

**CARTILLA DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN INFRAESTRUCTURA VÍAL  
PARA PLACA HUELLA EN CONCRETO HIDRAÚLICO PARA BAJOS VOLUMENES DE  
TRANSITO**



**EDWARD ALDEMAR LIZ**  
**NADIA FERNANDA RUGELES**



**CARTILLA DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN  
INFRAESTRUCTURA VÍAL PARA PLACA HUELLA EN  
CONCRETO HIDRAÚLICO PARA BAJOS VOLUMENES  
DE TRANSITO**

## RESUMEN

La construcción de pavimentos en placa- huella se ha incrementado en Colombia en los últimos años, este tipo de pavimento se utiliza para vías rurales con bajo tránsito. El tipo de placa huella utilizado en el país es de concreto reforzado, basado principalmente en un diseño general definido por la especificación particular 500-1P, que genera muchas dudas para su aplicación en diferentes proyectos. En la presente investigación se realizó una modelación con elementos finitos para estudiar el comportamiento de los pavimentos con placa-huella ante diferentes condiciones de carga y soporte. Se analizó la posibilidad de diseñar pavimentos con placa-huella de concreto simple, para las cargas máximas del camión C3 y con periodo de diseño de 20 años. Se encontró que desde el punto de vista del criterio de fatiga esto sería posible, pero el comportamiento por erosión de estos pavimentos es incierto, debido a que en la actualidad no existe suficiente información para calibrar un modelo para realizar la evaluación por este criterio.

(Orobio, 2016)

## INTRODUCCIÓN

El recubrimiento con Placa-huella constituye una solución para vías terciarias de carácter veredal, se están implementando en Colombia con un gran auge, debido a la inclusión que se le está dando a los grupos de personas que viven en las zonas rurales, estas presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día, vehículos como los automóviles, son los principales atributos de éste tipo de pavimento, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular. (INVIAS, 2017). Las vías terciarias son las que comunican las zonas rurales con el casco urbano por lo tanto los principales beneficiados de la placa huella son las personas que habitan en estos sectores.

Es de notar que el beneficio económico de la instalación de las placas huella se verá reflejado en:

Durabilidad del concreto.

El mantenimiento será de limpieza.

Reducir costos en construcción y mantenimiento respecto al pavimento convencional.

# **GENERALIDADES**





## ¿Qué es una red vial terciaria?



Es la red vial de Colombia regulada por el Ministerio de Transporte colombiano mediante el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y sus direcciones territoriales (Decreto 1735 de agosto de 2001) y a veces delegadas a empresas privadas por concesión.

El sistema se compone por la red primaria (grandes autopistas, a cargo de la nación), Red Secundaria (a cargo de departamentos) y red terciaria (compuesta por carreteras terciarias o caminos interveredales, a cargo de los municipios).

La red de carreteras colombiana es de 164.000 km aproximadamente, de los cuales 16.776 son de red primaria, de los que 13.296 están encargadas al INVÍAS, y 3.380 km están concesionados; 147.500 km son de Red secundaria y terciaria distribuidos así: 72.761 km encargados a los departamentos, 34.918 km encargados a los municipios, 27.577 al Instituto Nacional de Vías, y 12.251 km a privados.

La Red Nacional de Carreteras hace parte de la infraestructura de transporte encargada al Gobierno colombiano y cumple la función básica de integración de las mayores zonas de producción y de consumo. (Nemequene, 2018)

Se analiza el paso a paso de la placa huella en concreto hidráulico, el análisis se realiza mediante un modelo para analizar la respuesta de las placas-huella a diferentes tipos de ejes vehiculares, con pasadores de transferencia de carga (dovelas), diferentes calidades de subrasante y efectos de gradientes de temperatura. Al final se evalúan criterios de fatiga y erosión para evaluar si es posible realizar la construcción de placas-huellas en concreto hidráulico, bajo las condiciones de tránsito esperadas y cumpliendo con el requisito contractual de 20 años de periodo de diseño.

## **Tipos de vehículos que circulan por pavimentos en placa-huella**

Los pavimentos con placa-huella son utilizados para vías de bajos volúmenes de tránsito de la red terciaria. Por tratarse de pavimentos de concreto, en la evaluación de cargas de tránsito lo que importa es el tipo, peso y repeticiones esperadas de los ejes. Los vehículos comerciales que se espera que circulen por pavimentos en placa-huella son el camión C2 y el C3, el camión C2 tiene un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje simple de rueda doble atrás (SRD), el camión C3 tiene un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás. Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, sin embargo, sería recomendable que se analizará en cada región si estos pesos máximos son adecuados para la red terciaria, debido a que estas cargas podrían resultar considerablemente altas para pavimentos con placa-huella, si estos se quieren diseñar con placas de concreto simple como una alternativa más económica a las placas-huella reforzadas que se construyen actualmente.

## **Tipos de suelo**

En Colombia se tiene una gran diversidad de suelos ya que estos hacen relación a los tipos de clima, relieve, y geología; Colombia está



dividido en seis regiones las cuales son caribe, insular, pacífico, Orinoquía, Amazonía y andina.

En cuanto a las regiones hablaremos de los suelos y lo qué nos aporta cada una de ellas ya que para la construcción de vías es indispensable saber qué tipo de suelo se tiene para así mismo tener claro que obras se deben realizar para poder realizar un proyecto vial.

Región caribe e insular: esta región es de clima seco, aunque es rica en fuentes hídricas y se encuentra rodeada de mar que emite sus sales al suelo, estos son suelos áridos y en el caso de la guajira son suelos hasta desérticos con muy pocos nutrientes. Las características geofísicas de estos suelos es que son de tipo arenosos y limosos terrenos que para un proyecto vial se pueden considerar malos. En cuanto a la región insular esta comprendida

por una serie de islas y cayos de diferente origen que emerge en el mar y el océano pacífico sus características geofísicas son suelos arenosos y hacia el sur son lodos por lo cual se puede deducir que es un suelo muy malo que para una obra civil sería un reto muy difícil de afrontar.

Región Amazónica: en esta región colombiana es cálida con alta frecuencia de lluvias sus características geofísicas son rocas complejas de origen ígneo<sup>1</sup> metamórfico<sup>2</sup> (naturaleza de las rocas de construcción y ornamentación, 2007) este tipo de suelo rocoso aun que se podría pensar que es bueno, solo se tendrá la certeza con el estudio de suelos.

Región Orinoquia: esta región ha sufrido cambios a lo largo de los años cabe decir que son los suelos más viejos del país y predomina el ecosistema de sabana tropical, este suelo está formado de la sedimentación de la cordillera de los Andes así mismo también tiene un clima lluvioso que es

aproximadamente de seis a siete meses en al año, este suelo tiene una mezcla de roca y sedimentos que podrían ser un suelo útil en cuanto a construcción de vías.

Región andina: esta región tiene variedad en climas según la altura al nivel del mar será cálido o frío, su paisaje es de montaña, piedemonte, altiplanicie y valle; esta región maneja diferentes tipos de suelos donde podemos encontrar rocas metamórficas y sedimentarias estas son las más comunes dentro de la gran variedad que tiene esta región; es una zona rodeada de fuentes hídricas como ríos y quebradas donde los suelos cerca a estas fuentes son rocosos.

con los datos obtenidos anteriormente se quiere dar a conocer que cada región colombiana tiene un suelo diferente del cual debemos tener conocimiento y antes de cualquier proyecto requerir estudios de suelos, es de tener en cuenta que según el tipo de suelo depende las obras de ajuste de subrasante que garantizara la calidad de la vía.

La placa huella es una solución para vías terciarias de carácter veredal que tienen un volumen bajo de tránsito; cuando se habla de placa huella tenemos en cuenta que se refiere a la elaboración de placas en concreto hidráulico con refuerzo metálico separadas por piedra pegada (ciclópeo) donde se tienen en cuenta periodo de diseño, vehículo de diseño.

---

<sup>1</sup> “Ígneas: Son rocas producto de la solidificación de un material fundido o parcialmente fundido, esto es, de un magma, en la superficie terrestre (volcánicas)”

<sup>2</sup> “metamórficas: Son rocas que derivan de rocas preexistentes, mediante transformaciones que implican cambios mineralógicos, químicos, o estructurales en estado sólido”



Basados en esta información podremos saber que materiales, espesores, secciones y tipos de concreto debemos utilizar para un diseño de vías terciarias con placa huella en lo cual no profundizaremos ya que daremos a conocer el proceso constructivo de la placa huella con las normas técnicas INVIAS 2017.

Los pavimentos rígidos son aquellos formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. (Oswaldodavid, 2013)

### **¿Qué es el concreto hidráulico?**

Es una mezcla de agregados, naturales, procesados o artificiales, cemento y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos; esta mezcla debe ser dosificada en masa o en volumen. Como su nombre lo dice, básicamente son pavimentos contruidos en concreto, especialmente diseñados para soportar esfuerzos a flexión. Es el parámetro fundamental para diseñar las placas de concreto. Tiene unos sistemas de transferencias de cargas, que son unas dovelas que comunican lozas entre lozas. Eso permite que la loza no trabaje en una sola área. El concreto como tal tiene la capacidad de absorber el esfuerzo y distribuirlo en el suelo. Eso es lo que se busca en una estructura de concreto.

### **Beneficios del concreto hidráulico**

Deterioro mínimo durante su Vida útil  
duración de 20 a 30 años: Ofrecen mejor resistencia a las presiones de arranque, frenado y circulación producidas por el tráfico

Mantenimiento mínimo: Consiste en el oportuno sellado de grietas que llegaran a aparecer

Pavimentos de menos espesor: debido a las cualidades del material requieren menor espesor para asegurar que las terracerías queden en condiciones de recibir las cargas a que estarán sujetas por efectos del tráfico.

Deformación mínima de su superficie: Las superficies del concreto duran más y resisten los derrames de diesel, gasolina y aceite de los vehículos, así como presentan mayor resistencia a los efectos del intemperismo.

El calor tampoco lo afecta, no se vuelve pegajoso ni sus componentes se volatizan (no contaminan).

Seguridad: Las superficies de concreto hidráulico se pueden hacer tan seguras (antiderrapante) como se desee, debido a las variadas técnicas de texturizado.

Mayor velocidad de construcción

Disminución de Costos de Operación

Mejor drenaje superficial

Mayor reflexión de la luz

Requiere menor estructura de soporte

### **Periodo de diseño**

El periodo de diseño está establecido según la norma INVIAS por un tiempo no menor a 20 años de servicio en óptimas condiciones y el único mantenimiento son las obras de drenaje y jardinería.

### **Tipos de vehículos que circulan por pavimentos en placa-huella**

Los pavimentos con placa-huella son utilizados para vías de bajos volúmenes de tránsito de la red terciaria. Por tratarse de pavimentos de concreto, en la evaluación de cargas de tránsito lo que importa es el tipo, peso y repeticiones esperadas de los ejes. Los vehículos comerciales que se espera que circulen por pavimentos en placa-huella son el camión C2 y el C3, el camión C2 tiene un eje simple de rueda simple adelante

(SRS) y un eje simple de rueda doble atrás (SRD), el camión C3 tiene un eje simple de rueda simple adelante (SRS) y un eje tándem atrás. Los pesos máximos para estos ejes están regulados por la resolución 004100 del 2004 del Ministerio de Transporte, sin embargo, sería recomendable que se analizará en cada



región si estos pesos máximos son adecuados para la red terciaria, debido a que estas cargas podrían resultar considerablemente altas para pavimentos con placa-huella, si estos se quieren diseñar con placas de concreto simple como una alternativa más económica a las

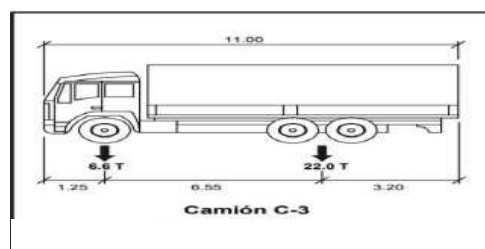
placas-huella reforzadas que se construyen actualmente.

El proceso constructivo de la placa huella tiene una gran trascendencia ya que a lo largo de los años se han creado manuales y guías de diseño para pavimentos flexibles y rígidos.

Invias en su biblioteca tiene una recopilación de documentos que especifican las características de los materiales, ensayos que deben tener y los requerimientos que deben cumplir el diseño de un pavimento. Desde el año 2007 Invias viene adelantado investigaciones sobre cómo mejorar la calidad de los pavimentos en Colombia; la ultima guía de diseño de placa huella fue proporcionada por el Ministerio de Transporte con Invias el cual es una guía de diseño de placa huella fue proporcionada por el Ministerio Nacional de Transporte con Invias el cual es una guía donde se especifica los criterios del procedimiento y diseño que se deben tener, los requerimientos que deben tener los materiales agregados, tipo de concreto, tipo de concreto, aceros y recomendaciones que se deben tener en cuenta en el diseño.

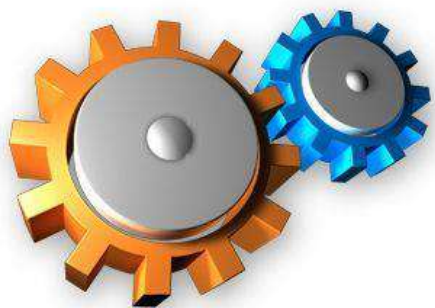
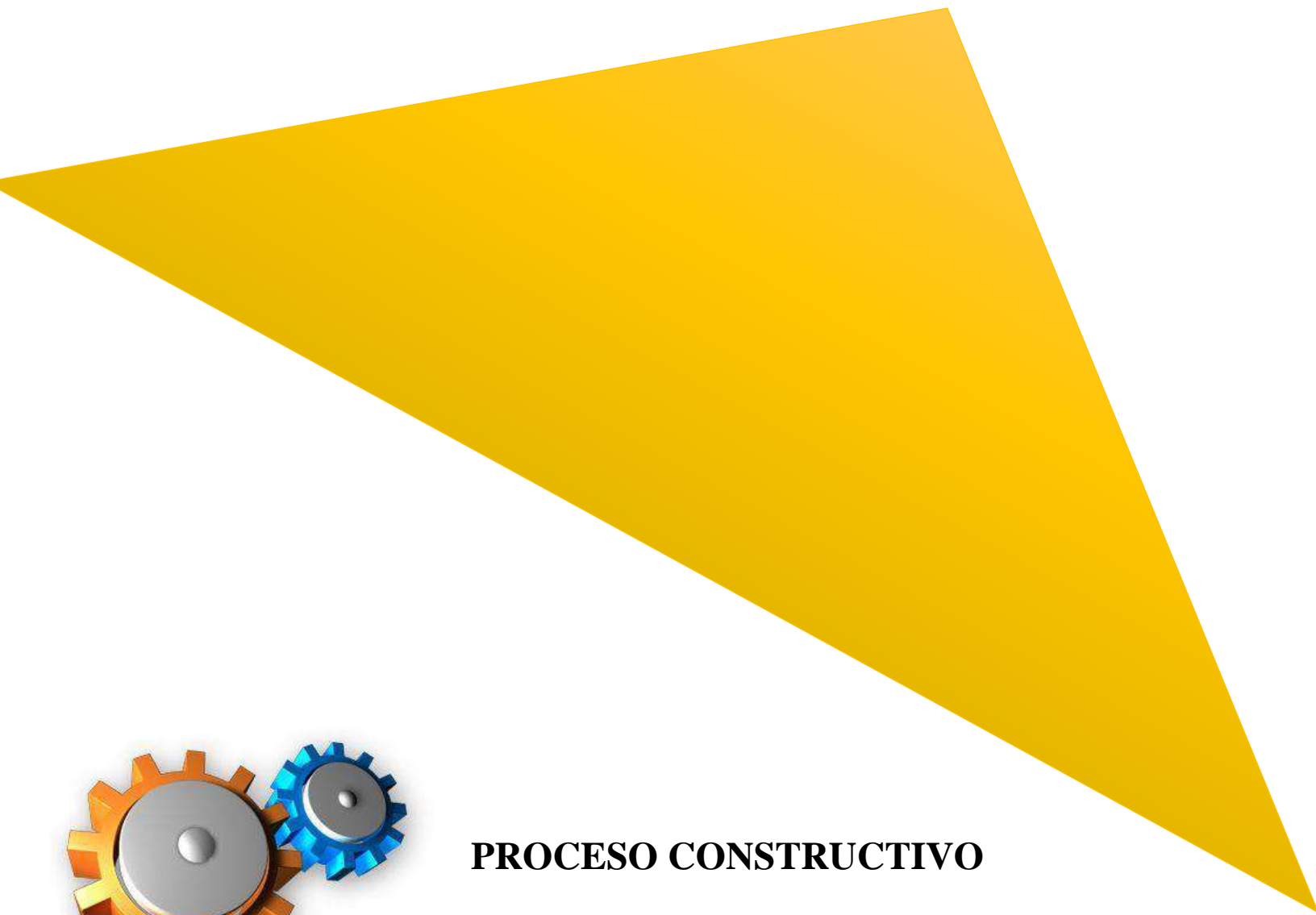
Invias tiene en su biblioteca Artículos y Resoluciones de modificación o exigencias respecto a materiales, resistencias, inspecciones, manejo ambiental, formatos y fichas técnicas; en lo investigado la Guía de diseño de Placa Huella es el eje fundamental de esta monografía, donde se estipula paso a paso las estipulaciones y requerimientos de la norma.

Las actividades que se utilizan para el mejoramiento de vías terciarias mediante placa huella, son complementadas con actividades no previstas que regularmente se presentan en los proyectos similares y que con frecuencia son objeto de ajuste de los mismos durante la construcción.



*Descripción del proceso en placa huella*

Fuente: departamento nacional de planeación



**PROCESO CONSTRUCTIVO**



Ilustración 8 Descripción del proceso en placa huella

Fuente: Departamento nacional de planeación

## Localización y replanteo



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

La referencia planimetría será el sistema de coordenadas empleado para el levantamiento del terreno y la referencia altimétrica se hará a partir de la cota de los puntos de amarre (BM). Para evitar pérdidas del eje u otros elementos del proyecto, en campo, por efecto de las mismas obras de construcción, el constructor deberá colocar, a su cuenta y riesgo, nuevas referencias fuera del área de trabajo, que le permitan materializar el eje cada vez que sea necesario. Terminada la construcción del proyecto se deberá elaborar el plano de obra construida o “as Build” o plano “record” con las mismas especificaciones de los planos de diseño. Los planos deberán registrar el proyecto tal como fue construido incluyendo el proyecto de diseño y las modificaciones realizadas con

aprobación. Estos planos deberán ser elaborados por el contratista a su exclusivo costo y previo a la liquidación del contrato. Los planos deben estar debidamente firmados por el profesional o técnico encargado de su elaboración y se debe entregar en medio físico y en medio digital (formato de archivo de dibujo \*.dwg) junto con copia de las memorias y carteras topográficas. (Proyecto DNP, 2009).

## Realizar obras preliminares

Es de importancia tener un suelo soporte nivelado de acuerdo a la topografía, primero se debe tener el diseño de la vía, después que este el diseño se puede proceder a construir, dentro de estas actividades se encuentran aquellas necesarias para empezar la ejecución de la obra, tales como: localización y replanteo, cerramiento, conformación de la calzada existente, demolición de obras existentes (si se requieren).





## Topografía



Se debe realizar la localización topográfica del proyecto según el manual de interventoría del INVIAS, los equipos de topografía deben tener una precisión de 9 máximo 1" en rango angular y 3mm en distancia. En la localización se ubicara el lugar a ejecutar las obras, y se puede desarrollar alternamente el replanteo del proyecto en donde se debe evidenciar accesos a la obra, alcantarillas existentes, desagües, vegetación, viviendas, etc (Contreras, Muñoz, Villota. 2015).

## Excavación mecánica en material común a nivel de subrasante



Comprende el retiro de toda la capa orgánica o vegetal, así como escombros, residuos, mezcla, etc. de la zona a intervenir demarcada en la localización arquitectónica del proyecto que se va a construir. Incluye el corte, carga y retiro de sobrantes hasta las cotas de diseño de la capa que se va a usar como subrasante. (INVIAS, 2014)

Esta actividad consiste en el cargue, retiro y transporte de los materiales provenientes de las excavaciones y demoliciones, hasta los sitios de utilización o desecho autorizados o indicados por el contratante o el interventor.

## Transporte del material



Esta actividad consiste en el cargue, retiro y transporte de los materiales provenientes de las excavaciones y demoliciones, hasta los sitios de utilización o desecho autorizados o indicados por el contratante o el interventor.

Los escombros resultantes de estas demoliciones, se deberán retirar cada día de las zonas por donde circulen vehículos o peatones. Bajo ningún motivo, se podrán dejar en forma definitiva los escombros resultantes. Se podrán almacenar en forma parcial y temporal, hasta completar viajes, momento en el cual deberán ser retirados. (Vega, 2016)

## Agregados

Los materiales agregados deben ser explotados o extraídos de las fuentes por medio de equipos diseñados para este fin el cual debe garantizar la clasificación, trituración, lavado y mezcla de las diferentes fracciones para una determinada granulometría, deben estar aprobados por los requisitos exigidos en la norma INVIAS que deben estar constatados por ensayos y laboratorios del material estipulados en el ART. 300-07.



Este artículo entrega las especificaciones de la base granular, sub-base granular y afirmado en la tabla 300.1 se encuentran los ensayos y valores admisibles para cada material según el tipo de vía a construir.

## Aplicación de agregados

El material debe ser transportado desde la planta o cantera por una volqueta al sitio de intervención, Una vez el material en el sitio se procede a apilonar el agregado a lo largo de la carretera y con una maquina motoniveladora se proceda a extender por toda la superficie donde será la calzada,

después de extendido el material se compacta hasta obtener el nivel de diseño.



### **Conformación de la subrasante**

Es necesario verificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar. Específicamente se debe revisar la capacidad portante del material o capa que va a funcionar como subrasante, para determinar la calidad de la misma. Según las especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras del INVIAS, resultados menores al 3% en el ensayo de relación de soporte del suelo en el laboratorio (Norma INVIAS I.N.V E-148), caracterizan suelos blandos de baja calidad para comportamiento como subrasante<sup>7</sup>. En el caso que se presente esta condición es necesario considerar procedimientos de mejoramientos o estabilización para el suelo o relleno analizado, según las especificaciones señaladas en dicho documento. En el caso de resultados del

ensayo de Relación Suelo Soporte, mayores al 3%, la capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular en subbase. Esta conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación y compactación simple. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar material de la misma conformación o si no se cuenta con él se podrá utilizar un relleno de características similares para reemplazar el faltante.



Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad incluirán la excavación, cargue, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, para obtener la sección típica prevista. Lo anterior deberá estar ceñido a las especificaciones del INVIAS para el caso del

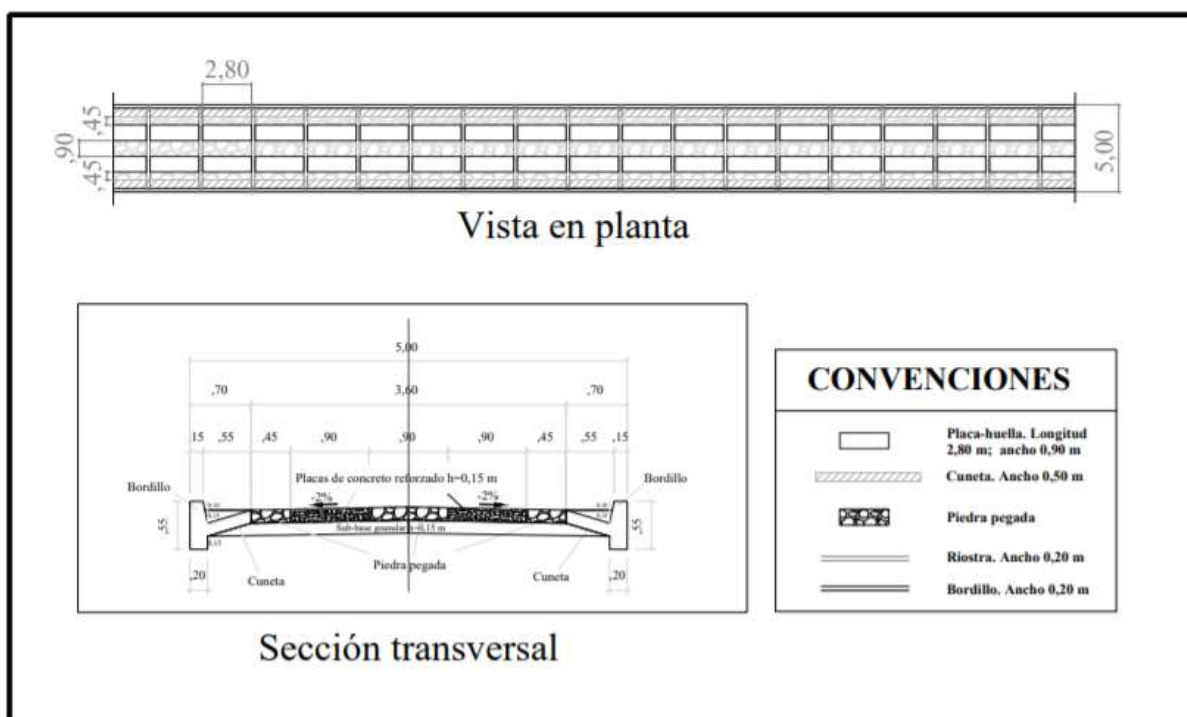
capítulo 2 Explanaciones y capítulo 3 Afirmados, Subbases y Bases.

### Nivelación y compactación de subrasante



Este trabajo consiste en la eventual instalación mediante medios mecánicos y controles topográficos de material de mejoramiento en todos aquellos rellenos requeridos para garantizar los niveles de estructura a partir de las actividades de

excavación para las y fallos encontrados que requieran retiro y reposición mediante la utilización de un material seleccionado de características óptimas para el soporte de la estructura de la vía. El material de mejoramiento consistirá en cantos rodados o rocas sanas compactas, resistentes y durables de un tamaño máximo establecido según especificaciones técnicas (INVIAS) mezcladas con material fino de características seleccionadas. Este material deberá contar con la aprobación previa de la interventoría según el uso para el que se requiera.



*Ejecución de afirmados Subbases granulares y bases granulares y estabilizadas*

Fuente: INVIAS 2017

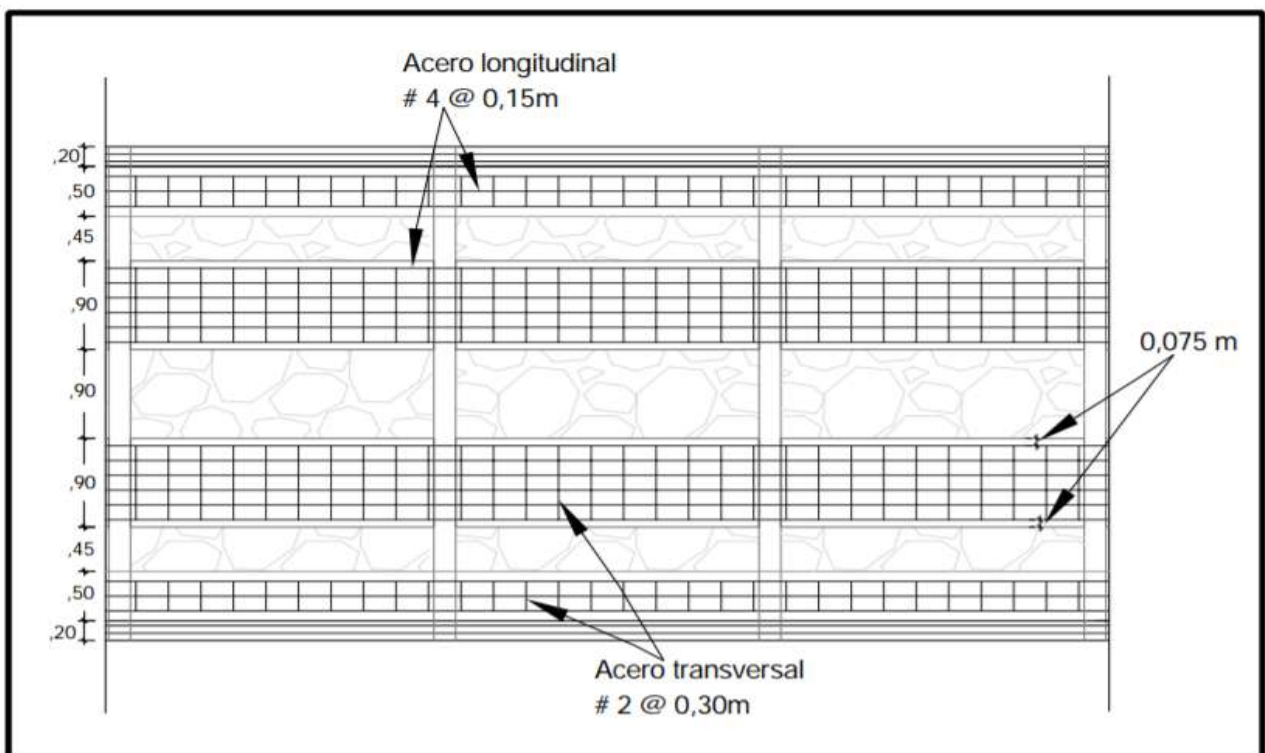
## Aceros

El acero debe tener ensayos del material que se hacen por medio de un equipo universal de torsión donde proporciona la resistencia que tiene el acero.

Debe tener una resistencia

$$4200 \text{ Kg/cm}^2 \leq f_y \leq 5200 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (CCP-14). (INVIAS, 2017)}$$

El acero debe cumplir con la norma NTC-2289 – (ASTM A706M) (INVIAS, 2017), este acero debe ser liso; el refuerzo longitudinal debe estar conformado por acero #4 cada 15cm y el refuerzo transversal debe ser acero #2 cada 30 cm.



*Figura, distribución del acero.*

Fuente. (Manual de diseño para placa-huella, INVIAS, 2017).

## Subbase granular

Suministro, colocación y compactación de material de subbase granular aprobado sobre una superficie debidamente preparada, en una o más capas, de acuerdo con los alineamientos del estudio de suelos y dimensiones que se indiquen en los planos generales del proyecto hasta completar el espesor de 15 cm. Lo anterior deberá estar ceñido a las especificaciones del INVIAS para el caso del capítulo 2 Explanaciones y capítulo 3 Afirmados, Subbases y Bases.

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO	TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
		NORMAL	ALTERNO	BG-1	BG-2
Clase C	NT1	37.5 mm	1 1/2"	100	-
		25.0 mm	1	70-100	100
		19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
		9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
Clase B	NT2	4.75 mm	No.4	30-60	35-65
		2.0 mm	No.10	20-45	20-45
Clase A	NT3	425 µm	No.40	10-30	10-30
		75 µm	No.200	5-15	5-15

*Uso de las clases de sub-base granular*

Fuente: Norma INVIAS 2009

### Riostra

Es una viga transversal de concreto reforzada con acero que se entrecruzada con el acero de la placa huella.

Según la norma INVIAS se tiene<sup>2017a)</sup> especificación de diseño, para lo cual el ancho de la riostra es de 20cm (0.20m), el peralte es de 30cm (0.30m) y un solado de limpieza de 3cm (0.03m). (INVIAS, 2017)

La función de estas riostras es impedir la fisura y grietas en la estructura ya que el acero del de la palca huella se traslapa con el acero de la riostra y permite que los esfuerzos estén apoyados sobre la sub- base

que sostiene la riostra y el esfuerzo resulta irrelevante.

(INVIAS, Sistema Constructivo de Placa Huella)

### Excavación de riostra



Se requiere adelantar excavaciones manuales para la disposición de las riostras de sección transversal 0,20 m de ancho,



0,25 m de alta y el ancho correspondiente entre los bordes internos de las cunetas.

Si existe la necesidad de retirar material existente por su deterioro o pérdida de

funcionalidad, se requerirá incluir la cuantificación de lo retirado y por ende, del material a usar como reemplazo.

Concreto de resistencia a la compresión



210 kg/cm<sup>2</sup> (3.000 psi) **espesor**

**0,15 m – placas, dentellones, cunetas y riostras**

Para la construcción de la placa huella en la superficie previamente acondicionada, el constructor instalará las formaletas de madera o metálicas para garantizar que los elementos queden contruidos con las secciones y espesores indicados. El constructor deberá suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma a los elementos, de acuerdo con lo mostrado en los planos. Debe poderse ensamblar firmemente las formaletas y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen deflexiones entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni que se pueda escapar la mezcla. Las formaletas de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplex y deberán tener un espesor uniforme. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada

para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir deformaciones o desplazamientos de la formaleta.

Previamente se debe retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la excavación de la placa huella para luego colocar la armadura de hierro o malla electrosoldada y se procederá a vertir el concreto hidráulico comenzando por el extremo inferior de la placa huella, avanzando en el sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, el señalado en estas especificaciones. Durante la construcción se deberán dejar juntas transversales cada 3 m entre las placas de concreto y las vigas riostras, de igual forma se habrá de disponer de juntas longitudinales entre los tipos de concreto. El concreto hidráulico que se utilice para la placa huella deberá cumplir con lo establecido en el artículo 500, Pavimento de Concreto Hidráulico, de las especificaciones del INVIAS, particularmente en lo que se refiere a

cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero.

Deberá tener una resistencia a la compresión de 21 MPa<sup>8</sup>. Después del vertimiento del concreto se considera la aplicación de aditivos para el curado y productos para el sello de juntas. El constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la placa huella quede con la forma y dimensiones indicadas en el diseño. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de reparación. Se debe dejar un estriado final tipo espina de pescado en la placa de concreto, con el fin de proporcionar buena adherencia a los vehículos y de permitir una rápida evacuación del agua que pueda circular sobre la placa huella.

Para el caso de las juntas entre concretos (hidráulico- ciclópeo e hidráulico placa hidráulico riostra) deberá realizarse el sello de las mismas con el fin de evitar la infiltración de agua a la capa de subbase y que posteriormente pueda evolucionar a fenómenos de bombeo que afecten la capa inferior y la integridad de la placa huella.

Una vez se haya cumplido con los tiempos de fraguado inicial de los últimos

elementos fundidos, se procederá a realizar el sello de las juntas disponiendo el fondo de junta y el sellante. Por otra parte, previamente se deberá hacer una limpieza de los espacios de las juntas a sellar en lo posible con soplado a presión de las



mismas, siempre verificando que no haya contenidos de polvo o piedras que impidan la adherencia entre las caras a sellar. No deben quedar elementos del sello que emerjan de la superficie y debe protegerse durante el secado del material de sello. Se deben realizar excavaciones manuales con una profundidad de 18cm (0.18m) y un ancho de 20 cm (0.20m) según INVIAS 2017.

Lo anterior se requiere para compensar la diferencia entre el peralte de la riostra + el solado de limpieza y el espesor de la placa-huella  $(0,33 \text{ m} - 0,15 \text{ m}) = 0,18 \text{ m}$ . (INVIAS, 2017), es de tener claro que la excavación de las riostras se hace cuando el agregado ya está compactado en lo que será la calzada. Para la riostra se debe tener en cuenta la sección transversal sujeta a la tangente de la curva para el cruce de camiones según el eje que ya se tiene de diseño.



# **PROCESO DE FUNDIR EL CONCRETO HIDRAULICO**

Se procede a fundir las cintas de 0.90 metros de ancho y las vigas de reforzamiento con concreto clase D dejando un espacio de 0.90 metros entre las cintas que está delimitado por los cajones de la formaleta anteriormente ubicados.



Del concreto utilizado se realizaron ensayos de cilindros como lo estipula I.N.V.E 410-07 donde se determina la resistencia del concreto los cuales son los soportes de calidad del concreto utilizado en la vía.

### **Ciclopeo**

Consiste en concreto hidráulico ciclópeo de 15cm (0.15m) de espesor.

Este concreto debe cumplir con lo estipulado en el ART 500 de INVIAE se denomina de clase G, la piedra utilizada es conocida como piedra rajón triturada o partida de forma manual, donde la función es disminuir los costos y canalizar el tránsito de los camiones sobre la placa huella.

Se procede a poner el concreto hidráulico en el cajón, desde la parte inferior de la placa huella avanzando en el sentido ascendente y verificando su espesor ya estipulado en el diseño.

Las excavaciones en roca, son las que se ejecutan en materiales de solidez y dureza tales, que para su extracción, se necesita el empleo de explosivos y/o equipos mecánicos. Esta actividad está presente en algunos tramos de instalación de redes de alcantarillado, acueducto y tramos de cajeo a máquina. (Vega, 2016)

### **Concreto ciclópeo espesor 0,15 m**



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

**Acero de refuerzo 4.200 kg/cm<sup>2</sup> (60.000 psi) para placas, riostras y dentellones.**

Los trabajos cubiertos por este capítulo consisten en el corte, doblaje, figuración e instalación de varillas de acero para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de estos elementos como elementos de soporte y amarre, de conformidad con los diseños y detalles. Los requisitos de estas especificaciones deben corresponder con lo especificado en el artículo INVIAS 6409. Las varillas de acero para refuerzo suministradas deberán ser nuevas, de calidad certificada, sin defectos, dobladuras o curvas.

Las placas de concreto hidráulico tendrán un refuerzo dispuesto en parilla a la mitad de la altura de cada placa, diámetro No.3 con separación entre sí cada 0,20 m. En el sentido longitudinal, se deberá conservar un recubrimiento de 0,05 m mientras que para el sentido transversal se deberá considerar que las barras penetren 0,10 m en las placas de concreto ciclópeo, con el fin de que el acero quede embebido en dicha placa. Para el caso de los dentellones, se empleará a diferencia del resto de estructura, acero #4, para el refuerzo transversal y para su confinamiento acero #3. Cuando la cuneta no tenga adyacente una estructura de piso que impida

su volcamiento o desplazamiento ante el empuje, se debe construir un contrafuerte con recebo, el cual se mezclará con 3% de cemento en volumen, de forma rectangular cuya base hacía atrás del elemento, debe tener 0,3 m de ancho y cuya altura debe ser igual a la altura del elemento, más 0,19 m. Para el caso de las cunetas del proyecto, estas deben ser construidas de acuerdo con las formas y dimensiones y en los sitios señalados en los planos de diseño, generalmente con una sección triangular de 1,1 m de ancho total, distribuido 0,98 m al lado de la calzada y 0,04 m del lado externo y 0,20 de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20,8% y un espesor de 0,15 m. Debe ser acorde con la topografía presente generando una sección que permita la canalización de las aguas de escorrentía.

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

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

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

Se deberá considerar la inclusión en los segmentos de cuneta, de aceros de refuerzo, #3 cada 0,15 m en el sentido longitudinal y cada 0,25 m en sentido transversal, si se escoge la alternativa de cuneta construida en sitio.

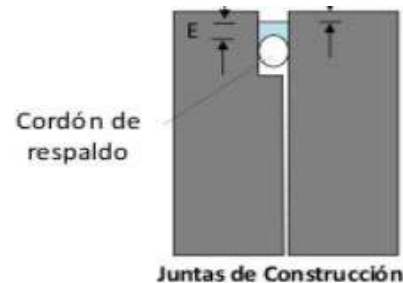
### **Berma, cuneta y bordillo**

Las cuales son en concreto reforzado y se funden en el mismo proceso para evitar las juntas que a largo plazo provocarían grietas, filtraciones y con ello el deterioro del pavimento así mismo se encuentran articulados estructuralmente con el refuerzo de la riostra.

La función de la berma y bordillo es proporcionar espacio de estacionamiento temporal en el caso de que un vehículo lo requiera; la cuneta permite la canalización de aguas lluvia para dirigirlas a alcantarillas y aliviaderos para su evacuación.

### **Juntas**

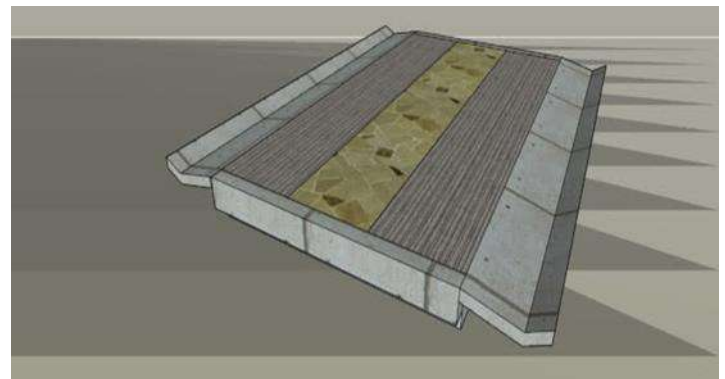
Separan o aíslan las losas de otras partes de la estructura, así como las vías de acceso y los patios, de las aceras, de las losas de garaje, las escaleras, luminarias y otros puntos de restricción.



*Ilustración de una junta*

Fuente: INVIA, 6414

Ellas permiten los movimientos independientes verticales y horizontales entre las partes adjuntas de la estructura y ayudan a minimizar las grietas cuando estos movimientos son restringidos.



*Modelación placa huella*

Fuente: sketchup



Las juntas de aislamiento alrededor de las columnas pueden ser cuadradas o circulares como se muestra en la figura, note que el cuadrado ha sido rotado 45 grados de tal forma que las esquinas coincidan con las juntas de contracción. Estas juntas tienen normalmente un espesor de 12 mm y deben rellenarse de un material compresible.

Durante la construcción se debe dejar juntas transversales cada 3m entre placas de concreto y vigas de riostras de igual manera se deben dejar las juntas longitudinales que deben cumplir con lo establecido en el ART-500-07 de Invias, este concreto deberá tener una resistencia a la compresión de 21 MPa.

Después de fundir se procede con la aplicación de aditivos para el curado. El concreto debe nivelarse hasta obtener el espesor del diseño y lograr que la capa superficial cumpla con lo establecido en la norma Invias.

### **Sellado de la junta**

El sellado de juntas es un proceso que garantiza resistencia y durabilidad de las juntas con el pasar de los años, esta es una forma de impermeabilizante que evita que la superficie sea dañada a causa de las inclemencias atmosféricas, de la humedad o de los cambios bruscos del clima.

El agrietamiento que se presentan hoy en día en muchas construcciones son controladas por las juntas, las cuales absorben cualquier esfuerzo que se produzca a causa de los forjados, quienes son protagonistas de la destrucción.

Estos productos se fraccionan principalmente en elastoméricos y semirrígidos, los cuales a su vez pueden estar elaborados a partir de distintos materiales, tales como: poliuretano, resina epoxica, silicón, poliuretano-asfalto, etc. Los selladores elastoméricos se usan principalmente en juntas que necesitan una gran capacidad de elongación, pero no una dureza superficial tan importante. (PROBACONS,2017)

### **Pozo de inspección**



*Diseño pozo de inspección*

Fuente. (IDCO, 2014)

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras

hidráulicas, denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras – pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección, los cuales permiten el acceso para la revisión y mantenimiento de la red. El término pozo de inspección usualmente hace referencia al conjunto estructura de conexión-pozo de inspección.

Por lo general, la forma de la estructura – pozo es cilíndrica en su parte inferior y de cono truncado en su parte superior. Sus dimensiones deben ser suficientemente amplias para que el personal de operación y mantenimiento pueda ingresar y maniobrar en su interior. Para esto debe ser provista una escalera de acceso con pasos de hierro (ver Figura 8) y los elementos mínimos de seguridad industrial para los operarios. La cañuela o piso de la estructura es una plataforma en la cual se hacen canales que prolongan los conductos y encauzan sus flujos, cuando esto se requiera. La parte superior remata en una protección de su

desembocadura a la superficie donde se coloca la correspondiente tapa. Deben hacerse consideraciones sobre la ventilación de los pozos. (TECNIACUEDUCTOS96, 2010)

### **Alcantarillas**

Ductos que permiten el paso del agua de un lado a otro de la vía. Las alcantarillas deben clasificarse principalmente desde el punto de vista de su ubicación. Capacidad (diseño hidráulico) y resistencia (diseño estructural). Se requiere la ayuda de personal calificado para escoger debidamente la alcantarilla de acuerdo con los factores mencionados.

Las alcantarillas pueden tener forma circular, rectangular o elíptica. Las alcantarillas pueden prefabricarse o construirse en el sitio, a criterio del encargado. Por lo general, aquellas construidas en el sitio tienen forma cuadrada o rectangular, mientras que las prefabricadas son circulares o elípticas. A menudo se construyen pasos de dos o tres ductos en forma cuadrada o rectangular una al lado de



la otra, o “baterías de tubos” unos al lado de los otros. (AHM, Mantenimiento de carreteras, 2007)



Figura 6, Ejemplo de drenaje

Fuente, GEOTEX. S.F.

## Drenes

Son diseñados para recoger aguas subterráneas, para un dren longitudinal, es un tubo con orificios perforados rodeado de material permeable de filtro, también lleva incorporada malla geotextil en las paredes del filtro para evitar el ingreso de partículas que lo puedan obstruir.

Después de terminado el ciclópeo se procede con las obras de arte y de drenaje las cuales son: berma, cuneta y bordillo.

Debe tenerse en cuenta que las obras de drenaje también incluyen alcantarillas y subdrenes de ser requerido en el diseño.

## CONSTRUIR DE LAS OBRAS DE DRENAJE CON CAJAS DE RECOLECCIÓN

### Excavación manual 1,5 m x 1,5 m x 2,75 m

Esta actividad comprende la ejecución de toda clase de excavaciones manuales necesarias para la construcción de las cajas de recolección, de acuerdo con las líneas, pendientes y profundidades indicadas en los planos o requeridas durante el proceso constructivo. Por regla general, se realizan donde no es posible realizarlo por medios mecánicos. Incluye cargue y retiro de sobrantes.

**Concreto de resistencia 140 kg/cm<sup>2</sup> (2.000 psi) para solado de cajas de recolección y obras de drenaje**

Concreto de limpieza de 140 kg/cm<sup>2</sup> que se aplica al fondo de las excavaciones de las cajas, con el fin de proteger el piso de la misma y el refuerzo de cualquier tipo de contaminación o alteración de las condiciones naturales del terreno. Espesor capa de concreto de 0,05 m.

**Concreto para caja**

Una vez construidas las cunetas será necesario construir las obras hidráulicas de recolección del agua. Se considera, para el caso el manejo de caudales, a través de cajas de recolección de concreto hidráulico, ubicadas cada 100 m, capaces de alojar en una de sus caras una tubería de 0,9 m de diámetro.

Estos elementos serán en el mismo concreto de las placas y se verificará el cumplimiento de sus características de calidad según lo definido en las especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.

**Obra terminada**



Finalmente se hace la entrega de la vía siguiendo cada uno de los lineamientos del proceso constructivo de la placa huella.

## **CONCLUSIONES**

Con esta cartilla de proceso constructivo para placa huella en concreto hidráulico se tendrá una visión clara de los factores que se deben tener en cuenta y los mecanismos a seguir en cuanto a obras constructivas, aunque son datos a nivel general tomados de la guía de diseño de placa huella en concreto hidráulico de Invias 2017.

La finalidad es mejorar la comunicación vial de este sector guiados por la norma Invias 2017 ya que es la herramienta necesaria para saber que estudios previos debe tener el diseño de una vía y especifica cada proceso constructivo que debe tener para la construcción de una placa huella en óptimas condiciones y garantice que su periodo de duración sea de 20 años como mínimo. Con esta cartilla se da la viabilidad para y las obras necesarias que debe tener como son las obras de drenaje y se establece si son necesarias obras de mitigación de riesgos como lo son estabilización de taludes o muros de contención que en este caso no se requiere.

Se tiene también como prioridad el tipo de terreno o suelo que se va a trabajar para así mismo determinar si son necesarias obras de mejoramiento de sub rasante, concreto modificado, disipadores de energía u obras de amarre diferentes a lo estipulado en la norma; con todos los criterios analizados se realizó esta cartilla como una guía base según los estudios estipulados según la norma Invias 2017.

## RECOMENDACIONES

Cuando se deba hacer placa huellas en sitios inestables como laderas con problemas de erosión, altas pendientes, caídas de materiales, es recomendable hacer muros de contención así como disipadores de energía, que retengan el material y la fuerza con la que pueda caer sobre la placa, esto para evitar fallas de la estructura, daños y taponamiento de las cunetas u obras de arte, que pueden generar represamiento de material. Cuando se vaya a construir obras de arte de gran envergadura como Box culvert o tuberías superiores a las 30 pulgadas, se sugiere hacer la excavación, el monte de la estructura o construcción de la misma y compactar con el mismo material.

(Contreras, 2015, pág. 17)

Respecto al proceso constructivo de la placa huella se debe tener en cuenta que se realizó en base a características generales estipuladas en la norma Invias 2017, previo a este proceso debe haber un diseño geométrico de la vía, el cual tendrá su información específica en un plano y este debe seguirse para obtener la correcta construcción de la obra.

Los procesos descritos como lo son las obras preliminares se aportaron que tipos de obra se deben realizar para este proceso claramente las especificaciones de espesores y mejoramiento de subrasante se hicieron bajo los términos indicados por la guía de diseño para placa huella en concreto hidráulico de Invias 2017 donde se toman valores para un terreno de características comunes, esta guía también proporciona diferentes casos de tipo de terreno donde se dan otras especificaciones de espesores y condiciones para lo cual se debe tener claro mediante estudios de suelos y topografía que tipo de especificación aplica para el terreno a construir.

Cabe precisar que dentro de las recomendaciones se sugiere realizar laboratorios de los materiales a utilizar en la construcción de la vía y el personal idóneo para cada trabajo.

Con las recomendaciones descritas se pretende tener una placa huella con una durabilidad como mínimo por un periodo de 20 años de acuerdo a que se cumpla con los criterios de calidad de los materiales aportados por la norma Invias 2017.



## **BIBLIOGRFIA**

- Manual de drenaje para carreteras 2009. INVIAS
- Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito. INVIAS.
- Especificaciones generales de construcción de carreteras. INVIAS
- Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas, Proyectos tipos soluciones agiles para un nuevo país. Versión 1.0





