DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

APOYO AL MEJORAMIENTO DE LA VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE CHITARAQUE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ELABORADO POR:

DIEGO FERNANDO GUATIBONZA ROJAS

Ingeniero Civil

Especialista en Geotecnia Vial

FEBRERO DE 2025

CONTENIDO

1. Introducción 3

2. GENERALIDADES 5

3. especificaciones tecnicas 7

3.1. SUMINISTRO, DE MATERIAL PARA AFIRMADO HASTA UN DIÁMETRO DE 2" Y UN ÍNDICE PLÁSTICO MENOR O IGUAL 9% Y COMPACTO AL 95% PROCTOR ... 8

3.1.1. MATERIAL Y PROPIEDADES 8

3.1.2. EXTENDIDO DEL MATERIAL 8

3.1.3. HUMECTACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN 9

3.1.4. COMPACTACIÓN 9

3.1.5. CONTROL DE CALIDAD 9

3.1.6. CONSIDERACIONES FINALES 10

3.2. SUMINISTRO DE MATERIAL DE ARENA FINA 10

3.2.1. MATERIAL Y PROPIEDADES 10

3.2.2. APLICACIÓN DE LA CAPA DE ARENA DE NIVELACIÓN 11

3.2.3. INSTALACIÓN DEL PAVIMENTO ARTICULADO 11

3.2.4. APLICACIÓN DE LA ARENA DE CONFINAMIENTO EN JUNTAS 11

3.2.5. CONTROL DE CALIDAD 12

3.2.6. CONSIDERACIONES FINALES 12

3.3. SUMINISTRO DE MATERIAL DE LADRILLO TOLETE COMUN 12

3.3.1. MATERIAL Y PROPIEDADES 13

3.3.2. COMPACTACIÓN FINAL 13

3.3.3. CONTROL DE CALIDAD 14

3.3.4. CONSIDERACIONES FINALES 14

3.4. SUMINISTRO DE BORDILLO PREFABRICADO A-80 14

3.4.1. REQUISITOS TÉCNICOS DEL MATERIAL 15

3.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS 15

3.4.3. ACABADOS Y CURADO 15

3.4.4. CONTROL DE CALIDAD 16
3.4.5. CONSIDERACIONES FINALES 16
4. RECOMEDACIONES 16
5. CONCLUSIONES 17

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento establece las especificaciones técnicas para la construcción de una vía con pavimento articulado en tolete común, siguiendo los lineamientos del Instituto

Nacional de Vías (INVIAS) y demás normativas aplicables. Este tipo de pavimento ha demostrado ser una solución eficiente y sostenible para vías urbanas y rurales, combinando resistencia estructural, facilidad de mantenimiento y conservación del entorno arquitectónico.

El diseño del pavimento se compone de diferentes capas estructurales que garantizan su estabilidad y durabilidad. En primera instancia, se contempla la instalación de una capa de afirmado de 20 cm de espesor, la cual será compactada en dos capas de 10 cm para garantizar la densificación uniforme del material y alcanzar un grado de compactación mínimo del 95% Proctor (INV E-142). Esta capa funcionará como base estructural, asegurando una distribución eficiente de las cargas y evitando asentamientos diferenciales.

Sobre la capa de afirmado se dispondrá una capa de arena de 5 cm, la cual permitirá nivelar y ajustar la superficie para la posterior colocación del tolete común. Este material será instalado en patrón de espina de pez a 45°, una disposición que proporciona una mejor distribución de cargas y evita el desplazamiento de las unidades durante el tránsito vehicular.

Para el confinamiento del pavimento articulado, se procederá a aplicar arena de sello en las juntas entre los ladrillos, asegurando el correcto interbloqueo de las piezas y mejorando la estabilidad del sistema. Finalmente, el pavimento será compactado con una placa vibratoria para garantizar su correcta fijación y evitar desplazamientos en la estructura.

En la zona de bordes, se instalarán bordillos tipo A-80, de acuerdo con las especificaciones técnicas de INVIAS, con el fin de delimitar el área de circulación y evitar desplazamientos laterales del adoquinado.

Este documento especifica los requerimientos técnicos, procedimientos de construcción y ensayos de calidad necesarios para la correcta ejecución del pavimento articulado, asegurando su desempeño óptimo y cumplimiento con los estándares exigidos para este tipo de infraestructura vial.

2. GENERALIDADES

El pavimento articulado con tolete común es una alternativa ampliamente utilizada en Colombia para la construcción de vías urbanas y rurales, combinando beneficios estructurales con una adecuada integración al entorno arquitectónico. Este tipo de pavimento, además de cumplir con los requisitos de resistencia y estabilidad establecidos por INVIAS, permite conservar la identidad colonial de municipios como Chitaraque, Boyacá, donde se prioriza el uso de materiales tradicionales en concordancia con el paisaje urbano.

La construcción de esta estructura vial se basa en las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la normativa nacional vigente. Para el caso del tolete común, si bien INVIAS contempla el uso de adoquines de concreto para pavimentos articulados, la experiencia en múltiples municipios de Boyacá, Cundinamarca y Santander ha demostrado que el tolete común presenta un desempeño satisfactorio en términos de resistencia, estabilidad y facilidad de mantenimiento. Ejemplos notables de su aplicación incluyen las calles empedradas de Villa de Leyva, Monguí y Barichara, las cuales han permanecido en óptimas condiciones a lo largo del tiempo, validando su eficiencia estructural.

En términos técnicos, el pavimento articulado con tolete común se compone de las siguientes capas estructurales:

- ✓ Capa de afirmado (20 cm de espesor): conformada por un material granular con un diámetro máximo de 2”, un índice plástico ≤ 9%, y compactada en dos capas de 10 cm al 95% del Proctor modificado (INV E-142). Esta capa garantiza la distribución uniforme de cargas y evita asentamientos diferenciales.
- ✓ Capa de arena de nivelación (5 cm de espesor): debe cumplir con una granulometría adecuada para facilitar el ajuste de las piezas de tolete común, permitiendo la correcta nivelación y absorbiendo pequeñas variaciones en la base.
- ✓ Tolete común (patrón espina de pez a 45°): este material se instala con una disposición geométrica que mejora la distribución de esfuerzos y proporciona estabilidad al pavimento, minimizando desplazamientos y reduciendo el riesgo de levantamientos o fisuras.
- ✓ Arena de sello en juntas: aplicada en los espacios entre los toletes, garantiza la trabazón entre piezas, optimizando el interbloqueo y evitando el ingreso de agua en exceso, lo que podría comprometer la estabilidad de la estructura.

- ✓ Bordillos tipo A-80: empleados para delimitar la vía y evitar el desplazamiento lateral del adoquinado. Su instalación sigue las especificaciones técnicas de INVIAS o la Norma Técnica Colombiana (NTC).

Si bien el INVIAS en sus especificaciones técnicas hace referencia al uso de adoquines de concreto para pavimentos articulados, la utilización del tolete común en municipios con valor histórico y cultural responde a criterios de conservación del entorno, funcionalidad y desempeño estructural. Las experiencias en Boyacá y otras regiones del país han demostrado que este material presenta:

- ✓ Adecuada resistencia a cargas vehiculares y peatonales, siempre que se garantice un soporte adecuado mediante la base granular compactada y un correcto interbloqueo de las piezas.
- ✓ Mayor integración con el entorno arquitectónico colonial, preservando la identidad histórica de los municipios.
- ✓ Facilidad de mantenimiento y reposición, ya que, en caso de intervenciones en redes de servicios públicos, el tolete puede retirarse y reinstalarse sin afectar la estructura del pavimento.
- ✓ Óptima capacidad de drenaje superficial, ya que las juntas rellenas con arena permiten la infiltración controlada de agua, reduciendo el riesgo de acumulaciones y encharcamientos.

Para garantizar el óptimo desempeño del pavimento articulado, se deberán cumplir estrictamente los controles de calidad en cada una de las capas estructurales, verificando la compactación del afirmado, la granulometría de la arena de nivelación y la correcta disposición del tolete común. Adicionalmente, se recomienda la ejecución de pruebas de carga y estabilidad según los parámetros establecidos en la normativa de INVIAS y la NTC.

La implementación de este tipo de pavimento en Chitaraque, Boyacá, además de cumplir con los requisitos técnicos exigidos para la infraestructura vial, contribuye a la conservación del patrimonio arquitectónico y a la sostenibilidad del proyecto, garantizando una solución duradera y funcional para la movilidad del municipio.

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

La estructura del pavimento articulado con tolete común en la vía proyectada se diseña conforme a los lineamientos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y las Normas Técnicas Colombianas (NTC), garantizando su estabilidad estructural, resistencia a cargas y durabilidad. La correcta ejecución del sistema depende del cumplimiento de especificaciones rigurosas en cada una de sus capas, asegurando un adecuado soporte, distribución de esfuerzos y confinamiento de las unidades de pavimento.

La base estructural está conformada por una capa de afirmado granular de 20 cm de espesor, compactada en dos capas de 10 cm para garantizar una densificación homogénea. El material utilizado tendrá un tamaño máximo de 2”, un índice plástico menor o igual al 9% y un grado de compactación mínimo del 95% Proctor modificado (INV E-142). Esta capa es fundamental para la estabilidad del pavimento, ya que distribuye las cargas y minimiza asentamientos diferenciales.

Sobre la base se dispondrá una capa de arena de nivelación de 5 cm de espesor, la cual deberá cumplir con una granulometría controlada para facilitar la correcta alineación y asentamiento del tolete común. La arena no debe contener partículas finas en exceso que puedan generar compactación diferencial o impedir el ajuste de las unidades de pavimento.

El tolete común será instalado en patrón de espina de pez a 45°, una disposición que optimiza la distribución de cargas y mejora la estabilidad del sistema. Su uso en este proyecto responde a criterios tanto técnicos como arquitectónicos, ya que ha sido ampliamente utilizado en municipios de Boyacá, Cundinamarca y Santander, donde ha demostrado un desempeño adecuado en términos de resistencia, interbloqueo y facilidad de mantenimiento.

Para garantizar la estabilidad del pavimento, se aplicará arena de sello en las juntas entre los toletes, asegurando su correcto interbloqueo y evitando desplazamientos. Posteriormente, se realizará un proceso de compactación con placa vibratoria, permitiendo el ajuste final de las unidades y el relleno uniforme de las juntas.

El confinamiento del pavimento se logrará mediante la instalación de bordillos tipo A-80, los cuales cumplirán con las especificaciones establecidas por INVIAS y la NTC. Estos elementos evitarán el desplazamiento lateral del adoquinado y delimitarán la zona de tránsito.

El control de calidad del pavimento articulado requerirá la verificación de cada capa mediante ensayos de compactación (Proctor y densidad in situ), granulometría y estabilidad

de las piezas de pavimento. Además, se deberá evaluar la uniformidad en la instalación y el correcto interbloqueo de las unidades.

3.1. SUMINISTRO, DE MATERIAL PARA AFIRMADO HASTA UN DIÁMETRO DE 2" Y UN ÍNDICE PLÁSTICO MENOR O IGUAL 9% Y COMPACTO AL 95% PROCTOR

La capa de afirmado constituye la base estructural del pavimento articulado, proporcionando soporte adecuado a las cargas de tráfico y asegurando la estabilidad a largo plazo. Su correcta ejecución es fundamental para evitar asentamientos diferenciales y garantizar una adecuada distribución de esfuerzos.

Este material debe cumplir con las especificaciones establecidas en el Artículo 330 del INVIAS (Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras) y será sometido a control de calidad en términos de granulometría, plasticidad, compactación y resistencia al esfuerzo cortante.

3.1.1. MATERIAL Y PROPIEDADES

El material utilizado para la capa de afirmado deberá ser un material granular seleccionado, con una distribución controlada de tamaños de partículas que permita una compactación eficiente y una adecuada resistencia mecánica. Sus propiedades deben cumplir con los siguientes parámetros:

- ✓ Tamaño máximo de partícula: 2” (50 mm) – Según INV E-123.
- ✓ Índice plástico (IP): ≤ 9% – Según INV E-125.
- ✓ Límite líquido: ≤ 25% – Según INV E-128.
- ✓ Equivalente de arena: ≥ 25% – Según INV E-133.
- ✓ Soporte de la base en CBR (California Bearing Ratio): ≥ 40% – Según INV E-148.
- ✓ Densidad seca máxima y humedad óptima: Determinadas mediante el ensayo Proctor modificado (INV E-142).

3.1.2. EXTENDIDO DEL MATERIAL

El material granular deberá ser distribuido en la zona previamente preparada y nivelada, garantizando una uniformidad en el espesor de la capa. Como el espesor final de afirmado es de 20 cm, su colocación debe realizarse en dos capas de 10 cm cada una, permitiendo una compactación adecuada en cada nivel.

El extendido se realizará con motoniveladora o equipo equivalente, evitando segregaciones del material y asegurando un espesor uniforme en toda la sección. Durante esta fase, es crucial evitar acumulaciones de partículas finas o presencia de material plástico que pueda generar problemas de estabilidad.

3.1.3. HUMECTACIÓN Y HOMOGENIZACIÓN

Para facilitar la compactación y alcanzar la densidad especificada, el material deberá ser humedecido hasta su humedad óptima determinada en el ensayo Proctor modificado (INV E-142). La humectación se realizará con carro tanque equipado con sistema de aspersión, evitando excesos que generen saturación.

En caso de detectarse variaciones de humedad en el material ya extendido, se deberán realizar ajustes mediante riegos adicionales o secado superficial antes de la compactación.

3.1.4. COMPACTACIÓN

Cada capa de 10 cm será compactada hasta alcanzar un mínimo del 95% del Proctor modificado, según el ensayo de densidad in situ (INV E-161). La compactación se ejecutará utilizando rodillo vibratorio de 10 a 12 toneladas, en pasadas uniformes que eviten la formación de ondulaciones o segregaciones del material.

El proceso de compactación se realizará en franjas longitudinales, con traslape entre pasadas de al menos 30 cm, garantizando que no queden zonas sin consolidar. En áreas de difícil acceso, se empleará placa vibratoria o pisón mecánico, asegurando que toda la superficie cumpla con los parámetros de densidad.

3.1.5. CONTROL DE CALIDAD

Se realizarán ensayos de control de calidad para verificar que el material cumpla con las especificaciones exigidas por el INVIAS. Los controles incluirán:

- ✓ Ensayo de compactación in situ (INV E-161): mínimo 95% del Proctor modificado.
- ✓ Verificación de granulometría (INV E-123): cumplimiento con el rango de tamaños especificado.
- ✓ Índice plástico y límite líquido (INV E-125 e INV E-128): asegurando plasticidad adecuada.
- ✓ CBR (INV E-148): confirmación de la capacidad de soporte de la base.

Si alguno de los resultados no cumple con los parámetros establecidos, se deberán realizar correcciones inmediatas, tales como remoción y reposición del material defectuoso, aumento en la compactación o ajustes en la humedad del material.

3.1.6. CONSIDERACIONES FINALES

La correcta ejecución de la capa de afirmado garantizará un soporte adecuado para el pavimento articulado, minimizando problemas de asentamientos, fisuras o deformaciones prematuras. Es fundamental que el material cumpla con la normativa INVIAS, asegurando la estabilidad estructural y durabilidad de la vía.

Se recomienda que el proceso constructivo sea supervisado por personal calificado, realizando verificaciones continuas para mantener la calidad del material y la compactación. Además, se deben evitar actividades sobre la capa de afirmado sin autorización técnica hasta que se hayan verificado los parámetros de control de calidad establecidos.

3.2. SUMINISTRO DE MATERIAL DE ARENA FINA

La arena utilizada en el sistema de pavimento articulado cumple dos funciones esenciales:

- ✓ Capa de nivelación: Se extiende una capa uniforme de 5 cm de espesor sobre la base de afirmado, permitiendo la correcta alineación y asentamiento de los bloques de tolete común.
- ✓ Material de confinamiento: Una vez instalado el adoquinado, la arena es utilizada para rellenar las juntas entre las piezas, asegurando su estabilidad y evitando desplazamientos laterales.

Este material debe cumplir con las especificaciones establecidas en el Artículo 330 del INVIAS, garantizando que su granulometría, plasticidad y contenido de finos sean adecuados para su función estructural dentro del sistema de pavimento.

3.2.1. MATERIAL Y PROPIEDADES

La arena utilizada deberá ser un material limpio, libre de impurezas y cumplir con los siguientes requisitos técnicos:

- ✓ Granulometría: Debe cumplir con la curva granulométrica establecida en INV E-123, con un tamaño máximo de partícula de 4.75 mm (No. 4).
- ✓ Plasticidad: No debe contener partículas con características plásticas, por lo que su Índice Plástico (IP) debe ser igual a 0% (INV E-125).

- ✓ Equivalente de arena: Mayor o igual a 50% (INV E-133), asegurando baja presencia de finos y buena estabilidad.
- ✓ Contenido de materia orgánica: No debe superar el límite especificado en INV E-134, evitando la presencia de elementos que puedan degradarse con el tiempo.
- ✓ Humedad óptima: Entre 4% y 8% para facilitar su compactación y estabilidad.

3.2.2. APLICACIÓN DE LA CAPA DE ARENA DE NIVELACIÓN

Una vez compactada y verificada la calidad de la base de afirmado, se procede a la aplicación de la capa de arena de nivelación, la cual debe tener un espesor uniforme de 5 cm.

El extendido de la arena se realizará de manera manual o mecánica, asegurando una distribución homogénea. Se recomienda el uso de reglas metálicas o perfiles de nivelación para garantizar que la superficie sea completamente uniforme.

Durante la aplicación, es importante evitar aglomeraciones de material fino, ya que esto podría generar zonas de asentamiento diferencial una vez colocado el adoquinado.

3.2.3. INSTALACIÓN DEL PAVIMENTO ARTICULADO

Con la capa de arena correctamente nivelada, se procede a la instalación del tolete común en la disposición especificada (espina de pez a 45°). Durante esta fase, es fundamental que la arena no sea compactada previamente, permitiendo que las unidades de adoquín se asienten de manera óptima sobre el material.

3.2.4. APLICACIÓN DE LA ARENA DE CONFINAMIENTO EN JUNTAS

Luego de la instalación de los ladrillos, se procede al relleno de las juntas con arena seca, asegurando que cada espacio entre los adoquines quede completamente sellado.

El proceso de sellado se realiza en los siguientes pasos:

- ✓ Se esparce arena seca sobre la superficie del pavimento.
- ✓ Con ayuda de una escoba de cerdas rígidas, se distribuye el material, permitiendo su ingreso en las juntas.
- ✓ Se procede a la compactación con placa vibratoria para que la arena se acomode en los espacios.
- ✓ Se repite el proceso de esparcido y compactación hasta que las juntas queden completamente llenas.

Es fundamental utilizar arena que cumpla con las especificaciones, evitando materiales con exceso de finos, ya que estos pueden ser erosionados por el agua y comprometer la estabilidad del adoquinado.

3.2.5. CONTROL DE CALIDAD

Para garantizar el cumplimiento de las especificaciones, se realizarán los siguientes controles:

- Ensayo granulométrico (INV E-123): Verificación de la distribución de partículas.
- Índice plástico (INV E-125): Confirmación de que el material es completamente no plástico.
- Equivalente de arena (INV E-133): Control de la limpieza y presencia de finos.
- Verificación de nivelación: Comprobación del espesor y uniformidad de la capa antes de la instalación del adoquinado.
- Compactación de juntas: Inspección visual y pruebas de carga para asegurar la estabilidad del material de relleno.

3.2.6. CONSIDERACIONES FINALES

El adecuado control de la arena en el pavimento articulado es fundamental para garantizar su estabilidad y durabilidad. La capa de nivelación debe mantenerse libre de humedad excesiva antes de la instalación del adoquinado, y la arena de confinamiento debe ser repuesta periódicamente en caso de pérdida por acción del tráfico o el escurrimiento superficial.

Se recomienda que el proceso de instalación sea supervisado por personal capacitado, asegurando que tanto la granulometría como la compactación sean las adecuadas. Además, se debe evitar la apertura del tramo al tránsito antes de la finalización del proceso de compactación de juntas, permitiendo que el sistema alcance su estabilidad estructural óptima.

3.3. SUMINISTRO DE MATERIAL DE LADRILLO TOLETE COMUN

El ladrillo tolete común será el material utilizado para la conformación del pavimento articulado, asegurando una solución estructural eficiente y estéticamente acorde con la arquitectura colonial predominante en los municipios de Boyacá. Su selección se justifica

por su resistencia, durabilidad y adaptabilidad a las condiciones climáticas y de tránsito vehicular liviano.

Para garantizar su desempeño estructural, los ladrillos deben cumplir con las especificaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 3829 – *Adoquines de arcilla para tránsito peatonal y vehicular liviano*, la cual define los requisitos de resistencia, absorción, dimensiones y calidad del material.

3.3.1. MATERIAL Y PROPIEDADES

El ladrillo tolete común deberá cumplir con las siguientes características técnicas:

- ✓ Resistencia a la compresión: Mínimo 30 MPa de resistencia, según ensayos en probetas secas (NTC 3829).
- ✓ Absorción de agua: Máximo 12% para garantizar durabilidad frente a ciclos de humedad y sequedad.
- ✓ Resistencia a la abrasión: Menor a 0.7 cm^3/cm^2 según método de ensayo establecido en la norma.
- ✓ Resistencia a la flexión: Mínimo 4 MPa, asegurando la estabilidad frente a cargas dinámicas.
- ✓ Textura superficial y acabado: Superficie lisa o con ligera rugosidad, libre de fisuras o defectos que comprometan la adherencia y estabilidad.

Durante la instalación se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Distribución de los ladrillos: Se deben ubicar desde un punto de referencia fijo y avanzar de manera progresiva.
- ✓ Ajuste de nivelación: Se utilizarán martillos de goma para asentar los ladrillos de manera uniforme sin dañar sus bordes.
- ✓ Control de alineación: Se verificará periódicamente con hilos guía y niveles de burbuja para evitar desviaciones.
- ✓ Relleno de juntas: Se aplicará arena fina seca para sellar los espacios entre ladrillos, asegurando el confinamiento del sistema.

3.3.2. COMPACTACIÓN FINAL

Una vez instalados los ladrillos y selladas las juntas, se procederá a la compactación con placa vibratoria, garantizando el correcto asentamiento del pavimento.

El proceso de compactación se debe realizar en tres fases:

- ✓ Aplicación de una primera vibración en seco para acomodar los ladrillos.
- ✓ Reaplicación de arena en juntas y segunda vibración.
- ✓ Limpieza final de la superficie y verificación de estabilidad.

3.3.3. CONTROL DE CALIDAD

Para verificar el cumplimiento de las especificaciones, se realizarán los siguientes ensayos:

- ✓ Ensayo de resistencia a la compresión (NTC 3829): Verificación de resistencia mínima de 30 MPa.
- ✓ Ensayo de absorción de agua (ASTM C67 / NTC 3829): Confirmación del porcentaje máximo permitido.
- ✓ Inspección dimensional y visual: Control de uniformidad en medidas, textura y defectos superficiales.
- ✓ Prueba de estabilidad del pavimento: Inspección post-compactación para verificar la ausencia de movimientos o desniveles.

3.3.4. CONSIDERACIONES FINALES

El uso del ladrillo tolete común en pavimentos articulados ha demostrado ser una alternativa eficiente y de gran valor patrimonial en diversas localidades de Boyacá y otras regiones de Colombia. Su correcta instalación y mantenimiento aseguran una superficie resistente al tráfico liviano y con excelente comportamiento frente a condiciones ambientales.

Se recomienda un adecuado control de calidad en cada fase del proceso constructivo, priorizando la selección de materiales certificados y la correcta ejecución de los procedimientos de compactación y confinamiento. Además, es fundamental evitar la apertura al tránsito antes de la consolidación total del sistema, asegurando que el pavimento alcance su máxima estabilidad estructural.

3.4. SUMINISTRO DE BORDILLO PREFABRICADO A-80

El bordillo tipo A-80 es un elemento prefabricado de concreto utilizado en proyectos de infraestructura vial para delimitar la calzada, confinar el pavimento articulado y facilitar el adecuado drenaje superficial. Su implementación es fundamental para garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento, evitando desplazamientos laterales del adoquinado y asegurando una transición eficiente entre la vía y las áreas peatonales o zonas verdes.

Para este proyecto, el bordillo A-80 deberá cumplir con las especificaciones establecidas en el Artículo 620 del INVIAS y la Norma Técnica Colombiana NTC 4103, que regulan sus características geométricas, resistencia mecánica y condiciones de instalación.

3.4.1. REQUISITOS TÉCNICOS DEL MATERIAL

El bordillo A-80 debe presentar las siguientes dimensiones nominales:

- ✓ Altura total: 40 cm
- ✓ Base: 15 cm
- ✓ Cabeza superior: 12 cm
- ✓ Longitud estándar: 100 cm

Las tolerancias dimensionales no deben superar ±3 mm para garantizar una alineación uniforme en obra.

3.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

El concreto utilizado en la fabricación del bordillo A-80 debe cumplir con los siguientes parámetros:

- ✓ Resistencia a la compresión: Mínimo 21 MPa a los 28 días (NTC 220).
- ✓ Absorción de agua: No mayor al 6% para evitar deterioro por ciclos de humedad y secado.
- ✓ Densidad mínima: 2,200 kg/m³, garantizando la durabilidad del elemento.
- ✓ Desgaste por abrasión: No mayor a 2.0 mm de pérdida en ensayo de desgaste acelerado.

Los bordillos A-80 se instalarán alineados con las guías establecidas en los planos del proyecto, verificando su correcta nivelación y pendiente para garantizar la funcionalidad del drenaje superficial.

Cada pieza será colocada manualmente sobre una cama de concreto de 10 cm de espesor, con una resistencia mínima de 17 MPa. Posteriormente, se realizarán ajustes para evitar desalineaciones y discontinuidades en la línea del bordillo.

3.4.3. ACABADOS Y CURADO

Se realizará un curado húmedo durante 72 horas, evitando la evaporación rápida del agua de fraguado del concreto de anclaje. Además, se inspeccionará la uniformidad en las juntas entre los bordillos, las cuales deberán mantenerse alineadas y sin material suelto.

3.4.4. CONTROL DE CALIDAD

Durante la instalación del bordillo A-80, se realizarán los siguientes controles:

- ✓ Verificación dimensional en obra para garantizar alineación y nivelación.
- ✓ Ensayo de resistencia a la compresión del concreto del bordillo (NTC 220).
- ✓ Ensayo de compactación del material de base (INV E-142).
- ✓ Control de resistencia del concreto de anclaje mediante cilindros testigo (INV E-410).

3.4.5. CONSIDERACIONES FINALES

El bordillo A-80 cumple un papel estructural fundamental en la confinación del pavimento articulado, evitando desplazamientos y asegurando la longevidad de la vía. Su correcta instalación y anclaje garantizarán un óptimo desempeño ante cargas dinámicas y condiciones climáticas adversas.

Para preservar la funcionalidad del sistema, se recomienda realizar inspecciones periódicas para detectar posibles asentamientos o desprendimientos y ejecutar los mantenimientos correctivos necesarios. Además, el tráfico vehicular debe restringirse en la zona intervenida por al menos 48 horas después de la instalación, permitiendo la adecuada fraguado del concreto de anclaje.

4. RECOMEDACIONES

- ✓ Verificar que el tolete común cumpla con las especificaciones de la NTC 3829, asegurando resistencia a la compresión y absorción de agua dentro de los límites establecidos.
- ✓ Asegurar que la arena de nivelación y de confinamiento cumpla con la granulometría adecuada y esté libre de arcillas u otros contaminantes que afecten la estabilidad del pavimento.
- ✓ Extender el material en capas no mayores a 10 cm y compactar cada una hasta alcanzar un 95% de densidad Proctor Modificado, conforme al Artículo 300 del INVIAS.
- ✓ Verificar la humedad óptima del material antes de compactarlo para evitar segregaciones o inadecuada densificación.
- ✓ Instalar el tolete en patrón de espina de pez a 45°, asegurando un correcto alineamiento y trabado entre unidades.

- ✓ Aplicar la arena de confinamiento en los espacios entre toletes, asegurando su correcta distribución y compactación mediante vibrado o escobillado.
- ✓ Garantizar la correcta nivelación y alineación del bordillo antes de verter el concreto de anclaje.
- ✓ Usar un concreto de anclaje con resistencia mínima de 17 MPa y curarlo por un mínimo de 72 horas para garantizar su resistencia mecánica.
- ✓ Implementar un riguroso control de calidad mediante ensayos de laboratorio y verificaciones en obra, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas.
- ✓ Programar inspecciones periódicas para evaluar asentamientos, desgaste del tolete y pérdida de arena de confinamiento, realizando mantenimientos preventivos cuando sea necesario.
- ✓ Restringir el tráfico vehicular en la vía recién construida por al menos 48 horas después de la instalación del pavimento articulado, permitiendo la consolidación de la estructura y evitando desplazamientos prematuros del material.

5. CONCLUSIONES

- ✓ La construcción de una vía en pavimento articulado con tolete común representa una solución técnica eficiente y funcional, que además preserva la identidad arquitectónica colonial de los municipios de Boyacá. La experiencia en otras ciudades colombianas demuestra que este tipo de estructura es durable y resistente, siempre que se sigan adecuadamente los procesos constructivos y las normativas aplicables.
- ✓ La correcta ejecución de la capa de afirmado, compactada en capas de 10 cm y con un 95% de densidad Proctor Modificado, es fundamental para garantizar la estabilidad y resistencia del pavimento. Este material debe cumplir con las especificaciones del Artículo 300 del INVIAS, asegurando una adecuada capacidad portante y durabilidad.
- ✓ La arena de nivelación y la arena de confinamiento son elementos clave en la estabilidad del pavimento articulado. La primera permite una correcta distribución de las cargas sobre el afirmado, mientras que la segunda contribuye al trabado del tolete y a la transferencia de esfuerzos entre unidades, mejorando el desempeño estructural.

- ✓ El uso del bordillo A-80, conforme a lo establecido en el Artículo 620 del INVIAS y la NTC 4103, es indispensable para la contención del pavimento articulado. Su correcta instalación y anclaje evitarán desplazamientos laterales de los adoquines y garantizarán la estabilidad del sistema.
- ✓ El control de calidad durante cada etapa del proceso constructivo es crucial para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Ensayos como la verificación de densidad del afirmado (INV E-142), resistencia del tolete (NTC 3829), resistencia del bordillo (NTC 220) y compactación de la base garantizarán la conformidad del pavimento con los requisitos normativos.
- ✓ El adecuado curado del concreto de anclaje del bordillo y la restricción del tráfico sobre el pavimento recién instalado durante al menos 48 horas, permitirán el correcto fraguado y asentamiento de los materiales, asegurando su resistencia a cargas dinámicas.