

**MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL QUE DEL CORREGIMIENTO DE ARJONA
CONDUCE A LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE ASTREA EN LIMITES CON
EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PERMITIENDO LA INTERCONEXIÓN
VIAL PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL, AGRÍCOLA Y
TURÍSTICO DE LA SUBREGIÓN FUNCIONAL 47 DEL DEPARTAMENTO DEL
CESAR**

PROCESO CONSTRUCTIVO

TRAMO – ARJONA

VALLEDUPAR, NOVIEMBRE DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	4
2.1 OBJETIVO.....	4
2.2 ALCANCES.....	4
3. GENERALIDADES	5
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
4. MAQUINARIA Y EQUIPOS A UTILIZAR	8
5. DURACIÓN Y HORARIO DE LA OBRA	9
6. MANEJO DE PEATONES (VER PMT).....	9
6.1 CIERRE DE LA VÍA.....	10
7. PERSONAL EN OBRA	11
8. RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION DE ESCOMBROS.	14
9. PROCESO CONSTRUCTIVO	15
9.1 PRELIMINARES.....	16
9.2 DEMOLICIONES	17
9.3 EXCAVACIÓN	21
9.4 RELLENO	22
9.5 SUBBASE Y BASE.....	24
9.6 PAVIMENTO	28
9.7 ESTRUCTURAS Y DRENAJES (ALCANTARILLAS, BOX CULVERT Y CUNETAS)	31
9.8 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD.....	40
9.9 OBRAS DE CONTENCIÓN	48
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....	59

1. INTRODUCCIÓN

El proceso constructivo es el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, en este caso el “MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL QUE DEL CORREGIMIENTO DE ARJONA CONDUCE A LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE ASTREA EN LIMITES CON EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PERMITIENDO LA INTERCONEXIÓN VIAL PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL, AGRÍCOLA Y TURÍSTICO DE LA SUBREGIÓN FUNCIONAL 47 DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR”, de una vía la cual suma 7,840 m con pavimento flexible y obras hidráulicas y puntos críticos.

A continuación, se presenta el documento del proceso constructivo básico teniendo en cuenta que los proyectos podrán tener aspectos propios, que significará realizar otras actividades no planteadas en este documento.

Este documento es complementado con los modelos de diseño, sus especificaciones y presupuestos. En todos los casos los análisis de precios unitarios (APU) deben incluir los rendimientos de las actividades, cubrir los costos de materiales y sus desperdicios comunes, aditivos y los controles de calidad propios para cumplimiento de requisitos (ensayos y topografía), mano de obra, prestaciones sociales, impuestos, tasas y contribuciones decretados por el gobierno nacional, departamental o municipal, herramientas, maquinaria o equipos, transportes de materiales, regalías, obras temporales, obra falsa (formaletas), aceros de amarre y soporte, servidumbres y todos los demás gastos inherentes al cumplimiento del contrato, incluso los gastos de administración imprevistos, y utilidades del constructor.

De igual forma, desde la orden de iniciación y entrega de la zona de las obras al constructor y hasta la entrega definitiva de las obras a la entidad territorial, el constructor está en la obligación de señalar las áreas correspondientes a lo contratado como prevención de riesgos a los usuarios y personal que trabajará en la obra, de acuerdo con las especificaciones vigentes sobre la materia.

El constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de estas y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos. El constructor deberá mantener los equipos de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir no será causal que exima al constructor del cumplimiento de sus obligaciones. La entidad contratante se debe reservar el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del

constructor, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato. Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

Documentar, analizar y evaluar de manera sistemática el desarrollo del proceso constructivo del proyecto “MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL QUE DEL CORREGIMIENTO DE ARJONA CONDUCE A LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE ASTREA EN LIMITES CON EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PERMITIENDO LA INTERCONEXIÓN VIAL PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO, SOCIAL, AGRÍCOLA Y TURÍSTICO DE LA SUBREGIÓN FUNCIONAL 47 DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR”, verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, normativas vigentes y cronograma establecido, con el fin de garantizar la calidad de la obra, identificar desviaciones y proponer acciones correctivas que aseguren la ejecución exitosa del proyecto dentro de los parámetros de tiempo, costo y estándares de seguridad definidos.

2.2 ALCANCES

El presente informe abarca la documentación, seguimiento y control del proceso constructivo de la vía Arjona - Astrea en el municipio de Cesar, incluyendo todas las obras civiles, hidráulicas, geométricas y de estabilización necesarias para garantizar la funcionalidad, seguridad y durabilidad de la infraestructura vial.

3. GENERALIDADES

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Gobernación del Cesar, en su Plan de Desarrollo 2020 – 2023 “Lo hacemos mejor”, tiene como meta fortalecer el desarrollo económico del territorio y mejorar la calidad de vida de la población cesareña, de modo que se construya una sociedad con bienestar e igualdad de oportunidades que permitan el desarrollo social y cierre brechas; para ello, el Plan de Desarrollo se articula con diferentes programas y ejes estratégicos, los cuales se complementan entre sí e interactúan de manera dinámica para dar cumplimiento a las expectativas ciudadanas (GOBERNACIÓN DEL CESAR, 2020).

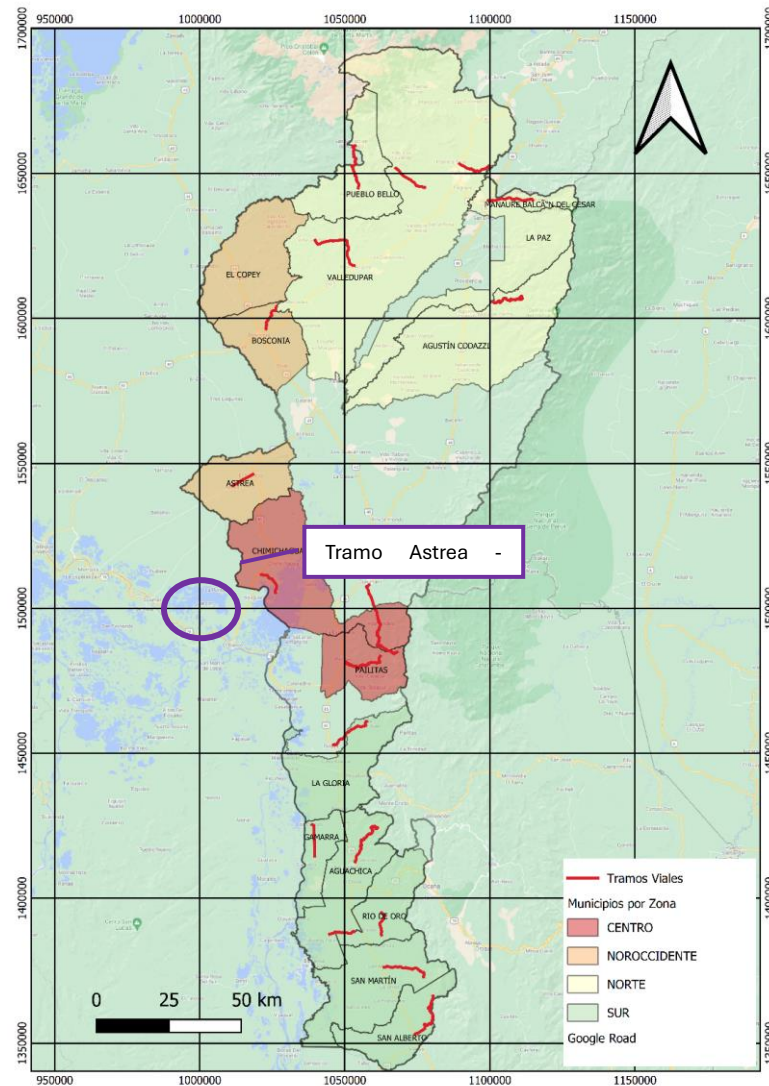
Uno de dichos ejes estratégico se denomina “III. REVOLUCIÓN PRODUCTIVA, CRECIMIENTO Y EMPLEO”, el cual en su Programa IV “MEJOR INFRAESTRUCTURA, MÁS DESARROLLO”, Subprograma I. “Vías que conectan con la productividad y competitividad” el cual tiene como objetivo construir, rehabilitar y mantener la infraestructura de vías para mejorar la conectividad intrarregional, facilitar el transporte y la movilidad dando acceso al turismo rural, conectando las zonas productoras con los centros de comercialización, regionales, nacionales e internacionales.; por lo anterior, una de las metas del Plan de Desarrollo es la de rehabilitar y/o pavimentar 300 kilómetros de vías de primer, segundo y tercer orden a cargos del departamento y de los municipios.

3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

MUNICIPIOS DE INFLUENCIA DIRECTA TRAMO ARJONA - ASTREA

La zona de influencia del Tramo vial: Astrea - Arjona, cubre directamente al Municipio de Astrea. Este tramo conecta al casco urbano con el corregimiento de Arjona, en un sector de colinas bajas y valles amplios, (Figura 1).

Figura 1. Localización general del Proyecto y tramo Vía Arjona- Astrea



Fuente: ArcGis

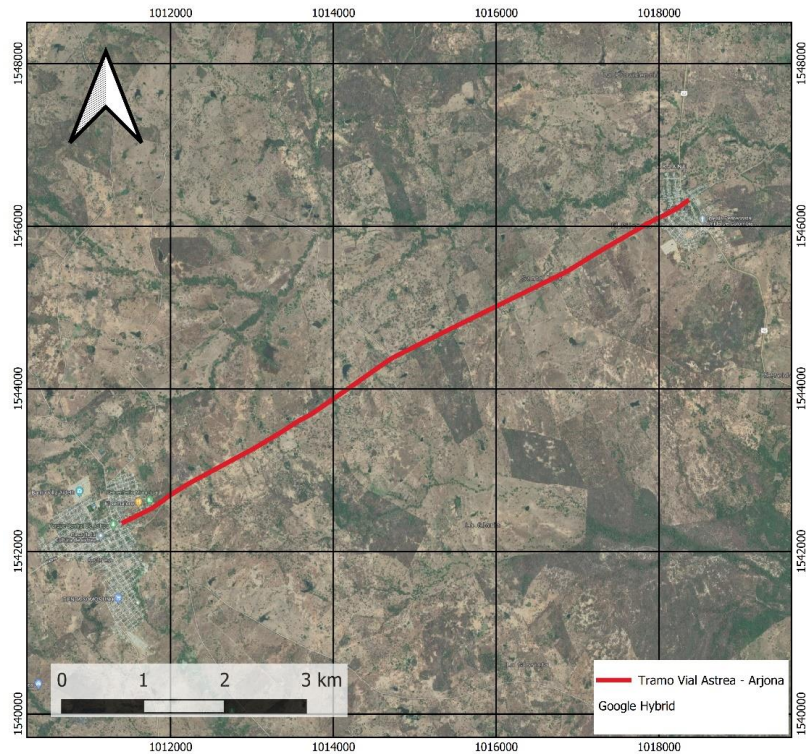
3.2.1 Astrea

El municipio está ubicado al noroccidente del departamento del Cesar, limitando con el Departamento del Magdalena al norte y al oeste, y con los municipios de El Paso, Chiriguaná al este y Chimichagua al sur. La extensión superficial del municipio es de 56.871,5 Hectáreas. Su temperatura promedio es de 30°C. La distancia a la Capital del departamento, Valledupar es de 170 km aproximadamente, por la vía El Paso, Cuatro Vientos – Bosconia. (Alcaldía Astrea, 2001).

3.2.2 Fisiografía

Altitudinalmente está entre los 0 y 100 m.s.n.m., dominando hacia el occidente el paisaje de colinas bajas que cambian suavemente al oriente a la llanura baja inundable de la cuenca baja de los ríos Ariguaní y Cesar, inicio de la zona de humedales de la Ciénaga de Zapatosa. Es un municipio agrícola con presencia de pastos naturales, rastrojos y cultivos.

Figura 2. Ubicación Tramo Arjona - Astrea.



Fuente: (Google Earth).

Tabla 1. Localización del Proyecto

		COORDENADAS MAGNA SIRGAS (PLANA CARTESIANA)		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
		NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD
INICIO VÍA	K0+180	1546218.64	1018226.93	9°32'6.84"N	73°54'41.42"O
FIN VIA	K8+020	1542357.56	1011423.41	9°30'1.19"N	73°58'24.50"O

4. MAQUINARIA Y EQUIPOS A UTILIZAR

Durante la ejecución de los trabajos programados se utilizará la siguiente maquinaria y equipos:

- ❖ Aspersor manual
- ❖ Bulldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m.
- ❖ Camioneta D-300
- ❖ Cargador Potencia en el volante 125 hp, Clasificación de RPM del motor 2300.
- ❖ Carrotanque de agua (1000 Galones)
- ❖ Carrotanque Irrigador de asfalto, 1000 GALONES DE CAPACIDAD
- ❖ Cizalla manual de 90 cm.
- ❖ Compactador de Rodillo POTENCIA: 99HP, PESO: 8 ton
- ❖ Compactador manual (saltarín) Peso de operación (Kg.) 52, Fuerza de impacto por golpe (KN) 12.
- ❖ Compactador manual vibratorio (rana) con motor de 6 hp
- ❖ Planta de asfalto en caliente
- ❖ Planta trituradora
- ❖ Retroexcavadora E-200 sobre orugas
- ❖ Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M³/H, velocidad de desplazamiento 114 m/min
- ❖ Compactador manual vibratorio (rana) con motor de 6 hp
- ❖ Compactador neumático de Potencia 70 HP, peso de 13 ton
- ❖ Compresor (barrido y soplado)
- ❖ Compresor 120 HP, con martillo.
- ❖ Cortadora de pavimento, Máxima profundidad de corte: 160 mm. Capacidad de disco: desde 12 ´ ´ hasta 18 ´ ´ de diámetro. Peso operacional: 135 kg, 13.5 hp de potencia
- ❖ Equipo de oxicorte, Capacidad de corte: hasta 6 ´ ´ (152mm)
- ❖ Equipo de pintura (Compresor), Presión máxima de trabajo 3300 psi.
- ❖ Formleta metálica (concreto hidráulico)
- ❖ Mezcladora de concreto 1 bulito
- ❖ Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton.
- ❖ Motosierra, 93.6 cm³ - 7.1 HP, 45-90 cm - 7.9 kg
- ❖ Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP
- ❖ Retroexcavadora A25C
- ❖ Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m³.

- ❖ Vibrador de concreto, Motor de 3 hp a 18.000 rpm Mangueras de 4 mt
- ❖ Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton.
- ❖ Vehículo delineador
- ❖ Volqueta 6 m3

5. DURACIÓN Y HORARIO DE LA OBRA

Las labores se realizarán de la siguiente manera:

El mejoramiento de la vía en pavimento flexible tendrá una duración en ejecución física de doce (12) meses, tres (3) meses iniciales de etapa precontractual y dos (2) meses de liquidación.

En el transcurso de las obras se contempla la entrada y salida de volquetas, materiales de construcción, maquinaria, etc. El tráfico se verá afectado mientras duren las obras. Los trabajos se ejecutarán en el horario de las 07:00 am a 05:00 pm de lunes a viernes, sábados y festivos de 07:00 am a 01:00 pm, en horas de la noche no se trabajará.

6. MANEJO DE PEATONES (VER PMT)

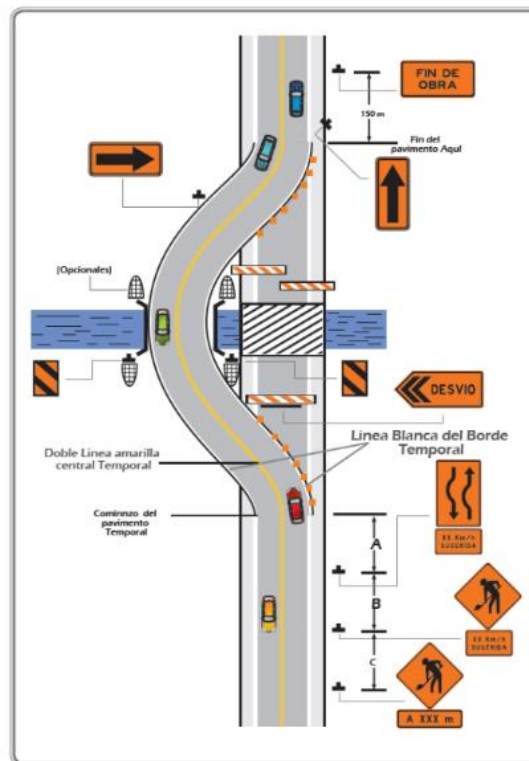
Debido a que la obra es sobre unas vías terciarias y de mediano volumen de tránsito, generará conflicto sobre peatones en las zonas donde se presenta población (caseríos), en este caso el mayor impacto sería sobre algún colegio presente en la zona. Para ello se contará con 2 bandereros permanentes por frente de trabajo para suspender el trabajo (movimiento) de la maquinaria pesada en las horas de entrada y salida de los estudiantes y de tráfico de vehículos. Se abrirá un frente de trabajo, para trabajar en una calle, después de finalizada la obra se trasladará el personal de seguridad para otra calle y así sucesivamente hasta finalizar el proyecto. No se afectarán las zonas o senderos de los eventuales caminantes, o en el caso más extremo se garantizará la circulación por uno de los costados de la vía, delimitando las áreas de trabajo o de estacionamiento del equipo de construcción. Para el paso de peatones en forma segura se prevé la adecuación de un paso peatonal entre las diferentes esquinas del corredor vial y se dispondrá de bandereros permanentes que se encargan de detener a los vehículos y organizar el paso de las personas.

6.1 CIERRE DE LA VÍA

Con la construcción de las obras viales y teniendo en cuenta el volumen de tránsito que es medio, la afectación será moderada. Para las vías a construir en zona rural, habrá cierre a media calzada y totales de la vía en casos especiales (construcción de obras hidráulicas), pero se habilitará un desvío paralelo a la vía en construcción. La longitud máxima de calzada a cerrar será de 400 metros garantizando con esto que el flujo vehicular de cada vía intervenida pueda continuar su recorrido sin que se generen traumatismos.

Los siguientes son los esquemas de cierres tipos presentados para el proyecto:

Esquema Típico 7 cierre total de la vía (Para trabajos de estructuras hidráulicas)



Fuente: Manual de Señalización Vial de Colombia: Dispositivos Uniformes en la Infraestructura Vial, para la Regulación del Tránsito y la Seguridad Vial 2024

Esquema de cierres y desvíos tipos para zona de vías rurales



Fuente: Realizado en AutoCAD

7. PERSONAL EN OBRA

En la siguiente Tabla se resume la cantidad de personal profesional, técnico, administrativo y auxiliar técnico previsto para el manejo de la obra, el tiempo y la dedicación requerida para desempeñar su labor.

Personal Profesional	Cantidad de personal	Tiempo (meses)	Dedicación (%)
Director de Obra	1	12	50%
Residente de Obra	1	12	100%
Especialista en Pavimentos	1	12	50%
Especialista Hidráulico	1	12	50%
Residente Ambiental	1	12	100%
Residente Social	1	12	50%
Residente SISO	1	12	100%
Asesor Jurídico	1	12	50%
Personal Administrativo	Cantidad de personal	Tiempo (meses)	Dedicación (%)
Conductor	3	12	100%
Contador	1	12	25%
Secretaria	1	12	100%
Personal Técnico y Auxiliar Técnico	Cantidad de personal	Tiempo (meses)	Dedicación (%)
Topógrafo Inspector	1	12	100%
Inspector	2	12	100%
Laboratorista Inspector	1	12	100%
Cadenero 1	1	12	100%
Cadenero 2	1	12	100%

- **Director de obra:** Profesional responsable de la dirección general del proyecto, coordinación de todas las actividades constructivas, toma de decisiones estratégicas, gestión de recursos y cumplimiento de objetivos contractuales. Actúa como representante técnico y administrativo ante el contratante.
- **Residente de Obra:** Ingeniero civil encargado de la supervisión directa de las actividades constructivas en campo, control de calidad, seguimiento del cronograma, coordinación del personal técnico y operativo, y verificación del cumplimiento de especificaciones técnicas y planos de diseño.
- **Especialista en Pavimentos** Profesional experto en diseño, construcción y control de calidad de estructuras de pavimento flexible. Responsable de

verificar especificaciones de materiales granulares, mezclas asfálticas, ensayos de compactación y cumplimiento de normas INVIAS para pavimentos.

- **Especialista Hidráulico** Ingeniero especializado en obras de drenaje vial, responsable de supervisar la construcción de alcantarillas, cunetas, box culvert y sistemas de manejo de aguas superficiales y subterráneas, garantizando la funcionalidad hidráulica del proyecto.
- **Residente Ambiental:** Profesional encargado de implementar y supervisar el Plan de Manejo Ambiental (PMA), control de impactos ambientales, manejo de residuos, protección de recursos naturales y cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.
- **Residente Social:** Especialista en gestión social responsable de las relaciones con la comunidad, atención de quejas y reclamos, socialización del proyecto, programas de información y participación comunitaria durante la ejecución de la obra.
- **Residente SISO** (Seguridad Industrial y Salud Ocupacional): Profesional encargado de implementar y hacer cumplir el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), prevención de accidentes laborales, capacitación en seguridad y verificación del uso de elementos de protección personal.
- **Asesor Jurídico:** Abogado especializado en contratación pública y derecho administrativo, responsable de asesoría legal, revisión de documentos contractuales, gestión de reclamaciones y soporte jurídico en aspectos legales del proyecto.
- **Conductor:** Personal encargado del transporte del equipo técnico, movilización de personal, traslado de documentación y apoyo logístico para las actividades de inspección y supervisión en campo.
- **Contador:** Profesional responsable de la gestión contable y financiera del proyecto, elaboración de informes financieros, control presupuestal, nómina y cumplimiento de obligaciones tributarias.

- **Secretaria:** Asistente administrativa encargada de la organización documental, atención de correspondencia, archivo de información técnica, apoyo en elaboración de informes y gestión de comunicaciones del proyecto.
- **Topógrafo Inspector:** Profesional técnico responsable del control topográfico de la obra, replanteo de diseños, verificación de cotas y alineamientos, levantamientos para cubicación de cantidades y generación de planos record.
- **Inspector:** Técnico de campo encargado de la inspección diaria de actividades constructivas, verificación de procesos, control de calidad in situ y reporte de avances y novedades al residente de obra.
- **Laboratorista Inspector:** Técnico especializado en ensayos de materiales de construcción, control de calidad de suelos, agregados pétreos y mezclas asfálticas, ejecución de pruebas de compactación y certificación de cumplimiento de especificaciones.
- **Cadenero 1 y Cadenero 2:** Auxiliares de topografía encargados de apoyar las labores de levantamiento topográfico, replanteo, manejo de instrumentos de medición y toma de datos en campo para el control geométrico de la obra.

8. RECOLECCION, TRANSPORTE Y DISPOSICION DE ESCOMBROS.

Identificar las medidas ambientales para la actividad de recolección, transporte y disposición de escombros de manera técnica y acorde con las exigencias ambientales. Mediante la etapa de aplicación; ejecución y Operación el cual tendrá un tipo de medida como prevención y control.

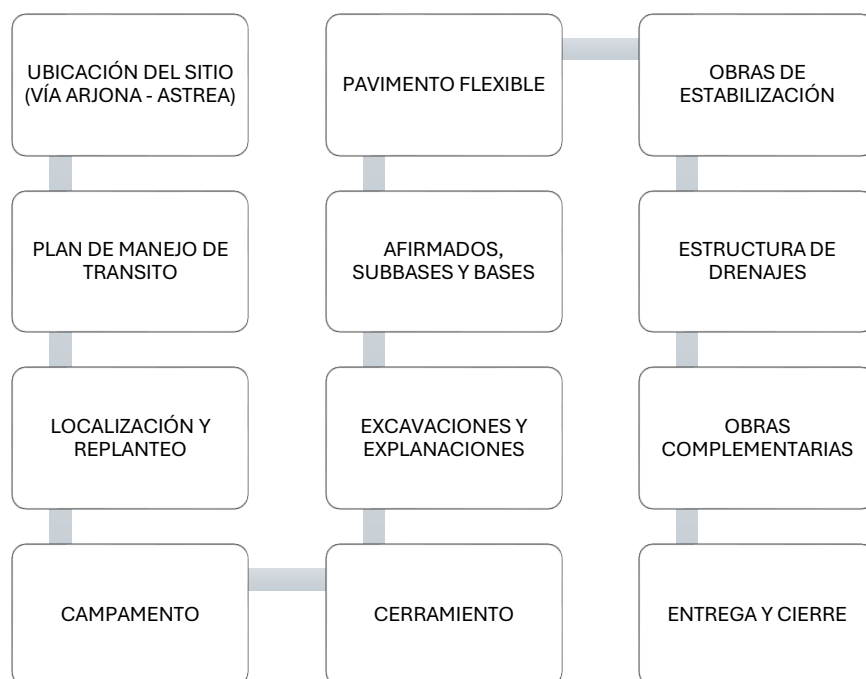
Se realizará inspección visual sobre las planillas de egreso de vehículos del sitio de la obra, planillas selladas por la escombrera, tiquete de la escombrera. Se entregará una relación de la cantidad de material transportado a las escombreras. Se le hará entrega mensual a la interventoría de los vales y/o certificado de la escombrera calificada por la autoridad ambiental competente, junto con el registro de salida de escombros mensual, en donde se estipulan los volúmenes evacuados de dicho material.

Se dispondrán los escombros en los sitios autorizados por la autoridad ambiental competente.

9. PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo comprende las distintas fases, ya sean sucesivas o superpuestas en el tiempo, necesarias para la ejecución de un proyecto de infraestructura, en este caso, la construcción de un puente vehicular. Su enfoque está en las actividades generales requeridas para materializar la estructura como un todo, sin entrar en la descripción detallada de cada uno de sus componentes.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso constructivo básico:



La Ilustración presenta un esquema del proceso constructivo básico, aunque cada proyecto puede requerir actividades adicionales según sus particularidades. La ejecución dependerá del constructor y los métodos empleados, siempre considerando los estudios de suelos, hidráulicos e hidrológicos del área.

Este documento se complementa con los modelos de diseño, especificaciones y presupuestos. Los Análisis de Precios Unitarios (APU) deben contemplar costos de materiales, desperdicios, aditivos, controles de calidad, mano de obra, impuestos,

equipos, transporte, servidumbres y demás gastos asociados al contrato, incluyendo administración e imprevistos.

Desde el inicio hasta la entrega de la obra, el constructor deberá señalizar las áreas de trabajo conforme a las normas de seguridad vigentes. También debe disponer de equipos adecuados y en cantidad suficiente para garantizar la ejecución del proyecto según los planos y plazos establecidos, manteniéndolos en óptimas condiciones para evitar retrasos. La entidad contratante podrá exigir el reemplazo o reparación de equipos inadecuados o que no cumplan con los requisitos de seguridad. Además, todos los equipos deberán contar con señalización para prevenir accidentes.

9.1 PRELIMINARES

Los preliminares son aquellas actividades necesarias para empezar la ejecución de la obra, tales como: localización y replanteo, cerramiento, conformación de la calzada existente, demolición de obras existentes (si se requieren), plan de manejo de tránsito según el caso de intervención por carriles o ancho completo.

9.1.1 Localización y replanteo de carreteras

Previamente a la iniciación de las obras de construcción se deberá efectuar el replanteo del eje de la infraestructura contratada. Este replanteo se hará a partir de los puntos y referencias materializados en la etapa de diseños.

La referencia planimétrica será el sistema de coordenadas empleado para el levantamiento del terreno y la referencia altimétrica se hará a partir de la cota de los puntos de amarre (BM).

Para evitar pérdidas del eje u otros elementos del proyecto, en campo, por efecto de las mismas obras de construcción, el constructor deberá colocar, a su cuenta y riesgo, nuevas referencias fuera del área de trabajo, que le permitan materializar el eje cada vez que sea necesario. Estas referencias deberán ejecutarse con los mismos criterios señalados antes.

Terminada la construcción del proyecto se deberá elaborar el plano de obra construida o “as Build” o plano “record” con las mismas especificaciones de los planos de diseño. Los planos deberán registrar el proyecto tal como fue construido incluyendo el proyecto de diseño y las modificaciones realizadas con aprobación de la interventoría

o de la entidad territorial. Estos planos deberán ser elaborados por el contratista a su exclusivo costo y previo a la liquidación del contrato.

Los planos deben estar debidamente firmados por el profesional o técnico encargado de su elaboración y se debe entregar en medio físico y en medio digital (formato de archivo de dibujo *.dwg) junto con copia de las memorias y carteras topográficas.

9.2 DEMOLICIONES

9.2.1 Demolición de estructuras

Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o en este caso alcantarillas existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición en las áreas aprobadas por el Interventor. Incluye, también, el retiro, cambio, restauración o protección de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras y equipos existentes; incluye también el suministro y conformación del material de relleno para zanjas, fosas y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

El equipo por utilizar es la Retroexcavadora sobre oruga, potencia 158 kw, balde de 1.5 m3, Compresor portátil de 70 a 120 HP, con martillo y Equipo de oxicorte y soldadura, capacidad de corte 6"-14".

9.2.2 Mejoramiento de la Subrasante involucrando suelo existente

El mejoramiento de subrasante consiste en el tratamiento y estabilización del suelo natural existente mediante procesos mecánicos de escarificación, homogeneización y compactación, con el objetivo de alcanzar las características geomecánicas requeridas según las especificaciones técnicas del proyecto. El proceso inicia con la verificación topográfica de las cotas de diseño y la caracterización del suelo in situ mediante ensayos de clasificación, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. Posteriormente se procede a escarificar el material existente hasta la profundidad especificada (generalmente 20 a 30 cm), retirando cualquier material orgánico, deletéreo o no apto, y pulverizando el suelo hasta obtener una granulometría adecuada con tamaño máximo de partículas de 75 mm.

Una vez disgregado el material, se realiza el proceso de acondicionamiento de humedad, ya sea mediante aireación si el suelo presenta exceso de agua, o mediante humectación con carrotanque si está muy seco, buscando alcanzar la humedad óptima de compactación ($\pm 2\%$). El material se homogeniza mediante pases cruzados de motoniveladora hasta lograr una mezcla uniforme en color, textura y contenido de humedad. Seguidamente se conforma la capa respetando las cotas de diseño, el bombeo transversal del 2% al 3% y controlando el espesor de capa suelta que no debe exceder los 30 cm. La compactación se ejecuta en tres fases: inicial con rodillo liso vibratorio en baja amplitud, intermedia con rodillo pata de cabra o neumático realizando de 4 a 6 pases, y final con rodillo liso en modo estático para sellar la superficie.

El control de calidad se realiza mediante ensayos de densidad de campo (cono de arena) cada 250 a 500 m², verificando que se alcance mínimo el 95% del Proctor Modificado con humedad dentro del rango especificado. Se debe verificar topográficamente las cotas cada 20 metros en el eje con tolerancia de ± 2 cm, controlar el bombeo transversal y el espesor compactado. Según el Artículo 220-13 de las especificaciones INVIAS. Es fundamental proteger la subrasante terminada contra la saturación por lluvias, asegurar pendientes adecuadas para evacuación de aguas, y en caso de no cumplir con los parámetros de compactación o calidad, se debe escarificar nuevamente, ajustar humedad y recompactar hasta alcanzar las especificaciones requeridas.

Durante todo el proceso se deben implementar medidas de seguridad industrial incluyendo señalización del área de trabajo, uso de EPP, coordinación de maquinaria y control de tránsito mediante el PMT establecido. Asimismo, se debe cumplir con el PAGA realizando control de emisiones de polvo mediante riego periódico, manejo adecuado de aguas de escorrentía, disposición apropiada de material sobrante en sitios autorizados y protección de la vegetación adyacente. Toda la actividad debe estar documentada mediante planillas de control topográfico, registros fotográficos, resultados de ensayos de laboratorio, informes diarios de avance y planos as-built, garantizando la trazabilidad del proceso constructivo y el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto vial.

9.2.3 Remoción de alcantarillas D<0.9m

La remoción de alcantarillas existentes con diámetro inferior a 0,9 metros comprende el conjunto de actividades necesarias para dismantelar y extraer de manera controlada las tuberías de drenaje obsoletas, deterioradas o que interfieren con el

nuevo diseño geométrico e hidráulico de la vía. El proceso inicia con la identificación y localización topográfica precisa de las alcantarillas a remover, verificando su diámetro, longitud, material de fabricación (concreto, metálica o PVC), profundidad de instalación y condiciones estructurales mediante inspección visual. Se establece la señalización y aislamiento del área de trabajo conforme al Plan de Manejo de Tráfico (PMT), delimitando una zona de seguridad perimetral que garantice la protección tanto del personal como de los usuarios de la vía. Posteriormente se procede con la excavación manual o mecánica alrededor de la tubería, descubriendo inicialmente los cabezales de entrada y salida, así como los costados de la estructura, teniendo especial cuidado de no dañar servicios públicos subterráneos existentes (redes eléctricas, telefónicas, acueducto) que puedan estar cercanos a la obra.

Una vez expuesta completamente la alcantarilla, se procede al desmonte de los cabezales y aletones en concreto mediante demolición controlada utilizando martillo neumático, compresor o retroexcavadora con martillo hidráulico, fragmentando el concreto en piezas manejables para su posterior cargue y retiro. La tubería se extrae mediante tracción con retroexcavadora o manualmente si las condiciones lo permiten, seccionándola en tramos de aproximadamente 2 a 3 metros para facilitar su manejo y transporte. El material producto de la demolición (concreto, tubería, acero de refuerzo) se clasifica, carga en volquetas y transporta hasta los sitios de disposición final autorizados por la autoridad ambiental, llevando registro del volumen removido y las planillas de disposición en escombrera. Durante todo el proceso se debe realizar manejo ambiental mediante control de material particulado con riego periódico, manejo de aguas de excavación con bombeo si es necesario, y protección de cauces naturales para evitar contaminación o sedimentación.

Finalmente, se procede al relleno y compactación de la excavación resultante utilizando material granular seleccionado en capas no mayores de 20 cm, compactando cada capa hasta alcanzar mínimo el 95% del Proctor Modificado, y conformando la superficie al nivel de la rasante existente o según lo indiquen los planos de diseño. Se debe verificar mediante topografía que las cotas finales coincidan con el diseño geométrico proyectado, realizar pruebas de densidad de campo para certificar la compactación adecuada, y documentar todo el proceso mediante registros fotográficos del estado inicial, durante la remoción y al finalizar los trabajos. Es fundamental coordinar estas actividades con la construcción de las nuevas obras de drenaje, evitando que se interrumpa el flujo natural de las aguas y previniendo inundaciones o erosión en el área de trabajo. Todo el personal involucrado debe contar con los elementos de protección personal requeridos (casco, botas de seguridad, guantes, gafas, chaleco reflectivo) y seguir estrictamente los procedimientos del

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) establecido para el proyecto.

9.2.4 Fresado de pavimento asfáltico con espesor de 7 cm

El fresado de pavimento asfáltico consiste en la remoción controlada y uniforme de la carpeta asfáltica existente mediante maquinaria especializada, con el objetivo de retirar el material deteriorado, corregir irregularidades superficiales, ajustar cotas de rasante o preparar la superficie para la colocación de una nueva capa de rodadura. Para un espesor de fresado de 7 centímetros, el proceso inicia con la verificación topográfica de las cotas existentes y proyectadas, marcando con pintura sobre el pavimento las áreas a intervenir, los límites laterales del fresado y estableciendo referencias de nivel cada 20 metros para control continuo de la profundidad. Se implementa el Plan de Manejo de Tráfico (PMT) mediante señalización vertical y horizontal, delimitación del área de trabajo con conos y cinta de seguridad, y coordinación con las autoridades de tránsito para establecer cierres parciales o totales de la vía según la envergadura de la operación. Previo al inicio del fresado, se verifica el estado mecánico de la máquina fresadora, la calibración de los controles de profundidad, el funcionamiento del sistema de riego para control de polvo, y la disponibilidad de volquetas suficientes para el cargue y retiro inmediato del material fresado (RAP - Reclaimed Asphalt Pavement).

La operación de fresado se ejecuta utilizando una máquina fresadora autopropulsada equipada con un tambor rotatorio que contiene dientes o picas de carburo de tungsteno, la cual se desplaza a velocidad controlada (generalmente entre 3 a 8 metros por minuto) sobre la superficie del pavimento, disgregando y removiendo el material asfáltico a la profundidad programada de 7 cm. El equipo cuenta con sensores automáticos de nivelación que garantizan una profundidad uniforme y constante, guiándose mediante un hilo de referencia, sistema láser o siguiendo el perfil de una superficie adyacente no fresada. El material removido es transportado mediante un sistema de bandas transportadoras hacia las volquetas que se posicionan lateralmente a la fresadora, avanzando simultáneamente con ella para recibir de manera continua el material fresado. Se debe verificar permanentemente la profundidad del fresado mediante regla graduada o escantillón cada 50 a 100 metros lineales, asegurando que se mantenga la cota de 7 cm en todo el ancho de la calzada. La textura resultante debe presentar estrías longitudinales uniformes con altura

aproximada de 3 a 5 mm, proporcionando una adecuada rugosidad superficial que garantice el anclaje de la nueva carpeta asfáltica.

Una vez finalizado el fresado, se procede a la limpieza exhaustiva de la superficie mediante barredora mecánica y sopladora de aire comprimido, removiendo completamente el polvo, partículas sueltas y residuos que puedan afectar la adherencia entre capas. Se realiza verificación topográfica final de las cotas resultantes con tolerancia de ± 5 mm respecto a la profundidad especificada, se inspeccionan visualmente posibles daños en la capa subyacente (base granular o capa asfáltica inferior) que requieran reparación previa, y se documentan mediante registro fotográfico y planillas de control. El material fresado (RAP) se transporta a la planta de asfalto o sitio de acopio autorizado para su eventual reutilización en nuevas mezclas asfálticas (hasta 20-30% de sustitución según especificaciones), llevando registro del volumen total removido expresado en metros cúbicos o toneladas. Durante toda la operación se deben implementar medidas de control ambiental incluyendo riego permanente para minimizar emisiones de material particulado, gestión de ruido mediante restricción de horarios nocturnos en zonas urbanas, y manejo de residuos conforme al PAGA. El personal operativo debe contar con EPP completo (protección auditiva, respiratoria, visual, casco, botas y chaleco reflectivo), y la superficie fresada debe protegerse del tránsito vehicular pesado hasta la colocación de la nueva carpeta, permitiendo únicamente tránsito controlado a velocidades reducidas para evitar daños en la capa base expuesta.

9.3 EXCAVACIÓN

9.3.1 Excavación sin clasificar de la explanación, canales y préstamos para conformación de vía y taludes-corte

Las excavaciones de tierra se llevan a cabo antes de comenzar con el movimiento de tierras. Primero se suele limpiar el terreno de plantas, malezas o basura que pueda haber en él. Esta acción se denomina despeje. Tras este proceso, comienza la excavación. La excavación, cuyo objetivo es alcanzar los cimientos, se puede realizar de dos maneras diferentes: de forma manual, usando pico y pala; o de forma mecánica con las excavadoras.

Antes de iniciar las excavaciones se requiere la aprobación, por parte del Interventor, de los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de

remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

Para los cortes se utilizará maquinaria (retroexcavadora) debido a que los cortes en su mayoría se limitan a los espesores de la capa de rodadura y base del pavimento. Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado; el material resultante será dispuesto en volquetas y llevados a un punto de acopio adecuado.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor. Si los trabajos de mejoramiento de la subrasante afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Constructor será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente

El equipo por utilizar es la Retroexcavadora sobre oruga, potencia 158 kw, balde de 1.5 m³, Buldozer, potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m, Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton y Compactador de rodillo potencia: 80HP, peso: 7 ton.

9.4 RELLENO

9.4.1 terraplén

El proceso constructivo de un terraplén para un proyecto vial inicia con la preparación del terreno. Esto incluye el despeje y desbroce del área, retirando vegetación, material orgánico y elementos inestables. Posteriormente se realiza la regularización y conformación de la superficie de apoyo, garantizando que tenga la pendiente y compactación adecuada para recibir los materiales del terraplén. En zonas con suelos débiles puede ser necesario mejorar la subrasante mediante estabilización, drenajes o la colocación de geotextiles.

Una vez preparada la base, se procede a la colocación de material de préstamo o material proveniente de cortes. Este material debe cumplir con las especificaciones granulométricas y de calidad establecidas en el proyecto. La colocación se realiza en capas sucesivas, generalmente entre 20 y 30 cm de espesor compactado, distribuidas de manera uniforme por motoniveladora o equipo similar para asegurar su correcta extensión y escarificación si es necesario.

Cada capa extendida debe ser compactada mediante equipo adecuado, como rodillos lisos, vibratorios o pata de cabra, dependiendo del tipo de suelo. Esta compactación se lleva a cabo hasta alcanzar la densidad exigida por la normativa o el diseño (generalmente un porcentaje del Proctor Modificado). Durante esta etapa se controla la humedad del material, ajustándola mediante riego o aireado para lograr la compactación óptima.

Finalmente, al alcanzar la cota final del terraplén, se realiza la conformación de la superficie y la verificación de pendientes transversales y longitudinales previstas en el proyecto. Se complementa con la instalación de drenajes superficiales y subterráneos para garantizar la estabilidad del terraplén y evitar acumulación de agua. El proceso se documenta mediante controles de calidad, ensayos de densidad y registros de obra para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

9.4.2 Pedraplén compacto

El proceso inicia con la preparación del terreno, que incluye el desbroce, retiro de materiales inadecuados y conformación de la superficie base. Esta superficie debe quedar nivelada y libre de materiales orgánicos, garantizando una adecuada capacidad portante. En algunos casos se coloca una capa geotextil separador para evitar la migración de finos o el deterioro del pedraplén.

Luego se procede a la colocación del material pétreo, compuesto por rocas de gran tamaño y alta resistencia. Este material se distribuye en capas de espesor controlado, usualmente entre 40 y 80 cm, dependiendo de la obra y del equipo de compactación. La colocación se hace mediante cargadores, volquetes o excavadoras, asegurando que no existan vacíos importantes y que la mezcla sea lo más uniforme posible.

A continuación, se realiza la compactación, que por la naturaleza del material requiere equipos pesados como rodillos vibratorios, rodillos pata de cabra modificados o compactación mediante el propio peso de maquinaria. La vibración favorece el reacomodo de las piedras y la reducción de vacíos. Se realizan pasadas sucesivas hasta lograr el grado de densificación especificado, verificándolo con ensayos de control como pruebas de placa de carga o mediciones de deformabilidad, debido a que la densidad tradicional no siempre es aplicable en pedraplenes.

Finalmente, se lleva a cabo el perfilado y control final, corrigiendo irregularidades y garantizando pendientes y cotas según diseño. Se verifica la estabilidad del talud, el amarre entre capas y la correcta transición hacia otras estructuras, como terraplenes de material fino. El proceso concluye cuando el pedraplén cumple con los requisitos de compacidad, geometría y seguridad definidos en el proyecto.

9.5 SUBBASE Y BASE

9.5.1 Subbase granular

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento, y son transmitidas a la cimentación. Para esta capa se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, que serán colocados sobre la superficie de la subrasante.

Para el proceso de conformación de la capa sub-base, se realiza el suministro de agregados granulares para su colocación en conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero supervisor.

ESCARIFICACION DEL MATERIAL. Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de sub-base granular, aquel se deberá escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto o indique el Interventor, y se conformará y compactará de manera de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la sub base granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm). Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el Interventor podrá autorizar que el material de sub-base granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de éste.

TRANSPORTE DEL MATERIAL DE SUBBASE Se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

EXTENCION Y CONFORMACION DEL MATERIAL Mientras el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de sub-base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes.



COMPACTACION Una vez que el material extendido de la sub base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada. La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

TERMINADO Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

CONTROL DE CALIDAD Según lo estipulado en la norma INVIAS durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, ordenará que se

acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación. Además, realizará las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados.

Tabla 320.3
Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	E-142	Una (1) vez por semana

9.5.2 Capa de base

TRANSPORTE DEL MATERIAL DE BASE Al igual que la subbase se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.



EXTENCION Y CONFORMACION DEL MATERIAL El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su Homogeneidad. En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución

granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

COMPACTACION Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.



TERMINADO Una vez terminada la compactación, el Constructor perfilará la superficie de la capa, ajustándola a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto.

APERTURA AL TRANSITO No se puede permitir el tránsito vehicular si el material no se ha compactado completamente, si es necesario que se de tránsito, este se debe distribuir de tal manera que no queden ahuellamientos sobre la superficie, si esto sucede el constructor debe responder por los daños producidos y repararlos.

CONTROL DE CALIDAD Según lo dice la norma durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación. Además, realizará las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados.

Tabla 330.3
Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Valor de azul	E-235	Una (1) vez por semana *
Densidad seca máxima	E-142	Una (1) vez por semana

9.6 PAVIMENTO

9.6.1 Mezcla asfáltica

La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas y previamente especificadas.

Tabla 400.3
Especificaciones del cemento asfáltico

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN			
			60-70		80-100	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	60	70	80	100
Índice de penetración	-	E-724	-1	+1	-1	+1
Viscosidad absoluta (60° C)	P	E-716 o E-717	1500	-	1000	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99	-	99	-
Contenido de agua	%	E-704	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland	°C	E-709	230	-	230	-
Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163°C, 75 minutos).	%	E-720	-	1.0	-	1.0
Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento (E-720), en % de la penetración original.	%	E-706	52	-	48	-
Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento (E-720).	°C	E-712	-	5	-	5

Riego de imprimación

Tabla 400.7
Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA DE ENSAYO INV	MC 30	
			min	máx
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	° C	E-710	38	—
Viscosidad cinemática (60°C)	cSt	E-715	30	60
Viscosidad Saybolt Furol (25°C)	s	E-714	75	150
Destilación:				
Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360°C) :		E-723		
A 225°C	%		—	25
A 260°C	%		40	70
A 316°C	%		75	93
Residuo de destilación a 360°C (% en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayo sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25°C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25°C , 5 cm/minuto)	cm	E-702	100	—
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99.5	100

La función de la imprimación es proteger la superficie de la base una vez ha sido compactada, la cual consiste en el suministro y aplicación de un riego de material asfáltico, incluyendo la colocación del material secante.



TRANSPORTE DE LA MEZCLA Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la

máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación. Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

EXTENSION DE LA MEZCLA La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

COMPACTACION Una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos. La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua. Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente. La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este Artículo y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.



9.7 ESTRUCTURAS Y DRENAJES (ALCANTARILLAS, BOX CULVERT Y CUNETAS)

9.7.1 Excavaciones varias sin clasificar de la explanación de canales y préstamo para alcantarillas y cunetas

Comprende el retiro de toda la capa orgánica y vegetal, así como escombros, residuos, mezcla, etc. de la zona a intervenir demarcada en la localización arquitectónica del proyecto que se va a construir. Incluye el corte, carga y retiro de sobrantes.

Se requiere adelantar excavaciones manuales para la disposición de las riostras de sección transversal 0,20 m de ancho, 0,25 m de alta y el ancho correspondiente entre los bordes internos de las cunetas. Si existe la necesidad de retirar material existente por su deterioro o pérdida de funcionalidad, se requerirá incluir la cuantificación de lo retirado y por ende, del material a usar como reemplazo. Incluye el corte y el transporte de material sobrante.

Movimiento de tierras en volúmenes pequeños y a poca profundidad bajo la rasante, necesarios para la construcción de canal de disipación. Por regla general, se realizan donde no es posible realizarlo por medios mecánicos. Incluye cargue y retiro de sobrantes.

El equipo por utilizar es el Compresor portátil de 70 a 120 HP, con martillo y Retroexcavadora sobre oruga, potencia 158 kw, balde de 1.5 m³.

9.7.2 Rellenos para estructuras con recebo

El material seleccionado tipo recebo que se autorice para rellenos de andenes compactados se extenderá en capas aproximadamente horizontales y de 15 cm de espesor, suelto. Antes de compactar cada capa, se procederá a retirar los granos mayores de 10 centímetros y a desmenuzar los terrones orgánicos que pueda haber en los materiales, utilizando rastrillo de discos u otro equipo similar; en caso de que no

sea posible la destrucción de estos grumos, deberán retirarse del relleno o terraplén. Una vez que se estime que el contenido de la humedad y el espesor del material son satisfactorios, se procederá a su compactación hasta obtener una densidad del 95% de la densidad máxima seca obtenida en el ensayo Proctor Standard.

En el material seleccionado tipo recebo las capas horizontales serán de 0.20 metros de espesor y siempre y cuando se haya comprobado, como en el caso anterior la humedad y las condiciones del material, se procederá a su compactación, usando el equipo adecuado, hasta obtener la compactación requerida.

El equipo por utilizar es el Compactador manual (saltarín) peso de operación (kg.) 52, fuerza de impacto por golpe (KN) 12.

9.7.3 Concreto Clase D reforzado de resistencia 21 MPa para cajón, aletas, base aletas, placa solera y guarda ruedas de box culverts

Cada cierto trayecto necesario disponer de cabezales para el desagüe de caudales presentes en la vía ya sea por escorrentía o por cauces menores, su construcción se hará con concreto de 210 kg/cm² y acorde con los detalles descritos en planos.

Para su construcción, se deben considerar las cotas de las cajas de recolección y la posterior entrega de las aguas recogidas.

La medida se hará por metro cúbico (m³) de concreto debidamente ejecutado y aceptado por la Residencia de, medido en su posición definitiva, de acuerdo con los alineamientos, pendientes, cotas y dimensiones mostradas en los planos y su pago se hará a los precios contemplados en el contrato.

Se realiza figurado de acero para la construcción de solera y aletas. Ya teniendo organizado el acero de la solera se realizará la fundición en concreto de la solera, se debe dejar el acero de las aletas empotrado en la solera.

Se realizará formaleta en madera para la construcción de las aletas en concreto de resistencia de 21 MPa de acuerdo con las medidas especificadas en el diseño.

Se procede a la realización del muro o bordillo que encontrara en la parte superior de la alcantarilla, previo a esta construcción el acero se debe encontrarse traslapado a las aletas. Se funde en concreto para la terminación de la alcantarilla.

Este procedimiento es repetitivo en los lugares donde se va a construir las obras de arte de la vía.

El equipo por utilizar es el Aspersor manual de 20 litros y Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros

9.7.4 Concreto Clase D reforzado de resistencia 21 MPa para para losas, pantallas laterales, diente y dissipador de energía de aliviaderos

Para cada obra de arte es necesario disponer de dissipadores para el desagüe de caudales presentes en la vía por escorrentía y transportado por las cunetas, su construcción se hará con concreto de 210 kg/cm² y acorde con los detalles descritos en planos.

Para su construcción, se deben considerar las cotas de recolección y la posterior entrega de las aguas recogidas.

La medida se hará por metro cúbico (m³) de concreto debidamente ejecutado y aceptado por la Residencia de, medido en su posición definitiva, de acuerdo con los alineamientos, pendientes, cotas y dimensiones mostradas en los planos y su pago se hará a los precios contemplados en el contrato.

Se realiza figurado de acero para la construcción de losa de fondo, losa vertical, pantallas laterales y diente. Ya teniendo organizado el acero de la losa de fondo se realizará la fundición en concreto de esta, se debe dejar el acero de las pantallas laterales empotrado en la losa de fondo.

Se realizará formaleta en madera para la construcción de las pantallas laterales en concreto de resistencia de 21 MPa de acuerdo con las medidas especificadas en el diseño.

Se procede a la realización del dissipador de energía que encontrara en la parte superior de las losas verticales, previo a esta construcción el acero se debe encontrarse traslapado a estas. Se funde en concreto para la terminación del canal del aliviadero.

Este procedimiento es repetitivo en los lugares donde se va a construir los aliviaderos de la vía.

El equipo por utilizar es el Aspersor manual de 20 litros y Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros.

9.7.5 Concreto Clase F simple de resistencia 14 MPa para solado de limpieza

Concreto de limpieza de 105 kg/cm² que se aplica al fondo de las excavaciones de las vigas riostras, con el fin de proteger el piso de los cimientos y el refuerzo del mismo, de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno. Espesor capa de concreto de 0,03 m.

Seguidamente realizamos concreto de limpieza (solado) de concreto reforzado de resistencia de 14 MPa, para la ubicación de la losa de fondo. Este solado de limpieza tendrá un espesor de 5 cm y se instalará sobre el fondo limpio y nivelado de la excavación

Concreto de limpieza de 105 kg/cm² que se aplica al fondo de las excavaciones de las losas de fondo, con el fin de proteger el piso de los cimientos y el refuerzo del mismo, de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno. Espesor capa de concreto de 0,05 m.

9.7.6 Concreto Clase G simple de resistencia 14 MPa para protección de taludes, control de la erosión y protección en las obras hidráulicas

Después de construidas las obras hidráulicas y en los taludes requeridos se procederá a la fundición de una capa de 20 cm en la zona de descole de las obras hidráulicas y en la superficie del talud en concreto ciclópeo para protección contra la erosión producto de la socavación del agua, la piedra rajón de este no debe ser mayor que el espesor antes mencionado.

El concreto ciclópeo será tipo G, Clase F, roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica; en una proporción de 40%. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1).

El equipo por utilizar es el Aspersor manual de 20 litros y Vibrador de concreto, potencia aproximada de 3 hp, mangueras de 4 a 6 metros.

9.7.7 Acero de refuerzo Fy 420 MPa

Colocación de los elementos de las juntas. Los elementos de las juntas del pavimento de concreto hidráulico se deberán colocar de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto.

Colocación de los pasadores. Los pasadores se colocarán paralelos entre si y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta transversal, de acuerdo con lo que establezcan los planos del proyecto. Se deberá dejar una referencia precisa

que defina dicha posición a la hora de completar la junta. La máxima desviación permisible, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto a la teórica será de veinte milímetros (20 mm). La máxima desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, será de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o de cinco milímetros (5 mm), medidos antes del vaciado del concreto, si se colocan previamente al mismo. Inmediatamente antes de su instalación, los pasadores deben ser recubiertos al menos en una de sus mitades con material lubricante, previamente aprobado por el Interventor, para que se impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto; el recubrimiento deberá ser colocado de manera que se forme una película de lubricación delgada y uniforme, sin que se presenten acumulaciones.

Colocación de las barras de amarre. Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, éstas se deberán instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los planos. Deberán quedar aproximadamente a mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta. Cuando la pavimentación se realice entre formaleas fijas, las varillas se insertarán manualmente dentro de las formaleas, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Colocación de armaduras. En los pavimentos de tipo armado con juntas, las armaduras, que se encontrarán libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otras materias que puedan afectar la adherencia del acero con el concreto, se colocarán en los sitios y con la forma establecidos en los planos, sujetándolas, de ser preciso, para impedir todo movimiento durante la colocación del concreto.

Si se disponen sobre soportes, éstos deberán aguantar una fuerza puntual de dos y medio kilo Newton (2.5 kN) sin deformación visible. Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y el recubrimiento de éstas, cuando se trate de la armadura superior, se deberá encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm - 80 mm).

El equipo por utilizar es la Cizalla manual de 90 cm.

9.7.8 Tubería de plástico tipo PVC alcantarillado, norma NTC 3722-3, de diámetro 110 mm

El objetivo la tubería de los filtros o subdrenes para vías es evitar la saturación total de la estructura, captando, conduciendo y evacuando el agua que pueda entrar en la estructura del pavimento.

La construcción de filtros es de vital importancia para el diseño de la vía ya que impide que el agua penetre su estructura, compuesta por sub-base granular, base granular y carpeta asfáltica. El filtro está construido en el lado derecho de la vía, permitiéndole así captar el agua proveniente de la escorrentía de las laderas y taludes, la cual se infiltra por medio del geotextil y del material granular, luego es transportada por la manguera que tiene pequeños orificios, para captar el agua, finalmente es depositada en las alcantarillas de encole.

- Tubería perforada de PVC

La tubería para drenaje debe ser muy liviano, fácil de transportar e instalar rollo de 150 metros puede ser cargado por una persona sin esfuerzo alguno. Esta tubería extruida con la mejor resina de PVC, es prácticamente irrompible, resistente a la corrosión y a los agroquímicos. Tolerancia cualquier grado de acidez del suelo y es inmune a los agentes bioquímicos. No existe hoy en día un sistema más eficiente y confiable que el sistema de drenaje con tubería corrugada.

Para iniciar con la construcción de filtros, primero que todo se debe revisar el diseño y las dimensiones del filtro a construir. Para las vías a intervenir se definió que el filtro debería cumplir las siguientes medidas, 60 cm de profundidad o altura x 100 cm de ancho, para luego ser cubierto por un espesor de 15 cm de material de recebo, debidamente compactada.

Una vez revisadas las dimensiones del filtro el constructor se encarga de llevar y acopiar los materiales al sitio de trabajo, igualmente de ubicar dos personas encargadas de controlar el tráfico separados, a una distancia de 300 metros mientras se realiza la actividad.

Luego de ubicar los materiales y la maquinaria en el lugar de trabajo, el retro cargador o pajarita inicia con la excavación en la cual se va a extender el geotextil. Esta excavación es controlada por un ayudante, quien es él encarga de verificar que las medidas de la excavación sean las mismas que se han escrito en el diseño, además avisarle al operador del equipo en caso de que se esté sobre excavando.

El material producto de la excavación es cargado por el equipo sobre una volqueta, cuyo conductor se encarga de transportarlo y deposita en un botadero o zedme

cercano, el cual se debe encontrar a una distancia mínima en km por razones de costo de transporte. Se dispone de dos o tres volquetas para cargar el material, ya que mientras una va al botadero otra se encuentra cargando esto con el fin de agilizar y no tener el retro cargador parado.

Al realizar unos 80 mts a 100 mts de excavación la cuadrilla de obra, inician con la extensión y colocación del geotextil sobre la excavación. Para tensionar el geotextil sobre la excavación, los ayudantes emplean trozos de varillas de 3/8 de 20 cm de largo, la cual es clavada mediante el uso de una maseta en los extremos del geotextil.

Luego de terminar de extender y colocar el geotextil sobre la excavación se procede al llenado del filtro con material filtrante, en este caso piedra de filtro de 3 pulgadas de diámetro, material que llega a la obra en una volqueta que se descarga sobre el cucharón del retro cargador o pajarita. Esto con el fin de evitar que el material filtrante caiga en la vía y corra el riesgo de contaminarse con barro ya que la suciedad de la piedra en un futuro puede ocasionar el taponamiento del filtro.

El descargue del material filtrante sobre el cucharón del retro cargador, es controlado por un ayudante encargado de avisarle al operador de la volqueta, cuando debe subir o bajar el volcú del equipo. Una vez cargado el material filtrante, el operador del retro cargador inicia con llenado del filtro el cual inicialmente se llena solo una capa de 5 cm y sobre ella se extiende la tubería del filtro, para luego ser tapada completamente.

Una vez colocada la tubería sobre la capa de 5 cm de material filtrante, se continúa con el lleno del filtro que a su vez es controlado por dos ayudantes, y mediante picas van acomodando y distribuyendo la piedra de forma homogénea sobre el filtro, esto con el fin de darle un buen acabado al filtro.

Al terminar de llenar completamente el filtro se inicia el retiro de los trozos de varilla de 3/8 que tensionaban el filtro, luego se procede a recubrir y cocer sus dos extremos empleando una aguja y una cuerda. Los ayudantes como se ha venido diciendo, deben tener una muy buena práctica para realizar esta actividad, ya que del buen amare y cocido del filtro depende su vida útil. También es importante tener precaución de no romper el geotextil mientras lo están pisando.

Finalmente, luego de cocer el filtro se inicia con la cobertura de este mediante la extensión y compactación de material granular de recebo. Esta actividad es realizada por la motoniveladora la cual se encarga de extender el material sobre el filtro y por último el compactador manual vibratorio compacta y sella la capa granular.

9.7.9 Tubería de concreto reforzado de 900 mm de diámetro interior

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas y su colocación; las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

Materiales

Tubería. La tubería que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de materiales, diseño y manufactura establecidos en la especificación AASHTO M170M y NTC 401. La clase de Tubería y su diámetro interno se deberán indicar en los planos del proyecto. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deberán ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera que brinden un conducto continuo y libre de irregularidades en la línea de flujo.

Los requisitos de resistencia al agrietamiento y rotura que deben cumplir los tubos son los especificados en la norma NTC 401.

Material para solado y atraque. El solado y el atraque se construirán con material para subbase granular.

Sello para juntas. Las juntas para las uniones de los tubos se sellarán con empaques flexibles que cumplan la especificación AASHTO M-198 y/o NTC 1328, mortero o lechada de cemento. Si se emplea mortero, éste deberá ser una mezcla volumétrica de una (1) parte de cemento Portland y tres (3) de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

Ejecución de los trabajos

Cuando la tubería se vaya a colocar en una zanja excavada, el ancho de ésta deberá ser igual al diámetro más exterior de los tubos más sesenta centímetros (60 cm), salvo que el Interventor o los planos ordenen un valor diferente.

La tubería se colocará sobre el relleno de material granular conformado y terminado, comenzando en el extremo de descarga, con el extremo de la ranura o campana colocado en la dirección del nivel ascendente y con todo el fondo de la tubería ajustado con los alineamientos, las cotas y la posición que indiquen los planos. Las juntas se sellarán de acuerdo con materiales y procedimientos adecuados para el tipo de tubería

usada, tal como lo contemplen los planos del proyecto. Si se emplea mortero o lechada de cemento.

Una vez colocada y asentada la tubería sobre el lecho de material granular, éste se deberá aumentar y compactar en capas a los lados de la tubería y hacia arriba, al mismo nivel de densidad exigido para el solado. Si las juntas de la tubería se han sellado con lechada o mortero, el atraque sólo se efectuará cuando el sello haya endurecido lo suficiente para que no sea fácilmente dañado.

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

Equipo

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

9.7.10 Cuneta de concreto vaciada in situ; incluye la conformación de la superficie de apoyo

Cuando la cuneta no tenga adyacente una estructura de piso que impida su volcamiento o desplazamiento ante el empuje, se debe construir un contrafuerte con recebo, el cual se mezclará con 3% de cemento en volumen, de forma rectangular cuya base hacía atrás del elemento, debe tener 0.3 m de ancho y cuya altura debe ser igual a la altura del elemento, más 0,19 m.

Para el caso de las cunetas del proyecto, estas deben ser construidas de acuerdo con las formas y dimensiones y en los sitios señalados en los planos de diseño, generalmente con una sección triangular de 1 m de ancho total, distribuido 0,96 m al lado de la calzada y 0,04 m del lado del talud y 0,20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20,8% y un espesor de 0,10 m, debe ser acorde con la topografía presente generando una sección que permita la canalización de las aguas de escorrentía.

El método de construcción podrá ser de tipo ajedrezado o fundida continua con el uso de dilataciones en madera. Posteriormente, las juntas que se generen en las cunetas también deben ser selladas.

El constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, acorde a la resistencia exigida; transportarla y entregarla, conforme se establece en la especificación correspondiente del INVIAS.

El proceso constructivo corresponderá con el diseño de módulo de cuneta con longitudes no mayores a 1 m, en el cual se construirán los elementos de forma alternada y posteriormente se podrá realizar el sello de juntas.

Nota aclaratoria: En caso de presentarse un peralte invertido se construirá únicamente hacia el mismo sentido del peralte, las cunetas correspondientes a este costado, para la conducción del agua superficial.

El equipo por utilizar es el Compactador manual vibratorio (rana) con motor de 6 hp.

9.8 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD

9.8.1 Línea de demarcación con pintura en frío

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y aplicación de pintura de tráfico de aplicación en frío, reflectorizada con microesferas de vidrio para líneas y marcas viales sobre un pavimento, de acuerdo con las dimensiones y colores que indiquen los planos del proyecto o establezca el Interventor.

- Selección del material de demarcación por utilizar

Se utilizarán resinas termoplásticas o materiales prefabricados de larga duración o plásticos de dos componentes de aplicación en frío, en la demarcación de carreteras con superficie de calzada en buen estado y tránsito promedio diario superior a cinco mil vehículos (>5000 veh). Igualmente, se deberán utilizar estos materiales en las líneas centrales, en carreteras de tipo montañoso en buen estado, con tránsito promedio diario superior a dos mil quinientos vehículos (>2500 veh). Las demás demarcaciones se harán con pinturas de aplicación en frío.

- Preparación de la superficie

La superficie que va a recibir el material de demarcación deberá estar seca y libre de polvo, grasa, aceite y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. La limpieza se efectuará por cualquier procedimiento que resulte aceptable para el Interventor. Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de aquella, antes de proceder a la aplicación de la pintura. Cuando

las líneas o marcas viales vayan a ser realizadas sobre un pavimento de concreto hidráulico, se deberán eliminar de la zona de colocación todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del concreto, que aún se encuentren sobre la superficie. El material de demarcación se aplicará sobre superficies rugosas que faciliten su adherencia; por lo tanto, aquellas superficies excesivamente lisas de morteros o concretos se tratarán previamente mediante chorros de arena, frotamiento en seco con piedra abrasiva de arenilla gruesa o solución de ácido clorhídrico al cinco por ciento (5%), seguida de posterior lavado con agua. Las superficies de morteros o concretos hidráulicos que presenten eflorescencias, se humedecerán con agua aplicando a continuación, con una brocha, una solución de ácido clorhídrico al veinte por ciento (20%) y frotando, pasados cinco (5) minutos, con un cepillo de cerdas de acero, lavando a continuación con bastante agua para remover el ácido. Antes de iniciar las operaciones de demarcación, el Constructor efectuará un cuidadoso replanteo que garantice, con los medios de demarcación de que disponga, una perfecta terminación. En caso de no tener un mejor sistema de referencia, se deberá crear una guía de referencia con puntos de 30 mm de diámetro espaciados preferiblemente cada 0.50 metros y máximo entre 5 y 10 metros, en curva y recta respectivamente, los cuales se realizarán con la misma pintura con la que se ejecutará el trabajo.

- Pintura de aplicación en frío

La pintura se deberá aplicar longitudinalmente a lo largo de la vía, en un ancho de doce centímetros (12 cm), empleándose entre cincuenta y tres y cincuenta y seis (53 y 56) litros de pintura por kilómetro de línea efectiva aplicada, obteniéndose un espesor húmedo de treinta y ocho centésimas de milímetro (0.38 mm) (15 mils) y la microesfera a razón de ochocientos cuarenta gramos por litro (840 g/l) de pintura. El Constructor someterá a estudio y aprobación del Interventor, el sistema de aplicación de la microesfera de vidrio; ésta se puede aplicar a presión o por gravedad, teniendo en cuenta que la contracción que se presenta en el ancho de la lámina de la microesfera, cuando se aplica de la segunda forma, no sea menor que el ancho de la línea a demarcar, que la cantidad de microesfera sea homogénea en todo el ancho de la línea, que en ningún momento debe haber deficiencia en los extremos, ni exceso en la parte central de la línea y que cuando se aplica línea intermitente, caiga microesfera en toda la longitud de ella. Cuando la microesfera se aplica a presión, se deberá regular la fuerza del compresor de manera tal, que se permita la mayor cantidad de este producto atrapada sobre la pintura húmeda.

- Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la aplicación de pintura en instantes de lluvia, ni cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea inferior a cinco grados Celsius (5oC). No se permitirá la aplicación de resina termoplástica en instantes de lluvia, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a doce grados Celsius (12 oC) o la temperatura del pavimento sea inferior a nueve grados Celsius (9 oC). Durante el calentamiento del termoplástico, nunca se deberá exceder de doscientos treinta y dos grados Celsius (232 oC). El material termoplástico se podrá recalentar, como máximo tres (3) veces. Nunca se deberá mantener el material termoplástico por encima de doscientos cuatro grados Celsius (204 oC) durante más de seis horas.

Cuando se aplique material termoplástico sobre concreto hidráulico o sobre un pavimento asfáltico con agregados expuestos, se deberá aplicar previamente, un imprimante para mejorar el enlace de unión entre el pavimento y el termoplástico. No se deberá aplicar termoplástico cuando haya humedad en el pavimento. Para determinar su existencia, se deberá hacer la siguiente prueba: pegar en la superficie del pavimento con cinta de enmascarar o cualquier otro tipo de cinta, un trozo de plástico delgado de aproximadamente cincuenta centímetros cuadrados (50 cm²), teniendo cuidado de sellar todos los bordes. Después de quince (15) minutos se examinan el plástico y la vía y si hay agua condensada en alguno de ellos, se considerará que el pavimento está húmedo. Tampoco se podrán aplicar elementos de demarcación cuando, a juicio del Interventor, el viento sea muy fuerte, igual o superior a 25 kilómetros por hora (≥ 25 Km/h), a menos que el Constructor utilice barreras u otros dispositivos que disminuyan la velocidad del viento en la zona de aplicación, y, en el caso de la pintura cuando la temperatura de la superficie a demarcar sea superior a cuarenta grados Celsius (> 40 oC), a no ser que el fabricante de la pintura recomiende su aplicación a estas temperaturas.

No se permitirá la colocación de las líneas de demarcación o de marcas viales en áreas agrietadas de pavimento, con desplazamientos o donde existan fallas del material de la base subyacente.

El equipo por utilizar es la Camioneta de estacas 4x4 y Vehículo delineador para aplicación de pintura con mínimo 2 boquillas (NTC 4744-2).

9.8.2 Señal vertical de tránsito tipo SR, SP y/o SI, tablero en lámina con lamina retrorreflectiva tipo IV (60x60 cm)

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de señales verticales de tránsito, conforme lo establezcan los planos del proyecto o lo indique el Interventor.

El diseño de las señales verticales, los mensajes y los colores, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en el "Manual de Señalización Vial".

Ubicación lateral

Las señales se instalarán en los sitios que indiquen los planos del proyecto o defina el Interventor.

Su colocación se hará al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de tal forma que el plano de la señal forme con el eje de la vía un ángulo comprendido entre ochenta y cinco grados (85°) y noventa grados (90°), a las distancias del borde de la calzada indicadas en los planos o en el capítulo de señalización vertical del "Manual de Señalización Vial". Todas las medidas deberán ser realizadas por una comisión de topografía.

No obstante, y con el fin de complementar la señalización, en vías multicarriles se podrán colocar en los dos lados de la vía; así mismo, de no existir completa visibilidad en el lado derecho, se permitirá colocar una señal adicional a la izquierda.

Ubicación longitudinal

En la sección correspondiente del capítulo de señales verticales de tránsito del "Manual de Señalización Vial", publicado por el Ministerio de Transporte de Colombia, se definen los criterios para la colocación de ellas a lo largo de la vía.

La ubicación de la señal reglamentaria SR-26 (prohibido adelantar), tanto para curva horizontal como vertical, se deberá realizar aplicando lo expresado en el "Manual de Señalización Vial", haciendo mediciones sobre los planos del proyecto o directamente en el terreno utilizando cuerdas de longitudes iguales a la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento necesaria para la velocidad de diseño de la vía, encontrándose de esta manera los sitios precisos de los inicios de la prohibición de esta maniobra.

Deberá existir una correspondencia entre la demarcación horizontal y la señalización vertical, y el inicio de la línea continua deberá corresponder con la señal SR-26 de prohibido adelantar.

Altura

La altura de la señal instalada, medida desde el extremo inferior del tablero hasta el nivel de la superficie de rodadura no deberá ser menor de un metro con ochenta centímetros (1,80 m), para aquéllas que se instalen en el área rural. Los delineadores de curva horizontal se instalarán a una altura aproximada de un metro con cincuenta centímetros (1.50m), medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del pavimento.

En áreas urbanas, la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del andén no deberá ser menor de dos metros (2.0 m).

Las señales elevadas se deberán colocar sobre estructuras adecuadas, en forma tal que presenten una altura libre mínima de cinco metros (5.0 m) sobre el punto más alto de la rasante de la vía.

Excavación

El Constructor efectuará una excavación cilíndrica de veinticinco centímetros (25 cm) de diámetro y sesenta centímetros (60 cm) de profundidad, para el anclaje de la señal.

Con el fin de evitar que la señal quede a una altura menor a la especificada cuando se instale en zonas donde la carretera transcurre en terraplén, en este caso la excavación sólo se realizará en una profundidad de treinta centímetros (30 cm) pero el Constructor deberá, además, instalar una formaleta de la altura necesaria para que al vaciar el concreto, la señal quede correctamente anclada y presente la altura especificada.

Instalación de la señal

El tablero se deberá fijar al poste mediante tornillos de dimensiones mínimas de cinco dieciseisavos de pulgada (5/16") por una pulgada (1"), rosca ordinaria, arandelas y tuercas, todo galvanizado, a los cuales se les deberán dar golpes para dañar su rosca y evitar que puedan ser retirados fácilmente. Además, se deberán instalar cuatro (4) remaches a diez centímetros (10 cm) de distancia, medidos desde los tornillos hacia

el centro de la cruceta. También se podrán utilizar otros sistemas de aseguramiento que impidan el retiro del tornillo o elemento de fijación.

El equipo por utilizar es la Camioneta de estacas 4x4.

9.8.3 Tacha Reflectiva

Este trabajo consiste en el suministro, almacenamiento, transporte y colocación de tachas reflectivas en la superficie del pavimento, utilizando adhesivos adecuados para que resistan el tránsito automotor sin desprenderse, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Tachas. Las tachas estarán elaboradas con materiales metálicos, plásticos o similares de alta resistencia y el material reflectivo deberá ser vidrio o acrílico, de forma prismática, o esférica

Las tachas retrorreflectivas se clasificarán por el tipo, color y características de sus superficies.

Tipo A: Tacha retrorreflectiva bidireccional de un solo color.

Tipo B: Tacha retrorreflectiva unidireccional de un solo color.

Tipo C: Tacha retrorreflectiva unidireccional de dos colores (con una cara retrorreflectiva roja y con la cara opuesta de superficie blanca no retrorreflectiva).

Tipo D: Tacha retrorreflectiva bidireccional, de dos colores.

Color de las tachas retrorreflectivas

B: Blanco

A: Amarillo

R: Rojo

AZ: Azul

V: Verde

Materiales y dimensiones

- Las tachas deben ser de grado reflector prismático.

- El área retro reflectiva será moldeada con material metil-metacrilato (véase la norma ASTM D788, Grado 8), metil metacrilato modificado para impacto (véase la norma ASTM D788 y la nota 2) o policarbonato (véase la norma ASTM D3935, Grado PC110B34750).
- La altura de la tacha no deberá exceder 20.3 mm (0.8 pulgadas).
- El ancho de la tacha no deberá exceder 130 mm (5.1 pulgadas).
- El ángulo entre la cara y la base de la tacha no será mayor de 45°.
- La base de la tacha deberá estar completamente libre de barniz o sustancias que pudieran reducir su fijación con el adhesivo.
- La base de la tacha deberá ser plana dentro de 1.3 mm (0.05 pulgadas). Si el fondo de la tacha es corrugado, las caras más salientes de la configuración no se deberán desviar más de 1.3 mm (0.05 pulgadas) de superficie plana.
- Se puede aceptar, otro tipo de construcción siempre y cuando llene los requisitos de desempeño de esta norma.

Resistencia a la adhesión

Para tachas de fondo plano, la resistencia a la adhesión, medida de acuerdo con el numeral 9.1 de la norma NTC 4745, debe ser mínimo 3.4 Mpa (500 psi).

Las tachas de fondo plano que pasen este ensayo con adhesivo epóxico, se consideran también aceptables para uso con adhesivo bituminoso y termoplástico alquídico.

Ejecución de los trabajos

El Constructor deberá localizar las marcas sobre el pavimento de acuerdo con los planos de señalización y las instrucciones del Interventor.

La distancia de colocación de las tachas se debe determinar en función de la velocidad de operación del tramo de la vía, no debe generar contaminación visual o incomodidad al usuario que observaría una o más tachas por cada segundo de recorrido.

En tramos rectos de más de 1 km las tachas se deben instalar máximo cada 36 m en forma continua o cada 48 m en forma de “tres bolillo”.

En tramos rectos de menos de 1 km las tachas se deben instalar máximo cada 24 m en forma continua o cada 36 m en forma de “tres bolillo”.

En curvas, dependiendo del radio de ellas, tanto en el eje como lateralmente las tachas se ubican como se indica en la tabla.

RADIO DE LA CURVA, m	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE TACHAS, m
Menos de 20	6
Entre 20 y menor a 50	8
Entre 50 y menor a 100	12
Entre 100 y menor a 200	18
Mayor a 200	24

Preparación de la superficie

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de aquella, antes de proceder a la aplicación de las tachas.

Los sitios elegidos para la colocación de las tachas se deberán limpiar de polvo, barro, grasa, suciedad y cualquier otro elemento extraño cuya presencia atente contra la correcta adhesión de la tacha al pavimento. Para ello, se podrá emplear cualquier procedimiento que resulte satisfactorio para el Interventor.

Las tachas se colocarán en los sitios previamente localizados fijándolas con el adhesivo. Éste se deberá preparar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su cantidad a utilizar dependerá del estado de la superficie del pavimento.

Si se emplea un adhesivo epóxico, se recomienda no preparar más cantidad de adhesivo del que se pueda utilizar en 10 minutos.

El adhesivo se aplicará con una espátula a la base de la tacha o a la superficie del pavimento, en una cantidad tal, que cubra toda la superficie de contacto sin presentar vacíos, más un leve exceso.

Las tachas se deberán colocar tan pronto como sea posible, con un procedimiento que asegure que, respecto del eje de la vía, no sufrirá desviaciones mayores que 2 mm, medidos en los extremos. Una vez instalada la tacha, se deberá presionar hasta que el pegamento salga por los bordes. Todo exceso de adhesivo se deberá limpiar y retirar inmediatamente. No se aceptará, por ningún motivo, que alguna traza de pegamento quede sobre la cara reflectante de la tacha.

Una vez colocadas las tachas, el Constructor deberá retirar del sitio de los trabajos todos los equipos, señales y materiales sobrantes, disponiéndolos en lugares que resulten aceptables para el Interventor.

Se deberá disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento y para el transporte y colocación de las tachas, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos.

9.9 OBRAS DE CONTENCIÓN

9.9.1 excavaciones varias sin clasificar

El proceso inicia con el replanteo topográfico del área a excavar, marcando los límites mediante estacas y cordeles. Previo al inicio de la excavación, se debe verificar la existencia de servicios públicos subterráneos (agua, gas, electricidad, comunicaciones) para evitar daños y accidentes. La excavación puede realizarse de forma manual o mecánica según el volumen y las características del terreno, utilizando retroexcavadoras, excavadoras o maquinaria especializada para grandes volúmenes.

Durante el proceso se debe controlar la estabilidad de las paredes de excavación, implementando entibados o taludes según la profundidad y tipo de suelo. El material excavado se clasifica y se deposita temporalmente a una distancia mínima de 60 cm del borde de la excavación para evitar sobrecargas. Se debe mantener el área libre de agua mediante sistemas de bombeo o drenaje temporal, y controlar permanentemente las condiciones de seguridad del personal que trabaja en la excavación.

9.9.2 concreto clase f (140 kg/cm² o 2000 psi) para solado

El solado es una capa de concreto pobre que se coloca sobre el terreno excavado y nivelado, con el objetivo de proporcionar una superficie limpia, nivelada y seca para el trabajo posterior. Previo a la colocación, se debe limpiar y compactar el fondo de la excavación, eliminando materiales sueltos, lodo o agua acumulada. Se verifica el nivel mediante topografía para garantizar la horizontalidad requerida.

El concreto de 140 kg/cm² se prepara con la dosificación especificada, utilizando cemento, arena, grava y agua en las proporciones adecuadas. La mezcla puede realizarse en obra con mezcladora o solicitarse premezclado. El vaciado se ejecuta en franjas uniformes, distribuyendo el concreto con palas y rastrillos, y nivelando con reglas metálicas para obtener el espesor especificado (generalmente entre 5 y 10 cm). No requiere acabado fino ni curado especial, ya que su función es únicamente de base de trabajo. El concreto debe alcanzar un fraguado inicial antes de continuar con las actividades superiores de armado y encofrado.

9.9.3 acero de refuerzo grado 60

El proceso inicia con la revisión de planos estructurales para identificar diámetros, longitudes, espaciamientos y detalles de doblado de las barras de acero. En taller o en obra, se procede al corte de las varillas según las dimensiones especificadas, utilizando cortadoras mecánicas o cizallas. Posteriormente se realiza el doblado de las barras conforme a los detalles de los planos, empleando dobladoras mecánicas o manuales, respetando los radios de doblado mínimos para evitar fisuras en el acero.

El armado se ejecuta sobre el solado o superficie preparada, ensamblando las parrillas de acero según la distribución especificada. Las intersecciones se amarran con alambre recocido calibre 16 o 18, utilizando ganchos o herramientas de amarre automático. Se colocan separadores o galletas de concreto para garantizar el recubrimiento mínimo especificado y proteger el acero de la corrosión. Previo al vaciado del concreto, el supervisor técnico debe verificar que el armado cumpla con especificaciones de diámetros, espaciamientos, traslapes, anclajes y recubrimientos, emitiendo la aprobación correspondiente.

9.9.4 concreto clase d (210 kg/cm² o 3000 psi)

Este concreto estructural se utiliza para elementos que requieren mayor resistencia. El proceso inicia con la preparación del encofrado, verificando su estanqueidad, rigidez y alineación correcta. Se aplica desmoldante en las superficies interiores del encofrado para facilitar el posterior desencofrado sin dañar el concreto. Se verifica que el acero de refuerzo esté limpio, correctamente posicionado y aprobado.

El concreto puede prepararse en obra o solicitarse premezclado. Para garantizar la resistencia de 210 kg/cm², se debe controlar la dosificación de materiales, la relación agua-cemento y el tiempo de mezclado. El vaciado debe ser continuo, evitando juntas frías, y se realiza por capas horizontales no mayores a 50 cm, vibrando cada capa con vibrador de inmersión para eliminar burbujas de aire y garantizar la compactación total. Durante el vaciado se toman muestras para ensayos de resistencia mediante cilindros o cubos de prueba.

El curado es fundamental y debe iniciarse inmediatamente después del fraguado inicial, manteniéndose durante al menos 7 días mediante riego constante o coberturas húmedas. El desencofrado se realiza según los tiempos especificados: elementos verticales después de 24 horas y elementos que soportan carga después de 7 a 14 días, verificando que el concreto haya alcanzado la resistencia mínima requerida.

9.9.5 relleno para estructuras

Una vez construida y curada la estructura de contención, se procede con el relleno de los espacios laterales y posteriores. Primero se retiran escombros, materiales orgánicos y elementos extraños del área a rellenar. El material de relleno debe ser seleccionado, preferiblemente granular (arena, grava o mezclas), libre de materia orgánica y con contenido de humedad óptimo para compactación.

El relleno se coloca en capas horizontales de espesor controlado (generalmente 20-30 cm), cada una compactada mecánicamente con equipos como compactadores tipo rana, rodillos o planchas vibratorias. Se debe tener especial cuidado de no dañar la estructura durante el proceso de compactación. Cada capa se compacta hasta alcanzar el grado de densidad especificado (generalmente 95% del Proctor Modificado), verificándose mediante ensayos de densidad de campo. El proceso continúa hasta alcanzar el nivel de rasante requerido, garantizando la estabilidad del terreno adyacente a la estructura.

9.9.6 suministro e instalación de material granular drenante de 3/4"

Este material cumple función de drenaje detrás de muros de contención. El proceso inicia con la verificación de que el material cumpla con las especificaciones granulométricas: piedra limpia de 3/4" (19 mm), libre de finos, materia orgánica y contaminantes. Se requiere certificado de calidad del material suministrado.

La instalación se realiza después de construido el muro y antes del relleno estructural. Se coloca geotextil contra la cara posterior del muro y el terreno natural para evitar migración de finos que puedan colmatar el sistema drenante. El material granular se vierte en capas, sin compactación excesiva para mantener su permeabilidad y permitir el flujo libre del agua. Se debe conformar una franja continua de ancho especificado (usualmente 30-50 cm) desde la base hasta cerca de la corona del muro. En la base se instalan tubos perforados de drenaje (llorones) para evacuar el agua recolectada, con pendiente adecuada hacia puntos de descarga. Este sistema previene la acumulación de presión hidrostática que podría desestabilizar la estructura.

9.9.7 suministro e instalación de geotextil no tejido 1800

El geotextil no tejido actúa como filtro y separador en sistemas de drenaje y contención. El material debe cumplir especificaciones técnicas de resistencia a la tensión de 1800 N (aproximadamente 180 kg) y permeabilidad adecuada. Se verifica el

certificado técnico del producto previo a su instalación, confirmando propiedades como punzonamiento, elongación y permeabilidad.

La instalación se realiza contra las caras del terreno excavado y la parte posterior del muro, antes de colocar el material drenante. Se desenrolla el geotextil cuidadosamente evitando rasgaduras, extendiéndolo de forma continua y uniforme. Los traslapes entre paños deben ser mínimo de 30-50 cm, asegurándose con grapas, pines o costura según especificación. El geotextil debe quedar completamente en contacto con las superficies, sin arrugas excesivas ni tensiones que puedan causar roturas.

Se debe tener especial cuidado durante el relleno posterior para no dañar el geotextil con materiales punzocortantes. Su función principal es separar el suelo fino del material granular drenante, permitiendo el paso del agua pero reteniendo partículas finas que podrían colmatar el sistema de drenaje. También ayuda a distribuir esfuerzos y mejorar la estabilidad del conjunto suelo-estructura.

9.9.8 suministro e instalación de tubo drenante de 4"

Los tubos drenantes o llorones son elementos fundamentales para evacuar el agua recolectada por el sistema de drenaje posterior. Se utilizan tubos de PVC perforado o ranurado de 4" de diámetro, con perforaciones distribuidas circunferencialmente para captación de agua. El material debe cumplir normas ASTM o equivalentes para tubería de drenaje.

La instalación se realiza en la base del sistema de drenaje, embebidos en el material granular de 3/4". Los tubos se colocan con pendiente mínima del 2% hacia los puntos de descarga, atravesando el muro mediante manchones o perforaciones previstas. Las uniones entre tubos deben ser herméticas en su parte inferior y permitir entrada de agua por la superior. Se recomienda envolver los tubos con geotextil para evitar ingreso de finos.

Los extremos que atraviesan el muro (llorones) deben quedar limpios y libres, instalados cada 2-3 metros horizontalmente y en filas escalonadas verticalmente. En el extremo de descarga se puede colocar malla o rejilla para evitar obstrucción por animales o elementos extraños. Es crítico verificar la correcta pendiente y continuidad del sistema para garantizar evacuación eficiente del agua y prevenir saturación del relleno que generaría presiones hidrostáticas peligrosas sobre la estructura de contención.

9.9.9 transporte de materiales provenientes de la excavación

Este ítem comprende el acarreo del material excavado desde el sitio de obra hasta los lugares de disposición autorizados o de aprovechamiento. El proceso inicia con la clasificación del material excavado: material aprovechable para rellenos, material sin uso que debe desecharse, y material contaminado que requiere disposición especial.

El cargue del material se realiza con maquinaria apropiada (retroexcavadora, cargador frontal) hacia volquetas o camiones de capacidad adecuada. Se debe controlar que los vehículos no se sobrecarguen, respetando límites de peso para tránsito vial. El material debe cubrirse con lonas durante el transporte para evitar emisión de material particulado y caída de escombros en las vías.

El transporte se realiza por rutas autorizadas, cumpliendo normativa de tránsito y ambiental. Las distancias especificadas (100m y 1000m en este caso) determinan el costo del transporte. El material debe descargarse únicamente en sitios autorizados: escombreras legales para material de desecho, o áreas de acopio para material aprovechable. Se debe llevar registro de volúmenes transportados, distancias recorridas y sitios de disposición, incluyendo certificados de recepción en escombreras cuando aplique.

9.9.10 concreto (ciclópeo) - para protección de taludes

El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto convencional con piedra de gran tamaño (rajón), utilizado eficientemente en protección de taludes y cimentaciones. La proporción típica es 60% concreto y 40% piedra rajón. La piedra debe ser sana, dura, durable, libre de grietas y con dimensiones entre 15-25 cm, previamente lavada.

El proceso inicia preparando la superficie del talud, eliminando material suelto y conformando la geometría especificada. Se puede colocar directamente sobre terreno firme o sobre solado previo según diseño. La mezcla de concreto base (generalmente clase E de 140-175 kg/cm²) se prepara y se inicia el vaciado en capas. Sobre cada capa de concreto fresco, se colocan manualmente las piedras rajón, distribuyéndolas uniformemente, cuidando que queden completamente embebidas en el concreto y no se toquen entre sí.

Se continúa alternando capas de concreto y piedra hasta alcanzar el espesor de diseño (usualmente 30-50 cm para protección de taludes). Las piedras deben mantener separación mínima de 5 cm entre ellas y con las caras externas. Se debe vibrar o chuzar la mezcla para garantizar llenado de vacíos. El curado se realiza mediante riego durante

7 días mínimo. Este sistema proporciona protección económica y efectiva contra erosión y deslizamientos superficiales de taludes.

9.9.11 trabajo en altura - construcción de muros de contención de 2.00 m

Considerando que los muros de contención tienen una altura de 2.00 metros, se configura un trabajo en altura que requiere implementación de medidas de protección específicas según normativa de seguridad y salud en el trabajo. Este proceso inicia con la evaluación de riesgos y elaboración del permiso de trabajo en altura, identificando actividades críticas como armado de acero en alturas superiores, instalación de encofrados, vaciado de concreto y trabajos de acabado en la corona del muro.

Se debe instalar un sistema de protección contra caídas que incluye: barandas perimetrales rígidas en los bordes superiores de excavaciones y estructuras, compuestas por pasamanos a 1.10 m, baranda intermedia a 0.55 m y rodapié de 0.15 m, fabricadas con tubería metálica o madera resistente, debidamente ancladas cada 2.00 m máximo. Para trabajadores que laboren sobre el muro durante encofrado, desencofrado o acabados, se requiere uso obligatorio de arnés de cuerpo completo tipo paracaídas con línea de vida certificada, conectada a puntos de anclaje estructurales previamente calculados y probados para soportar 5,000 libras (2,270 kg) por trabajador.

Se deben proporcionar medios seguros de acceso y egreso mediante escaleras portátiles certificadas, tipo tijera o extensibles, apoyadas en superficies firmes con ángulo de inclinación apropiado (75°), sobresaliendo mínimo 0.90 m sobre el punto de apoyo superior, y aseguradas para evitar deslizamientos. Como alternativa, se pueden usar andamios certificados de altura apropiada, con plataforma de trabajo de ancho mínimo 0.60 m, barandas completas, rodapiés y sistema de acceso integrado, debidamente arriostrados y apoyados sobre base firme y nivelada.

Todo el personal que realice trabajos en altura debe contar con capacitación certificada vigente en trabajo seguro en alturas, examen médico ocupacional con certificación de aptitud para trabajo en altura, y equipos de protección personal adecuados incluyendo casco con barboquejo, calzado de seguridad con suela antideslizante, guantes, gafas de seguridad y arnés certificado cuando sea requerido. Se debe implementar señalización visible de zonas de riesgo de caída, delimitar perímetro de trabajo y establecer protocolo de rescate en altura con personal capacitado y equipos específicos disponibles en obra.

La supervisión debe verificar diariamente el estado de andamios, escaleras, arneses, líneas de vida y puntos de anclaje, retirando de servicio cualquier elemento defectuoso. Se prohíbe trabajar en altura durante condiciones climáticas adversas (lluvia, viento fuerte, neblina densa) que aumenten el riesgo de caída. Todas estas medidas deben documentarse en el programa de seguridad del proyecto y su cumplimiento es responsabilidad del contratista constructor.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES

El proyecto de construcción de vía en pavimento flexible con sus obras complementarias (box culvert, alcantarillas y estructuras de contención) representa una intervención integral que requiere coordinación técnica precisa entre todas sus componentes. Los procesos constructivos de las obras de contención descritos son fundamentales para garantizar la estabilidad de la infraestructura vial, especialmente en zonas con variaciones topográficas significativas donde se requiere manejo de taludes y desniveles.

La calidad de los materiales especificados, particularmente el concreto de diferentes resistencias (140 kg/cm^2 para solados y 210 kg/cm^2 para elementos estructurales) y el acero de refuerzo grado 60, resulta adecuada para las solicitaciones típicas de obras de contención en proyectos viales. La implementación de sistemas de drenaje mediante material granular de 3/4", geotextil NT-1800 y tubería perforada de 4" es crítica para el desempeño a largo plazo de las estructuras, evitando acumulación de presiones hidrostáticas que constituyen una de las principales causas de falla en muros de contención.

Los procedimientos de excavación, relleno y transporte de materiales deben ejecutarse siguiendo estrictos controles de calidad y seguridad, considerando que estas actividades condicionan el comportamiento futuro de toda la estructura vial. La correcta compactación de rellenos estructurales y la disposición adecuada de materiales excavados no solo impactan la estabilidad de las obras sino también el cumplimiento de requisitos ambientales del proyecto.

La protección de taludes mediante concreto ciclópeo constituye una solución técnica y económicamente viable para prevenir erosión y deslizamientos superficiales que podrían comprometer la plataforma vial y las estructuras hidráulicas asociadas. La integración adecuada de todas estas obras civiles complementarias es determinante para el éxito del proyecto vial en su conjunto.

La construcción de muros de contención de 2.00 metros de altura configura trabajos en altura que demandan implementación rigurosa de sistemas de protección contra caídas, uso de equipos de seguridad certificados y personal capacitado. La seguridad en estas actividades no es opcional sino un requisito legal y ético que debe integrarse desde la planificación hasta la ejecución del proyecto, representando una inversión

que previene accidentes laborales y sus consecuencias humanas, económicas y legales.

10.2 RECOMENDACIONES

Supervisión Técnica y Control de Calidad: Se recomienda establecer un programa riguroso de supervisión técnica que incluya verificación de especificaciones de materiales mediante ensayos de laboratorio (resistencia de concretos, granulometría de agregados, propiedades de geotextiles), control topográfico permanente de niveles y alineamientos, y seguimiento de densidades de compactación en rellenos. Debe garantizarse la presencia de personal técnico calificado durante actividades críticas como vaciado de concretos estructurales, armado de acero y colocación de sistemas de drenaje.

Estudios Previos y Caracterización del Terreno: Antes de iniciar las obras de contención, es fundamental contar con estudios geotécnicos detallados que permitan caracterizar adecuadamente el suelo de fundación, determinar niveles freáticos, identificar estratigrafía y establecer parámetros de diseño confiables. Esto evitará imprevistos durante la construcción y permitirá ajustar métodos constructivos a las condiciones reales encontradas.

Programa Integral de Seguridad y Salud en el Trabajo: Implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) específico para el proyecto, con énfasis en trabajo en altura dado que los muros alcanzan 2.00 metros. Este programa debe incluir: identificación y evaluación de peligros, capacitación certificada obligatoria del 100% del personal en trabajo seguro en alturas, suministro de equipos de protección personal certificados (arneses, líneas de vida, cascos con barboquejo), inspección diaria documentada de sistemas de protección contra caídas, y disponibilidad permanente de brigada de rescate en altura con equipamiento completo. La empresa contratista debe designar un coordinador de seguridad con dedicación exclusiva y certificación profesional vigente.

Gestión Ambiental: Implementar un plan de manejo ambiental que regule el transporte y disposición de materiales excavados en escombreras autorizadas, controle emisiones de material particulado mediante humectación y cubrimiento de materiales, y prevenga contaminación de fuentes hídricas. Establecer programa de gestión de residuos de construcción (concreto, acero, madera de encofrados, empaques) con segregación en fuente y disposición diferenciada. Implementar

sistema de control de erosión y sedimentos durante la construcción, especialmente en épocas de lluvia.

Secuencia y Coordinación Constructiva: Se recomienda planificar cuidadosamente la secuencia constructiva integrando las obras de contención con las estructuras hidráulicas (box culvert y alcantarillas) y la construcción del pavimento flexible. Las obras de contención deben ejecutarse prioritariamente para estabilizar taludes antes de conformar la plataforma vial. Los sistemas de drenaje de las estructuras de contención deben articularse con el drenaje general de la vía para garantizar manejo integral de aguas superficiales y subsuperficiales. Elaborar cronograma detallado que considere tiempos de curado de concretos, estabilización de rellenos y condiciones climáticas.

Mantenimiento del Sistema de Drenaje: Establecer desde el diseño un programa de mantenimiento preventivo del sistema de drenaje, incluyendo inspección periódica de llorones, limpieza de sedimentos en tuberías perforadas, y verificación de funcionamiento de geotextiles. Un sistema de drenaje colmatado o no funcional comprometerá severamente la estabilidad de los muros de contención y, por ende, de toda la infraestructura vial. Incluir en planos la ubicación exacta de cada componente del sistema de drenaje para facilitar mantenimiento futuro.

Tiempos de Curado y Resistencia del Concreto: Respetar estrictamente los tiempos de curado especificados (mínimo 7 días con riego constante) y los períodos de desencofrado según el elemento estructural. No permitir carga, relleno o tránsito sobre estructuras de concreto hasta verificar mediante ensayos de resistencia a la compresión que se ha alcanzado al menos el 70% de la resistencia de diseño. Esta precaución es especialmente crítica en estructuras de contención que recibirán empujes de suelo inmediatamente después de construidas. Realizar ensayos de resistencia en cilindros de concreto a 7, 14 y 28 días según normativa vigente.

Protocolos de Emergencia y Contingencia: Desarrollar procedimientos escritos de respuesta ante emergencias específicas del proyecto: rescate en altura, derrumbes o colapsos de excavaciones, accidentes con maquinaria, derrames de combustibles o concreto. Realizar simulacros periódicos con participación de todo el personal. Mantener disponibles equipos de primeros auxilios, camilla tipo canastilla para rescate vertical, equipos de comunicación y directorio actualizado de entidades de emergencia. Establecer ruta de evacuación y punto de encuentro claramente señalizados.

Documentación y Registro: Mantener registro fotográfico y documental completo de todas las etapas constructivas, especialmente de elementos que quedarán ocultos

(armaduras de acero, sistemas de drenaje, geotextiles, cimentaciones). Esta documentación será invaluable para mantenimiento futuro, reparaciones, ampliaciones del proyecto o atención de reclamaciones. Incluir elaboración de planos record que reflejen fielmente lo construido versus lo proyectado, con levantamiento topográfico final de estructuras. Conservar certificados de calidad de materiales, resultados de ensayos de laboratorio, permisos de trabajo en altura y registros de capacitación del personal.

Integración con Estructuras Hidráulicas: Coordinar estrechamente la construcción de muros de contención con la instalación de box culvert y alcantarillas, asegurando que las fundaciones de los muros no interfieran con el funcionamiento hidráulico de estas estructuras. Verificar que los sistemas de drenaje de los muros descarguen adecuadamente sin generar erosión en zonas críticas o saturación que afecte la estabilidad del pavimento. Considerar asentamientos diferenciales entre estructuras rígidas (muros, box culvert) y flexibles (terraplenes, pavimento) mediante juntas de transición apropiadas.



LUZ VIVIANA ORTEGA FAJARDO
M.P. No. 19202-151328 CAU
C.C. No. 34.319.991 de Popayán

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras. Bogotá: Ministerio de Transporte, 2022.

Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá: Ministerio de Transporte, 2009.

Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Guía de Diseño de Estructuras de Drenaje para Carreteras. Bogotá: Ministerio de Transporte, 2016.

Ministerio de Transporte de Colombia. Manual de Señalización Vial - Dispositivos Uniformes en infraestructura vial para la regulación del tránsito y la seguridad vial. Bogotá: Ministerio de Transporte, 2024.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 174: Especificaciones de los Cementos Portland. Bogotá: ICONTEC, 2000.