.

Las excavaciones de los muros tipo pantalla se realizaron por módulos (paneles) de longitud que oscilaba entre 4.0 y 6.0 m. Esta modulación se hizo con el fin de facilitar la construcción de todas las pantallas, o sea, fabricar el esqueleto o armazón del acero de refuerzo (parrilla), la manipulación e instalación de este acero y el vaciado del concreto.

Para determinar el orden de construcción de las pantallas se tuvieron en cuenta tres tipos de módulos:

- Módulo tipo hembra (TH), con las juntas hacia adentro, (figura 14b. paneles 3 y 5).
- Módulo tipo macho (TM), con las juntas hacia fuera, (figura 14b. paneles 2 y 4).
- Modulo tipo macho-hembra (TMH), con junta hacia fuera y la otra hacia adentro, (fig. 14a. paneles 1 a 5).

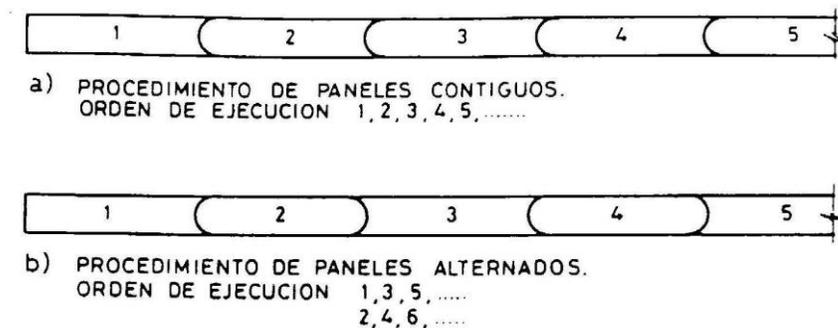


Figura 14. Esquema de modulación de las pantallas

El orden de construcción de las pantallas se hizo de acuerdo al diseño estructural realizado por el Ingeniero Gregorio Renteria⁸.

La construcción de pantallas para el muro izquierdo del costado oriental (Sur-Norte), se inicia en la abscisa K0+084.67 y termina en la abscisa K0+130.68 con cuatro módulos tipo macho, seguidamente; desde la abscisa K0+130.68 hasta la abscisa K0+142.68 se construyeron dos módulos de tipo macho-hembra (sin barrete), del abscisado anterior hasta la abscisa K0+200.68 se trabajaron trece módulos tipo macho-hembra (con barrete); y de la abscisa K0+200.68 hasta la abscisa K0+302.68 se trabajaron diecisiete módulos de tipo macho-hembra (sin

⁸ GREGORIO RENTERIA, Ingeniero encargado de realizar los diseños estructurales en el Proyecto: "Estudio, Diseño y construcción del Paso Deprimido por Popayán ruta 2502 y 2503"

barrete), de la abscisa anterior hasta la abscisa K0+383.68 se trabajaron dieciocho módulos de tipo macho-hembra (con barretes), y de la abscisa K0+383.68 hasta K0+401.18 se construyeron tres módulos de tipo macho-hembra (sin barrete), del abscisado anterior hasta la abscisa K0+473.18 finaliza la construcción con seis módulos tipo macho.

La construcción de pantallas para el muro derecho del costado occidental (Norte-Sur), se inicia en la abscisa K0+105.904 y termina en la abscisa K0+129.90 con dos módulos tipo macho, seguidamente; desde la abscisa K0+129.90 hasta la abscisa K0+155.90 se construyeron cinco módulos de tipo macho-hembra (sin barrete), del abscisado anterior hasta la abscisa K0+200.40 se trabajaron diez módulos tipo macho-hembra (con barrete); y de la abscisa K0+200.40 hasta la abscisa K0+310.40 se trabajaron diecinueve módulos de tipo macho-hembra (sin barrete), de la abscisa anterior hasta la abscisa K0+377.90 se trabajaron quince módulos de tipo macho-hembra (con barretes), y de la abscisa K0+377.90 hasta K0+403.90 se construyeron cinco módulos de tipo macho-hembra (sin barrete), del abscisado anterior hasta la abscisa K0+455.90 finaliza la construcción con cinco módulos tipo macho.

Para los módulos tipo macho la longitud de la parrilla fue igual a la longitud del módulo y para los módulos tipo hembra, la longitud de la parrilla fue igual a la longitud del módulo menos el espesor de la pantalla.

Las pantallas se elaboraron con las siguientes longitudes:

- Los módulos tipo hembra-macho, tuvieron una longitud de 6 m con un espesor de 0.5 m y otros de 5.5 m de longitud con 0.5 m de espesor.
- Los módulos tipo macho y tipo hembra alcanzaron longitudes de 6.0 y 4.0 m con espesores de 0.5 m.

Para moldear la junta de construcción (tubo-junta), entre parrilla y parrilla se utilizó un tubo en acero de diámetro igual a 0.50 m.

La tercera dimensión de las pantallas, o sea, su altura, fue muy variada. Esta osciló entre 6.10 m y 14.55 m incluyendo la altura de descabece. Dicha variación se debía a que el puente deprimido inicia a nivel de la vía existente, calle 2ª con carrera 17; llega hasta una profundidad de 14 m entre las calles 4ª y 5ª con carrera 17 y finaliza a nivel de la vía existente en la calle 8ª con carrera 17.

8.1.2 Excavación de las pantallas o barretes.

El equipo utilizado durante la perforación de las pantallas en concreto reforzado para el proyecto de paso deprimido por Popayán consta de dos grandes partes a saber: una es la grúa; máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho; y la otra es la (Cuchara Bivalva o Almeja); herramienta específica para el excavado de todo tipo de sólidos de canales o pozos, consigue excavar en movimientos verticales únicamente el volumen de tierra necesario.

Antes de iniciar al proceso de excavación en cada uno de los módulos se comprobaba que el equipo de perforación cumpliera con los siguientes requerimientos:

- a. La grúa debe estar aproximadamente nivelada tanto horizontal como verticalmente y paralela al muro guía.
- b. El elemento de perforación (Cuchara Bivalva o Almeja) debe estar centrado entre los dos muros guía.

Estos dos requerimientos eran verificados por cuatro personas: el operario de la grúa, dos ayudantes y el ingeniero Fredy Pineda⁹.

El operario de la grúa contaba con 25 años de experiencia, los ayudantes de obra con 8 años aproximadamente y el Ingeniero Fredy Pineda con 4 años.

⁹ Ingeniero Fredy Pineda. Ingeniero subcontratado para la construcción de las pantallas pre-excavadas.

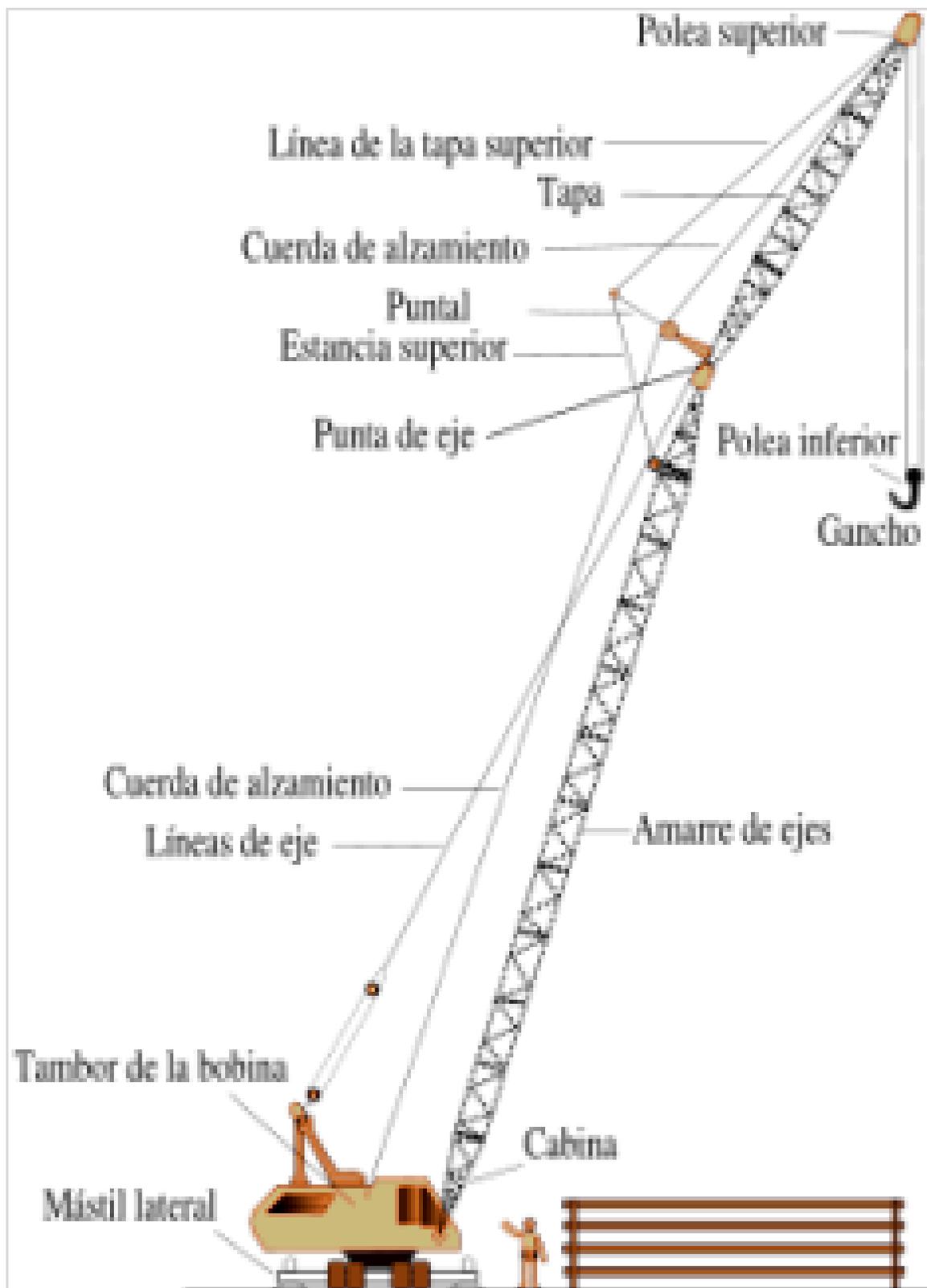
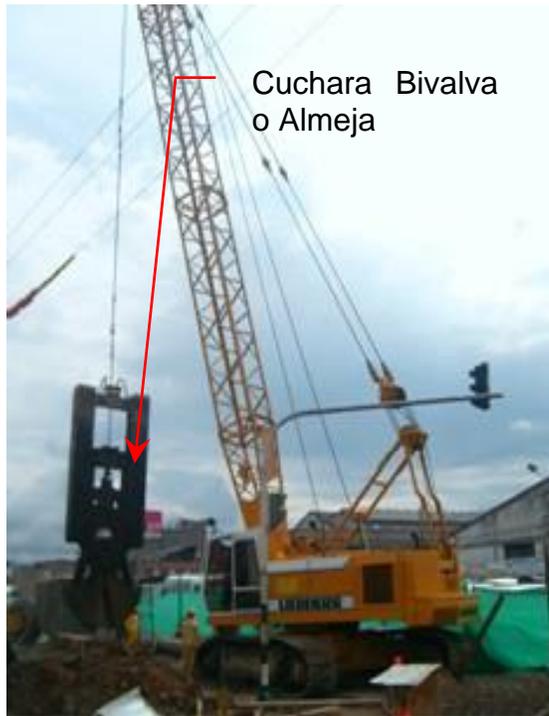


Figura 15. Esquema de las partes del equipo de perforación.



FOTOS No 10 Y 11. Detalle del equipo de perforación utilizado.

La función básica de los ayudantes era la de centrar la almeja entre los muros guía. El operario de la grúa y el ingeniero Fredy Pineda se encargaban del alineamiento y nivelación de la grúa así como de la almeja. Todo este procedimiento lo realizaban con verificación visual y también confirmaban que el nivel ojo de pollo del equipo de perforación estuviera nivelado. Estas consideraciones no se hacían con mucha precisión ya que no se necesita que la máquina estuviera cien por ciento nivelada para realizar la excavación¹⁰.

En algunas pantallas la perforación se iniciaba en seco; es decir sin adición de bentonita, con el fin de observar la verticalidad de la excavación y para taponar los diferentes ductos que atravesaban el sitio de las obras; tales como tubería de alcantarillado, acueducto y telefonía¹¹. Dicha actividad permitía prevenir la fuga de concreto al momento del vaciado de las pantallas.

¹⁰ Opiniones suministradas por el ingeniero Fredy Pineda. Ingeniero subcontratado para la construcción de las pantallas pre-excavadas.

¹¹ Los ductos encontrados durante las excavaciones estaban fuera de servicio, ya que en etapas anteriores fueron reemplazados y reubicados.

Casi siempre se perforaban de 2 m a 3 m en seco. Una vez verificada la no existencia de obstáculos, se procedía a la adición de bentonita para garantizar la estabilidad de la excavación.



FOTO No 12. Excavación sin bentonita para cerrar los tubos de la red de alcantarillado.

En el sitio de la construcción los lodos bentoníticos se encontraban en su respectivo tanque de almacenamiento y durante su adición a la excavación se verificaba el PH, la viscosidad y densidad mediante los ensayos de: Medidor de PH, Marsh Funnel y Balanza de Lodos, respectivamente. Estos ensayos permiten determinar la calidad del lodo bentonítico: que no sea muy ácido o básico, ni muy líquido o muy viscoso y finalmente libre de impurezas. Cumpliendo estos requisitos se asegura la estabilidad de la excavación.

El suministro de bentonita se controlaba visualmente para evitar desperdicios y derramamientos de la misma a través de los bordes de la excavación (fuga de excesos por los lados de los muros guía). A medida que se avanzaba en la excavación fue necesario la adición de nuevas cantidades de lodo bentonítico hasta lograr la cota de fondo necesaria para cada modulo de pantalla según los diseños. Una vez alcanzada la cota de fondo; se verificaba la profundidad de dicha excavación mediante una cadena con un elemento de peso en su extremo.

Es de anotar que finalizada la excavación, esta no quedaba completamente llena de lodo bentonítico. El lodo debía llenar completamente la parte de la excavación que quedaba en contacto con el suelo natural; por ello, no era necesario su aplicación a lo largo de la altura del muro guía (0.8 a 1.0 m).

En las fotos No 13 a la No 26 se presenta una secuencia de la forma de excavación de las Pantallas.



FOTOS No 13 y No 14. Detalle de la penetración de la almeja en el módulo pantalla.

<



FOTOS No 15 y No 16. Salida de la almeja con el material excavado.



FOTOS No 17 y No 18. Detalle de la manipulación de la Almeja con la asistencia de un obrero, para ayudar al descargue del material excavado.



FOTOS No 19 y No 20. Detalle del descargue del material ya excavado.



FOTO No 21 y No 22. Del mismo modo se realizó la perforación de los barretes; utilizando lodo bentonítico para estabilizar los taludes.



FOTOS No 23 y No 24. Verificación de la excavación mediante una cadena con un elemento de peso en su extremo.



FOTOS No 25 y No 26. Se observa con mayor claridad el elemento de peso y la cadena utilizada para verificar la cota de fondo.

Al mismo tiempo que se realizaba la excavación el equipo de limpieza (cargador y volquetas) retiraban el material excavado con el fin de despejar la zona de trabajo y evitar que las aguas lluvias arrastren el material y generen taponamiento sobre las estructuras existentes tales como drenajes o alcantarillas, de igual forma, impedir la formación de lodazales en la zona de trabajo que pueda causar accidentes.



FOTO No 27 y No 28. Detalle del cargador recogiendo el material procedente de la excavación del módulo pantalla.



FOTOS No 29 y No 30. Detalle del cargador descargando el material recogido proveniente de la excavación a la volqueta la cual se encargará de llevarlo al relleno sanitario “el ojito”.

Así como el contratista controlaba el desarrollo de las excavaciones, también lo hacía la interventoría, pero ésta no intervenía en los procesos de alineación y centraje del equipo de perforación. A medida que se realizaban las excavaciones, simultáneamente contratista e interventor, iban ejecutando controles de la excavación en cuanto a su largo, ancho y profundidad. El ancho ya estaba definido por la construcción de los muretes. El largo, dependía de la profundidad de la pantalla y éste estaba de acuerdo con los diseños. La profundidad, se controló mediante el uso de una cadena a la cual se le adosó un contrapeso en la punta.

Los residuos provenientes de la excavación se transportaban a dos sitios: al relleno sanitario “El Ojito” se llevaban los materiales de desecho, y a la escombrera del señor “Orlando Revelo” se trasladaban los sobrantes de los lodos bentoníticos (lodos contaminados y que no cumplían con los controles).

8.1.3 Colocación de las juntas en las pantallas.

La primera operación previa a la fundida en concreto de las pantallas, es la colocación de los elementos que han de moldear las juntas, cuya función es asegurar la impermeabilización de las Pantallas y dar la unión o trabazón a los distintos módulos de pantalla entre si.

Los elementos para moldear las juntas eran recuperables y consistían en vigas metálicas de espesor igual al de las pantallas (0.5 m) y de longitudes de 9 m y 6

m. Estas vigas metálicas se podían acoplar por medio de una Guaya (cable de acero) para alcanzar longitudes hasta de 15 m.

Antes de la instalación de las juntas en las pantallas se aseguraba que estuvieran rectas y que su superficie estuviera limpia y libre de cualquier daño que afecte la integridad del módulo de Pantalla, durante su recuperación.

En las fotos No 31 a la No 34 se presenta una secuencia de la colocación de las juntas en la pantalla.



FOTO No 31 y No 32. Detalle de la Grúa elevando el elemento junta para disponerlo en el módulo pantalla correspondiente.

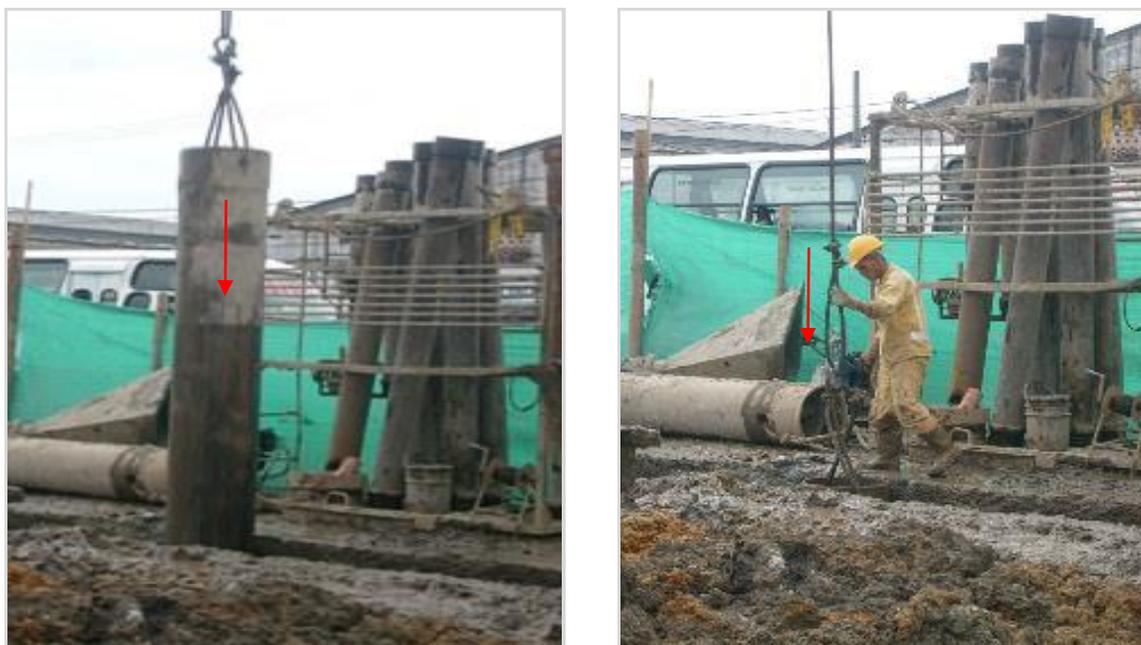


FOTO No 33 y No 34. Se percató la rigidez del elemento junta para prevenir su movimiento horizontal durante el vaciado de concreto.

8.1.4 Colocación del refuerzo de las pantallas y barretes

Una vez armada la parrilla de refuerzo de acuerdo con los planos estructurales de diseño de la empresa STYMA, y finalizada una excavación igual a la longitud de un módulo, se procede a la instalación de la armadura de refuerzo para las pantallas y barretes.

Se levantó la armadura con el cable de la máquina perforadora (torones de la grúa) y se colocó dentro de la excavación de cada módulo de pantalla y de cada barrete, chequeando la verticalidad de la misma y verificando que se dejaran los espesores de recubrimiento en la parte inferior. Esta labor de verificación era realizada por los ingenieros de la interventoría y del contratista mediante la ayuda de los planos estructurales de construcción.

Para la correcta instalación de las parrillas de refuerzo se colocaron dispositivos de fijación para impedir el descenso de la misma durante el vaciado del concreto. Estos dispositivos de fijación fueron tubos huecos alargados que quedaban apoyados sobre los muros guía. Es de anotar que durante la instalación de las parrillas no hubo fuga de lodo bentonítico, lo que garantizaba la estabilidad de la excavación.

Dispositivos de fijación.



FOTO No 35. Detalle de la verificación de las cotas de la armadura ya instalada según planos (medición con flexómetro).

Para cada módulo de pantalla se realizaba un informe donde se registraba la identificación del refuerzo que se colocó, el peso total del refuerzo, y la longitud vertical y horizontal de éste. Las varillas que se utilizaron para la construcción de las parrillas fueron las varillas No 3, No 4, No 6, y No 8, el mayor peso de refuerzo fue 3801.17 Kg y el menor de 687.63 Kg. La longitud vertical menor fue 6.1 m y la mayor de 14.45 m. La longitud horizontal menor fue 3.4 m y la mayor de 5.40 m; la longitud horizontal de los barretes fueron de 1.89 m en general.



FOTO No 36. Se observa la colocación de barras metálicas que ayudaron a sujetar, junto con los torones, la armadura, para poder izarla con ayuda de la grúa.

En las fotos No 37 a la No 46 se presenta una secuencia de la colocación del refuerzo de las pantallas sin barretes.



FOTO No 37 y No 38. Detalle de una parrilla de refuerzo sin barrete y la ubicación de los dispositivos de fijación de las mismas.

Durante la maniobra de izaje de las armaduras se coordinó el desvío de los vehículos y se restringió el paso de peatones con la colaboración de auxiliares de tráfico para prevenir accidentes por el transporte de elementos en altura. (fotos 39 a 42)



FOTO No 39



FOTO No 40



FOTO No 41



FOTO No 42

En las fotos 43 a 46 se detalla la instalación de una parrilla, en la cual hay instalados tubos de PVC los cuales servirán como drenes una vez las pantallas estén construidas.



FOTO No 43

FOTO No 44



FOTO No 45

FOTO No 46

En las fotos No 47 a la No 56 se presenta una secuencia de la instalación de parrillas en las cuales además de su propio refuerzo, llevan el refuerzo de los barretes.



FOTOS No 47 y No 48. Detalle de una parrilla de refuerzo con barrete en el sitio de armado.



FOTO No 49 y No 50. Detalle del traslado de la armadura a su excavación.



FOTOS No 51 y No 52. Una vez ubicada la armadura en el módulo excavado, se procede a tapar los tubos de PVC con tela de polisobra para impedir el paso del concreto cuando se este fundiendo la pantalla.



FOTOS No 53 y No 54. Con ayuda de la Grúa se baja poco a poco la armadura revisando visualmente su verticalidad y horizontalidad.



FOTO No 55 y No 56. Finalmente se retiran los elementos de izaje y se deja la armadura lista para el vaciado del concreto junto con los dispositivos de fijación.

8.1.5 Colocación del concreto en las pantallas o barretes.

Concluida la operación de instalación de la armadura de refuerzo tanto para la pantalla como para el barrete, se procedió a armar sección por sección la tubería tremie y a instalarla en el módulo de la pantalla. Tanto la interventoría como el contratista se cercioraban que la punta de dicho tubo estuviera como mínimo a 50 cm del fondo de la excavación, para dejar que el concreto ascienda sin dificultad y poder reducir así la expansión¹² y lograr el recubrimiento en la base de la parrilla.

Instalada la tubería con el embudo se introdujo en él un balón cuyo objetivo era servir de tapón para evitar el flujo de lodo bentonítico dentro de la misma. Este tapón es liberado por la presión del concreto de 3000 psi a medida que se vaciaba por medio de dicha tubería.

A lo largo de toda la fundición de las pantallas pre-excavadas, se debía asegurar un flujo continuo de concreto y adicionalmente, la presión de vaciado debía ser lo suficientemente alta como para lograr el desplazamiento del lodo bentonítico y del concreto que se iba ubicando en la base de las pantallas.

¹² El término EXPANSIÓN utilizado tanto por la interventoría como por el contratista en el desarrollo de la construcción de las pantallas pre-excavadas, está referido a la relación existente entre el volumen real de concreto de 3000 psi utilizado durante el vaciado en cada módulo y el volumen Teórico de concreto que se calculó.

El lodo bentonítico desplazado por el concreto, se bombeaba hasta la planta de lodos en donde era almacenado y reciclado para su futura reutilización.

Terminada la fundida de las pantallas, se dejó el concreto a la cota especificada en los planos, y se procedió a retirar la tubería tremie; para su mantenimiento (limpieza) y almacenamiento. Los elementos destinados para la junta, fueron retirados una vez que el concreto alcanzó la suficiente rigidez para mantener su forma.

En las fotos No 57 a la No 72 se presenta una secuencia de la forma como se ensambló la tubería tremie y se realizó el vaciado de concreto.



FOTOS No 57 y No 58. Se observa como el ayudante conduce el embudo para ensamblarlo en la primera sección de la tubería.



FOTO No 59 y No 60. Instalada la primera unidad se procedió a ubicar la segunda sección y a ensamblarla adecuadamente.



FOTOS No 61 y No 62. Se observa como el ayudante sujeta la tubería y la adecua en la sección correspondiente.



FOTO No 63 y No. 64. Asegurando el adecuado empalme se procede a sujetar las secciones y finalmente se cerciora que el ensamblaje quede perfectamente.



FOTO No 65 y No 66. El operario de la Grúa va levantando poco a poco la sección armada y junto con el ayudante la guían al modulo que se va a fundir.



FOTO No 67 y No 68. Ubicada la tubería en el módulo correspondiente; se la va bajando lentamente hasta visualizar la parte superior de esta; seguidamente se coloca el elemento que mantendrá la tubería firme e impedirá su descenso.



FOTO No 69 y No 70. Se detalla el descargue del concreto y a los ayudantes utilizando debidamente los implementos de seguridad industrial.



FOTO No 71 y No 72. En la foto del lado izquierdo se observa el balón utilizado para impedir el ascenso de lodo bentonítico por dentro de la tubería tremie. En la foto del lado derecho, una vez finalizado el vaciado del concreto se procede al retiro de la tubería y a su limpieza.

Los controles ejercidos por la interventoría y el contratista los realizaron sobre las cotas hasta donde debería ir el concreto de acuerdo con los planos estructurales.

8.1.6 Descabece de las pantallas, barretes y viga de amarre.

Una vez finalizados los pasos previamente descritos en todos los módulos y fraguado el concreto, se realizó la demolición de los muretes-guía y el descabece de la parte superior del hormigón de las pantallas y barretes. El descabece se realizó para limpiar la parte superior de las pantallas y de los barretes debido a que muchas veces presenta contaminación con los lodos bentoníticos. La longitud del descabece fue de 0.60 m.

Seguidamente se fundió la viga de amarre, la cual cumplió la función de unir la parte superior de todos los módulos para que trabajen en conjunto. Las dimensiones de la viga de amarre fueron proporcionales con los módulos de las pantallas en cuanto a largo y ancho. El alto fue de 85 cm.

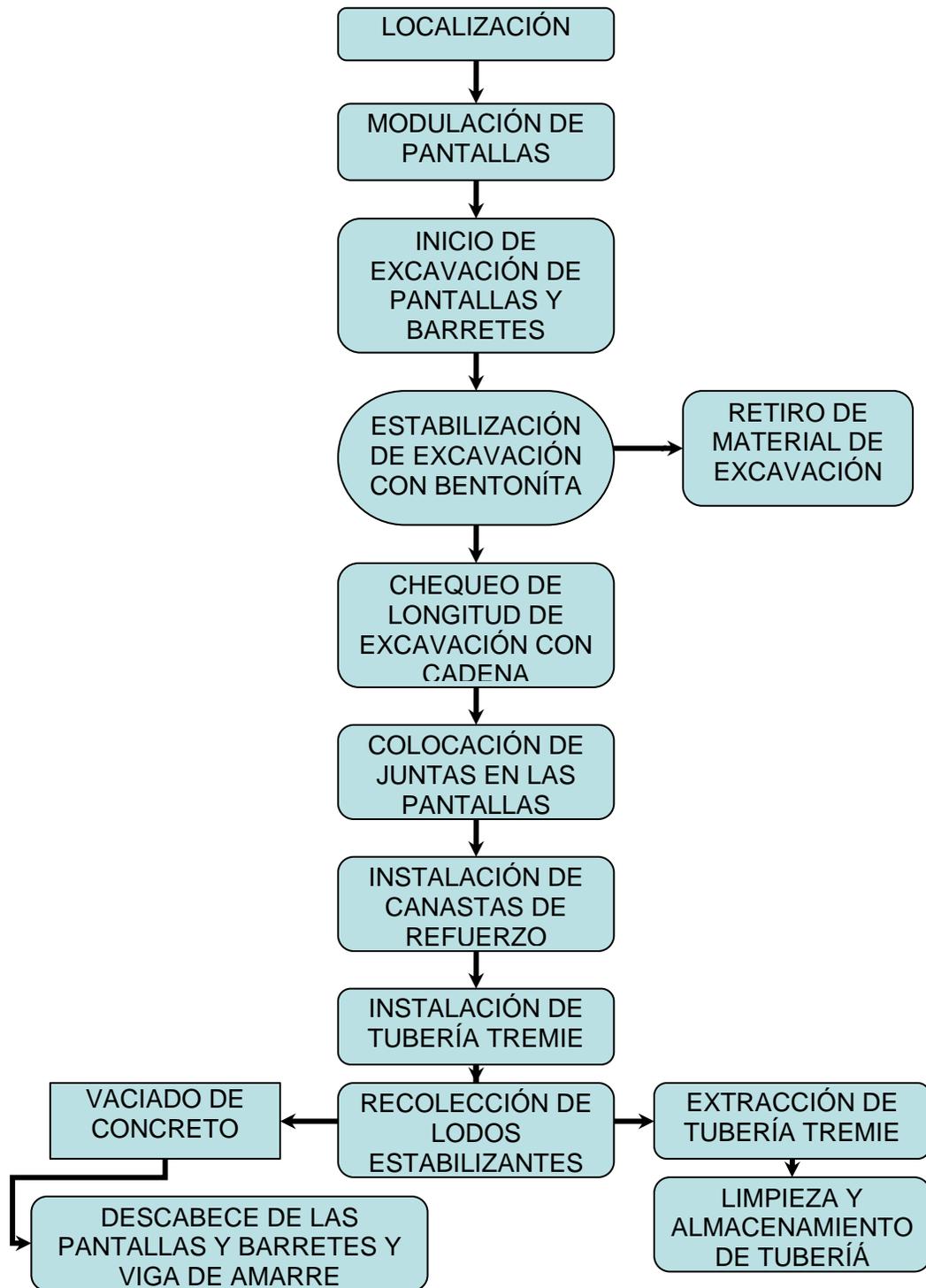


FOTOS No 73 y No 74. Se puede detallar el descabece de las pantallas, el cual se realizó con equipos manuales hasta dejar la zona totalmente despejada.



FOTOS No 75 y 76. Se detalla a los ayudantes de obra construyendo las vigas de amarre; y la instalación de dichas vigas a lo largo de las pantallas ya descabezadas.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de construcción de la pantallas.



8.2 ARMADO DE PARRILLAS DE REFUERZO.

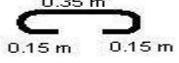
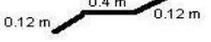
Debido a la confidencialidad y recelo de la información que se manejaba por parte del contratista, no se pudo obtener mayor documentación de la que se presenta; por lo tanto, para desarrollar este objetivo se trabajará con dos informes del armado de las parrillas que se utilizaron en la obra, estos son:

- Informe: “Armado de parrilla sin barrete del módulo macho–hembra No 27.”
- Informe: “Armado de parrilla con barrete del módulo macho–hembra No 15.”

Para la construcción de las armaduras de refuerzo (parrilla) sin barrete del módulo Tipo macho–hembra No 27 (TMH-27), se utilizaron varillas o barras de acero No 4 y No 8; Ganchos No 3 y crucetas No 4.

La tabla 6 condensa los elementos que se utilizaron para la construcción de las armaduras TMH-27 con sus respectivas longitudes, cantidades y pesos.

Tabla 6. Elementos utilizados en la armadura de refuerzo módulo TMH-27.

FIGURA	NOMBRE	LONGITUD (m)	BARRA #	DIAMETRO DE REFERENCIA EN PULGADAS	CANT.	PESO (kg)
	Varilla de acero	5.40	4	1/2"	82	442.8
	Varilla de acero	9.0	4	1/2"	27	243
	Varilla de acero	9.5	8	1"	51	1938
	Varilla de acero	4.0	8	1"	51	816
	Varilla de acero	4.0	4	1/2"	27	108
	Gancho	0.65	3	3/8"	615	224.86
	Cruceta	0.64	4	1/2"	34	21.76

Las varillas exteriores¹³, o sea, las que van a trabajar a compresión o quedarán sobre la cara interna del deprimido, tuvieron la siguiente configuración:

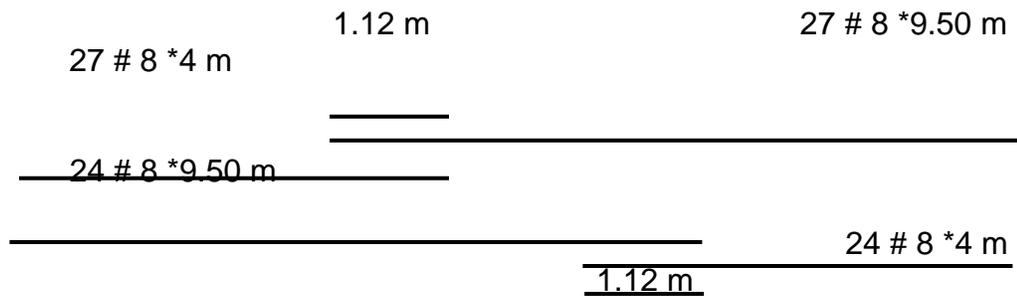
Se manejaron varillas verticales así: de izquierda a derecha 27 varillas No 8 de 4 m de longitud, las cuales se traslaparon con 27 varillas No 8 de 9.50 m de

¹³ Términos manejados por parte de la interventoría y el contratista.

longitud; el traslapo fue de 1.12 m. Seguidamente se instalaron de izquierda a derecha 24 varillas No 8 de 9.50 m de longitud y se traslaparon con 24 varillas No 8 de 4 m de longitud; el traslapo fue de 1.12 m.

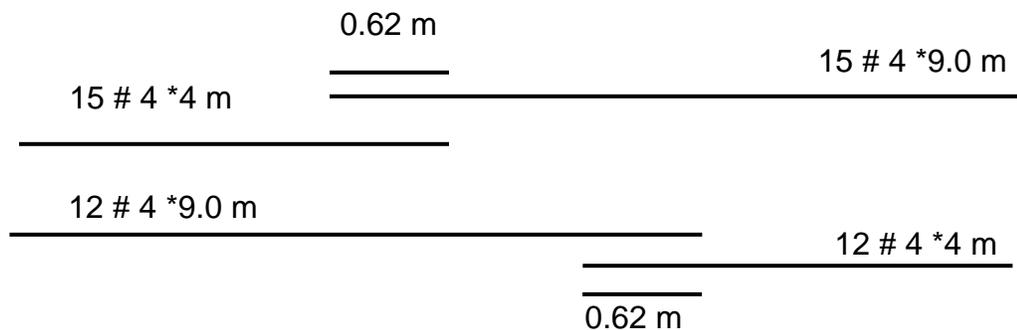
En la figura No 17 se muestra un esquema de la forma como quedaron ubicadas dichas varillas.

Figura 17. Esquema de varillas de acero exteriores módulo TMH-27



De igual manera, se ubicaron las varillas interiores¹⁴, o sea, las que van a trabajar a Tensión o quedarán sobre la cara externa del deprimido (vista a tierra). En este caso el traslapo fue de 0.62 m (ver figura 18).

Figura 18. Esquema de varillas de acero interiores módulo TMH-27



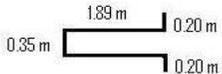
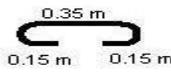
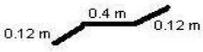
Las varillas horizontales que se utilizaron para este módulo Tipo macho-hembra 27 (TMH-27) fueron 82 varillas No 4 de longitud 5.40 m, con un espaciamiento entre varillas de 30 cm, tanto para las interiores como para las exteriores.

¹⁴ Términos manejados por parte de la interventoría y el contratista.

Para la construcción de las armaduras de refuerzo con barretes del módulo Tipo macho-hembra No 15 (TMH-15), se utilizaron varillas de acero No 4, No 5, y No 6, ganchos No 3, crucetas No 4, y flejes 1 No 4 y flejes 2 No 4.

La tabla 7 condensa los elementos que se utilizaron para la construcción de las armaduras TMH-15 con sus respectivas longitudes, cantidades y pesos.

Tabla 7. Elementos utilizados en la armadura de refuerzo módulo TMH-15.

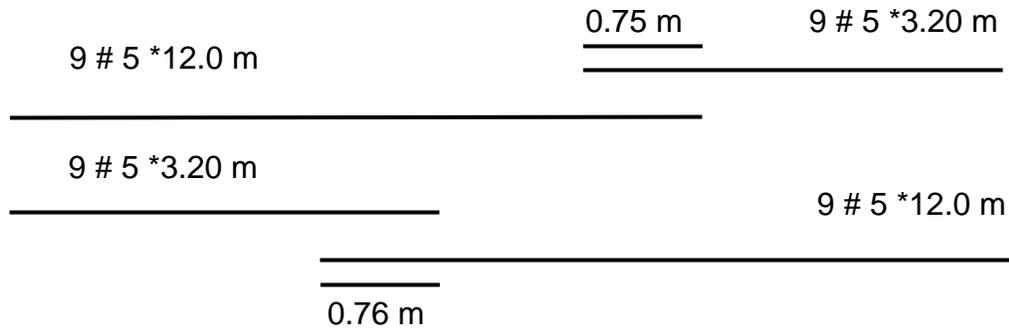
FIGURA	NOMBRE	LONGITUD (m)	VARILLA #	DIAMETRO DE REFERENCIA EN PULGADAS	CANT.	PESO (kg)
	Flejes 1	4.53	4	1/2"	70	317.10
	Gancho	0.65	3	3/8"	700	236.25
	Varilla de acero	3.10	4	1/2"	26	80.60
	Varilla de acero	3.30	6	3/4"	18	133.65
	Varilla de acero	3.20	5	5/8"	18	90.00
	Flejes 2	1.64	4	1/2"	70	114.80
	Varilla de acero	3.40	6	3/4"	70	535.50
	Varilla de acero	3.40	4	1/2"	70	238.0
	Varilla de acero	12.0	4	1/2"	26	312.0
	Varilla de acero	12.0	5	5/8"	18	337.5
	Varilla de acero	12.0	6	3/4"	18	486.0
	Cruceta	0.64	4	1/2"	25	16.0

Las varillas exteriores de esta parrilla tuvieron la siguiente configuración: se manejaron 9 varillas verticales de izquierda a derecha No 5 de 12 m de longitud, las cuales se traslaparon con 9 varillas No 5 de 3.20 m de longitud. El traslapo fue de 0.75 m. Seguidamente se instalaron de izquierda a derecha 9 varillas No 5 de

3.20 m de longitud y se traslaparon con 9 varillas No 5 de 12 m de longitud; el traslapo fue de 0.76 m.

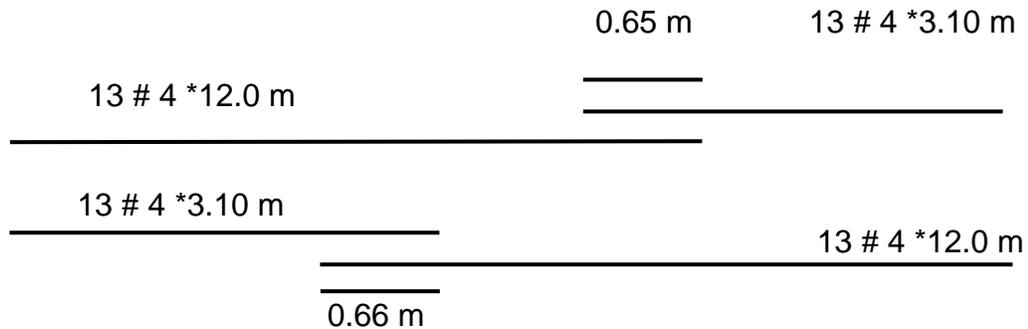
En la figura No 19 se muestra un esquema de la forma como quedaron ubicadas dichas varillas.

Figura 19. Esquema de varillas de acero exteriores módulo TMH-15.



Del mismo modo se ubicaron las varillas interiores; en este caso el traslapo fue de 0.65 m y 0.66 m respectivamente. (Ver figura 20).

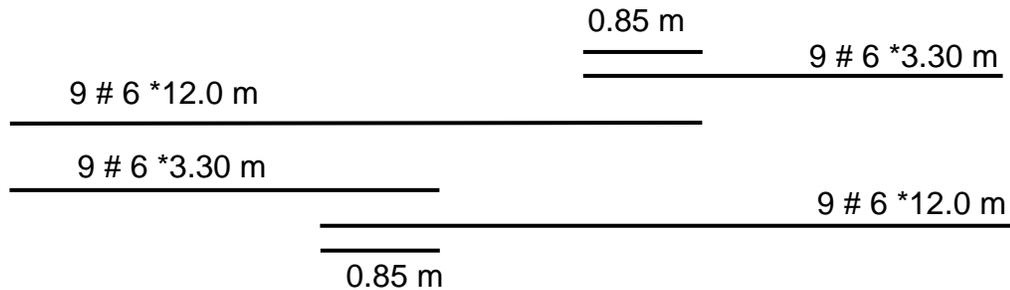
Figura 20. Esquema de varillas de acero interiores módulo TMH-15.



En los barretes se manejaron de izquierda a derecha 9 varillas No 6 de 12 m de longitud, las cuales se traslaparon con 9 varillas No 6 de 3.30 m de longitud; el traslapo fue de 0.85 m; seguidamente se instalaron de izquierda a derecha 9 varillas No 6 de 3.30 m de longitud y se traslaparon con 9 varillas No 6 de 12 m de longitud; el traslapo fue de 0.85 m.

En la figura No 21 se presenta un esquema de la forma en que quedaron ubicadas dichas varillas.

Figura 21. Esquema de varillas de acero para barretes módulo TMH-15.



Las varillas horizontales que se utilizaron para este módulo Tipo macho-hembra 15 fueron 70 varillas No 6 de longitud 3.4 m para las interiores; y 70 No 4 de longitud 3.4 m para las exteriores.

Teniendo en cuenta las especificaciones de construcción de las normas INVIAS; en el Artículo 640-07, donde se consigna lo referente al acero de refuerzo, y específicamente en el artículo 640.4.2: “suministro y almacenamiento¹⁵”, tiene lo siguiente:

“Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fabrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.”

“El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.”

Con respecto a esta norma se puede afirmar que no se cumplió a cabalidad lo correspondiente con el almacenamiento del acero, ya que los sitios utilizados para este fin, así fueran temporales, dejaban mucho material expuesto a la acción del medio ambiente lo que generó que el material presentará altos índices de oxidación.

En las fotos No 77 a 81 se detalla uno de los sitios utilizados para la disposición del acero que llegó a la obra, así como el proceso realizado durante el armado de las parrillas de refuerzo.

¹⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículo 640-07 P 3.



FOTOS No 77 y No 78. Detalle de uno de los sitios que se utilizaron para la disposición del acero, el cual no estaba bajo una cubierta según las especificaciones INVIAS.



FOTOS No 79 y No 80. Detalle de los elementos utilizados para la elaboración de la armadura de refuerzo. En la mayoría de ellos se pormenoriza la presencia de oxido.



FOTO No 81. Se pretendía que los materiales a utilizar para el armado de las parrillas estuvieran libres de oxido, tierra y cualquier otra sustancia que pueda disminuir su adherencia con el concreto; pero por lo general la mayoría de los elementos presentaban problemas de oxido como en este caso, a lo que a interventoría hizo caso omiso.

En las fotos No 82 a la foto No 95 se muestra paso a paso la construcción de las armaduras con y sin barretes.



FOTOS No 82 y No 83. Detalle de la ubicación de las varillas horizontales y verticales exteriores.



FOTOS No 84 y No 85. Detalle de la instalación de los ganchos en la armadura.



FOTOS No 86 y No 87. Después de instalados los ganchos se procedió a colocar las varillas verticales y horizontales interiores.



FOTOS No 88 y No 89. Detalle del amarre con alambre de los ganchos a las varillas.



FOTOS No 90 y No 91. Detalle de la soldadura de algunos ganchos. Esta soldadura permite rigidizar la parrilla, lo cual es necesario al momento de realizar las maniobras de izaje e instalación de la armadura dentro de la excavación



FOTOS No 92 y No 93. Para el armado de las parrillas se necesitaron 4 personas con el fin de agilizar su construcción.



FOTOS No 94 y No 95. Detalle del acabado de las parrillas sin (izq.) y con barretes (der).

Haciendo referencia a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.7, particularmente en el C.7.4.1 indica lo siguiente:

“En el momento en que el concreto vaya a ser colocado, el refuerzo debe estar libre de barro, aceite o cualquier otra sustancia no metálica que pueda disminuir la adherencia entre el acero y el concreto.”¹⁶

De igual manera lo especifica la Norma de Inviás en el artículo 640-07, en el título de colocación y amarre (640.4.4); en el párrafo No 1.

“Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, deberá estar libre de polvo, escamas de oxido, rebabas, pintura, aceite, grasa o cualquier otro tipo de suciedad que pueda afectar la adherencia del acero en el concreto. Todo mortero seco deberá ser quitado del acero.”¹⁷

Referente a estas normas y a lo ejecutado en obra se puede decir lo siguiente: tal como se pudo detallar en las fotos anteriores (fotos 77 a 95), el acero llegó en buenas condiciones pero debido a su inadecuado almacenamiento se vio expuesto a los efectos ambientales y adicionalmente se colocó directamente sobre una superficie en tierra. Esto ocasionó que el acero se deteriorara rápidamente y en especial fuera recubierto por mucho oxido.

Por otra parte, no se observó y ni se recibió información alguna del contratante, el contratista o el interventor, concerniente a las acciones correctivas necesarias a tomar antes de hacer el ensamble de las parrillas con este acero recubierto con oxido.

Como posibles soluciones, desde el punto de vista técnico, se pudo haber realizado:

- Se resalta en primera instancia, que todo el material de acero se pudo haber protegido desde el momento de su descargue en la obra con la construcción de al menos una enramada conformada por postes de Guadua y cubierta en plástico las cuales ayudarían a resguardar a éste, de los efectos ambientales.
- Antes de colocar el acero directamente sobre la tierra, se debió aislarlo del piso por lo menos 30 cm, preferiblemente sobre soportes en madera que aparte el acero de la superficie en contacto, a fin de protegerlo contra la humedad y los minerales que el suelo tenga y puedan acelerar la producción de oxido.

¹⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-40.

¹⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículo 640-07 P 4.

- Ya que el acero de refuerzo no se protegió desde un principio, se debió realizarle una limpieza, utilizando herramientas manuales de tipo superficial como lijas y/o cepillos metálicos para remover contaminantes como óxido y herrumbre antes de hacer el armado de las parrillas. Este es un método un poco lento y tedioso pero económico.
- Para las parrillas ya armadas, se debieron limpiar utilizando un sistema de tipo abrasivo y profundo como el “Sand blasting”, el cual utiliza la arena a través de un sistema de alto impacto (chorro de arena a presión) sobre el acero, para obtener una limpieza uniforme y profunda. Este es un método efectivo, rápido pero costoso.

El resultado de haber fundido las pantallas utilizando un acero contaminado con oxido y otros materiales, repercutirá en reducir la adherencia entre el concreto y el acero, lo que debilitaría la función estructural y de contención de las pantallas. Es importante aclarar que el oxido presentado en el acero de refuerzo no había dañado la capa superficial de éste, ya que el tiempo que permaneció en la intemperie no sobrepasaba a los 6 días.

En el Párrafo No 3 del artículo 640-07, Normas del Invias dice:

“Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, para lo cual se amarraran alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá ser del tipo negro calibre numero diez y ocho (No. 18). No se permitirá la soldadura en las intersecciones de las barras de refuerzo.¹⁸

Concerniente a esta norma podemos afirmar que sí se cumplió con el amarre de las barras mediante el uso de alambre, pero infortunadamente en la información revisada no especifica el calibre del alambre de amarre que se debe utilizar.

No es conveniente la utilización de soldaduras en las intersecciones de las barras de refuerzo, ya que cuando se soldan las barras no se permite que haya longitud de anclaje, debido a que no queda concreto que recubra el acero y la eficiencia de un empalme radica básicamente de que se pueda desarrollar eficazmente la adherencia entre la barra y el concreto, sin que éste se desintegre o se originen deformaciones.

¹⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículo 640-07 P 4.

En Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.3, específicamente en el C.3.5.1, Refuerzo de Acero dice:

El refuerzo debe ser corrugado. El refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo de repartición y temperatura.¹⁹

Al inicio del numeral 8.2 del presente informe se detallan las longitudes, cantidades y calibre del acero estructural utilizado para la construcción de las parrillas, el cual cumple con las especificaciones necesarias para el proyecto; Tales como: ser corrugado, tener un esfuerzo de fluencia de 420 Mpa, ser fabricado según las normas NTC 2289 (ASTM A706/ A706M).

Cada barra de acero estaba identificada con una etiqueta en alto relieve del fabricante la cual indicaba:

- País de origen.
- Un número de designación (por ejemplo 8). Este número indica el diámetro en pulgadas de la varilla.
- Tipo de acero W (Welding). Que significa que es posible realizar soldaduras con esas barras (soldabilidad), y se representa con la letra W.
- Y finalmente, el límite del esfuerzo de fluencia, que en este caso es de 420 Mpa. En la barra se expresa por el número sesenta (60), que es la abreviatura de 60000 psi.

En las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.12 (Desarrollo y Empalmes del Refuerzo), particularmente en el C.12.2. (Desarrollo de barras corrugadas y alambre corrugado a tracción) dice lo siguiente:

“C.12.2.1. La longitud de desarrollo l_d , en términos de d_b para barras corrugadas y alambres corrugados a tracción, debe calcularse como indica C.12.2.2 o C.12.2.3, pero l_d no puede ser menor que 300 mm.”

“C.12.2.2. Casos Simplificados, para barras corrugadas o alambre corrugado, el coeficiente l_d/d_b , debe calcularse así:

¹⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-14.

	Barras N° 6 (3/4") ó 20M (20 mm) o menores, y alambre corrugado	Barras N° 7 (7/8") ó 22M (22 mm) y mayores
Separación libre entre barras, que se desarrollan o empalman, mayor o igual a d_b , recubrimiento libre mayor o igual a d_b , y estribos a lo largo de l_d cumpliendo el mínimo requerido, O Separación libre entre barras, que se desarrollan o empalman, mayor o igual a $2d_b$ y recubrimiento libre mayor o igual a d_b .	$l_d/d_b = 12 f_y \alpha \beta / (25 (f'_c)^{1/2})$	$l_d/d_b = 3 f_y \alpha \beta / (5 (f'_c)^{1/2})$

α : Coeficiente relacionando con la localización de la barra ($\alpha=1.0$)

β : Coeficiente relacionado con el tipo de superficie del refuerzo ($\beta=1.0$)

f_y : Resistencia nominal a la fluencia del acero de refuerzo, expresada en Mpa ($f_y=420$ Mpa)

f'_c : Resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en Mpa ($f'_c=21$ Mpa)²⁰

Referente a esta norma y a lo ejecutado en obra se puede decir lo siguiente: realizando el cálculo adecuado a las Varillas de acero No 4 interiores de los módulos TMH-27 y TMH-15 dió como resultado una longitud de desarrollo de 56 cm, que al compararlo con la longitud de desarrollo del módulo TMH-27 que fue de 62 cm y la del módulo TMH-15 que fue de 65 cm, encontramos que dichas longitudes superan la exigida; por lo tanto cumple con la norma.

Del mismo modo se realizaron los cálculos correspondientes a las varillas de acero No 6 para barretes del módulo THM-15, dando como resultado una longitud de desarrollo de 84 cm, comparándola con la longitud utilizada que fue de 85 cm, se puede apreciar que esta cumpliendo con la establecida por la norma.

²⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-100.

De acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.12.3 (Desarrollo de barras corrugadas a compresión), dice:

“C.13.3.1. La longitud de desarrollo l_d en mm, para barras corrugadas a compresión, debe calcularse como el producto de la longitud básica, l_{db} , de C.12.3.2 y los coeficientes de modificación aplicables de C.12.3.3, pero l_d no puede ser menor de 200 mm.”

“C.12.3.2. La longitud de desarrollo básica, l_{db} , es: $d_b f_y / (4 (f'_c)^{1/2}) \geq 0.04 d_b f_y$ (la constante 0.04 tiene unidades de mm^2/N)”.²¹

Teniendo en cuenta la norma anterior, los resultados realizados para la varilla No 8 del módulo TMH-27 dió como resultado una longitud de desarrollo de 58 cm, y la empleada para este módulo fue de 112 cm, muy superior a la exigida por el código.

Para algunas pantallas como es el caso del módulo TMH-27, la longitud de desarrollo tenía su respectiva especificación, esto de acuerdo al estudio del diseño estructural planteado por el Ingeniero Gregorio Renteria Ingenieros S.A; mientras que en otras pantallas no estaba especificado su traslapo por tanto, tocaba remitirse a las especificaciones de traslapos del estudio y diseño estructural del paso deprimido por Popayán. Algunas de estas especificaciones eran las siguientes: para la varilla No 4 el traslapo era de 600 mm, para la No 5 era de 700 mm, para la No 6 el traslapo era de 850 mm, y para la varilla No 8 era de 1300 mm. Entre mayor era el No de varilla, mayor era su traslapo.

De mismo modo se realizaron los cálculos correspondientes a las varillas de acero No 5 del módulo THM-15, dando como resultado una longitud de desarrollo de 36 cm, confrontándola con la longitud utilizada que fue de 75 cm, Se puede apreciar que cumple con dicha norma.

En las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.7 (Detalles del refuerzo), particularmente en el C.7.1. (Gancho estándar) indica lo siguiente:

“C.7.1. El término “gancho estándar”, tal como se usa en el título C de este reglamento significa:

C.7.1.1.1. Un doblez de 180° más una extensión recta de la longitud mínima igual a 4 d_b , pero no menor de 6 mm en el extremo de la barra.

²¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-101 –C-102.

C.7.1.1.2. Un dobléz de 90° más una extensión de longitud mínima igual a 12 d_b en el extremo de la barra.”²²

En las tablas 6 y 7 del numeral 8.2 del presente informe se detallan las figuras de los ganchos con sus respectivas longitudes, cantidades y calibre del acero estructural utilizado para la construcción de las parrillas, los cuales cumplen con las especificaciones mencionadas anteriormente.

Referente al capítulo C.7, particularmente en el C.7.2 (Diámetros mínimos de doblamiento), de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), indica lo siguiente:

“C.7.2.1. El diámetro interior para el doblamiento de las barras del refuerzo principal, no debe ser menor que los valores mínimos dados en la tabla C.7-1.”²³

**TABLA C.7-1
DIAMETROS MINIMOS DE DOBLAMIENTO**

Barra	Diámetro mínimo de doblamiento
Nº 2 (1/4”) a Nº 8 (1”) 6 M (6 mm) a 25 M (25 mm)	6 d_b
Nº 9 (1-1/8”) a Nº 11 (1-3/8”) 32 M (32 mm)	8 d_b
Nº 14 (1-3/4”) y Nº 18 (2-1/4”) 45 M (45 mm) y 55 M (55 mm)	10 d_b

Las barras utilizadas para doblamiento fueron la No 3 y la No 4. La tabla 8 condensa el No de varilla, diámetro, longitud y diámetro mínimo de refuerzo utilizado de las barras anteriores.

Tabla 8. Diámetro mínimo de doblamiento de las varillas utilizadas en armadura de refuerzo.

No varillas	Φ (pul)	Long (m)	D refuerzo (mm)
3	3/8	0.15	57
4	1/2	0.20	76.2

²² COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-39.

²³ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-40.

De acuerdo a la tabla C.7-1 los diámetros mínimos de doblamiento para las barras No 2 a No 8 son de 6 db; para la barra No 3 dió un resultado de 5.71 cm y para la barra No 4 dió un resultado de 7.62 cm; que al compararlo con la tabla 8 estos resultados coinciden con los de la norma; por tanto cumplen con la especificación.

En las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente del 1998 (NSR 98), en su capítulo C.7.7 (Recubrimiento del refuerzo), particularmente en el C.7.7.1 indica lo siguiente:

“Concreto vaciado en sitio (no preesforzado) Las barras del refuerzo deben tener los recubrimientos mínimos dados a continuación. En ambientes agresivos deben utilizarse recubrimientos mayores que los mencionados, los cuales dependen de las condiciones de exposición.”

Recubrimiento mínimo

- | | |
|---|-------|
| a) Concreto colocado directamente sobre el suelo y en contacto permanente con la tierra | 70 mm |
|---|-------|

Referente a esta norma, el recubrimiento mínimo de refuerzo utilizado en la obra fue de 75 mm para concretos colocados directamente sobre el suelo, por tanto cumple a cabalidad con la especificación de la NSR 98.

8.3 CONTROLES DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.

Los controles de calidad nos ayudan a establecer si los materiales empleados en las construcciones de obras civiles, cumplen con las especificaciones de la norma sismo resistentes de 1998 (NSR 98), las normas del INVIAS y demás establecidas para este proyecto; de tal manera que sirvan de fundamento para determinar la aprobación o rechazo de los materiales utilizados y así poder garantizar una construcción óptima y un buen funcionamiento durante su vida útil.

Debido al recelo de la información que manejaba la empresa contratista no fue posible obtener documentación del control de laboratorio de las varillas utilizadas para el armado de las parrillas de refuerzo en las pantallas.

Algunos de los controles de calidad, que se realizaron en la etapa de construcción de las pantallas pre-excavadas, y de los cuales se tiene la información de los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 9. Ensayos de laboratorio para concretos: Resultados de ensayo slump y resistencia a la compresión.²⁴

DESCRIPCION / ENSAYO	PROCEDENCIA	No MUESTRAS	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	SLUMP (In)	SLUMP (mm)	UBICACIÓN	ESPECIFICACION (psi)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	20/10/2008	23/10/2008	3	6	152,4	Módulo MH53 P-21 K0+401,18-K0+395,18 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	215,8	3083	3096
				23/10/2008	3					217,5	3108	
				27/10/2008	7					302,9	4328	4451
				27/10/2008	7					320,2	4575	
				17/11/2008	28					356,6	5095	5112
				17/11/2008	28					358,9	5128	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	24/10/2008	27/10/2008	3	5	127	Módulo TMH50 P-23 K0+383,18-K0+378,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	121,2	1732	1772
				27/10/2008	3					126,9	1813	
				31/10/2008	7					208,9	2985	2923
				31/10/2008	7					200,2	2860	
				21/11/2008	28					317,9	4542	4501
				21/11/2008	28					312,2	4461	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	27/10/2008	30/10/2008	3	6	152,4	Módulo TMH48 P-13 K0+374,18-K0+369,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	124,6	1780	1789
				30/10/2008	3					125,8	1797	
				03/11/2008	7					176,6	2523	2527
				03/11/2008	7					177,1	2530	
				24/11/2008	28					213,5	3051	3029
				24/11/2008	28					211,1	3006	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	31/10/2008	03/11/2008	3	6	152,4	Módulo TMH44 P-12 K0+356,18-K0+351,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	170,2	2432	2395
				03/11/2008	3					165	2358	
				07/11/2008	7					327,7	4682	4666
				07/11/2008	7					325,4	4649	
				28/11/2008	28					407,4	5821	5513
				28/11/2008	28					364,3	5205	

²⁴ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 13 de interventoría. Popayán Febrero de 2009.

DESCRIPCION / ENSAYO	PROCEDENCIA	No MUESTRAS	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	SLUMP (In)	SLUMP (mm)	UBICACIÓN	ESPECIFICACION (psi)	RESISTENCIA (Kg/cm^2)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	01/11/2008	04/11/2008	3	6	152,4	Módulo TMH43 P-12 K0+351,68- K0+347,18 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	129,8	1855	1859
				04/11/2008	3					130,4	1863	
				08/11/2008	7					221	3158	3112
				08/11/2008	7					214,6	3066	
				29/11/2008	28					344,5	4922	4757
				29/11/2008	28					321,4	4592	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	05/11/2008	08/11/2008	3	6	152,4	Módulo TMH42 P-10 K0+347,18- K0+342,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	125,2	1789	1777
				08/11/2008	3					123,5	1765	
				12/11/2008	7					256,2	3661	3756
				12/11/2008	7					269,5	3851	
				03/12/2008	28					292	4172	4180
				03/12/2008	28					293,1	4188	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	12/11/2008	15/11/2008	3	8	203,2	Módulo TMH35 P-24 K0+315,68- K0+311,18	3000 Tipo Tremie	118	1671	1680
				15/11/2008	3					119	1688	
				19/11/2008	7					251	3571	3677
				19/11/2008	7					266	3782	
				10/12/2008	28					306	4342	4145
				10/12/2008	28					278	3947	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	24/11/2008	27/11/2008	3	8	203,2	Módulo MH29 P-25 K0+284,68- K0+278,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	141	1998	2012
				27/11/2008	3					143	2025	
				01/12/2008	7					237	3360	3310
				01/12/2008	7					230	3260	
				22/12/2008	28					303	4307	4325
				22/12/2008	28					306	4342	

DESCRIPCION / ENSAYO	PROCEDENCIA	No MUESTRAS	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	SLUMP (In)	SLUMP (mm)	UBICACIÓN	ESPECIFICACION (psi)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	02/12/2008	05/12/2008	3	7,5	190,5	Módulo MH22 P-25 K0+242,68-K0+236,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	132	1878	1938
				05/12/2008	3					141	1998	
				09/12/2008	7					235	3342	3248
				09/12/2008	7					222	3153	
				30/12/2008	28					232	4714	4631
				30/12/2008	28					320	4548	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	06/12/2008	09/12/2008	3	8	203,2	Módulo MH21 P-25 K0+236,68-K0+230,68 Muro Izquierdo	3000 Tipo Tremie	107	1522	1435
				09/12/2008	3					95	1348	
				13/12/2008	7					176	2498	2490
				13/12/2008	7					175	2481	
				03/01/2009	28					254	3613	3528
				03/01/2009	28					242	3443	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	15/12/2008	18/12/2008	3	8	203,2	Módulo MH54 P-3 K0+129,9-K0+133,9 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	105	1489	1494
				18/12/2008	3					108	1499	
				22/12/2008	7					229	3256	3167
				22/12/2008	7					217	3078	
				12/01/2009	28					314	4462	4314
				12/01/2009	28					293	4166	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	20/12/2008	23/12/2008	3	8	203,2	Módulo MH60 P-8 K0+160,4-K0+164,9 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	145	2058	2005
				23/12/2008	3					137	1952	
				27/12/2008	7					231	3273	3248
				27/12/2008	7					227	3222	
				17/01/2009	28					323	4583	4549
				17/01/2009	28					318	4514	

DESCRIPCION / ENSAYO	PROCEDENCIA	No MUESTRAS	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	SLUMP (ln)	SUMP (mm)	UBICACIÓN	ESPECIFICACION (psi)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	07/01/2009	10/01/2009	3	8	203,2	Módulo TMH68 P-28 K0+196,4-K0+200,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	174	2477	2508
				10/01/2009	3					178	2539	2995
				14/01/2009	7					208	2955	
				14/01/2009	7					214	3035	
				04/02/2009	28					278	3945	
				04/02/2009	28					278	3945	3945
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	15/01/2009	18/01/2009	3	8	203,2	Módulo MH77 P-11 K0+246,4-K0+252,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	159	2251	2401
				18/01/2009	3					180	2550	3032
				22/01/2009	7					214	3038	
				22/01/2009	7					213	3025	
				12/02/2009	28					307	4360	
				12/02/2009	28					305	4324	4342
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	26/01/2009	29/01/2009	3	8,3	210,8	Módulo MH87 P-28 K0+306,4-K0+310,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	119	1695	1632
				29/01/2009	3					110	1568	2898
				02/02/2009	7					209	2963	
				02/02/2009	7					199	2832	
				23/02/2009	28					316	4493	
				23/02/2009	28					320	4548	4521
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	30/01/2009	02/02/2009	3	8,8	223,5	Módulo TMH91 P-10 K0+323,9-K0+328,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	106	1499	1447
				02/02/2009	3					98	1395	2983
				06/02/2009	7					201	2858	
				06/02/2009	7					220	3118	
				27/02/2009	28					286	4063	
				27/02/2009	28					290	4112	4088

DESCRIPCION / ENSAYO	PROCEDENCIA	No MUESTRAS	FECHA VACIADO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	SLUMP (In)	SLUMP (mm)	UBICACIÓN	ESPECIFICACION (psi)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	04/02/2009	07/02/2009	3	8	203,2	Módulo TMH92 P-10 K0+328,4-K0+332,9 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	93	1322	1445
				07/02/2009	3					110	1568	2872
				11/02/2009	7					205	2912	
				11/02/2009	7					199	2832	4099
				04/03/2009	28					283	4014	
				04/03/2009	28					295	4184	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	05/02/2009	08/02/2009	3	8,5	215,9	Módulo TMH93 P-10 K0+332,9-K0+337,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	181	2572	2544
				08/02/2009	3					177	2515	3645
				12/02/2009	7					261	3704	
				12/02/2009	7					253	3586	4596
				05/03/2009	28					320	4547	
				05/03/2009	28					327	4644	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	06/02/2009	09/02/2009	3	8,8	223,5	Módulo TMH94 P-12 K0+337,4-K0+341,9 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	110	1568	1431
				09/02/2009	3					91	1293	2682
				13/02/2009	7					198	2814	
				13/02/2009	7					180	2550	3995
				06/03/2009	28					285	4049	
				06/03/2009	28					277	3940	
Concreto Tipo Tremie Triturado de Conexpe y arena de Puerto Tejada. Cemento Tipo III Argos / Resistencia a la compresión de cilindros	Mezcla en Planta Popayán	6	07/02/2009	10/02/2009	3	8	203,2	Módulo TMH95 P-12 K0+341,9-K0+346,4 Muro Derecho	3000 Tipo Tremie	200	2843	2834
				10/02/2009	3					199	2825	3211
				14/02/2009	7					222	3148	
				14/02/2009	7					231	3273	3910
				07/03/2009	28					278	3949	
				07/03/2009	28					273	3871	

8.3.1 Ensayos tipo slum (Asentamiento del concreto).

En este numeral se compararán los resultados de los ensayos tipo slum Vs las normas del INVIAS y recomendaciones dadas por docentes de la Universidad del Cauca.

En las tablas 10 y 11 se relacionan las consistencias de los concretos de acuerdo al tipo de obra a construir. Estos valores serán los de control Vs los resultados del contrato 3437 de 2007.

Es importante aclarar que es impropio realizar comparaciones entre valores que no son específicos para el tipo de obra a realizar. Por ejemplo, en ninguno de los dos documentos se especifican los valores de asentamiento del concreto para la construcción de Pantalla Pre-Excavadas; pero se los tuvo en cuenta ya que en la tabla 11 del ingeniero Gerardo Antonio Rivera López²⁵, relaciona un método constructivo igual al utilizado en el contrato 3437 y la tabla 10 por ser una norma de la entidad contratante.

Tabla 10. Límites de asentamiento del concreto.²⁶

TIPO DE TRABAJO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
Elementos construidos con formaletas, secciones de más de 30 cm de espesor.	10-30	50
Elementos construidos con formaletas, secciones de 30 cm de espesor o menos.	10-40	50
Pilas fundidas en sitio.	50-80	90
Concreto colocado bajo agua.	50-80	90

Según los ensayos realizados por contratista el asentamiento obtenido estuvo entre 127 mm y 203.2 mm, valores que al ser comparados con la tabla No 11, se encuentran dentro de la consistencia Muy Húmeda, utilizada para un tipo de construcción de elementos esbeltos, “pilotes fundidos in situ”, con un sistema de colocación de tubo – embudo – tremie y por sistema de compactación de secciones altamente reforzadas con vibración.

Por otro lado, las normas del INVIAS no manejan especificaciones de colocación mediante el uso de tubos tremie, y ya que el contrato 3437 dispone el diseño y

²⁵ RIVERA LÓPEZ GERARDO ANTONIO. Concreto Simple. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca. 2006. p. 168.

²⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículo 630-07 P 9.

construcción, el contratista determina en este caso, las especificaciones de control para el concreto de las pantallas. Infortunadamente por razones desconocidas, el contratista es muy celoso con la información respecto a toda la obra y no se pudo conseguir dichos datos.

Tabla 11. Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y Sistemas de colocación y compactación.²⁷

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO MM.	EJEMPLO DE TIPO DE CONSTRUCCIÓN.	SISTEMA DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COMPACTACIÓN.
MUY SECA	0.0 – 20	prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantalla de cimentación	con vibradores de formaleta, concretos de proyección neumática (lanzados)	secciones sujetas a vibración externa, puede requerirse presión
SECA	20-35	Pavimentos.	Pavimentos con terminadora vibratoria.	secciones sujetas a vibración intensa
SEMISECA	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	colocación con maquinas operadas manualmente	secciones simplemente reforzadas con vibración
MEDIA (PLÁSTICA)	50-100	pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	colocación manual	secciones simplemente reforzadas con vibración
HUMEDA	100-150	elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo	secciones bastante reforzadas con vibración
MUY HUMEDA	150-200	elementos esbeltos, pilotes fundidos " in situ "	tubo-embudo-tremie	secciones altamente reforzadas con vibración
SÚPER FLUIDA	mas de 200	elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante.	secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

²⁷ RIVERA LÓPEZ GERARDO ANTONIO. Concreto Simple. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca. 2006. p. 168.

Haciendo referencia a la norma de INVÍAS (Tabla No 10) el máximo asentamiento que se puede tener para el tipo de trabajo "Pilas fundidas in situ" es de 90 mm; y comparándolo con el mínimo de los resultados de asentamiento obtenidos que es de 127 mm, éste es muy superior al exigido por esta normatividad, de modo que no cumple con dicho parámetro.

8.3.2 Ensayos de resistencia del concreto.

Teniendo en cuenta que la resistencia a la compresión de diseño es de $f'c=21$ Mpa y la Norma Sismo Resistente de 1998 (NSR-98) en su capítulo C.5 específicamente en el C.5.6.2.3 literal (a) y (b), donde se consigna lo referente al nivel de resistencia para cada clase de concreto dice lo siguiente:

- a. "Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), iguales o excedan el valor nominal especificado para $f'c$, y
- b. Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), tenga una resistencia inferior en 3.5 Mpa, o más, a $f'c$."²⁸

Se puede detallar en los resultados presentados, que la resistencia a la compresión de los cilindros ensayados a los 28 días superaron considerablemente la exigida por la especificación que es de 3000 psi; en algunos módulos de pantalla los cilindros ensayados a los 7 días obtuvieron dicha resistencia; determinando que el concreto utilizado cumple a total cabalidad con esta normatividad.

Las normas asociadas a la obra son: NTC 454 toma de muestras de hormigón fresco, NTC 396 ensayo de asentamiento con el cono, NTC 550 elaboración de cilindros y NTC 673 y 722 ensayos de resistencia a compresión. NTC 174 especificaciones granulométricas, tanto para agregado grueso como para agregado fino a utilizar en concreto.

²⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-31.

8.3.3 Ensayos para los lodos bentoníticos.

En la tabla 12 se relacionan los resultados de los ensayos de densidad y viscosidad para algunos de los módulos de las pantallas construidas y el consumo de bentonita por cada módulo.

Tabla 12. Resultados de ensayos de Densidad y Viscosidad.²⁹

UBICACIÓN	FECHA	DENSIDAD (gr/cm ³)	DENSIDAD (Kg/m ³)	VISCOSIDAD (Seg)	CONSUMO DE BENTONITA (Kg/m ³)
Módulo MH25 P-25 K0+260,68-K0+254,68	27/11/2008	1,10	1100	38,61	50
Módulo MH24 P-25 K0+254,68-K0+248,68	28/11/2008	1,06	1060	38,92	50
Módulo MH32 P-25 K0+242,68-K0+236,68	02/12/2008	1,06	1060	40,00	50
Módulo MH1 P-6 K0+1130,68-K0+136,68	05/12/2008	1,04	1040	38,01	50
Módulo MH2 P-22 K0+136,68-K0+142,68	09/12/2008	1,06	1060	39,00	50
Módulo TMH59 P-8 K0+155,90-K0+160,40	19/12/2008	1,10	1100	43,20	50
Módulo MH58 P-7 K0+151,90-K0+155,90	24/12/2008	1,21	1210	56,54	50
Módulo MH80 P-11 K0+264,40-K0+270,40	20/01/2009	1,21	1210	54,37	50
Módulo TMH91 P-10 K0+323,90-K0+326,40	29/01/2009	1,03	1030	45,08	50
Módulo TMH90 P-10 K0+319,40-K0+323,91	30/01/2009	1,10	1100	43,56	50
Módulo TMH90 P-23 K0+355,40-K0+359,90	10/02/2009	1,18	1180	55,43	50

²⁹ CONSORCIO ESTYMA – JMV. Documentación presentada al Invías. Popayán diciembre de 2008 a marzo de 2009.

Tabla 13. Características de la suspensión mineral.³⁰

PROPIEDAD	ANTES DE LA INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN	AL TIEMPO DE COLADO	MÉTODO DE PRUEBA
Densidad (Kg/m ³)	1030-1100	1030-1200	Balanza de Lodos
Viscosidad	28-45	28-45	Marsh Funnel
PH	8-11	8-11	Medidor de PH

De acuerdo con los resultados, los ensayos realizados de Densidad se encuentran entre un rango de 1030 y 1210 Kg/m³, que al compararlo con la tabla 13 estos deberían encontrarse entre 1030 y 1200 Kg/m³, observando que se presentaron densidades mayores a las especificadas por las normas de INVÍAS, esto lleva a tener un riesgo de pérdida de lodo, a demás de presentar un “Cake” (costra) de lodo demasiado grueso. Para controlar densidades muy altas se recomienda adicionar agua, teniendo presente examinar las demás características de los lodos, cómo la de batir energéticamente.

En los ensayos de viscosidad revisados, se encuentran valores desde 38,01 a 56,54 seg, confrontándolos con la tabla 13 supera considerablemente al rango superior que es de 45 seg, por lo tanto no cumple con la norma. Una viscosidad demasiado alta puede producir dificultad de bombeo y riesgo de atascos durante paradas de circulación; para bajar la viscosidad se debe adicionar agua o aditivos como pirofosfato (sales sódicas que sirven como fluidificantes o dispersantes).

Lamentablemente en la información facilitada no se encontraron valores de PH para poder comparar y determinar si cumplían con las normas del Invías. Este se controla por medio de Papel colorimétrico o pH-metros; si el pH > 11 hay índice de contaminación por el cemento o por el agua de la formación. Si pH < 8 presenta excesos de acidez y riesgo de floculación. Para estabilizar el pH se puede emplear polifostatos; Ácidos si el pH > 11 y neutros si el pH < 7; o emplear el bicarbonato sódico para subir el pH del lodo, principalmente cuando se ha contaminado por cemento.

Es de suma importancia producir una suspensión adecuada de lodo bentonítico para poder asegurar la estabilidad de la excavación, y es responsabilidad del contratista realizar con compromiso estos controles para obtener calidad en los materiales utilizados en la construcción.

³⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículo 621-07 P 2.

Para tener un control de cada módulo pantalla fundido, el contratista llenaba un formato (ver anexo 1), con la información resumida de la construcción de cada elemento; en él se registraba:

- La fecha en que se realiza el control.
- El tipo de módulo con su respectiva numeración (con o sin barrete) y el tipo de junta utilizada.
- El espesor, longitud y área; la longitud de excavación, la longitud efectiva, la altura de descabece y el volumen de excavación.
- Cotas: de terreno, de guía, la superior del concreto, de descabece, y la superior del refuerzo.
- Referente al concreto se anota la longitud real de la fundición, el volumen teórico, el volumen real, la expansión y la resistencia requerida.
- Del refuerzo utilizado, se anotaba el peso, la longitud vertical, y la horizontal, también los números de barra utilizados con su respectiva longitud y cantidad.
- En el respaldo del formato se registraba el control del hormigonado; en él, la placa del mixer, el slump, la hora de entrada y salida, el avance teórico y el real.
- Al final del formato se encontraba el espacio para las observaciones si se presentaba alguna eventualidad.

8.4 AVANCE DE LA OBRA.

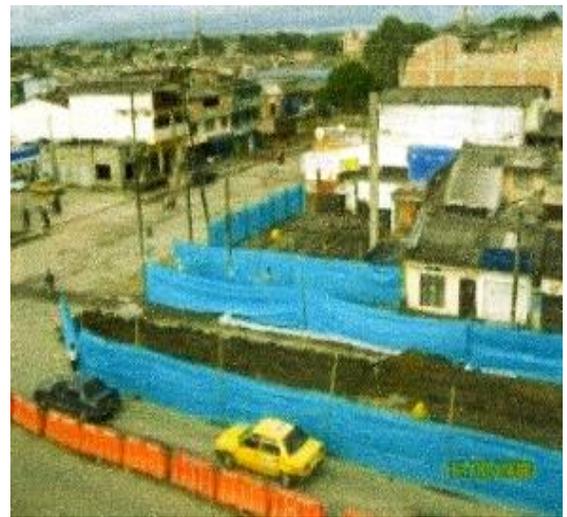
La etapa de construcción de pantallas pre-excavadas se inició el 20 de octubre de 2008, empezando así con las actividades principales de construcción del Paso Deprimido, y finalizando su ejecución en un 100% el 13 de marzo del 2009, abarcando 4 meses con 21 días en el cumplimiento de esta actividad.

Para aislar la zona de construcción de pantallas, el consorcio STYMA hizo un cerramiento provisional con “polisombra” verde. Debido a la constante destrucción, rompimientos parciales y/o totales de ésta, el consorcio tomó la decisión de modificar el sistema de cerramiento instalando en la parte inferior “polisombra” verde y en la otra mitad superior malla ambiental azul. Esta nueva disposición del cerramiento permitió mejorar las relaciones con los comerciantes del sector de la esmeralda ya que ellos argumentaban que sus clientes no ingresaban a sus

negocios porque pensaban que los locales estaban cerrados, ya que la malla verde o “polisombra” les impedía ver los locales en funcionamiento.

A lo largo de la obra se implementaron senderos peatonales señalizados, acompañados de auxiliares de tránsito de la entidad STYMA, quienes controlaban la movilidad y seguridad en los pasos peatonales de los usuarios del sector, sin embargo estos senderos no eran respetados por los motociclistas, poniendo en riesgo la vida de los peatones.

En el panel fotográfico siguiente se detalla el cerramiento realizado a lo largo del sector y algunos senderos habilitados para el paso peatonal.



FOTOS No 96 y No 97. Reposición de “polisombra” verde a lo largo del frente de obra.



FOTOS No 98. Sendero peatonal sobre la Carrera 17 con calle 3ª, costado oriental.



FOTO No 99. Utilización de pasos peatonales sobre la calle 5ª con carrera 17.



FOTO No 100. Destrucción de señales y elementos que protegen la seguridad de usuarios y personal de la zona.



FOTO No 101. Apoyo de auxiliares de tránsito en pasos y senderos peatonales sobre el sector de la carrera 17 con calle 6ª.



FOTO No 102. Apoyo de auxiliares de tránsito en pasos y senderos peatonales sobre el sector de la carrera 17 con calle 2ª



FOTO No 103. Señalización vertical sobre la Carrera 17.



FOTO No 104. Destrucción total de la “polisombra” por parte de los propietarios de comercios cercanos al sitio de obras.



FOTO No 105. Instalación de maletines para impedir el paso de motos por los senderos peatonales.

La construcción de las pantallas pre-excavadas para el muro derecho del costado occidental empieza desde la abscisa K0+105.904 y termina en la abscisa K0+455.90 (Norte-Sur). Para el costado oriental, muro izquierdo empieza en el K0+084.67 y termina en la abscisa K0+473.18 (Sur-Norte).

En los meses de octubre a noviembre se avanzó en la construcción de los diferentes módulos de las pantallas correspondientes al muro izquierdo, costado oriental del paso deprimido; para estas fechas se construyeron once (11) módulos de pantalla de 6 m cada uno, dieciséis (16) módulos de pantalla con barrete de cuatro y medio (4.50) metros cada uno y uno (1) módulo de pantalla con barrete de cuatro (4.00) metros, entre las abscisas K0+401.18 – K0+242.68, avanzando de sur a norte. Se colocó un volumen de 999.2 m³ de concreto tipo tremie y 83010 Kg de refuerzo en los mencionados módulos de pantalla.

Para el mes de diciembre se avanzó en la construcción de los diferentes módulos de las pantallas de los muros: muro izquierdo, costado oriental y muro derecho, costado occidental del paso deprimido; en esta fecha se construyeron once (11) módulos de pantalla de 6 m cada uno, ocho (8) módulos de pantalla con barrete de cuatro y medio (4.50) metros cada uno y dos (2) módulos de pantalla con barrete de cuatro (4.00) metros, entre las abscisas K0+242.68 - K0+130.68, costado oriental, quedando módulos pendientes, y del K0+129.90 al K0+196.40 costado occidental, para un total de 637.3 m³ de volumen de concreto tipo tremie y 52970 Kg de refuerzo.

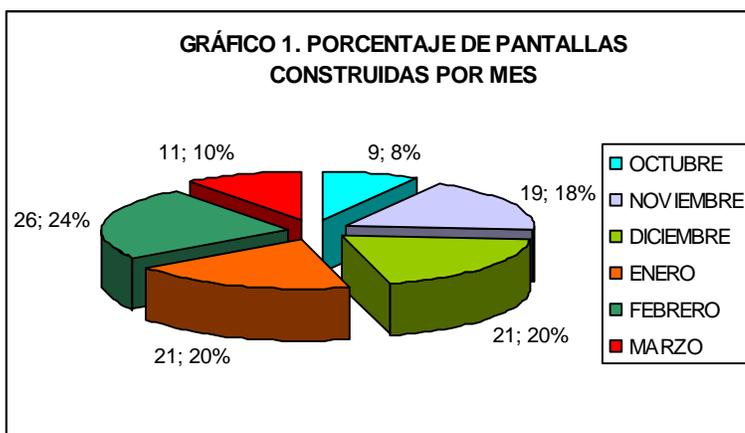
Seguidamente en el mes de enero se adelantaron los diferentes módulos de las pantallas del muro derecho, costado occidental; construyendo trece (13) módulos

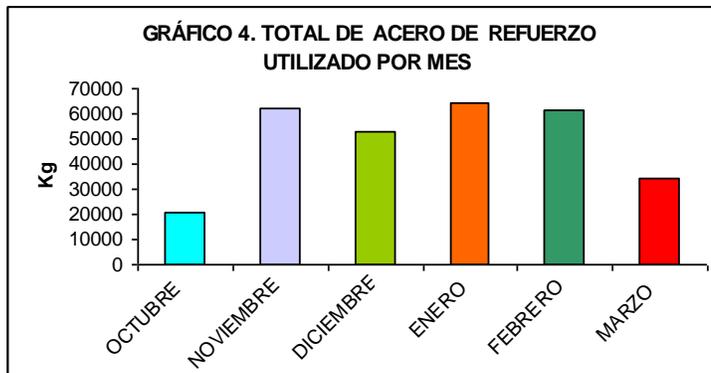
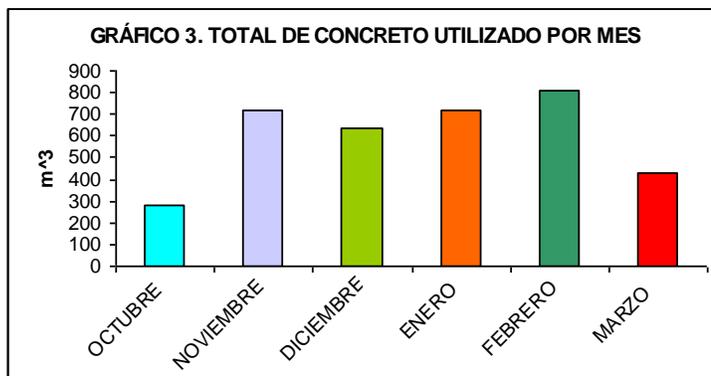
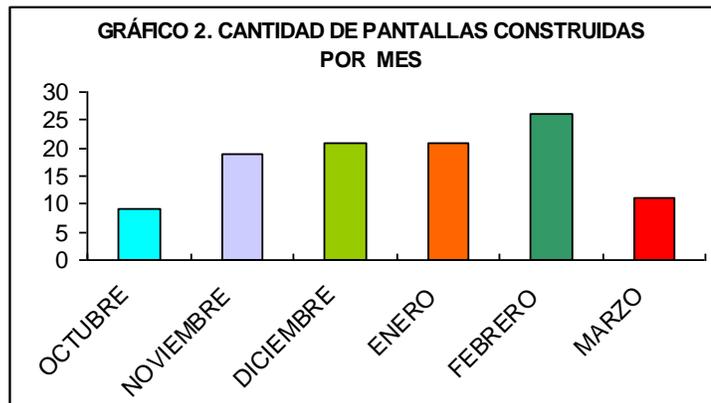
de pantalla de 6 m cada uno, tres (3) módulos de pantalla de 5 m cada uno, dos (2) con barrete de cuatro y medio (4.50) metros cada uno y tres (3) módulo de pantalla con barrete de cuatro (4.00) metros, entre las abscisas K0+196.40 – K0+328.40, costado occidental, para un total de 720.4 m³ de volumen de concreto tipo tremie y 64080 Kg de refuerzo, quedando entre estas abscisas módulos pendientes para desarrollarlos en el mes de febrero.

Adicionalmente a ésta actividad se inició la demolición de vigas guía en los lugares donde las condiciones de fraguado de las pantallas pre-excavadas lo permitieron.

En el mes de febrero se reiniciaron las labores de construcción de los módulos pendientes en el muro izquierdo, costado oriental ya que por la interferencia de redes de fibra óptica en su momento, se habían suspendido las labores. En este mes se terminaron en su mayoría los módulos de las pantallas en el muro derecho, costado occidental; avanzando con seis (6) módulos de pantalla de 6 m cada uno, dieciocho (18) módulos de pantalla con barrete de cuatro y medio (4.50) metros cada uno y dos (2) módulo de pantalla con barrete de cuatro (4.00) metros, entre las abscisas K0+169.68 – K0+142.68, costado oriental, y entre el K0+328.40 al K0+403.90 costado occidental, para un total de 812.9 m³ de volumen de concreto tipo tremie y 61780 Kg de refuerzo.

Finalizando en marzo con la construcción de los módulos pendientes tanto del muro izquierdo como los dos faltantes del muro derecho. En este mes se construyeron tres (3) módulos de pantalla de 6 m cada uno, siete (7) módulos de pantalla con barrete de cuatro y medio (4.50) metros cada uno y uno (1) módulo de pantalla con barrete de cuatro (4.00) metros, entre las abscisas K0+168.68 – K0+200.68, costado oriental, para un total de 426.1 m³ de volumen de concreto tipo tremie y 34490 Kg de refuerzo. Para un gran total de 107 módulos de pantallas construidas.





La entidad interventora llevaba un registro del estado del tiempo por mes trabajado. Este es de gran utilidad en el momento de determinar si el clima influyó notablemente en el avance de la obra, a demás ayuda a realizar estimaciones de los posibles cambios de clima a corto y largo plazo, aunque por lo general es casi imposible obtener una predicción confiable ya que el estado del tiempo es muy impredecible e inestable y más ahora con los cambios climáticos severos a nivel mundial.

En las siguientes tablas se presenta los estados del tiempo para los meses de noviembre a febrero.

TABLA 14. Estado general de tiempo mes noviembre. ³¹																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CALSE DE TIEMPO																															
SOLEADO	X			X	X	X	X	X	X	X					X	X			X			X	X				X	X	X	X	
NUBLADO		X	X			X				X											X		X	X	X	X		X			
LLUVIAS MODERADAS							X				X	X	X	X		X	X	X		X		X				X		X			
LLUVIAS INTENSAS																															

TABLA 15. Estado general de tiempo mes diciembre. ³²																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CALSE DE TIEMPO																															
SOLEADO			X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X					X	X	X
NUBLADO											X	X	X		X				X				X	X		X	X		X		
LLUVIAS MODERADAS	X	X	X							X	X	X	X		X				X			X		X		X	X		X		
LLUVIAS INTENSAS																															

³¹ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 10 de interventoría. Popayán Noviembre de 2008.

³² UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 11 de interventoría. Popayán Diciembre de 2008.

TABLA 16. Estado general del tiempo mes enero. ³³																																
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CALSE DE TIEMPO																																
SOLEADO							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NUBLADO											X											X	X	X					X	X		
LLUVIAS MODERADAS							X	X	X	X			X	X		X	X					X								X	X	
LLUVIAS INTENSAS																																

TABLA 17. Estado general del tiempo mes febrero. ³⁴																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CALSE DE TIEMPO																															
SOLEADO		X				X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
NUBLADO																			X						X	X					
LLUVIAS MODERADAS			X	X	X						X	X	X	X		X					X			X	X		X	X			
LLUVIAS INTENSAS																															

³³ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 12 de interventoría. Popayán Enero de 2008.

³⁴ UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNO CONSULTA. Informe mensual No. 13 de interventoría. Popayán Febrero de 2008.

Haciendo referencia a la cantidad de los diferentes módulos de las pantallas construidas por cada mes, se tiene que el mes con mayores pantallas fundidas, fue febrero, a pesar de que es el mes que menos días tiene, y además de presentar mayor frecuencia de días enteros con lluvias moderadas en comparación con los otros meses. Se podría pensar que hubo mayor eficiencia en el trabajo realizado por los obreros al presenciar climas no muy favorables para la construcción.

Se hubiera podido efectuar en menos tiempo la construcción de los diferentes módulos de pantallas, si el clima hubiera sido favorable, con más días soleados y menos nublados y con presencia de lluvias. Por otro lado, se observó la falta de compromiso de muchos obreros, ya que estos perdían tiempo a propósito y en especial cuando no había presencia de los ingenieros residentes de interventoría o del contratista.

8.5 INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PANTALLAS.

Los contratiempos o inconvenientes presentados, son los que se generaron durante la construcción de los diferentes módulos de las pantallas, entre los meses de diciembre de 2008 a marzo de 2009 periodo en que se desarrolló la pasantía.

- a. Uno de los inconvenientes más reiterativos presentados en esta etapa constructiva era la falta de cultura y tolerancia por parte de los propietarios de los negocios de la esmeralda, ya que procedían continuamente a dañar el cerramiento hecho con “polisombra” verde. Ellos argumentaban que por dicho cerramiento sus clientes ya no visitaban sus negocios, ya que pensaban que se habían cerrado porque este les impedía ver. De igual forma, agredían verbalmente a los obreros de STYMA y amenazaban con volver a dañar el cerramiento si era reinstalado o arreglado. Para solucionar este problema se acondicionó el cerramiento con mitad “polisombra” verde y mitad malla azul, lo cual dió mejores resultados.
- b. La falta de disciplina por parte de los transeúntes que se trasladaban por el sector de la carrera 17 con calles 5ª y 6ª para que utilizaran los pasos peatonales que se encontraban habilitados para tal fin y pudieran transitar con facilidad y seguridad.
- c. Otro aspecto era que los transeúntes no respetaban los cerramientos hechos con la “polisombra” verde que aíslan la obra del peatón; en muchas ocasiones se pudo presenciar la irresponsabilidad de éstos, cuando levantaban la malla

verde y se metían a la zona de obra, que realmente era una zona insegura, esto con el fin de acortar camino, y en repetidos casos la gente no aceptaba salir nuevamente, agredían verbalmente tanto a miembros de STYMA como de la interventoría y decían que si les pasaba algo era responsabilidad de la entidad contratista. Afortunadamente los obreros de STYMA verificaban que las personas salieran de la zona de obra, sin afectación alguna.

- d. La falta de apropiación e información de los transeúntes que frecuentaban este sector, hacían que intencionalmente destruyeran la señalización de la obra, la cual estaba instalada para prevenir accidentes. Durante el transcurso de la pasantía las diferentes formas de señalización como cinta amarilla de peligro, colombinas, maletines, etc., eran renovadas constantemente. A la par de la señalización, la empresa STYMA trataba de informar a la comunidad del proyecto a través de volantes, televisión e invitaciones a reuniones explicando el alcance del proyecto y el plan de manejo de tránsito con el fin de minimizar cualquier incidente entre la comunidad y las actividades de la obra.

A pesar de todas estas prevenciones, se presentó un accidente de trabajo, el día 24 del mes de noviembre mientras se continuaban las labores de retiro de las redes eléctricas existentes sobre el área de influencia del puente de la carrera 17, sector de La Esmeralda.

El incidente se presentó mientras el obrero realizaba un trabajo que consistía en soldar los conductores 4/0 aéreos, colocarlos en el piso, desvestir la estructura y dejar el poste vacío, para posteriormente deshincarlo y retirarlo del sitio, ya que por este lugar pasaría la máquina de excavación durante la construcción de las pantallas pre-excavadas.

El obrero inicio soltando los conductores el día domingo después de energizar el cable subterráneo. El lunes se ubicaron los instaladores en cada una de las estructuras a desvestir y como prevención se revisó la base de estos postes y se amarraron usando manilas a las estructuras de las casas derribadas. Se hizo esta maniobra con el primer conductor y cuando se procedía a retirar el segundo conductor, el poste se quebró estando uno de los trabajadores arriba sujetado con su respectivo arnés de seguridad. Según la información suministrada por el dueño de la fábrica de postes local, Metaltec Ltda., estos postes se construyeron e instalaron hace mas de treinta años, es decir, ya habían cumplido su vida útil.

El subcontratista de redes, ingeniero electricista realizó un análisis detallado, en donde se observó que físicamente, la rotura de los postes estaba por debajo del nivel del piso en aproximadamente 10 cm, es decir, que la fisura no era visible, razón por la cual no se detecto por parte del personal riesgo alguno y procedieron a trabajar en él.

Referente al accidente la empresa STYMA hizo recomendaciones a la empresa CEDELCA, para que repongan a la mayor brevedad posible este tipo de postes de concreto que se encuentran instalados en la zona de trabajo, para evitar futuros contratiempos; también para los próximos trabajos de este clase, se trato de implementar grúas adicionales para minimizar el riesgo al personal.

- e. Se encontraron algunas dificultades en la construcción de pantallas pre-excavadas, debido a la interferencia de redes de fibra óptica en algunos sitios, tanto en el costado oriental como en el occidental, a pesar de esto se dió continuidad a esta actividad, dejando pendientes algunos módulos cuya fundida se realizó en las dos primeras semanas de marzo de 2009, y tan pronto se complementó la reubicación de las redes en mención.
- f. Se presentaron demoras de los mixer (carros transportadores de concreto), para el descargue del material a los módulos de las pantallas; a pesar de disponer de forma exclusiva de la planta de producción y de los 3 mixer. Dichos retrasos se debieron a varadas imprevistas como pinchazos o falla en los sistemas eléctricos de los camiones.

El 28 de enero hubo un retraso en la fundida de pantallas, debido a la urgencia de fundir la cañuela del pozo II del colector pluvial, aprovechando el buen tiempo presente en ese momento. Estas situaciones se trataron de corregir dando siempre prioridad al descargue del concreto para las pantallas. A pesar de las demoras presentadas por los mixer, las fundiciones de las pantallas se realizaron correctamente.

- g. A medida que se avanzó en la excavación del deprimido, que es la etapa siguiente a la construcción de las pantallas, fueron apareciendo los defectos de éstas, los cuales acontecieron durante su fundición. Mucho del concreto necesario para completar el volumen de las pantallas se fugó por las tuberías subterráneas existentes de las redes eléctricas. Dichas redes ya estaban obsoletas y su cableado reubicado. De igual forma, también existían ductos de acueducto y alcantarillado.

Al tiempo que se realizaba la excavación de las pantallas, la perforadora cortaba dichas tuberías dejando un lugar propicio para la salida del concreto, ya que eran unos ductos vacíos y era muy costoso sacarlos para su traslado.

Por lo anterior la interventoría solicitó la corrección de las irregularidades que presentaron en algunas de las pantallas. El avance de la excavación dificulta su pronto arreglo. El proceso de reparación sugerido es el siguiente:

1. Limpiar completamente la zona que presenta hormigueros (libre de suelo natural, concreto entre hierros y retiro de oxido).

2. Demoler el concreto alrededor de las paredes del hormiguero para uniformizar la superficie en todo el espesor de la pantalla.
3. Se coloca cualquier producto reconocido en el mercado nacional para garantizar una buena adherencia entre el concreto viejo (endurecido) y el concreto nuevo en todo el espesor de la pantalla antes de fundir, como por ejemplo el Sikadur (productos de Sika).
4. Se coloca la formaleta y se vacía el concreto en el hormiguero. Obviamente el concreto debe ser de la misma especificación al definido para las pantallas.

En el siguiente panel fotográfico se detallan las pantallas descubiertas y los defectos que se presentaron en éstas, como también los arreglos a estas irregularidades.



FOTOS No 106 y No 107. Se detallan las pantallas totalmente descubiertas después de efectuar la etapa de excavación.



FOTO No 108. Al lado izquierdo de la foto se detallan a los obreros encargados de realizar la limpieza y resane de las irregularidades de las pantallas.



FOTO No 109. En la parte superior de la foto se detalla la viga de amarre y la de coronación.



FOTOS No 110 y No 111. Detalle de los defectos de las pantallas ya arreglados.

En las fotos 112 a la 117 se presenta los diferentes defectos encontrados en las pantallas al realizar la excavación.



FOTO No 113

FOTOS No 112 Y No 113. Detalle de dos irregularidades, al lado derecho se observa el defecto ya reparado, y al lado derecho se observa en la armadura el dren utilizado.



FOTO No 115

FOTOS No 114 Y No 115. Detalle de la armadura de refuerzo que quedó sin recubrimiento de concreto



FOTO No 117

FOTOS No 116 Y No 117. Detalle de los defectos presentados en las pantallas, listos para su limpieza y reparación.

Con el fin de resumir la experiencia adquirida en el proceso constructivo de las pantallas se presenta una matriz DOFA como una herramienta de diagnóstico y planificación para tener en cuenta en proyectos similares.

MATRIZ DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de información y educación por parte de los transeúntes sobre el uso adecuado de los pasos peatonales y señalización de la obra. • Demoras en la ejecución de las obras. • No contar con una persona encargada de desviar a la gente por los pasos peatonales habilitados para que no entren en la zona de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corroborar los ensayos efectuados en la etapa de construcción de pantallas con las normas correspondientes de cada ensayo. • Capacitar al personal encargado de todo el proceso constructivo de pantallas, para que manejen correctamente sus elementos de seguridad industrial e informar al personal de sus labores a realizar con el fin de agilizar la construcción. • Concientizar a la comunidad afectada por el proyecto por medio de reuniones informativas, para minimizar los problemas presentados en obra.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • La experiencia del personal ha garantizado la correcta construcción de las actividades ejecutadas en la obra. • Dotación adecuada de los elementos de seguridad industrial para los trabajadores. • Disponibilidad total de la planta de concreto, para las fundiciones requeridas. • Excelente manejo de maquinaria, equipos y vehículos por parte de sus operarios, los cuales llevaban a diario un registro del estado de la máquina, los suministros de combustible, mantenimientos y actividades que realizaron 	<ul style="list-style-type: none"> • El no acoplamiento por parte de los transeúntes en no utilizar los andenes peatonales propuestos, arriesgando su vida y la del personal de obra. • El daño continuo de la señalización y cerramiento de la obra por parte de los habitantes del sector involucrado en la construcción. • Riesgos profesionales, los cuales se presentan en todo tipo de obra. • Presentación de quejas e inconformidades de la gente por daños causados a sus pertenencias debido a la construcción del puente.

9. CONCLUSIONES.

- Es importante la ejecución de los muros guía ya que determinan el alineamiento y la uniformidad de los módulos. La no ejecución de éstos facilitarían el desprendimiento del suelo de la excavación debido a los ascensos y descensos del lodo bentonítico, igualmente se podría llegar al colapso de edificaciones aledañas.
- Durante la excavación las características de la almeja influyen en los posibles desplazamientos verticales que se pueden presentar en la excavación. De igual forma, las mandíbulas de la almeja deben estar en buen estado para garantizar una completa extracción del material excavado y evitar que quede suspendido en el lodo bentonítico involucrándose posteriormente con el hormigón durante la fundición. Desviaciones verticales mayores al 1% implican juntas abiertas por donde el agua y también el suelo pueden fluir una vez esté construida la pantalla.
- Densidades muy altas en los lodos bentoníticos, pueden incrementar los descabeces en las pantallas, por impurezas del lodo o por acumulación continua de residuos de suelo en ascenso cuando se realiza el hormigonado produciendo juntas parcialmente abiertas.
- La fundición de los módulos de las pantallas es uno de los pasos que se debe hacer con máxima responsabilidad, tratar de detectar derrumbes locales durante el vaciado, y suministrar de forma continua el hormigón, ya que cualquier obstrucción podría producir una junta fría horizontal a lo largo del módulo, en detrimento de la calidad de la pantalla.
- Es importante el buen manejo, manipulación y condiciones de almacenamiento del acero de refuerzo, ya que es un material fácilmente vulnerable a la intemperie, y efectos como el óxido pueden impedir una buena adherencia con el concreto. También es importante la supervisión del despiece, cantidad de refuerzo, y dimensiones exigidas en los planos, para garantizar una fácil y óptimo armado de la parrilla.
- Los ensayos exigidos por las normas, para comprobar la calidad de los materiales utilizados en la construcción, nos permite garantizar un excelente desempeño de éstos durante la obra y determinan la vida útil de la misma.
- La implementación de las labores de limpieza constantes y paralelas al proceso de excavación del material encontrado, fue de suma importancia, ya que contribuyó a la creación de una zona libre de lodo y mejores características para el tránsito tanto de obreros como del resto del personal, reduciendo así el riesgo de accidentes.

- Dentro de las visitas frecuentes que se hicieron a la obra en ejecución; se pudo detallar la insistencia de la empresa contratista de practicar adecuadamente la seguridad industrial, de informar sobre los riesgos que se pueden presentar en cada una de los trabajos a realizar; y para ello brindaba elementos de protección como cascos, overoles, chalecos, protectores auriculares para los trabajadores que laboran donde se produce mucho ruido, anteojos, guantes, botas con punta metálica y botas pantaneras entre otras; de esta forma obtener mayor facilidad y seguridad en el desempeño de la obra, evitando inconvenientes y/o accidentes que la retrasen.
- Por medio de las visitas realizadas a la obra fue posible detallar los pasos a seguir para la construcción de las pantallas pre-excavadas y esto me permitió enriquecer el conocimiento a cerca de las mismas, ya que no es suficiente con observar y escuchar los procedimientos en el salón de clase o mediante una investigación en libros o internet. Fue más productivo comparar, analizar y verificar dicha información a lo largo del desarrollo de una obra real.
- Es importante destacar la labor realizada por la interventoría del contrato, ya que al estar pendiente (con una presencia continua) y colaborando constantemente en el desarrollo en esta etapa de cimentación, no se presentaron mayores inconvenientes. Ratificándose lo expresado en las aulas de clase: “es importante una presencia continua a lo largo del desarrollo de las obras civiles, para lograr un óptimo resultado de las mismas”.
- La constante insistencia por parte del contratista, de informar y pedir a las diferentes entidades involucradas, la reubicación de las redes que causaban interferencia en la obra del paso deprimido, fue posible cumplir con el cronograma propuesto por el contratista y aprobado por la interventoría; ya que éstas labores de reubicación requerían mucho tiempo y no permiten el libre desarrollo de la construcción.
- La comunicación entre los miembros del consorcio STYMA y la comunidad afectada por la construcción del puente deprimido, especialmente con los comerciantes de la zona de La Esmeralda, permitió conocer sus inquietudes y solicitudes, lo cual contribuyó a no afectar el comercio en esta zona y a demás, a resolver la mayoría de las peticiones como el caso de la ubicación de una “polisombra” a lo largo del corredor entre el comercio y el área de las obras.
- El diseño de las pantallas pre-excavadas facilitó la etapa de excavación, evitando tanto el derrumbe del terreno, como asentamientos de edificaciones aledañas a la obra, minimizando costos de posibles reparaciones.

- El cumplimiento de los plazos asignados para la terminación óptima y entrega puntual de una obra depende de una buena planeación, porque permite que las demás etapas (ejecución, control y evaluación) se puedan realizar eficientemente.
- La pasantía no solo ayuda en la experiencia y conocimiento que se puede adquirir por parte de los estudiantes, sino también que le permite un trato directo con personas de diferentes rangos y mandos en el desarrollo de una obra civil, contribuyendo en experiencia para futuros trabajos en la interacción con dicho personal.

10. LISTA DE GRÁFICOS Y DE FIGURAS.

GRAFICO 1. Porcentaje de pantallas construidas por mes.

GRAFICO 2. Cantidad de pantallas construidas por mes.

GRAFICO 3. Total de concreto utilizado por mes.

GRAFICO 4. Total de acero de refuerzo utilizado por mes.

FIGURA 1. Localización del proyecto.

FIGURA 2. Ubicación general del proyecto.

FIGURA 3. Detalle de la tubería tremie.

FIGURA 4. Detalle deL murete guía.

FIGURA 5. Detalle del módulo completamente excavado y lleno de lodo.

FIGURA 6. Detalle de la excavación de un módulo.

FIGURA 7. Detalle de los tubos junta dentro del módulo pantalla.

FIGURA 8. Detalle del izaje de la armadura en el módulo.

FIGURA 9. Detalle de la armadura totalmente instalada en el módulo.

FIGURA 10. Detalle del hormigonado del módulo con tubería tremie.

FIGURA 11. Detalle del módulo totalmente embebido en el concreto.

FIGURA 12. Detalle de la extracción de junta.

FIGURA 13. Detalle de la viga guía.

FIGURA 14. Esquema de modulación de las pantallas.

FIGURA 15 Esquema de las partes del equipo de perforación.

FIGURA 16. Diagrama de flujo de proceso de construcción de pantallas.

FIGURA 17. Esquema de varillas de acero exteriores módulo TMH-27.

FIGURA 18. Esquema de varillas de acero interiores módulo TMH-27.

FIGURA 19. Esquema de varillas de acero exteriores módulo TMH-15.

FIGURA 20. Esquema de varillas de acero interiores módulo TMH-15.

FIGURA 21. Esquema de varillas de acero para barrete módulo TMH-15.

11. LISTA DE TABLAS.

- TABLA 1. Contrato de Obra No 3437 de 2007.
- TABLA 2. Contrato de Interventoría No 3459 de 2007.
- TABLA 3. Etapa de diseños.
- TABLA 4. Etapa de construcción.
- TABLA 5. Clase de concreto estructural.
- TABLA 6. Elementos utilizados en la armadura de refuerzo del módulo TMH-27.
- TABLA 7. Elementos utilizados en la armadura de refuerzo del módulo TMH-15.
- TABLA 8. Diámetro mínimo de doblamiento de las varillas utilizadas en armadura de refuerzo.
- TABLA 9. Resultados de ensayo de slump y resistencia a la compresión.
- TABLA 10. Límites de asentamiento del concreto.
- TABLA 11. Asentamientos recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.
- TABLA 12. Resultados de ensayos de Densidad y Viscosidad.
- TABLA 13. Características de la suspensión mineral.
- TABLA 14. Estado general del tiempo mes Noviembre.
- TABLA 15. Estado general del tiempo mes Diciembre.
- TABLA 16. Estado general del tiempo mes Enero.
- TABLA 17. Estado general del tiempo mes Febrero.
- TABLA C.7-1 Diámetros mínimos de doblamiento.

12. ANEXOS.

ANEXO 1 Informes Acerca Del Seguimiento Constructivo De Las Pantallas Que Se Manejaron Por Parte De La Entidad Contratista.

- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-24
- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-25
- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-58
- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-76
- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-90
- Informe de Barrete y/o Modulo de Pantalla tipo MH-19

ANEXO 2 Cuadros De Control.

- Estado General del Tiempo del mes de Noviembre.
- Estado General del Tiempo del mes de Diciembre.
- Estado General del Tiempo del mes de Enero.
- Estado General del Tiempo del mes de Febrero.
- Resumen de ensayos de Laboratorio de Concretos.

ANEXO 3 Planos De Avance De Obra.

- Avance de obra de la construcción de Pantallas Pre-excavadas hasta el Mes de Noviembre.
- Avance de obra de la construcción de Pantallas Pre-excavadas hasta el Mes de Diciembre.
- Avance de obra de la construcción de Pantallas Pre-excavadas hasta el Mes de Enero.
- Avance de obra de la construcción de Pantallas Pre-excavadas hasta el Mes de Febrero.
- Avance de obra de la construcción de Pantallas Pre-excavadas hasta el Mes de Marzo.

13. BIBLIOGRAFÍA.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Bogotá D.C. Diario Oficial. 1998. Título C. p. C-14, p C-31, p C-40.

CALAVERA RUÍZ, José, Dr. Ingeniero de caminos. Muros de Contención y Muros de Sótano. Impreso en España por Imprenta Industrial, S:A. Pg 169 – Pg 203.

CONSORCIO ESTYMA – JMV. Documentación presentada al Invías. Popayán diciembre de 2008 a marzo de 2009.

DE WALES Jimmy y SANGER Larry. La página web Wikimedia Foundation, Inc. Muro pantalla. [En línea]. Colombia. [Citada, Mayo de 2009]. Disponible en Internet: URL http://es.wikipedia.org/wiki/Muro_pantalla.

ECO CIMETACIONES, S.L. Especialistas en cimentaciones y obras. Muros pantalla/proceso constructivo. [en línea]. Barcelona. [Citada en Mayo de 2009]. Disponible en Internet URL http://www.ecocimentaciones.com/servicios-muros-proceso_06.htm.

EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLÍN, E.S.P. Especificaciones de construcción obras civiles [en línea]. [Citada Mayo de 2009]. Disponible en Internet URL http://www.eppm.com/epm/institucional/aguas/documents/EspecificacionesObras_civiles.pdf.

MILIARIUM AUREUM, S.L. Lodos de perforación. [Citada en Mayo de 2009]. Disponible en Internet URL http://www.miliarium.com/Proyectos/Estudioshidrologicos/anejos/ Metodosperforación/Lodos_perforación.asp.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá D.C. INVIAS, 1998. Artículos 621-07, 630-07, 640-07.

PÁEZ CHINCHILLA, Blas Uriel, Información personal acerca del proyecto Paso deprimido, etapa de construcción de pantallas pre-excavadas. Popayán, Diciembre de 2008 a Marzo de 2009. Instituto Nacional de Vías Territorial Cauca. Área de Supervisión.

Pantalla Continua de Paneles de Hormigón Armado in situ. [En línea]. [Citada, Mayo de 2009]. Categoría: Cimentaciones profundas. Disponible en Internet. [http://www.construmatica.com/construpedia/Pantalla_continua_de_paneles_de_Hormig% B3n_Armado_in_situ](http://www.construmatica.com/construpedia/Pantalla_continua_de_paneles_de_Hormig%20Armado_in_situ).

PINEDA, Fredy, Información personal acerca del proceso constructivo de las pantallas pre-excavadas. Popayán, Diciembre de 2008 a Marzo de 2009. Consorcio Estyma JMV. Área de fundaciones. Actividad que realiza Ingeniero de pantallas.

RIVERA LÓPEZ GERARDO ANTONIO, Concreto Simple. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca. 2006 Pg. 168

UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNOCONSULTA. Informe de interventoría adicional para presentación al doctor Álvaro Uribe Vélez. Popayán Abril de 2009.

UNIÓN TEMPORAL PCA – TECNOCONSULTA. Informes mensuales de interventoría No 10, 11,12 y 13. Popayán diciembre de 2008 a marzo de 2009.