PROYECTO:

MEJORAMIENTO DE LA VÍA SAMPUÉS - SEGOVIA - SINCELEJO, EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE.



PPROCESO CONSTRUCTIVO

JULIO DE 2025

ORIGINAL

APROBADO POR:	**CARLOS HUGO MONTOYA ARIAS**	
	Secretario de Planeación e Infraestructura Municipio de Sampués-Sucre	Carlos H. Montoya

REPUBLICA DE COLOMBIA

MUNICIPIO DE SAMPUÉS – SUCRE

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4
OBJETIVO 4
LOCALIZACIÓN 4
1 ALCANCE 5
2 ACTIVIDADES PRELIMINARES Y DE GESTIÓN 6
2.1 Movilización, Instalación de Campamento y Obras Provisionales 6
2.2 Gestión de Tránsito y Seguridad Vial (PMT) 7
2.3 Gestión Ambiental (PMA) 7
2.4 Seguridad y Salud en el Trabajo (SISO) y Cumplimiento Normativo 7
3 PROCESO CONSTRUCTIVO 8
3.1 Fresado de Pavimento Asfaltico 8
3.2 Excavación sin clasificar de la explanación y canales. 9
3.3 Demolición de estructuras 10
3.4 Transporte de Materiales Provenientes de la Excavación de la Explanación, Canales y Préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) Medidos a partir de cien metros (100 m). 11
3.5 Terraplenes con suelo seleccionado 11
3.6 Suelo Cemento 12
3.7 Base granular clase B 13
3.8 Bordillos en concreto vaciado in situ 15
3.9 Pavimento Concreto MR 3.8 MPa 16
3.10 Pavimento Concreto MR 4.0 MPa 17
3.11 Mezcla Densa en Caliente Tipo MDC-19 19
3.12 Excavación Manual 20
3.13 Rellenos para Estructuras 21
3.14 Concreto Simple 14 MPa 22
3.15 Concreto Reforzado de 21 MPa 23
3.16 Cuneta de Concreto Vaciada In Situ 24
3.17 Concreto Reforzado de 28 MPa 26

3.18 Concreto Ciclópeo Clase G para taludes 26
3.19 Acero de Refuerzo 27
3.20 Pilote de Concreto 28 MPa Vaciado In Situ 28
3.21 Señalización Vertical 29
3.22 Demarcación 30
3.23 Tachas Reflectivas 31
3.24 Defensas Metálicas 32
3.25 Adoquín Podotáctil 33
3.26 Baranda Metálica para Puente en Tubería Redonda y Vigas IP-200 33
3.27 Desmonte de Señalización Vertical Existente 35
3.28 Subdrenes con Geotextil y Material Granular 36
3.29 Pilote de Concreto Vaciado In Situ de Diámetro 0.6 m 38
3.30 Prueba de Carga Tipo Dinámica de Capacidad de Carga para Pilotes (PDA) ... 39
4 FRENTES DE TRABAJO (EJECUCIÓN DE OBRAS) 41

INTRODUCCIÓN

Las vías, tanto rurales como urbanas, constituyen elementos de trascendental importancia para el desarrollo socioeconómico de las comunidades y regiones. La infraestructura de transporte juega un rol fundamental en la dinamización de la economía local y en la garantía de la prestación de servicios esenciales, lo que subraya la necesidad de una planificación y ejecución adecuadas en los proyectos viales para asegurar y facilitar el mejoramiento continuo de la calidad de vida de todos los habitantes.

Es por esto que, en el presente documento, se desarrollará el **proceso constructivo detallado para el "MEJORAMIENTO DE LA VÍA SAMPUÉS - SEGOVIA - SINCELEJO, EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE"**. Aquí se describirán las consideraciones técnicas, físicas, geográficas, económicas y sociales que intervienen directamente en el diseño y construcción de este tipo de infraestructura, las cuales varían significativamente dadas las características particulares del terreno, las propiedades del suelo y las condiciones climatológicas de la región.

Este proceso constructivo se elabora con el fin de establecer los parámetros y pasos a seguir en la materialización del proyecto, asegurando la optimización de los recursos, la calidad de la obra y la funcionalidad a largo plazo del pavimento rígido diseñado para esta importante arteria vial en el departamento de Sucre.

OBJETIVO

Determinar las metodologías y procesos que se llevaran a cabo en la ejecución del proyecto **"MEJORAMIENTO DE LA VÍA SAMPUÉS - SEGOVIA - SINCELEJO, EN EL DEPARTAMENTO DE SUCRE"**.

LOCALIZACIÓN

El proyecto se localiza en la vía Sampués - Segovia – Sincelejo, departamento de Sucre, en la región Caribe. La longitud de la Vía a intervenir es de 10.69 km.

Ilustración 1. Localización del Proyecto



La vía se encuentra ubicada al norte de la cabecera municipal de Sampués, al sur de Sincelejo y al sur oeste de la cabecera municipal de Morroa, las coordenadas de inicio y final de la vía son:

Tabla 1. Coordenadas inicio y final de la vía, en el CTM12 del sistema Magna Sirgas origen Nacional. Fuente: Topografía del proyecto.

	NORTE	ESTE
INICIO	2574352.3691	4738254.1945
FIN	2583806.6319	4739524.8628

1 ALCANCE

Los procesos constructivos se aplicarán al objeto del proyecto, el cual comprende las siguientes actividades:

- Fresado de pavimento asfáltico
- Excavación sin clasificar de la explanación y canales
- Demolición
- Transporte de Materiales Provenientes de la Excavación de la Explanación, Canales y Préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) Medidos a partir de cien metros (100 m).

- Terraplenes
- Suelo Cemento
- Base granular clase B
- Bordillos
- Pavimento Concreto MR 3.8Mpa
- Pavimento Concreto MR 4.0 Mpa
- Mezcla densa en caliente tipo MDC-19
- Excavación a mano
- Rellenos para estructuras
- Concreto simple 14 Mpa
- Concreto reforzado de 21 Mpa
- Cuneta de Concreto vaciada in situ
- Concreto reforzado de 28 Mpa
- Concreto ciclópeo clase G
- Acero de refuerzo
- Pilote de concreto 28 Mpa vaciado in situ
- Señalización vertical
- Demarcación
- Tachas reflectivas
- Defensas metálicas
- Marca Vial con pintura en frío
- Adoquín podotáctil
- Baranda metálica para puente en tubería redonda y vigas ip-200
- Desmonte de señalización vertical existente
- Subdrenes con geotextil y material granular

2 ACTIVIDADES PRELIMINARES Y DE GESTIÓN

2.1 Movilización, Instalación de Campamento y Obras Provisionales

Se iniciará con la **Movilización de Personal, Maquinaria y Equipos** al sitio del proyecto. Este proceso incluye la verificación del estado técnico y legal de toda la maquinaria y la obtención de los permisos de tránsito requeridos. Paralelamente, se realizará la **Instalación del Campamento y Obras Provisionales** en el área previamente autorizada. Se adecuarán las oficinas de obra, almacenes, talleres y zonas de descanso, garantizando las condiciones de seguridad y salubridad adecuadas para el personal. El manejo de la maquinaria y equipos cumplirá con el **Programa de Manejo de Instalaciones Temporales de Maquinaria y Equipos** del PMA.

2.2 Gestión de Tránsito y Seguridad Vial (PMT)

Se realizará la **Señalización Inicial y Delimitación de la Zona de Trabajo**, instalando la **Señalización Vertical Operacional** y dispositivos de canalización como la **Cinta de Seguridad** para informar a los usuarios y demarcar los frentes de obra. El **Control de Flujo Vehicular** será ejecutado por **Facultadores de Tránsito** capacitados, quienes regularán el paso vehicular y peatonal. Adicionalmente, se instalarán **Cerramientos Perimetrales** en las zonas de excavación y acopio para proteger a la comunidad.

2.3 Gestión Ambiental (PMA)

Se aplicará el **Programa de Manejo de Actividades Constructivas**. Esto incluye la gestión integral de los residuos generados, como el material producto del **Fresado de Pavimento Asfáltico**, el cual será transportado a sitios de disposición final autorizados, cumpliendo con el **Manejo Integral de Residuos (RCD)**. De igual forma, se ejecutará el **Manejo del Descapote y la Cobertura Vegetal**, minimizando la remoción de capa vegetal y ejecutando la posterior **Recuperación de Áreas Afectadas** al finalizar la obra.

Se implementarán las medidas del **Programa de Gestión Hídrica** para prevenir la contaminación de fuentes hídricas y controlar la erosión, especialmente en las zonas de excavación para drenajes y cimentaciones del puente. Finalmente, se mantendrá una comunicación activa con la comunidad a través del **Programa de Gestión Social**, ejecutando actividades de **Atención al Usuario** y **Participación Comunitaria** para informar sobre las afectaciones del PMT y los avances de la obra.

2.4 Seguridad y Salud en el Trabajo (SISO) y Cumplimiento Normativo

Se garantizará la **Afiliación y el Pago de Cotizaciones al Sistema General de Seguridad Social** (Salud, Pensión y **ARL**) de la totalidad del personal vinculado al proyecto desde el primer día de trabajo.

Como medida preventiva, todo el personal deberá realizar **Exámenes Médicos Ocupacionales**, incluyendo aquellos específicos de aptitud física para la realización de **Trabajos en Alturas** y **Espacios Confinados**.

El Contratista garantizará la **Dotación** de uniformes de trabajo y el suministro oportuno de **Elementos de Protección Personal (EPP)** certificados, según el riesgo de la tarea. El uso de la dotación y los EPP será de carácter obligatorio para todo el personal mientras permanezca en el área de la obra.

3 PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1 Fresado de Pavimento Asfaltico

Consiste en la remoción controlada de una capa superficial de pavimento asfáltico existente, con el fin de corregir irregularidades, eliminar capas deterioradas, obtener la profundidad adecuada para una nueva capa de rodadura o rehabilitar la superficie, mediante el uso de maquinaria especializada.

3.1.1 Proceso:

- **Preparación de la Zona:** Señalización y control de tráfico según el Plan de Manejo de Tránsito (PMT). Limpieza de la superficie a fresar para eliminar materiales sueltos.
- **Configuración de la Fresadora:** Ajuste de la profundidad y el ancho de corte según las especificaciones del diseño.
- **Operación de Fresado:** La fresadora avanza sobre el pavimento, cortando y triturando el material asfáltico mediante un tambor rotatorio con picas de carburo de tungsteno.
- **Recolección del Material:** El material fresado es recogido y cargado directamente en volquetas mediante un sistema de banda transportadora integrado en la fresadora.
- **Limpieza de la Superficie:** Barrido y limpieza exhaustiva de la superficie fresada para eliminar residuos y asegurar una adherencia adecuada para las capas subsiguientes.
- **Disposición del Material:** El material asfáltico fresado es transportado a los sitios de disposición final autorizados o a plantas de reciclaje, según lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental.

3.1.2 Equipo:

- Fresadora de pavimento con sistema de carga integrado.
- Volquetas para transporte del material fresado.
- Mini cargador con barredora o barredora mecánica (opcional).
- Equipo de señalización vial (conos, vallas, banderas, letreros).
- Vehículo de apoyo para el PMT.

3.1.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Operador de Fresadora (especializado).
- Conductores de Volquetas.
- Ayudantes de obra (para limpieza y apoyo en señalización).
- Paleteros / Controladores de tráfico.

3.2 Excavación sin clasificar de la explanación y canales.

Comprende el retiro de toda la capa orgánica o vegetal, así como escombros, residuos, mezclas, 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 hasta las cotas de diseño de la capa que se va a usar como subrasante. (INVIAS, 2015).

Previo al inicio de esta actividad deberán las comisiones de topografía de la interventoría y contratista adelantar la respectiva nivelación del inicio de la excavación la cual será comparada con las carteras de cálculo del proyecto. Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite del acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, canales y prestamos, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene el interventor.

3.2.1 Proceso:

- **Replanteo y Nivelación:** Verificación y replanteo de los ejes y cotas de diseño en campo.
- **Descapote y Despeje (Si aplica):** Remoción de capa vegetal, raíces y otros materiales orgánicos presentes en el área de corte.
- **Excavación:** Uso de maquinaria pesada para el corte y remoción del material, transportándolo a las zonas de depósito o terraplén según el balance de movimientos de tierra. Se realiza por capas, verificando constantemente los niveles y taludes.
- **Conformación de Taludes:** Modelado de los taludes de corte según los ángulos de diseño para garantizar su estabilidad.
- **Conformación de la Subrasante:** Nivelación y perfilado final de la superficie expuesta hasta alcanzar las cotas y pendientes de diseño, preparando el terreno para las capas siguientes.
- **Control de Drenajes:** Aseguramiento de la evacuación adecuada de las aguas superficiales para evitar acumulaciones y erosión.

3.2.2 Equipo:

- Excavadoras (de orugas o de ruedas).
- Retroexcavadoras.
- Motoniveladoras.
- Volquetas para transporte de material.
- Compactadores (rodillos vibratorios, pata de cabra, lisos), si se requiere densificación de la subrasante.
- Equipo de topografía (estación total, nivel, GPS).

3.2.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de excavadora, motoniveladora, retroexcavadora, compactador.
- Conductores de Volquetas.
- Ayudantes de obra (para limpieza, señalización y apoyo en labores menores).

3.3 Demolición de estructuras

Se refiere esta actividad a la demolición del material requerido para la construcción de la obra. La demolición se limitará a las dimensiones mínimas necesarias para la ejecución de la obra. Algunas estructuras como alcantarillas, box culvert u otros, que obstruyen el espacio que se va a intervenir para la construcción de la vía, se deben demoler total o parcialmente.

3.3.1 Proceso:

- **Análisis Previo:** Inspección detallada de la estructura a demoler para identificar posibles riesgos (servicios públicos, estructuras adyacentes, estabilidad).
- **Plan de Demolición:** Elaboración de un plan que contemple la secuencia de demolición, medidas de seguridad, control de polvo y ruido, y manejo de escombros.
- **Señalización y Seguridad:** Delimitación de la zona de trabajo con señalización de seguridad y aislamiento, y control de acceso.
- **Demolición Controlada:** Ejecución de la demolición utilizando maquinaria adecuada para fracturar y desmantelar la estructura. En algunos casos, se puede requerir demolición manual o con herramientas hidráulicas para elementos específicos.
- **Clasificación y Carga de Escombros:** Separación de los diferentes tipos de materiales demolidos (concreto, acero, mampostería) y carga en volquetas.
- **Limpieza del Área:** Retiro completo de todos los escombros y limpieza final del sitio.
- **Disposición Final:** Transporte de los escombros a los sitios de disposición final autorizados o a plantas de reciclaje, cumpliendo con la normativa ambiental.

3.3.2 Equipo:

- Excavadoras o retroexcavadoras para demolición y carga.
- Mini cargadores (para áreas confinadas).
- Volquetas para transporte de escombros.
- Herramientas manuales (barretas, picos, palas).
- Equipo de corte (oxicorte, cortadoras de concreto)
- Equipo de protección personal especializado (EPP).

3.3.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Operadores de maquinaria de demolición.
- Conductores de Volquetas.
- Ayudantes de obra (para demolición y manejo de escombros).
- Inspectores de seguridad.

3.4 Transporte de Materiales Provenientes de la Excavación de la Explanación, Canales y Préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) Medidos a partir de cien metros (100 m).

Esta actividad se desarrolla en todos los tramos a intervenir en la vía, tal como se planteó en el circuito de trabajo, para lo cual se usará una volqueta.

Cuando el material sobrante proveniente de las demoliciones y excavaciones deba retirarse a un sitio fuera de las áreas de trabajo, el Contratista lo hará asumiendo la responsabilidad por la disposición final del material en los botaderos o sitios, debidamente aprobados por la autoridad competente durante la ejecución las obras. La cantidad de material a retirar será determinada por la Interventoría.

En los casos en que la Interventoría considere adecuado utilizar este material en otra zona de trabajo, ésta se considerará como botadero para la disposición final del material.

3.5 Terraplenes con suelo seleccionado

Consiste en la construcción de rellenos de suelo o material granular compactado, sobre el terreno natural o cortes, para elevar la rasante de la vía hasta las cotas de diseño, conformando una plataforma estable para la estructura del pavimento.

3.5.1 Proceso:

- **Preparación de la Cimentación:** Limpieza y descapote del terreno donde se apoyará el terraplén.
- **Extensión del Material:** Descarga y extensión del material de terraplén en capas uniformes (tongadas), con un espesor predefinido según el equipo de compactación y las especificaciones.
- **Homogeneización y Humedecimiento:** Homogeneización del material y ajuste del contenido de humedad a la humedad óptima de compactación (determinada en laboratorio mediante el ensayo Proctor). El humedecimiento se realiza con carro-tanques.
- **Compactación:** Compactación de cada tongada con el equipo adecuado (rodillos vibratorios, pata de cabra, lisos) hasta alcanzar el porcentaje de densidad requerido por las especificaciones. Se realizan pasadas sistemáticas y controladas.

- **Control de Calidad:** Verificación de la densidad y humedad en campo mediante ensayos de densidad (cono de arena, densímetro nuclear) y/o toma de muestras para laboratorio, según la frecuencia establecida.
- **Conformación de Taludes:** Perfilado de los taludes del terraplén para asegurar su estabilidad y acabado final.

3.5.2 Equipo:

- Motoniveladoras (para extensión y perfilado).
- Rodillos compactadores (vibratorios lisos, pata de cabra, neumáticos).
- Carro-tanques (para humedecimiento).
- Volquetas para transporte de material.
- Cargadores frontales (para carga y descarga en banco de préstamo).
- Equipo de laboratorio y campo para control de calidad (cono de arena, densímetro nuclear).
- Equipo de topografía.

3.5.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de motoniveladora, rodillos, cargador frontal, carro-tanque.
- Conductores de Volquetas.
- Laboratorista de suelos.
- Ayudantes de obra.

3.6 Suelo Cemento

Proceso de estabilización de suelos para mejorar sus propiedades geotécnicas, principalmente la resistencia y la rigidez, mediante la adición y mezcla uniforme de cemento, agua y el suelo natural o granular, compactando la mezcla resultante para formar una capa homogénea y resistente. Puede usarse como sub-base o base estabilizada.

3.6.1 Proceso:

- Preparación de la Subrasante: La subrasante debe estar limpia, conformada a los niveles de diseño y compactada.
- Distribución del Cemento: El cemento se distribuye uniformemente sobre la superficie del suelo a tratar utilizando esparcidoras calibradas.
- Mezclado Inicial (en sitio): Se realiza un mezclado inicial en seco del cemento con el suelo utilizando mezcladoras de suelo o motoniveladoras, para asegurar una distribución homogénea.

- Adición de Agua y Mezclado Final: Se añade el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación, y se realiza el mezclado final. Es crucial que este proceso sea rápido para evitar la hidratación prematura del cemento.
- Conformación y Compactación: La mezcla de suelo-cemento se conforma a la sección transversal y se compacta inmediatamente, utilizando rodillos lisos o neumáticos, hasta alcanzar la densidad y el grado de compactación especificados. La compactación debe completarse dentro del tiempo límite de trabajabilidad de la mezcla.
- Curado: Una vez compactado, se debe aplicar un curado inmediato para evitar la pérdida de humedad y permitir la correcta hidratación del cemento. Esto puede hacerse mediante riego continuo, aplicación de membrana de curado, o extendiendo una capa de arena húmeda o asfalto.
- Control de Calidad: Se toman muestras de la mezcla antes y durante la compactación para verificar el contenido de cemento y humedad, y muestras compactadas para ensayos de resistencia a la compresión no confinada (UCS) y densidad en laboratorio. También se realizan ensayos de densidad en campo.

3.6.2 Equipo:

- Esparcidora de cemento.
- Mezcladora de suelos (recicladora en frío) o motoniveladora.
- Carro-tanques para suministro de agua.
- Rodillos compactadores (lisos y/o neumáticos).
- Volquetas para transporte de materiales (si el suelo es importado).
- Laboratorio de campo para ensayos rápidos.
- Equipo de topografía.

3.6.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de esparcidora, mezcladora, rodillos, carro-tanque.
- Conductores de Volquetas.
- Laboratorista de suelos.
- Ayudantes de obra.

3.7 **Base granular clase B**

Consiste en la conformación de una capa estructural granular sobre la subrasante o sub-base, utilizando un material pétreo triturado o cribado que cumple con granulometría, plasticidad y capacidad de soporte específicas, compactada a una densidad y humedad determinadas para proporcionar resistencia y soporte al pavimento.

3.7.1 Proceso:

- Preparación de la Superficie Inferior: La subrasante o sub-base debe estar limpia, conformada y compactada a los niveles y pendientes de diseño.
- Suministro y Transporte de Material: El material granular de base se transporta desde la fuente (cantera o planta de trituración) hasta el frente de obra en volquetas.
- Extensión del Material: El material se extiende uniformemente en capas (tongadas) con una motoniveladora, asegurando el espesor de diseño y las pendientes transversales.
- Homogeneización y Humedecimiento: Se distribuye el material de manera homogénea y se ajusta el contenido de humedad al óptimo de compactación, utilizando carro-tanques.
- Compactación: Cada tongada se compacta utilizando rodillos vibratorios de pata de cabra o lisos, o neumáticos, según el tipo de material y la especificación, hasta alcanzar el porcentaje de densidad requerido.
- Conformación Final: La capa se perfila y refina con la motoniveladora para obtener la superficie lisa y precisa requerida para la capa de pavimento.
- Control de Calidad: Se realizan ensayos de densidad y humedad en campo (cono de arena, densímetro nuclear) con la frecuencia establecida por las normas INVIAS, y se toman muestras para verificación de granulometría, límites de Atterberg y CBR en laboratorio.

3.7.2 Equipo:

- Motoniveladora.
- Rodillos compactadores (vibratorios lisos, pata de cabra, neumáticos).
- Carro-tanques.
- Volquetas.
- Cargadores frontales.
- Equipo de laboratorio y campo para control de calidad.
- Equipo de topografía.

3.7.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de motoniveladora, rodillos, carro-tanque, cargador.
- Conductores de Volquetas.
- Laboratorista de suelos y materiales.
- Ayudantes de obra.

3.8 Bordillos en concreto vaciado in situ

Elementos de concreto o vaciados in situ, construidos a lo largo de los bordes del pavimento, aceras o calzadas, con el fin de confinar la estructura del pavimento, delimitar las áreas de rodadura, y servir como guía y protección para el tráfico vehicular y peatonal, así como para el manejo de aguas superficiales.

3.8.1 Proceso:

- **Replanteo y Trazado:** Trazado preciso de la línea y nivel del bordillo según los planos de diseño.
- **Excavación de la Zanja:** Excavación de la zanja donde se alojará el bordillo, a la profundidad y ancho adecuados para su correcta instalación o vaciado.
- **Conformación de la Sub-base (Si aplica):** Preparación y compactación de una pequeña base granular o de suelo-cemento en el fondo de la zanja para nivelación y soporte.
- **Bordillos Vaciados In Situ:** Armado de formaletas metálicas o de madera que den la forma y dimensiones al bordillo. Colocación de refuerzo si el diseño lo requiere. Vaciado del concreto (generalmente de baja fluidez) dentro de las formaletas y vibrado.
- **Acabado:** Acabado de la superficie del bordillo con llana para asegurar una textura lisa y uniforme.
- **Curado:** Aplicación de curado al concreto para asegurar su correcta hidratación y desarrollo de resistencia (riego, membrana de curado, cubrimiento con geotextil húmedo).
- **Retiro de Formaletas:** Una vez que el concreto ha endurecido, se retiran las formaletas.
- **Relleno Lateral:** Relleno y compactación del material alrededor del bordillo para confinarlo y darle estabilidad lateral.

3.8.2 Equipo:

- Herramientas manuales (palas, picos, llanas, nivel de burbuja, plomada).
- Formaletas metálicas o de madera (para vaciado in situ).
- Vibrador de concreto (para vaciado in situ).
- Mezcladora de concreto.
- Equipo de topografía.
- Compactador manual (canguro) o vibratorio pequeño.

3.8.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.

- Oficiales y ayudantes de obra (especializados en concretos y acabados).
- Operador de mezcladora.

3.9 Pavimento Concreto MR 3.8 MPa

Construcción de una losa de concreto hidráulico con una resistencia a la flexión (Módulo de Rotura, MR) mínima de 3.8 MPa (aproximadamente 38 kg/cm² o 550 psi), diseñada para soportar las cargas del tráfico y distribuir los esfuerzos a las capas inferiores. Este tipo de pavimento se caracteriza por su rigidez y durabilidad.

3.9.1 Proceso:

- **Preparación de la Sub-base/Base:** La capa de base granular o suelo-cemento debe estar limpia, conformada a los niveles y pendientes de diseño, y compactada a la densidad especificada. Se puede colocar una membrana de curado o una capa de material granular fino (arena) para reducir la fricción entre la losa y la base.
- **Instalación de Formaletas y Barras:** Colocación y anclaje de formaletas metálicas o de madera que definan el ancho y espesor de las losas. Instalación de barras de amarre y barras de unión en las ubicaciones y espaciamientos indicados en los planos para las juntas de contracción, expansión y construcción.
- **Preparación del Concreto:** Suministro de concreto premezclado desde planta o preparación en sitio con mezcladora, asegurando que cumpla con la resistencia a la flexión (MR 3.8 MPa), el asentamiento y el contenido de aire requeridos.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto se descarga directamente desde los camiones mezcladores o mediante bombas de concreto sobre la base preparada, dentro de las formaletas.
- **Extendido y Vibrado:** El concreto se extiende uniformemente con extendedoras mecánicas o manualmente. Se vibra con vibradores de inmersión o de superficie para eliminar vacíos y consolidar la mezcla.
- **Enrasado y Acabado:** Se utiliza una regla vibratoria o enrasadora para nivelar la superficie. Posteriormente, se realizan operaciones de flotado (con llanas mecánicas o manuales) para obtener una superficie lisa y uniforme. Se puede aplicar un texturizado (escobillado o ranurado) para mejorar la fricción y el drenaje superficial.
- **Corte de Juntas:** Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia suficiente para evitar desgarros (generalmente entre 6 y 24 horas después del vaciado), se realizan los cortes de las juntas de contracción con sierras de corte de concreto, a la profundidad y espaciamiento definidos en los planos.
- **Curado:** Inmediatamente después del acabado y corte de juntas, se aplica un agente de curado líquido (membrana de curado) o se cubre la losa con geotextil húmedo o láminas de polietileno para evitar la pérdida rápida de humedad y asegurar el

desarrollo de la resistencia del concreto. El curado debe mantenerse por el tiempo especificado (mínimo 7 días).

- **Sellado de Juntas:** Una vez que el concreto ha endurecido y las juntas están limpias y secas, se procede al sellado de las mismas con un material elástico (sellante de juntas) para evitar la infiltración de agua y materiales incompresibles.

3.9.2 Equipo:

- Camiones mezcladores (mixer) o planta de concreto y camiones mezcladores.
- Bomba de concreto (opcional, para accesos difíciles).
- Extendedora de concreto (pavimentadora de encofrado deslizante o de formaletas fijas).
- Vibradores de concreto (de inmersión o de superficie).
- Regla vibratoria o enrasadora.
- Llanas mecánicas (helicópteros) y manuales.
- Equipo de corte de juntas (sierra de corte de concreto con discos diamantados).
- Equipo de aplicación de membrana de curado.
- Equipo para sellado de juntas (pistola de calafateo, equipo de aplicación de sellante).
- Equipo de topografía.
- Laboratorio de campo para ensayos de control de calidad (asentamiento, contenido de aire, toma de cilindros/vigas).

3.9.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Jefe de Cuadrilla de Pavimento.
- Operadores de extendedora, vibradores, equipo de acabado, sierra de corte.
- Concreteros (maestros y ayudantes especializados en vaciado y acabado de concreto).
- Laboratorista de concreto.
- Ayudantes de obra.

3.10 Pavimento Concreto MR 4.0 MPa

Similar al Pavimento Concreto MR 3.8 MPa, pero con una exigencia de resistencia a la flexión (Módulo de Rotura, MR) superior, de 4.0 MPa (aproximadamente 40 kg/cm² o 580 psi). Esto implica una mezcla de concreto con mayores requerimientos de dosificación de cemento y/o aditivos, para lograr una mayor capacidad estructural.

3.10.1 Proceso:

- **Preparación de la Sub-base/Base:** La capa de base granular o suelo-cemento debe estar limpia, conformada a los niveles y pendientes de diseño, y compactada a la

densidad especificada. Se puede colocar una membrana de curado o una capa de material granular fino (arena) para reducir la fricción entre la losa y la base.

- **Instalación de Formaletas y Barras:** Colocación y anclaje de formaletas metálicas o de madera que definan el ancho y espesor de las losas. Instalación de barras de amarre y barras de unión en las ubicaciones y espaciamientos indicados en los planos para las juntas de contracción, expansión y construcción.
- **Preparación del Concreto:** Suministro de concreto premezclado desde planta o preparación en sitio con mezcladora, asegurando que cumpla con la resistencia a la flexión (MR 4.0 MPa), el asentamiento y el contenido de aire requeridos.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto se descarga directamente desde los camiones mezcladores o mediante bombas de concreto sobre la base preparada, dentro de las formaletas.
- **Extendido y Vibrado:** El concreto se extiende uniformemente con extendedoras mecánicas o manualmente. Se vibra con vibradores de inmersión o de superficie para eliminar vacíos y consolidar la mezcla.
- **Enrasado y Acabado:** Se utiliza una regla vibratoria o enrasadora para nivelar la superficie. Posteriormente, se realizan operaciones de flotado (con llanas mecánicas o manuales) para obtener una superficie lisa y uniforme. Se puede aplicar un texturizado (escobillado o ranurado) para mejorar la fricción y el drenaje superficial.
- **Corte de Juntas:** Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia suficiente para evitar desgarros (generalmente entre 6 y 24 horas después del vaciado), se realizan los cortes de las juntas de contracción con sierras de corte de concreto, a la profundidad y espaciamiento definidos en los planos.
- **Curado:** Inmediatamente después del acabado y corte de juntas, se aplica un agente de curado líquido (membrana de curado) o se cubre la losa con geotextil húmedo o láminas de polietileno para evitar la pérdida rápida de humedad y asegurar el desarrollo de la resistencia del concreto. El curado debe mantenerse por el tiempo especificado (mínimo 7 días).
- **Sellado de Juntas:** Una vez que el concreto ha endurecido y las juntas están limpias y secas, se procede al sellado de las mismas con un material elástico (sellante de juntas) para evitar la infiltración de agua y materiales incompresibles.

3.10.2 Equipo:

- Camiones mezcladores (mixer) o planta de concreto y camiones mezcladores.
- Bomba de concreto (opcional, para accesos difíciles).
- Extendedora de concreto (pavimentadora de encofrado deslizante o de formaletas fijas).
- Vibradores de concreto (de inmersión o de superficie).
- Regla vibratoria o enrasadora.

- Llanas mecánicas (helicópteros) y manuales.
- Equipo de corte de juntas (sierra de corte de concreto con discos diamantados).
- Equipo de aplicación de membrana de curado.
- Equipo para sellado de juntas (pistola de calafateo, equipo de aplicación de sellante).
- Equipo de topografía.
- Laboratorio de campo para ensayos de control de calidad (asentamiento, contenido de aire, toma de cilindros/vigas).

3.10.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Jefe de Cuadrilla de Pavimento.
- Operadores de extendedora, vibradores, equipo de acabado, sierra de corte.
- Concreteros (maestros y ayudantes especializados en vaciado y acabado de concreto).
- Laboratorista de concreto.
- Ayudantes de obra.

3.11 Mezcla Densa en Caliente Tipo MDC-19

Definición: Consiste en la fabricación, transporte, extendido y compactación de una mezcla asfáltica en caliente, compuesta por agregados pétreos (gruesos y finos), filler mineral y ligante asfáltico, dosificados en proporciones específicas. La designación "MDC-19" se refiere a una Mezcla Densa en Caliente con un tamaño máximo nominal de agregado de 19 mm, utilizada comúnmente como capa de rodadura o capa intermedia en pavimentos asfálticos.

3.11.1 Proceso:

- **Preparación de la Superficie Inferior:** La capa de base o sub-base debe estar limpia, seca, conformada a los niveles y pendientes de diseño, y compactada. Se debe aplicar una capa de liga (riego de adherencia) con emulsión asfáltica para asegurar la unión entre capas.
- **Fabricación de la Mezcla:** La mezcla se produce en una planta de asfalto en caliente, donde los agregados se secan y calientan, se mezclan con el ligante asfáltico caliente y el filler, en proporciones controladas. La temperatura de la mezcla debe ser monitoreada.
- **Transporte de la Mezcla:** La mezcla asfáltica caliente se transporta desde la planta hasta el frente de obra en volquetas aisladas para mantener la temperatura.
- **Extendido de la Mezcla:** La mezcla se extiende uniformemente sobre la superficie preparada utilizando una pavimentadora asfáltica, ajustando el espesor y el ancho de la capa.

- **Compactación:** Inmediatamente después del extendido, la mezcla se compacta en caliente utilizando rodillos compactadores (vibratorios, neumáticos, estáticos). La compactación se realiza en pasadas sucesivas hasta alcanzar la densidad y el porcentaje de compactación especificados. El proceso de compactación debe completarse antes de que la mezcla se enfríe por debajo de la temperatura crítica.
- **Control de Calidad:** Se toman muestras de la mezcla en planta y en campo para verificar la granulometría, contenido de asfalto, densidad y porcentaje de vacíos. En campo, se realizan ensayos de densidad in situ y temperatura.
- **Acabado:** Verificación de la regularidad superficial y aplicación de sellado de juntas si es necesario.

3.11.2 Equipo:

- Planta de asfalto en caliente.
- Volquetas aisladas para transporte de mezcla.
- Pavimentadora asfáltica.
- Rodillos compactadores (vibratorios de rodillo liso, neumáticos, estáticos).
- Carro-tanque para riego de liga.
- Equipo de laboratorio y campo para control de calidad.
- Equipo de topografía.

3.11.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Jefe de Cuadrilla de Asfalto.
- Operadores de planta de asfalto, pavimentadora, rodillos, carro-tanque.
- Conductores de Volquetas.
- Laboratorista de asfalto.
- Ayudantes de obra (rastrilleros, paleteros).

3.12 Excavación Manual

Consiste en la remoción de material del terreno utilizando herramientas manuales, en áreas donde el uso de maquinaria pesada es inviable, restringido o no económico, como zanjas para tuberías pequeñas, cimentaciones superficiales, limpieza de cunetas existentes, o en zonas de difícil acceso o con presencia de servicios públicos.

3.12.1 Proceso:

- **Replanteo y Delimitación:** Trazado preciso de los límites y profundidad de la excavación.
- **Corte y Remoción:** Los operarios utilizan herramientas manuales (picos, palas, barretas) para cortar y remover el material.

- **Extracción del Material:** El material excavado se deposita a un lado de la zanja (berma) o se carga directamente en carretillas o volquetas pequeñas para su transporte.
- **Disposición del Material:** El material excedente se transporta a los sitios de disposición final autorizados.

3.12.2 Equipo:

- Herramientas manuales (picos, palas, barretas, azadones).
- Carretillas.
- Equipo de protección personal (EPP) adecuado.
- Equipo de topografía (cinta métrica, nivel de mano).

3.12.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.13 Rellenos para Estructuras

Consiste en la colocación y compactación de material de relleno seleccionado alrededor de estructuras (cimentaciones, muros, alcantarillas, estribos de puentes, etc.) para proporcionar soporte, estabilidad y protección, hasta alcanzar los niveles de diseño.

3.13.1 Proceso:

- **Preparación de la Superficie:** La superficie de la estructura y el terreno adyacente deben estar limpios, libres de escombros y con la humedad adecuada.
- **Suministro y Extensión del Material:** El material de relleno (generalmente granular, bien graduado y no expansivo) se transporta y extiende en capas delgadas y uniformes alrededor de la estructura. Se debe tener precaución para no dañar la estructura.
- **Humectación (Si aplica):** Se ajusta el contenido de humedad del material a la humedad óptima de compactación.
- **Compactación:** Cada capa se compacta cuidadosamente utilizando equipos de compactación pequeños y adecuados para espacios confinados (compactadores tipo "canguro", planchas vibratorias, rodillos manuales o vibratorios pequeños), evitando la aplicación de esfuerzos excesivos sobre la estructura. La compactación se realiza de manera simétrica alrededor de la estructura para evitar empujes laterales desiguales.
- **Control de Calidad:** Se realizan ensayos de densidad y humedad en campo (cono de arena, densímetro nuclear) con la frecuencia establecida, para asegurar el cumplimiento de la densidad especificada.

- **Protección de la Estructura:** Se debe asegurar que el proceso de relleno y compactación no cause daños a la estructura.

3.13.2 Equipo:

- Compactadores manuales (tipo "canguro" o pisón vibratorio).
- Planchas vibratorias.
- Rodillos vibratorios pequeños (tipo "doble rodillo").
- Herramientas manuales (palas, rastrillos).
- Carretillas o mini cargadores (para transporte de material en espacios reducidos).
- Carro-tanque pequeño o manguera para humedecimiento.
- Equipo de laboratorio y campo para control de calidad.

3.13.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Operadores de compactadores pequeños.
- Laboratorista de suelos.
- Ayudantes de obra.

3.14 Concreto Simple 14 MPa

Consiste en la preparación, transporte, vaciado, consolidación y curado de concreto hidráulico sin refuerzo de acero, con una resistencia a la compresión especificada de 14 MPa (aproximadamente 2000 psi o 140 kg/cm²). Se utiliza para elementos que no están sometidos a grandes esfuerzos de flexión o tracción, como cimientos corridos, solados, rellenos, o elementos de poca carga.

3.14.1 Proceso:

- **Preparación del Sitio:** Limpieza y preparación de la superficie donde se va a vaciar el concreto. Si es necesario, se conforma y compacta una base granular o se coloca una capa de polietileno como barrera de vapor.
- **Preparación del Concreto:** Suministro de concreto premezclado desde planta o preparación en sitio con mezcladora, asegurando que cumpla con la resistencia especificada (14 MPa) y el asentamiento requerido.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto se descarga directamente desde los camiones mezcladores o carretillas dentro de las formaletas o el área designada.
- **Nivelación y Acabado:** Se enrasa la superficie con una regla y se le da el acabado deseado (liso, rugoso, etc.) con llanas.
- **Curado:** Inmediatamente después del acabado, se inicia el proceso de curado para evitar la pérdida rápida de humedad y permitir el desarrollo de la resistencia. Esto puede hacerse mediante riego continuo, aplicación de membrana de curado, o

cubrimiento con geotextil húmedo o láminas de polietileno. El curado debe mantenerse por el tiempo especificado (mínimo 7 días).

3.14.2 Equipo:

- Camiones mezcladores (mixer) o mezcladora de concreto (trompo).
- Vibradores de concreto (de inmersión).
- Herramientas manuales (palas, carretillas, reglas, llanas).
- Equipo de aplicación de membrana de curado o mangueras para riego.

3.14.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Concreteros (oficiales y ayudantes especializados en vaciado y acabado de concreto).
- Operador de mezcladora (si aplica).

3.15 Concreto Reforzado de 21 MPa

Construcción de elementos estructurales de concreto que incorporan barras de acero de refuerzo para resistir esfuerzos de tracción, flexión y corte, con una resistencia a la compresión especificada de 21 MPa (aproximadamente 3000 psi o 210 kg/cm²). Se utiliza en elementos como vigas, columnas, losas de puentes, muros de contención, zapatas, etc.

3.15.1 Proceso:

- **Preparación del Sitio:** Limpieza y preparación del área de trabajo.
- **Instalación de Formaletas:** Montaje y apuntalamiento de formaletas de madera, metálicas o plásticas que darán la forma y dimensiones exactas al elemento estructural. Las formaletas deben ser estancas y resistentes.
- **Colocación de Refuerzo:** Armado y colocación de las barras de acero de refuerzo (corrugadas) según los diámetros, espaciamientos, longitudes de anclaje y traslapos indicados en los planos estructurales. Se utilizan separadores (galletas o dados) para asegurar el recubrimiento adecuado del concreto.
- **Inspección Pre-Vaciado:** El Ingeniero Supervisor y/o el Interventor deben realizar una inspección minuciosa de las formaletas, el refuerzo y los recubrimientos antes de autorizar el vaciado.
- **Preparación del Concreto:** Suministro de concreto premezclado desde planta o preparación en sitio, asegurando que cumpla con la resistencia especificada (21 MPa), el asentamiento y el contenido de aire requeridos.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto se descarga desde los camiones mezcladores o mediante bombas de concreto, distribuyéndolo uniformemente dentro de las formaletas.

- **Consolidación:** Se vibra el concreto con vibradores de inmersión para eliminar el aire atrapado, asegurar el llenado completo de la formaleta alrededor del refuerzo y obtener una masa densa y homogénea.
- **Nivelación y Acabado:** Se nivela la superficie superior del elemento con reglas y se le da el acabado requerido (liso, fratasado, etc.).
- **Curado:** Inmediatamente después del acabado, se inicia el curado del concreto (riego continuo, membrana de curado, cubrimiento con geotextil húmedo o láminas de polietileno) para asegurar el desarrollo óptimo de la resistencia y durabilidad. El curado debe mantenerse por el tiempo especificado (mínimo 7 días o más según la norma).
- **Retiro de Formaletas:** Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia mínima requerida para soportar su propio peso y las cargas de construcción, se retiran las formaletas con cuidado.
- **Control de Calidad:** Se realizan ensayos de asentamiento y contenido de aire en cada vaciado, y se toman cilindros de concreto para ensayos de resistencia a la compresión en laboratorio a las edades de 7 y 28 días (o según especificación).

3.15.2 Equipo:

- Camiones mezcladores (mixer) o planta de concreto y camiones mezcladores.
- Vibradores de concreto (de inmersión).
- Formaletas (madera, metálicas, plásticas) y accesorios de apuntalamiento.
- Herramientas para corte y doblado de acero de refuerzo (cizallas, dobladoras).
- Herramientas manuales (palas, carretillas, reglas, llanas).
- Equipo de aplicación de membrana de curado o mangueras para riego.
- Laboratorio de campo para ensayos de control de calidad.

3.15.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Figuradores y armadores de acero.
- Cuadrilla de formaletería.
- Concreteros (oficiales y ayudantes especializados en vaciado, vibrado y acabado de concreto).
- Laboratorista de concreto.

3.16 Cuneta de Concreto Vaciada In Situ

Construcción de canales longitudinales de concreto hidráulico, vaciados directamente en el sitio, ubicados a los lados de la calzada o en la berma, con el propósito de recolectar y conducir las aguas superficiales de la vía y sus taludes, evitando la erosión y el estancamiento.

3.16.1 Proceso:

- **Replanteo y Trazado:** Trazado preciso de la alineación, niveles y pendientes de la cuneta según los planos de diseño.
- **Excavación de la Zanja:** Excavación de la zanja con la sección transversal y profundidad requeridas para alojar la cuneta.
- **Conformación de la Sub-base:** Preparación y compactación de una capa granular o de suelo-cemento en el fondo de la zanja para proporcionar una base uniforme y estable.
- **Instalación de Formaletas:** Colocación y apuntalamiento de formaletas metálicas o de madera que darán la forma y dimensiones internas y externas de la cuneta. Las formaletas deben ser resistentes y estar bien niveladas y alineadas.
- **Preparación y Vaciado del Concreto:** Suministro de concreto (generalmente con resistencia de 17.5 a 21 MPa) desde camión mezclador o preparación en sitio. El concreto se vacía dentro de las formaletas, distribuyéndolo uniformemente.
- **Consolidación y Acabado:** Se vibra el concreto para eliminar vacíos. Se enrasa y se le da el acabado final a la superficie de la cuneta con llanas, asegurando una superficie lisa que facilite el flujo del agua.
- **Curado:** Inmediatamente después del acabado, se inicia el curado del concreto (riego continuo, membrana de curado, cubrimiento) por el tiempo especificado.
- **Retiro de Formaletas:** Una vez que el concreto ha endurecido lo suficiente, se retiran las formaletas con cuidado.
- **Relleno Lateral:** Se realiza el relleno y compactación del material alrededor de la cuneta para confinarla y darle estabilidad lateral.

3.16.2 Equipo:

- Mezcladora de concreto (trompo) o camión mezclador.
- Vibradores de concreto (de inmersión o de superficie).
- Formaletas metálicas o de madera.
- Herramientas manuales (palas, picos, llanas, reglas, carretillas).
- Equipo de topografía.

3.16.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Maestro de obra.
- Oficial y ayudantes de obra.

3.17 Concreto Reforzado de 28 MPa

Construcción de elementos estructurales de concreto que incorporan barras de acero de refuerzo, con una alta resistencia a la compresión especificada de 28 MPa (aproximadamente 4000 psi o 280 kg/cm²). Este concreto se utiliza en elementos sometidos a mayores esfuerzos y cargas, como losas de puentes de gran envergadura, pilas, capiteles, vigas principales, o estructuras que requieren mayor durabilidad y resistencia.

3.17.1 Proceso:

El proceso constructivo es fundamentalmente el mismo que para el Concreto Reforzado de 21 MPa, pero con un control de calidad aún más estricto en todas las etapas, desde la dosificación de la mezcla en planta hasta el curado en obra. La preparación de la mezcla debe garantizar el cumplimiento de la resistencia superior (28 MPa), lo que puede implicar el uso de aditivos especiales (plastificantes, superplastificantes) y un mayor contenido de cemento.

3.17.2 Equipo:

El equipo requerido es el mismo que para el Concreto Reforzado de 21 MPa, pero con énfasis en equipos de bombeo si el volumen es grande o el acceso complejo.

3.17.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Maestro de obra.
- Oficial y ayudantes de obra.

3.18 Concreto Ciclópeo Clase G para taludes

Concreto simple al que se le incorporan "piedras desplazadoras" (ciclópeas) de gran tamaño (generalmente mayores de 15 cm) en una proporción específica (usualmente hasta el 30% o 40% del volumen total), con el fin de reducir el consumo de cemento y agregados finos, y aumentar el volumen de la masa. La Clase G se refiere a una resistencia mínima del concreto simple que envuelve las piedras, generalmente alrededor de 10-14 MPa. Se utiliza en cimientos, muros de contención de baja altura, rellenos masivos, o elementos donde la resistencia no es crítica pero sí el volumen y la economía.

3.18.1 Proceso:

- **Preparación del Sitio:** Limpieza y conformación de la superficie de cimentación o del área donde se va a vaciar el concreto ciclópeo.
- **Instalación de Formaletas:** Colocación de formaletas si el elemento requiere una forma definida.
- **Preparación del Concreto Simple:** Se prepara el concreto simple en mezcladora.
- **Colocación de Piedras Ciclópeas:** Se vierte una capa de concreto simple, y sobre esta se colocan manualmente o con equipo las piedras ciclópeas, asegurando que

queden completamente envueltas por el concreto y que no se toquen entre sí ni con las formaletas. Se debe evitar la segregación.

- **Vaciado por Capas:** El proceso se repite por capas, alternando concreto y piedras ciclópeas, hasta alcanzar la altura deseada.
- **Consolidación:** Se vibra el concreto (con vibradores de inmersión) para asegurar que el concreto llene todos los espacios entre las piedras y se adhiera a ellas.
- **Acabado y Curado:** Se le da el acabado superficial requerido y se procede al curado del concreto de la misma manera que con el concreto simple.

3.18.2 Equipo:

- Mezcladora de concreto (trompo) o camión mezclador.
- Vibradores de concreto (de inmersión).
- Herramientas manuales (palas, carretillas, reglas, llanas).
- Grúa pequeña (si las piedras son muy grandes).
- Formaletas

3.18.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.19 Acero de Refuerzo

Suministro, corte, doblado, armado y colocación de barras de acero corrugado dentro de los elementos de concreto, con el fin de proporcionar la resistencia a la tracción y al corte que el concreto por sí mismo no puede ofrecer, y controlar el agrietamiento.

3.19.1 Proceso:

- **Recepción y Almacenamiento:** Recepción del acero de refuerzo en obra, verificando diámetros, longitudes y certificaciones de calidad. Almacenamiento en un lugar seco y protegido de la corrosión.
- **Corte y Doblado:** Las barras se cortan y doblan según las dimensiones y formas indicadas en los planos de despiece y figuración de acero. Se utilizan cizallas y dobladoras mecánicas o manuales.
- **Armado de Elementos:** Las barras cortadas y dobladas se unen entre sí (con alambre recocido) para formar las armaduras de vigas, columnas, losas, zapatas, etc., manteniendo los espaciamientos y recubrimientos correctos.
- **Colocación en Formaletas:** Las armaduras se transportan y colocan dentro de las formaletas, asegurando su posición correcta mediante el uso de separadores (dados o galletas de concreto, plásticos) para garantizar el recubrimiento de concreto especificado.

- **Traslapos y Anclajes:** Se verifican las longitudes de traslapo y anclaje según los planos estructurales para asegurar la continuidad de la resistencia.
- **Inspección:** El Ingeniero Supervisor y/o Interventor debe inspeccionar el armado y la colocación del acero antes de cualquier vaciado de concreto, verificando diámetros, espaciamientos, recubrimientos y limpieza.

3.19.2 Equipo:

- Cizallas para corte de acero.
- Dobladoras de acero.
- Mesas de figuración.
- Herramientas manuales (pinzas, amarradoras de alambre).
- Flexómetros, escuadras, niveles.
- Separadores.

3.19.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra (especializado en estructuras).
- Figuradores de acero.
- Ayudantes de obra.

3.20 Pilote de Concreto 28 MPa Vaciado In Situ

Elemento estructural de cimentación profunda, de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 28 MPa, construido mediante la perforación de un fuste en el terreno y el posterior vaciado de concreto y colocación de una armadura de acero en el mismo sitio de su ubicación final. Se utilizan para transmitir cargas de estructuras pesadas a estratos de suelo más competentes a mayor profundidad.

3.20.1 Proceso:

- **Replanteo:** Trazado preciso de la ubicación de cada pilote según los planos.
- **Perforación:** Se realiza la perforación del fuste del pilote hasta la profundidad y diámetro especificados, utilizando equipos de perforación rotatoria o percusión. Se debe controlar la verticalidad y la estabilidad de la perforación.
- **Limpieza del Fondo:** Una vez alcanzada la profundidad, se limpia el fondo de la perforación para eliminar lodos, detritos o material suelto.
- **Colocación de Armadura:** Se introduce la armadura de acero prefabricada (jaula de refuerzo) dentro de la perforación, asegurando su centrado y recubrimiento adecuado.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto (28 MPa, con alta fluidez y trabajabilidad) se vacía utilizando un tubo tremie o métodos que aseguren que el concreto desplace el lodo o el agua sin segregación ni contaminación. El vaciado es continuo hasta el nivel superior del pilote.

- **Descabezado y Nivelación:** Una vez que el concreto ha fraguado, se descabeza la parte superior del pilote (se remueve el concreto contaminado o de baja calidad) hasta alcanzar el nivel de diseño, dejando expuesto el refuerzo para la conexión con la estructura superior (cabezal).
- **Curado:** Se protege la parte expuesta del pilote y se asegura un curado adecuado.
- **Control de Calidad:** Se realizan ensayos de asentamiento y toma de cilindros de concreto durante el vaciado. Posteriormente, se pueden realizar pruebas de integridad del pilote o pruebas de carga estática/dinámica, según el diseño y las especificaciones.

3.20.2 Equipo:

- Equipo de perforación de pilotes (perforadora rotatoria, martillo de percusión, grúa con aditamentos).
- Equipo para preparación y manejo de lodos bentoníticos (si aplica).
- Tubo tremie.
- Camiones mezcladores (mixer) o bomba de concreto.
- Grúa para izaje de armaduras.
- Herramientas para corte y doblado de acero (si se arma en sitio).
- Equipo de topografía.
- Equipo de laboratorio para control de calidad del concreto.
- Equipo para pruebas de integridad de pilotes.

3.20.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de equipo de perforación.
- Operadores de grúa.
- Figuradores y armadores de acero.
- Laboratorista de concreto.
- Ayudantes de obra.

3.21 Señalización Vertical

Suministro e instalación de señales de tránsito verticales (reglamentarias, preventivas, informativas y de obras) que transmiten mensajes claros a los conductores y peatones sobre regulaciones, advertencias y direcciones, garantizando la seguridad y fluidez del tráfico.

3.21.1 Proceso:

- **Replanteo:** Trazado de la ubicación precisa de cada señal según los planos de señalización.
- **Excavación de Cimientos:** Excavación de los huecos para los cimientos de los postes.

- **Instalación de Postes y Cimientos:** Colocación de los postes en los huecos y vaciado del concreto para los cimientos, asegurando la verticalidad y alineación.
- **Montaje de Tableros:** Fijación de los tableros de las señales a los postes mediante abrazaderas o tornillos, asegurando su orientación y altura correctas.
- **Limpieza y Acabado:** Limpieza del área de instalación y retiro de cualquier material sobrante.
- **Inspección Final:** Verificación de la correcta instalación, visibilidad y cumplimiento de la normativa.

3.21.2 Equipo:

- Herramientas manuales (palas, picos, niveles, flexómetros).
- Mezcladora de concreto (trompo).
- Taladro percutor.
- Vehículo de transporte de señales y personal.

3.21.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.
- Concreteros (para cimientos).

3.22 Demarcación

Aplicación de marcas viales sobre la superficie del pavimento para guiar el tráfico, regular la circulación, advertir sobre peligros y delimitar carriles, zonas de estacionamiento, cruces peatonales, etc.

3.22.1 Proceso:

- **Limpieza de la Superficie:** La superficie del pavimento debe estar limpia, seca y libre de polvo, grasa o cualquier otro contaminante que pueda afectar la adherencia de la pintura.
- **Replanteo y Trazado:** Trazado preciso de las líneas y símbolos a demarcar, utilizando plantillas, cuerdas y equipos de medición.
- **Aplicación de Imprimación:** Se aplica una imprimación para mejorar la adherencia de la pintura.
- **Aplicación de la Pintura:** La pintura se aplica con máquinas demarcadoras autopropulsadas o manuales, asegurando un espesor uniforme y la incorporación de microesferas de vidrio para la retroreflectividad. Se deben respetar los tiempos de secado.
- **Protección de la Demarcación:** Se protegen las marcas recién aplicadas del tráfico hasta que estén completamente secas.

- **Control de Calidad:** Verificación del espesor de la capa de pintura, la retroreflectividad y la adherencia.

3.22.2 Equipo:

- Máquinas demarcadoras viales (autopropulsadas o manuales).
- Compresor de aire (si la máquina lo requiere).
- Plantillas para símbolos.
- Cuerdas, tizas, flexómetros.
- Equipo de limpieza (barredoras, sopladoras).
- Vehículo de apoyo y señalización.

3.22.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Operadores de máquina demarcadora.
- Ayudantes de obra (para replanteo, limpieza y protección de la demarcación).
- Personal de control de tráfico.

3.23 Tachas Reflectivas

Instalación de dispositivos reflectivos bidireccionales o unidireccionales sobre la superficie del pavimento, que mejoran la visibilidad de la demarcación horizontal en condiciones de baja luminosidad o lluvia, guiando a los conductores y delimitando carriles.

3.23.1 Proceso:

- **Limpieza de la Superficie:** La superficie del pavimento donde se instalarán las tachas debe estar limpia, seca y libre de polvo o grasa.
- **Replanteo:** Trazado preciso de la ubicación y espaciamiento de cada tacha según los planos de señalización.
- **Preparación del Adhesivo:** Preparación del adhesivo epóxico o bituminoso de alta resistencia según las especificaciones del fabricante.
- **Aplicación del Adhesivo:** Se aplica una cantidad adecuada de adhesivo en la base de la tacha y/o sobre la superficie del pavimento en el punto de instalación.
- **Colocación de la Tacha:** La tacha se coloca firmemente sobre el adhesivo, aplicando presión para asegurar un contacto total y la correcta orientación de los elementos reflectivos.
- **Curado del Adhesivo:** Se respeta el tiempo de curado del adhesivo antes de permitir el tráfico sobre las tachas.
- **Limpieza:** Retiro de cualquier exceso de adhesivo o material sobrante.
- **Control de Calidad:** Verificación de la adherencia, alineación y retroreflectividad de las tachas instaladas.

3.23.2 Equipo:

- Herramientas manuales (llanas o espátulas para adhesivo, martillo de goma).
- Equipo de limpieza (cepillos, sopladoras).
- Equipo de protección personal (guantes, gafas).

3.23.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.24 Defensas Metálicas

Instalación de sistemas de contención metálicos (barreras de seguridad o guardarraíles) a lo largo de los bordes de la vía, en curvas peligrosas, terraplenes altos, o cerca de obstáculos, con el objetivo de redirigir vehículos descontrolados y minimizar la gravedad de los accidentes.

3.24.1 Proceso:

- **Replanteo:** Trazado preciso de la alineación y ubicación de los postes y tramos de defensa según los planos de diseño.
- **Excavación de Huecos:** Perforación o excavación de los huecos para la instalación de los postes de la defensa.
- **Hincado/Instalación de Postes:** Los postes metálicos se hincan en el terreno con martillos vibratorios o se instalan en cimientos de concreto vaciados in situ, asegurando su verticalidad y espaciamiento.
- **Montaje de los Elementos Viga:** Se atornillan los elementos longitudinales de la defensa a los postes, siguiendo la secuencia y traslapos indicados en el diseño.
- **Instalación de Separadores y Terminales:** Se instalan los separadores entre la viga y el poste, y los terminales de inicio y fin de tramo.
- **Ajuste y Nivelación:** Se ajustan todos los componentes para asegurar la alineación, nivelación y altura correcta de la defensa.
- **Inspección Final:** Verificación de la correcta instalación, la calidad de los materiales (galvanizado) y el cumplimiento de las normativas de seguridad vial.

3.24.2 Equipo:

- Martillo hincapostes (hidráulico o neumático) o ahoyador.
- Herramientas manuales (llaves, taladros, niveles, flexómetros).
- Vehículo de transporte y apoyo.

Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.

- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.25 Adoquín Podotáctil

Instalación de adoquines especiales con texturas elevadas y contrastes de color, diseñados para ser percibidos por personas con discapacidad visual o movilidad reducida, indicando cambios de nivel, cruces peatonales, zonas de peligro o rutas accesibles.

3.25.1 Proceso:

- **Preparación de la Base:** La superficie donde se instalarán los adoquines debe ser una base granular compactada y nivelada, o una losa de concreto, según el diseño.
- **Replanteo:** Trazado preciso del área y patrón de instalación de los adoquines podotáctiles.
- **Capa de Asentamiento:** Extensión de una capa uniforme de arena de río o mortero seco sobre la base preparada, para servir de lecho de asentamiento.
- **Colocación de Adoquines:** Los adoquines podotáctiles se colocan manualmente sobre la capa de asentamiento, siguiendo el patrón de diseño y asegurando que las texturas queden orientadas correctamente. Se golpean suavemente con un martillo de goma para asentarlos y nivelarlos.
- **Relleno de Juntas:** Se esparce arena fina o material de rejunte sobre la superficie y se barre para que penetre en las juntas entre los adoquines.
- **Compactación (Suave):** Se puede realizar una compactación suave con una plancha vibratoria ligera o un martillo de goma para asentar definitivamente los adoquines y consolidar el material de las juntas.
- **Limpieza:** Limpieza final de la superficie.

3.25.2 Equipo:

- Herramientas manuales (palas, rastrillos, martillo de goma, nivel de burbuja).
- Plancha vibratoria ligera (opcional).
- Carretillas.

3.25.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.26 Baranda Metálica para Puente en Tubería Redonda y Vigas IP-200

Suministro, fabricación, transporte y montaje de barandas de seguridad para puentes, compuestas por elementos verticales de viga IP-200 y elementos horizontales de tubería

redonda de 4" de diámetro y 2.3 mm de espesor, diseñadas para proteger a vehículos y peatones de caídas, y cumplir con las normativas de seguridad vial y estructural.

3.26.1 Proceso:

- **Corte y Doblado:** Corte de las vigas IP-200 y la tubería redonda a las longitudes y ángulos requeridos según los planos.
- **Preparación de Superficies:** Limpieza y preparación de las superficies de las piezas metálicas para soldadura y recubrimiento.
- **Soldadura:** Soldadura de los elementos de la baranda (conexiones de tubería a vigas, placas de anclaje) por personal calificado, siguiendo procedimientos de soldadura aprobados y realizando inspecciones de calidad.
- **Perforaciones:** Realización de perforaciones para tornillería de conexión y anclaje.
- **Protección Anticorrosiva:** Limpieza abrasiva y aplicación de recubrimiento anticorrosivo (galvanizado en caliente, pintura epóxica/poliuretano) según las especificaciones.
- **Transporte:** Transporte de los elementos prefabricados y recubiertos desde el taller hasta el sitio del puente.
- **Replanteo en Obra:** Trazado preciso de la ubicación de los puntos de anclaje de la baranda en la losa o estructura del puente.
- **Instalación de Anclajes (Si aplica):** Si los anclajes no están embebidos en el concreto del puente, se perfora la losa y se instalan pernos de anclaje químicos o mecánicos, o se preparan las conexiones para soldadura.
- **Montaje de la Baranda:** Izaje y colocación de los tramos prefabricados de baranda, atornillándolos o soldándolos a los anclajes o a la estructura del puente. Se asegura la alineación, verticalidad y nivelación.
- **Uniones en Campo:** Si hay uniones en campo, se realizan soldaduras o conexiones atornilladas, y se aplica el recubrimiento anticorrosivo en las zonas afectadas por el montaje.
- **Inspección Final:** Verificación de la correcta instalación, estabilidad, calidad de las uniones y recubrimientos, y cumplimiento de las tolerancias.

3.26.2 Equipo:

- Equipo de corte (oxicorte, sierras metálicas).
- Máquinas de soldar.
- Taladros (de pedestal, manuales).
- Herramientas manuales (llaves, martillos, niveles, flexómetros).
- Grúa o polipasto (para izaje de tramos).
- Equipo de limpieza y aplicación de recubrimientos (en taller y en campo).
- Equipo de topografía.

3.26.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.
- Soldadores calificados.
- Armadores / Montadores de estructuras metálicas (oficiales y ayudantes).
- Personal de control de calidad.

3.27 Desmonte de Señalización Vertical Existente

Remoción controlada de señales de tránsito verticales y sus postes o estructuras de soporte que se encuentran en el área del proyecto y que son obsoletas, están deterioradas o interfieren con las nuevas obras.

3.27.1 Proceso:

- **Identificación y Planificación:** Identificación de las señales a desmontar según los planos o la inspección en campo. Planificación de la secuencia de desmonte para no afectar el tráfico o la seguridad.
- **Señalización y Seguridad:** Delimitación de la zona de trabajo con señalización de seguridad temporal.
- **Desconexión (Si aplica):** Si la señal tiene iluminación o algún tipo de conexión eléctrica, se realiza su desconexión segura.
- **Desmontaje del Tablero:** Se retira el tablero de la señal del poste o estructura de soporte.
- **Retiro del Poste/Estructura:** Se desmonta el poste o la estructura de soporte. Si el poste está anclado en concreto, se puede cortar a nivel del suelo o demoler la base si es necesario.
- **Limpieza del Área:** Retiro de todos los elementos desmontados y limpieza del sitio.
- **Disposición Final:** Los materiales desmontados se clasifican y se transportan a sitios de disposición final autorizados o a centros de reciclaje, según su estado y tipo de material.

3.27.2 Equipo:

- Herramientas manuales (llaves, alicates, martillos, palas, picos).
- Herramientas de corte (amoladora, cizalla, equipo de oxicorte si es necesario para postes metálicos).
- Equipo de protección personal (EPP).
- Vehículo de transporte para los materiales desmontados.

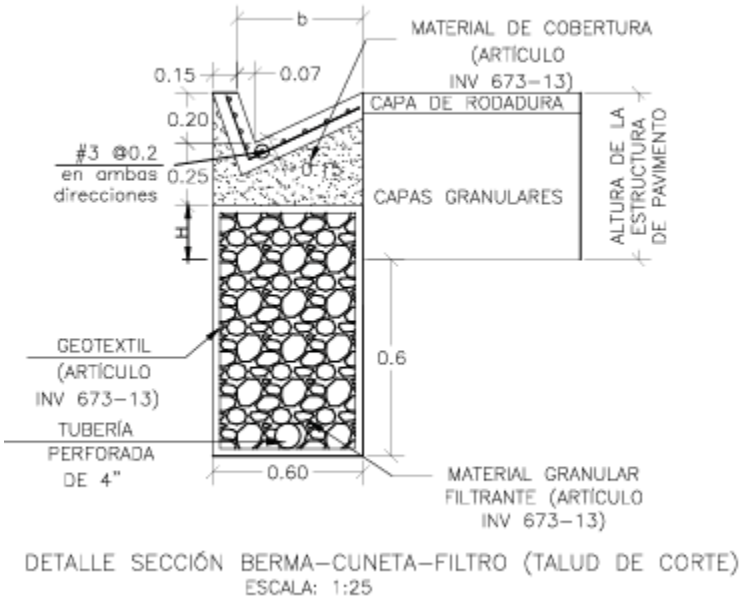
3.27.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Maestro de obra.

- Oficiales y ayudantes de obra.

3.28 Subdrenes con Geotextil y Material Granular

Consiste en la construcción de un sistema de drenaje subterráneo, utilizando una zanja excavada, un geotextil no tejido para envolver y filtrar, y un material granular (grava o piedra triturada) para permitir el flujo de agua, con el fin de interceptar y evacuar el agua subterránea o infiltrada que pueda afectar la estabilidad de la estructura del pavimento o los taludes. Opcionalmente, puede incluir tubería perforada.



DETALLE SECCIÓN BERMA–CUNETA–FILTRO (TALUD DE CORTE)
ESCALA: 1:25

3.28.1 Proceso:

- **Replanteo y Trazado:** Se traza con precisión la ubicación y las dimensiones de la zanja del subdren, incluyendo pendientes longitudinales para asegurar el flujo de agua.
- **Excavación de la Zanja:** Se excava la zanja a la profundidad y ancho especificados, procurando que los taludes de la zanja sean estables. El material excavado se puede acopiar a un lado o cargar directamente en volquetas si es material excedente o no apto para relleno.
- **Preparación de la Cama de Asentamiento:** Se conforma y nivela el fondo de la zanja, asegurando que esté limpio y libre de materiales orgánicos o punzantes.
- **Posición del Geotextil:** Se extiende el geotextil no tejido sobre la zanja, cubriendo el fondo y los costados. Es fundamental dejar suficiente material sobrante en los bordes superiores para poder envolver completamente el material granular al final. Los

traslapos entre rollos de geotextil deben ser mínimos de 30 cm o según especificación del fabricante/diseño.

- **Instalación de Tubería:** Si el diseño incluye tubería de drenaje perforada (PVC, PEAD), esta se coloca sobre el geotextil en el fondo de la zanja, asegurando la pendiente adecuada y la conexión a los puntos de descarga.
- **Colocación del Material Granular:** Se coloca el material granular de drenaje (grava limpia, piedra triturada, etc., según especificación de granulometría) sobre el geotextil y alrededor de la tubería (si existe). El material se extiende en capas y se compacta ligeramente (sin dañar el geotextil o la tubería) para asegurar su estabilidad.
- **Cierre del Geotextil:** Una vez que el material granular ha alcanzado la altura especificada, se pliegan los bordes sobrantes del geotextil sobre la capa granular, envolviéndola completamente para evitar la infiltración de finos desde el exterior. Se asegura el traslapo adecuado.
- **Relleno de la Zanja:** Se procede al relleno final de la zanja con material de relleno compactable (generalmente el material de la misma excavación si es apto o material de préstamo), hasta el nivel del terreno o la rasante. El relleno se compacta en capas.
- **Conexión a Salidas:** Se asegura la correcta conexión del subdren a puntos de descarga (cunetas, sumideros, tuberías de mayor diámetro) para que el agua captada pueda ser evacuada eficientemente.
- **Control de Calidad:** Verificación de las dimensiones de la zanja, tipo y colocación del geotextil, granulometría del material granular, pendientes y conexiones.

3.28.2 Equipo:

- Excavadora o retroexcavadora (para la excavación de la zanja).
- Mini cargador (opcional, para manejo de material granular en áreas confinadas).
- Volquetas (para transporte de material excavado o granular).
- Carretillas (para manejo manual del granular).
- Herramientas manuales (palas, picos, rastrillos, niveles, flexómetros).
- Equipo de topografía (estación total, nivel).
- Rodillo vibratorio pequeño o compactador manual (canguro) (para la cama y el relleno final).
- Cortadora o tijeras para geotextil.

3.28.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operador de excavadora/retroexcavadora.
- Maestro de obra.
- Oficiales y ayudantes de obra.

3.29 Pilote de Concreto Vaciado In Situ de Diámetro 0.6 m

Elemento estructural de cimentación profunda, de concreto reforzado, construido mediante la perforación de un fuste de 0.6 metros de diámetro en el terreno y el posterior vaciado de concreto y colocación de una armadura de acero en el mismo sitio de su ubicación final. Se utilizan para transmitir cargas de estructuras pesadas a estratos de suelo más competentes a mayor profundidad. La resistencia del concreto debe ser la especificada en los planos.

3.29.1 Proceso:

- **Replanteo:** Trazado preciso de la ubicación de cada pilote según los planos de diseño, asegurando su alineación y espaciamiento.
- **Perforación:** Se realiza la perforación del fuste del pilote, con un diámetro de 0.6 metros, hasta la profundidad especificada en los planos geotécnicos. Se utilizan equipos de perforación rotatoria o percusión. Durante la perforación, se debe controlar la verticalidad y la estabilidad de las paredes de la perforación. En suelos inestables o con presencia de agua, se puede requerir el uso de lodos bentoníticos para mantener la estabilidad del fuste o la instalación de una camisa metálica temporal.
- **Limpieza del Fondo:** Una vez alcanzada la profundidad de diseño, se procede a la limpieza del fondo de la perforación para eliminar lodos, detritos, material suelto o cualquier sedimento que pueda afectar la capacidad portante del pilote. Esto se realiza con herramientas específicas como cucharas de limpieza o bombas.
- **Colocación de Armadura:** Se introduce la armadura de acero prefabricada (jaula de refuerzo) dentro de la perforación. La armadura debe ser diseñada para resistir los esfuerzos de compresión, tracción y corte, y debe contar con separadores para asegurar su centrado dentro del fuste y garantizar el recubrimiento adecuado del concreto.
- **Vaciado del Concreto:** El concreto se vacía utilizando un tubo tremie. Este método asegura que el concreto se coloque desde el fondo de la perforación, desplazando el lodo o el agua hacia arriba sin segregación ni contaminación. El vaciado es continuo hasta el nivel superior del pilote, o hasta el nivel de descabezado.
- **Retiro de Camisa (Si aplica):** Si se utilizó una camisa metálica temporal para estabilizar la perforación, esta se retira gradualmente a medida que se vacía el concreto, manteniendo siempre un nivel de concreto superior al fondo de la camisa para evitar el colapso del fuste.
- **Descabezado y Nivelación:** Una vez que el concreto ha fraguado y alcanzado una resistencia inicial, se procede al descabezado de la parte superior del pilote. Esto implica la remoción del concreto superficial que pudo haber sido contaminado por lodos o segregación, hasta alcanzar el nivel de diseño y dejar expuesto el refuerzo limpio para la conexión con la estructura superior (cabezal de pilotes).

- **Curado:** Se protege la parte expuesta del pilote y se asegura un curado adecuado del concreto para permitir el desarrollo óptimo de su resistencia y durabilidad.

3.29.2 Equipo:

- Equipo de perforación de pilotes (perforadora rotatoria con barrena continua o intermitente, o equipo de percusión).
- Herramientas de limpieza de fondo.
- Equipo para preparación y manejo de lodos.
- Tubo tremie con tolva.
- Camiones mezcladores (mixer) o bomba de concreto.
- Herramientas para corte y doblado de acero (si se arma en sitio).
- Equipo de topografía (estación total, nivel).
- Herramientas para descabezado (martillos demoledores, cinceles).

3.29.3 Personal:

- Ingeniero Residente de Obra / Supervisor.
- Topógrafo y ayudante de topografía.
- Operadores de equipo de perforación.
- Figuradores y armadores de acero.
- Oficial y Ayudantes de obra.

3.30 Prueba de Carga Tipo Dinámica de Capacidad de Carga para Pilotes (PDA)

Ensayo no destructivo que se realiza en pilotes (generalmente después de un período de curado del concreto) para evaluar su integridad estructural, estimar su capacidad de carga estática y determinar la distribución de la resistencia del suelo a lo largo del fuste y en la punta. Se aplica un golpe de energía controlada en la cabeza del pilote y se miden las respuestas de velocidad y fuerza.

3.30.1 Proceso:

- **Preparación del Pilote:** La cabeza del pilote debe estar limpia, nivelada y libre de irregularidades. Se instala una almohadilla de impacto (generalmente de madera contrachapada o plomo) sobre la cabeza del pilote para distribuir la energía del golpe.
- **Instalación de Sensores:** Se instalan sensores de aceleración y de deformación en la parte superior del fuste del pilote, a una distancia específica de la cabeza, para medir la velocidad y la fuerza de la onda de esfuerzo generada por el impacto. Estos sensores se conectan a un sistema de adquisición de datos (PDA - Pile Driving Analyzer).
- **Preparación de la Masa de Impacto:** Se utiliza una masa de impacto que se eleva y se deja caer libremente sobre la cabeza del pilote. La masa debe ser suficiente para generar una onda de esfuerzo que movilice la resistencia del suelo.

- **Masa para la Carga:** La masa de impacto debe tener un peso que generalmente oscila entre el **1% y el 2% de la capacidad de carga de diseño del pilote**. Para pilotes de 0.6m de diámetro, una masa de **5 a 15 toneladas** es común. El peso exacto se determina en función de la capacidad de carga estimada del pilote y la energía necesaria para movilizar la resistencia del suelo.
- **Ejecución del Ensayo:** Se deja caer la masa de impacto sobre la cabeza del pilote, generando una onda de esfuerzo que viaja a través del pilote. El sistema PDA registra simultáneamente las señales de fuerza y velocidad transmitidas por los sensores. Se realizan varios golpes para obtener datos consistentes.
- **Análisis de Datos en Tiempo Real:** El equipo PDA procesa las señales en tiempo real, mostrando gráficos de fuerza y velocidad, y proporcionando una estimación inmediata de la capacidad de carga, la integridad del pilote y la distribución de la resistencia.
- **Análisis Detallado (CAPWAP):** Posteriormente, los datos registrados se someten a un análisis más detallado mediante software especializado (como CAPWAP - Case Pile Wave Analysis Program), que permite refinar la estimación de la capacidad de carga estática y obtener un perfil de la resistencia del suelo a lo largo del pilote.
- **Generación de Informe:** Se elabora un informe técnico con los resultados del ensayo, incluyendo la capacidad de carga estimada, la evaluación de integridad y las conclusiones.

3.30.2 Equipo:

- Sistema de adquisición de datos PDA (Pile Driving Analyzer).
- Acelerómetros y sensores de fuerza y velocidad.
- Cables de conexión y computadora/unidad de procesamiento.
- Masa de impacto (martillo o pesa) con sistema de izaje.
- Almohadillas de impacto.
- Equipo de topografía (para verificar niveles y alineación del pilote).
- Equipo de perforación (si se requiere preparación adicional del pilote).

3.30.3 Personal:

- Ingeniero Geotecnista / Especialista en Cimentaciones (responsable del ensayo e interpretación).
- Técnico operador del equipo PDA (certificado).
- Operador de grúa (si se usa para la masa de impacto).
- Ayudantes de obra (para preparación del pilote y asistencia en el ensayo).

4 FRENTES DE TRABAJO (EJECUCIÓN DE OBRAS)

Se implementarán en simultáneo CUATRO (04) frentes de trabajo: uno (01) para el puente; uno (01) para los box culverts, dos (02) para el pavimento rígido. Una vez culmine algún frente, se abrirá otro para cunetas y/o bermas y/u obras de protección y/o señalización, etc. Lo anterior por la complejidad del proyecto y para cumplir con el plazo estipulado para el proyecto.

Para cada frente de trabajo se necesitarán dos (02) facultadores de tránsito, uno al inicio y otro al final de cada frente, para el manejo del tránsito de camiones y vehículos que transitan por la vía.

Es muy seguro que una cuadrilla (dos facultadores) tenga que rotarse para la entrada y salida de camiones en el centro de acopio de materiales, desplazamiento de maquinaria amarilla en la vía, manejo de tránsito atraído por bloqueos en la vía nacional ruta 90 (troncal de occidente).