

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO Y DE INTERVENTORÍA DE LA
IMPLEMENTACIÓN DEL PAVIMENTO TIPO PLACA-HUELLA EN SAN JOSÉ DE
SUAITA (SANTANDER).

IVAN DARIO HUERTAS PEDRAZA



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2021

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO Y DE INTERVENTORÍA DE LA
IMPLEMENTACIÓN DEL PAVIMENTO TIPO PLACA-HUELLA EN SAN JOSÉ DE
SUAITA (SANTANDER).

IVAN DARIO HUERTAS PEDRAZA

Trabajo de grado bajo la modalidad de práctica con proyección empresarial para optar
al título de Ingeniero en Transporte y Vías

Director
ING. MSC. GONZALO PÉREZ BUITRAGO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2021

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

Se autoriza su uso y reproducción indicando el origen.

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Currículo en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías, actuando como jurados:

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JURADO 1 (EN MAYÚSCULA)

Título Académico de mayor nivel

NOMBRES Y APELLIDOS DEL JURADO 2 (EN MAYÚSCULA)

Título Académico de mayor nivel

Tunja, fecha (05 de abril de 2021)

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a mis padres, a mi padre José Prudencio por ser mi ejemplo y apoyo incondicional durante mi formación personal y profesional, por cada uno de los consejos que me ha dado durante mi vida sin los cuales no estaría en el lugar donde estoy hoy en día, a mi madre Blanca Janeth por su constante dedicación y colaboración en cada uno de mis días, por ser el motor que me ha impulsado a buscar las mejores cosas para mi vida.

A mis hermanos Juan y Paola, por su ánimo durante mi formación profesional, por ver en mí un ejemplo de vida y de superación, espero que ellos también se conviertan en grandes profesionales.

A cada uno de mis familiares que de una u otra forma contribuyeron en mi formación personal y académica.

Por último, a mi novia Katherin por su constante apoyo y entrega durante mi formación profesional, por acompañarme en cada momento de mi carrera y motivarme a ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a Dios por darme la oportunidad de cursar ésta maravillosa carrera, por permitirme culminar con éxito mis estudios y por iluminarme en cada una de las pruebas que tuve que afrontar en el transcurso de mi formación académica.

Agradezco al Ingeniero Gonzalo Pérez Buitrago, por su dedicación e interés en la dirección del presente trabajo de pasantía, por cada uno de sus concejos y correcciones y por siempre tener una buena disposición para guiarme y ayudarme a presentar un trabajo del cual me siento muy orgulloso.

A todos los docentes que conforman la Escuela de Ingeniería en Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por la excelente formación profesional que me brindaron, por el orgullo y amor propio que despertaron en mí por esta bonita profesión y por el programa, el cual, es uno de los más importantes de la Universidad.

Al Ingeniero Camilo Hernán Hernández y al Ingeniero Diego Borda, residente y auxiliar de Interventoría respectivamente del convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS, por guiarme en el desarrollo de la pasantía, por poner sus conocimientos a mi disposición para aumentar mi aprendizaje y por permitirme desarrollar la práctica empresarial en este convenio.

Por último, agradezco a mis compañeros de formación profesional, con los cuales, forme un equipo de trabajo muy bueno donde todos contribuimos en nuestra formación académica, y donde todos nos apoyamos para lograr cumplir ese sueño de ser Ingenieros en Transporte y Vías.

CONTENIDO

pág.

1	INTRODUCCIÓN	13
2	BASES TEÓRICAS	15
2.1	PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA Y ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN	15
2.1.1	Subrasante	15
2.1.2	Subbase granular	16
2.1.3	Capa de rodadura	16
2.1.4	Berma cuneta y bordillo	18
2.2	VARIABLES DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA	19
2.2.1	Efecto del clima	19
2.2.2	Tránsito	19
2.2.3	La subrasante y la subbase granular	20
2.2.4	Espesor de la placa huella	20
2.2.5	Diseño de la sección transversal	20
2.2.6	Resistencia del concreto	22
2.2.7	Periodo de diseño	22
2.2.8	Vehículo de diseño	22
2.3	PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLACA HUELLA	23
2.3.1	Localización y replanteo topográfico	24
2.3.2	Excavación en material común a nivel de subrasante	24
2.3.3	Conformación de la subrasante	24
2.3.4	Conformación de la subbase granular	25
2.3.5	Excavación manual para riostras y placas de aproximación.	26
2.3.6	Disposición del acero de refuerzo	26
2.3.7	Concreto Hidráulico	27
2.3.8	Concreto ciclópeo	28
2.3.9	Cunetas	28
2.4	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES	28
2.4.1	Conformación de la subrasante	28
2.4.2	Subbase granular	29
2.4.3	Placa, riostras y cunetas	30
2.5	FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA INTERVENTORÍA	32
2.5.1	Misión de la interventoría	33
2.5.2	Visión de la interventoría	33
2.5.3	Objetivos de la interventoría	33
2.5.4	Alcance de la interventoría	34
2.5.5	Estrategias de la interventoría	34
2.5.6	Funciones de la interventoría	35
2.5.7	Responsabilidades de la interventoría	38
2.5.8	Prohibiciones de los interventores	38
2.5.9	El costo del servicio de la interventoría	38
2.5.10	Contrato de interventoría	40
3	METODOLOGÍA EMPLEADA	41
3.1	REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.1.1	Información propia del proyecto	41

3.1.2	Información teórica	41
3.1.3	Análisis de la información	41
4	ANÁLISIS DEL TRAMO EMPLEADO COMO PROYECTO DE ESTUDIO.....	43
4.1	GENERALIDADES	43
4.1.1	Localización del proyecto.....	43
4.1.2	Descripción de la zona de proyecto	46
4.1.3	Aspectos contractuales del proyecto.....	48
4.2	ACTIVIDADES PRELIMINARES	51
4.2.1	Estudio topográfico	51
4.2.2	Estudio de suelos	51
4.2.3	Estudios hidrológicos e hidráulicos	52
4.2.4	Diseños obtenidos	53
4.2.5	Presupuesto oficial de la obra.....	57
5	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS EN EL TRAMO DE PROYECTO	59
5.1	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE.....	60
5.1.1	Alcantarillas	60
5.1.2	Construcción del filtro	65
5.2	CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA.....	68
5.2.1	Localización y replanteo topográfico	69
5.2.2	Excavación mecánica en material común seco a nivel de subrasante	70
5.2.3	Conformación de la subrasante	71
5.2.4	Conformación de la subbase granular	74
5.2.5	Excavación manual para vigas riostras.....	76
5.2.6	Construcción de las huellas y riostras en concreto clase D.....	76
5.2.7	Construcción de las franjas en concreto ciclópeo	80
5.2.8	Construcción de cunetas	81
5.3	INTERVENTORÍA A LA PLACA HUELLA.....	82
5.3.1	Actividades ejecutadas	82
5.3.2	Actividades administrativas.....	86
5.3.3	Actividades financieras	86
5.3.4	Actividades ambientales	86
5.3.5	Actividades de aseguramiento de la calidad	87
5.3.6	Control de calidad de los materiales	88
5.3.7	Verificación del personal y equipo utilizado por el contratista.....	90
5.3.8	Reuniones realizadas	91
5.3.9	Aportes del pasante a la interventoría del contrato de obra	91
5.3.10	Estado actual de la interventoría a la obra	91
5.4	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA.....	91
6	ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS	95
6.1	BENEFICIO SOCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA.....	95
6.2	COMPARACIÓN DE LA TEORÍA RESPECTO A LA PRÁCTICA	95
6.3	CONSIDERACIONES FINALES	97
7	CONCLUSIONES.....	100
8	BIBLIOGRAFÍA	102
9	Anexos.....	104

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular.	29
Tabla 2. Franjas granulométricas del material de subbase granular.....	29
Tabla 3. Requisitos de los agregados para subbase granular.	30
Tabla 4. Requisitos de materiales a utilizar en la elaboración de concreto.	30
Tabla 5. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico	31
Tabla 6. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.....	31
Tabla 7. Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.....	31
Tabla 8. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.....	32
Tabla 9. Tramos ejecutados en el contrato de obra.....	50
Tabla 10. Categorías de subrasante.	52
Tabla 11. Subtramos críticos en el tramo 4.	52
Tabla 12. Subtramos de placa huella.	53
Tabla 13. Presupuesto oficial de la obra.	57
Tabla 14. Ubicación de las alcantarillas a lo largo del tramo.	60
Tabla 15. Cantidad de relleno en promedio para una alcantarilla	61
Tabla 16. Cantidad promedio de concreto clase D para una alcantarilla.	62
Tabla 17. Acero de refuerzo Fy 420 MPa para una alcantarilla	64
Tabla 18. Distribución del filtro en cada uno de los subtramos.	65
Tabla 19. Excavación en promedio de material como para un metro de longitud.	71
Tabla 20. Cantidad de material de subbase granular para un metro lineal de placa huella.	75
Tabla 21. Cantidad de acero por metro lineal de placa huella.	77
Tabla 22. Cantidad de concreto clase D por metro lineal de placa huella.....	79
Tabla 23. Cantidad de concreto clase G por metro lineal de placa huella.	80
Tabla 24. Cantidades ejecutadas en el subtramo 4.....	83
Tabla 25. Cantidades ejecutadas para el subtramo 3.....	84
Tabla 26. Cantidades ejecutadas para el subtramo 2.....	85
Tabla 27. Cantidades ejecutadas en el subtramo 1.....	86
Tabla 28. Personal que intervino en el desarrollo de la obra.	90
Tabla 29. Relación de los equipos empleados por el constructor.	90
Tabla 30. Costo real de la construcción de la placa huella.	92
Tabla 31. Costos de construcción de placa huella en Boyacá.	93
Tabla 32. Comparación de construir placa huella en Boyacá y en Santander.	94

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Elementos y capas que conforman el pavimento tipo placa huella	15
Figura 2. Vista en planta de los elementos que conforman la capa de rodadura	16
Figura 3. Disposición del acero de refuerzo de la placa huella	17
Figura 4. Vista en planta de juntas de construcción y traslapos.	18
Figura 5. Sección transversal de la berma cuneta	19
Figura 6. Sección transversal en tangente.	21
Figura 7. Vehículo de diseño. Camión C-3	22
Figura 8. Proceso constructivo del pavimento con placa huella.....	23
Figura 9. Visión de la interventoría	33
Figura 10. Localización geográfica del municipio de San José de Suaita	44
Figura 11. Localización geográfica del municipio de San José de Suaita	45
Figura 12. Localización del tramo de Proyecto.....	45
Figura 13. Geología del municipio de San José de Suaita.	46
Figura 14. Sitios turísticos en San José de Suaita.	47
Figura 15. Antes y después de la construcción de la placa huella en San José de Suaita.	48
Figura 16. Diseño en planta placa huella del proyecto.	54
Figura 17. Corte A'A de la placa huella.	54
Figura 18. Corte B'B de la placa huella.	55
Figura 19. Acero de refuerzo de la placa de concreto.	55
Figura 20. Acero de refuerzo de la viga riostra.....	55
Figura 21. Sección transversal de la cuneta.....	56
Figura 22. Dimensiones del filtro.....	56
Figura 23. Obras construidas en el tramo San José de Suaita - La Cascada.....	59
Figura 24. Excavación en material común para alcantarillas	61
Figura 25. Material empleado como relleno para estructuras	62
Figura 26. Concreto clase D empleado para la alcantarilla.....	63
Figura 27. Disposición del acero de refuerzo para las aletas de la alcantarilla.	63
Figura 28. Disposición de la tubería de refuerzo de 900 mm de diámetro interior.	65
Figura 29. Excavación para filtro.....	66
Figura 30. Geotextil para filtro.....	67
Figura 31. Instalación del drenaje en tubería PVC de 4"	67
Figura 32. Disposición del material granular filtrante y cosido del geotextil.	68
Figura 33. Condiciones de la vía previo a la implementación de la placa huella.....	69
Figura 34. Localización y replanteo topográfico del eje de proyecto.....	70
Figura 35. Excavación en material común seco para conformar la vía.	71
Figura 36. Escarificación de la subrasante.....	72
Figura 37. Humectación y compactación de la subrasante.....	72
Figura 38. Extendido y compactación del material para mejoramiento de subrasante.....	73
Figura 39. Suministro de material de subbase granular.	74
Figura 40. Extendido, nivelación y compactación de la subbase granular.	75
Figura 41. Excavación manual para vigas riostras	76
Figura 42. Disposición de la formaleta para las huellas de concreto	77
Figura 43. Disposición del acero de refuerzo para la placa en concreto y para la riostra.....	78
Figura 44. Fundida e instalación del concreto clase D.	78

Figura 45. Textura de las placas de concreto clase D.	79
Figura 46. Construcción de las franjas en concreto clase G.	80
Figura 47. Construcción de cuentas para la placa huella.	81
Figura 48. Inspección pre-operacional a los equipos.	87
Figura 49. Charla de capacitación al personal de la obra.	88

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Diseños empleados para la construcción de la placa huella	104
Anexo B. Resultados del ensayo de densidad realizados	106
Anexo C. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto clase D	108
Anexo D. Cartilla "Construcción e Interventoría a la Placa Huella"	112

1 INTRODUCCIÓN

Según el ministerio de transporte, para el año 2019, en Colombia existía una total de 205,379 kilómetros de red vial, de este total, aproximadamente un 69% corresponde a vías terciarias, vías que representan el mayor porcentaje de la red vial del territorio nacional y que en su mayoría se encuentran en mal estado, intransitables, o con restricciones de movilidad. Lo anterior, conlleva a que en Colombia se esté implementando con gran auge el pavimento tipo placa huella, como medida para rehabilitar y mejorar la movilidad en las vías terciarias, ya que es un tipo de pavimento que es de fácil construcción y es mucho más económico en comparación a otro tipo de pavimentos.

El pavimento tipo placa huella está teniendo gran importancia en el desarrollo socio-económico de las zonas rurales del país, ya que ofrece soluciones para mejorar la movilidad en las vías terciarias, las cuales comunican a los municipios con las veredas y a las veredas entre sí, estas vías, en su mayoría, presentan un bajo volumen de tránsito, pero condiciones ineficientes en su capa de rodadura, sistemas de drenaje deficientes y/o altas pendientes longitudinales. Con la implementación del pavimento tipo placa huella, se ofrece condiciones óptimas de circulación para los vehículos durante un amplio periodo de servicio, además este tipo de pavimento no requiere un mantenimiento constante en su estructura, simplemente un mantenimiento periódico en las obras de drenaje y la rocería en las zonas laterales, la construcción del pavimento tipo placa huella ofrece la posibilidad de la utilización de materiales y de mano de obra locales, lo cual hace que el costo de su implementación sea más económico. Con lo anterior también se hace necesario garantizar la calidad y durabilidad de la obra, para ello se debe contar con profesionales que aseguren un procedimiento y control de calidad, tanto en la construcción como en la supervisión y aceptación de la obra realizada.

Dentro de este marco, la práctica con proyección empresarial (pasantía) que se realiza en el convenio 918 de 2014 entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), trata sobre la construcción, interventoría y el análisis económico de la implementación de un tramo de placa huella en el municipio de San José de Suaita (Santander), el cual está enmarcado dentro del proyecto de mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura de conectividad para el departamento de Santander.

Ahora bien, el acompañamiento realizado a la supervisión de la obra, permitió adquirir información detallada de las actividades ejecutadas en el proceso de construcción del tramo de placa huella, esto mediante el análisis e interpretación de los diseños realizados y su posterior implementación en el sitio de proyecto, de igual forma, también se obtuvo la información técnico-económica de la interventoría realizada a la obra, identificando algunas fallas en los procesos constructivos y problemas que afectan directamente el normal desarrollo de la obra, asimismo se estableció el costo de implementar el pavimento tipo placa huella para el mejoramiento de un (1) kilómetro de vía terciaria.

La información adquirida fue de gran importancia para poder elaborar el presente documento técnico-teórico donde se detalla cada uno de los procesos llevados a cabo para el mejoramiento de la vía terciaria que conduce del municipio de San José de Suaita al sitio denominado La Cascada en el departamento de Santander. En este documento se encontrará

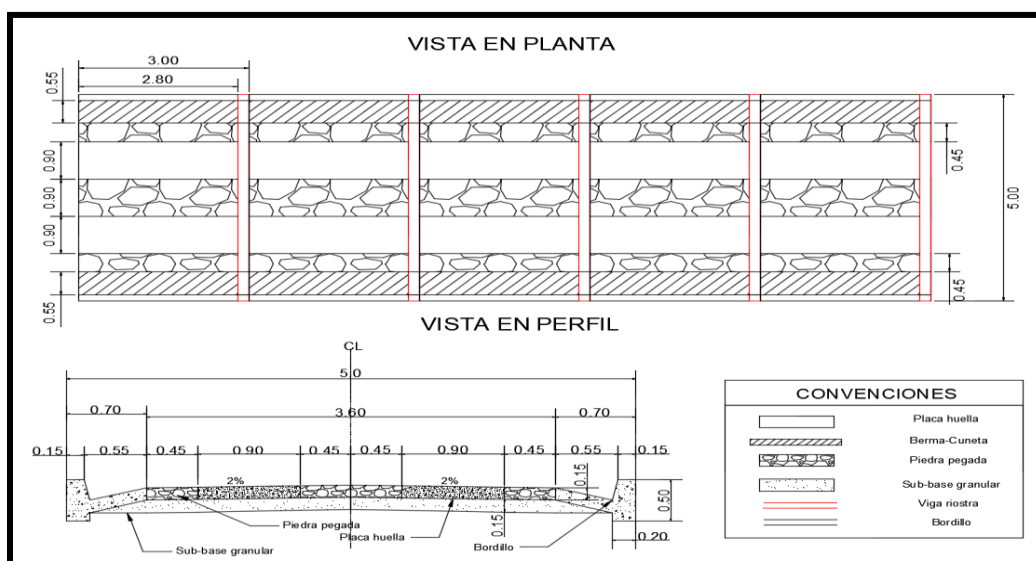
la información de los fundamentos básicos del diseño y construcción de la placa huella, el control de calidad bajo la responsabilidad de la interventoría y el análisis en detalle de la construcción, interventoría y el costo de poner al servicio de la comunidad el tramo de placa huella en el municipio de San José de Suaita.

2 BASES TEÓRICAS

2.1 PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA Y ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN

El pavimento tipo placa huella se emplea como solución para el mejoramiento de vías terciarias que presentan bajos volúmenes de vehículos comerciales, entre sus propiedades más destacadas se puede mencionar que este tipo de pavimento ofrece un amplio periodo de servicio, así mismo la construcción y mantenimiento del pavimento se realiza a bajos costos en comparación con otro tipo de pavimento y además no requiere mayores correcciones a la geometría de la vía existente, hecho que hace disminuir sus costos significativamente (El Alcazar et al., 2016). En la Figura N°1 se ilustra los elementos que componen el pavimento tipo placa huella, así como su pre dimensionamiento en diferentes vistas.

Figura 1. Elementos y capas que conforman el pavimento tipo placa huella



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

A continuación, se menciona las capas y elementos que conforma este tipo de pavimento y la función que ejerce cada una de ellas:

2.1.1 Subrasante

Es la capa de la estructura del pavimento que sirve como apoyo o fundación del paquete estructural, generalmente está constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable, y/o en ocasiones es necesario estabilizar dicho suelo o reemplazarlo por material de mejores condiciones, cualquier procedimiento realizado deberá cumplir con las especificaciones del INVIAS en el capítulo 2 (Explanaciones). La subrasante que se evalúa para calificar su capacidad de soporte es el estrato subyacente al afirmado existente. El aporte estructural de la capa de afirmado que pueda existir no se toma en cuenta y se considera como un factor de seguridad. (El Alcazar et al., 2016).

2.1.2 Subbase granular

Una vez que a la superficie existente se le haya rectificado su perfil longitudinal, con pequeños rellenos, y se encuentre adecuadamente compactada se deberá extender, conformar y compactar una capa de subbase que cumpla la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías (El Alcazar et al., 2016).

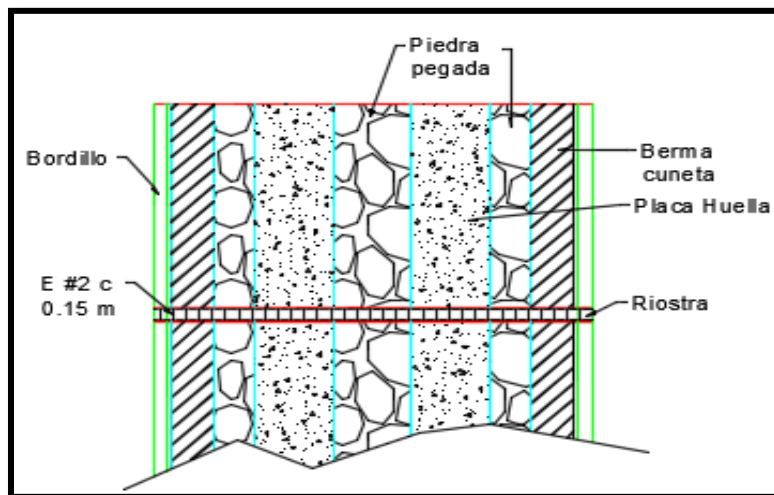
La subbase deberá tener, **como mínimo**, quince (15) centímetros de espesor en todo el ancho de la sección transversal y deberá cumplir con todas las Especificaciones Generales de Construcción de Instituto Nacional de Vías - INVIAS en el capítulo 3 (Afirmados, Subbases y Bases), artículo 320 (Sub-base Granular). Si la conformación de la superficie existente no permitió configurar el bombeo en las tangentes (-2%) y el peralte y su transición en las curvas (2%) esta tarea se deberá efectuar al momento de construir la subbase, sin embargo es preciso indicar que el bombeo, el peralte y su transición en las curvas es conveniente y apropiado configurarlos desde la conformación de la subrasante. (Departamento Nacional de Planeación, 2016). Las funciones de la subbase son:

- ❖ Incrementar la rigidez de la superficie de apoyo de las placas-huellas, de la piedra pegada y de las bermas-cunetas.
- ❖ Construir una superficie de trabajo limpia para construir sobre ella los elementos restantes que conforman el pavimento con Placa-huella.
- ❖ Controlar el eventual bombeo que se pudiese presentar por las juntas de construcción que se requieren(El Alcazar et al., 2016).

2.1.3 Capa de rodadura

Está compuesta por tres elementos; placa huella, riostra y piedra pegada o concreto ciclópeo, la berma cuneta y el bordillo son elementos empleados para el drenaje superficial de la vía. En la Figura 2, se presenta el esquema de estos elementos y en seguida se define cada uno de estos ellos.

Figura 2. Vista en planta de los elementos que conforman la capa de rodadura.



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

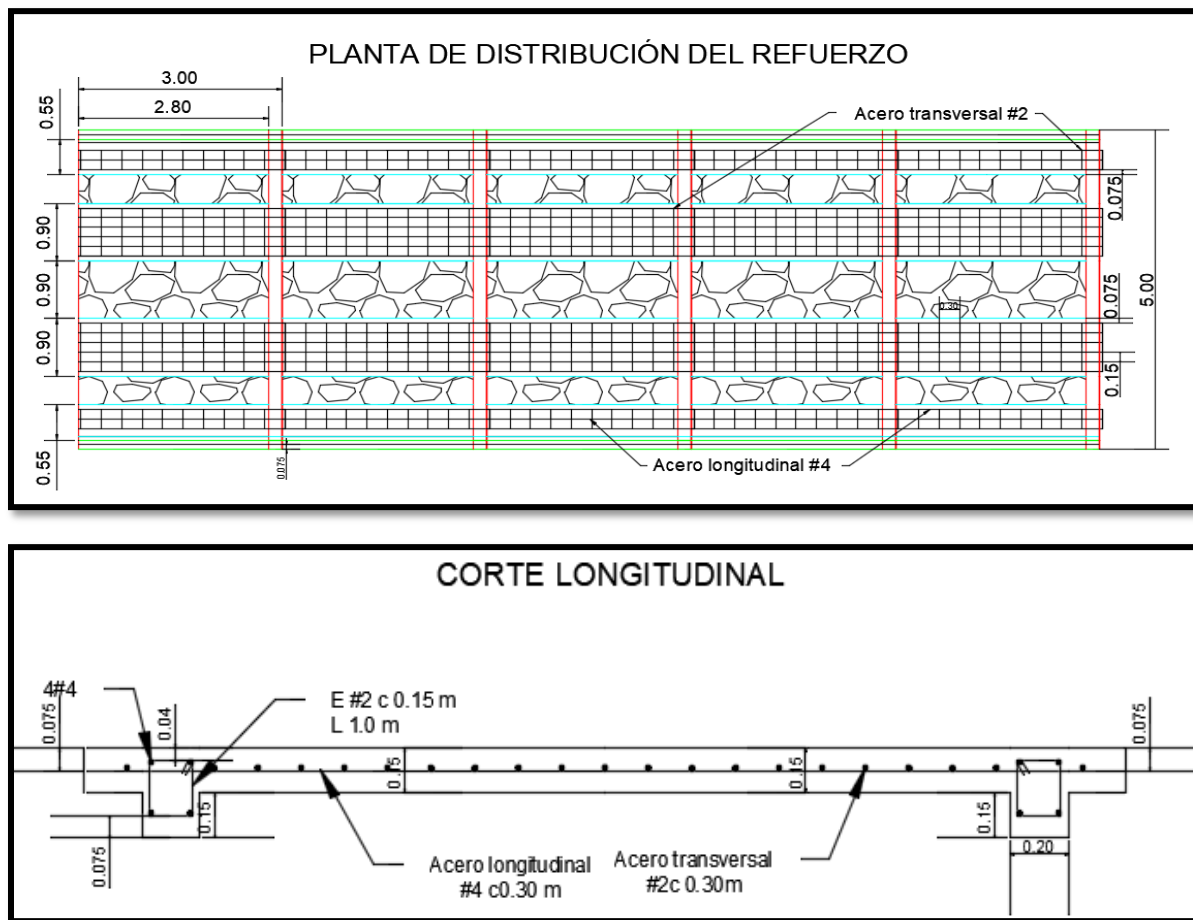
Placa Huella. Es una configuración de placas de concreto hidráulico fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

Riostra. La riostra es una viga transversal de concreto reforzado en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente (El Alcazar et al., 2016).

Concreto ciclópeo. Es una piedra pegada la cual tiene como función disminuir los costos del pavimento, propiciar la canalización del tránsito al estimular a los conductores a circular por las placas-huella, y contribuye con la estética del camino.

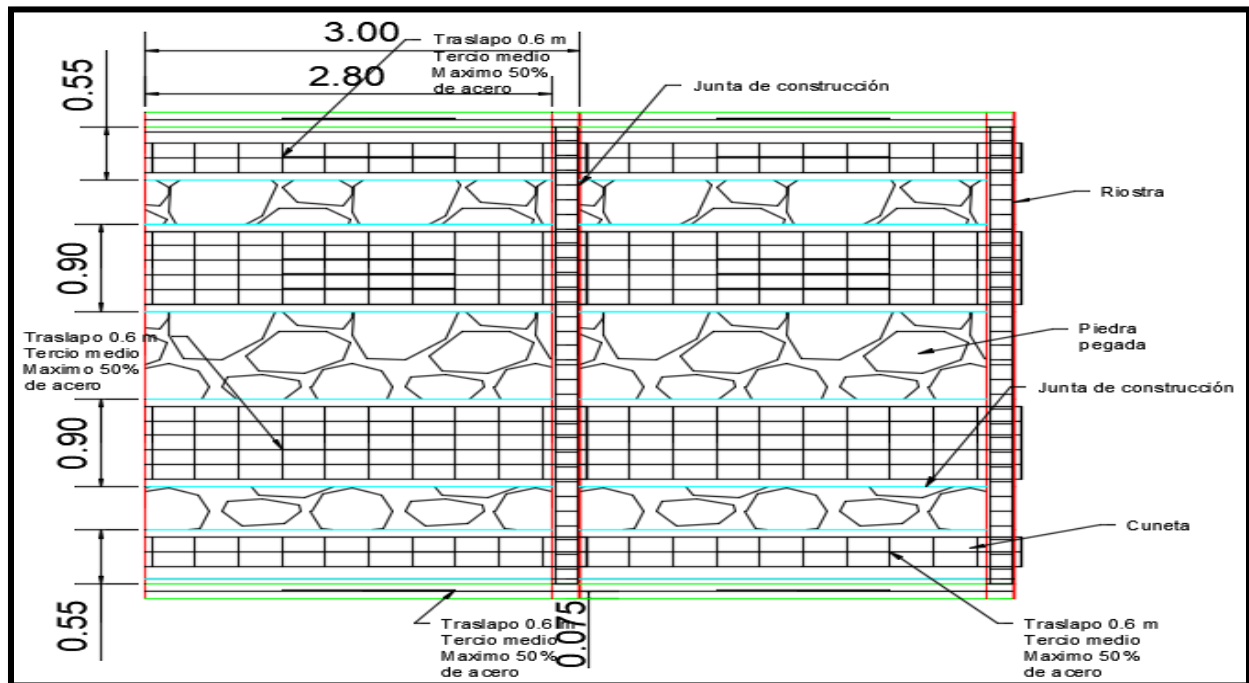
En la Figura 3 se puede apreciar la disposición del acero de refuerzo de la placa huella, tanto longitudinal y transversalmente, para la placa huella y las vigas riostra. Además, en la Figura 4 se observa las juntas de construcción y los traslapes necesarios.

Figura 3. Disposición del acero de refuerzo de la placa huella.



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

Figura 4. Vista en planta de juntas de construcción y traslapis.



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

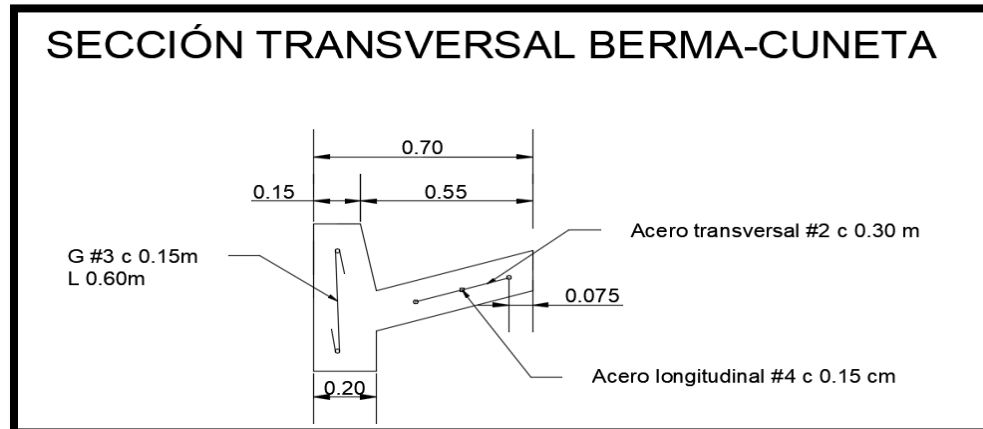
2.1.4 Berma cuneta y bordillo

Son elementos de drenaje superficial contruidos en concreto reforzado, fundidos monóticamente y articulados estructuralmente con la riostra. Las funciones de la Berma-cuneta y el bordillo son:

- ❖ Servir como franja de estacionamiento temporal en el caso de que un vehículo lo requiera por fallas mecánicas u otra causa de fuerza mayor permitiendo que el flujo vehicular no se interrumpa totalmente.
- ❖ Permitir la recolección de las aguas lluvias y conducir las hasta las alcantarillas y aliviaderos para su evacuación.
- ❖ Brindar confinamiento a la subbase (El Alcazar et al., 2016).

Adicionalmente a las berma-cunetas el pavimento debe complementarse con alcantarillas y aliviaderos, así como con subdrenes en el caso de que sean requeridos. En la Figura 5 se observa la sección transversal y el refuerzo recomendado por la Guía para la berma-cuneta.

Figura 5. Sección transversal de la berma cuneta.



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

2.2 VARIABLES DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA

2.2.1 Efecto del clima

Los factores climáticos de la zona del proyecto que inciden en el comportamiento del pavimento con placa huella, y en los pavimentos en general, son la temperatura y la precipitación. La diferencia de temperatura presente entre la cara superior e inferior de la losa de concreto de la placa huella produce esfuerzos de alabeo, pero debido a las dimensiones de las placas y la presencia de la armadura de acero los esfuerzos de alabeo no requieren atención especial en este tipo de pavimentos, como si sería de importancia en un pavimento rígido. Por parte de la precipitación, ésta se controla con la correcta provisión de las obras de drenaje, como los son la berma-cuneta, las alcantarillas, los subdrenes, entre otros.

2.2.2 Tránsito

Para el diseño de la estructura de pavimento con placa huella, a diferencia de otro tipo de pavimentos, no requiere un estudio de tránsito detallado, lo relevante para este tipo de pavimentos es la selección del Vehículo de Diseño puesto que de él depende el peso y configuración del eje de referencia y la adecuación geométrica que se le debe realizar a la vía para que dicho vehículo pueda circular adecuadamente (El Alcazar et al., 2016).

Debido a la similitud en la geometría de los camiones C-2 y C-3, y a la geometría presente en la mayoría de vías terciarias la cual se ajusta a este tipo de camiones, se ha elegido el camión C-3 como el Vehículo de Diseño ya que este es el que le inducirá mayores esfuerzos a la estructura de pavimento con placa huella, por lo anterior, el eje de referencia para el diseño estructural de pavimento construido por una sucesión de placas y riostras utilizando la metodología de diseño por carga última, que es la empleada para el pavimento con placa huella, debe ser el eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3. El diseño debe ser tal que al desplazarse dicho eje sobre la superficie no se produzca en las placas huella un nivel de esfuerzos que les genere su fractura (El Alcazar et al., 2016).

2.2.3 La subrasante y la subbase granular

El conjunto de la subrasante-subbase granular es la superficie de apoyo de la capa de rodadura del pavimento con placa huella, dicha capa la conforma la placa huella, el concreto ciclópeo y la riostra, la rigidez de la capa de apoyo es una variable que no incide en el diseño de esta capa de rodadura ya que realizando el análisis de sensibilidad, la cuantía de acero y la longitud, ancho y espesor tanto de la placa-huella como de la riostra no son sensibles a la rigidez de la superficie de apoyo. Por lo anterior se adoptó para la subbase granular un espesor único de quince (15) centímetros y la calidad exigida en las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. El espesor adoptado obedece a razones constructivas y de costos, ya que la capa de subbase granular no es demasiado gruesa y además contribuye a lograr la lisura de la superficie de apoyo de las placas, a poder lograr la compactación requerida cuando los suelos de la subrasante sean de mala calidad y a disponer de una superficie de trabajo limpia que permita construir más fácil y rápido la capa de rodadura. El espesor adoptado es suficiente para subbases granulares colocadas sobre suelos con CBR mayor o igual a tres por ciento (3%). Suelos con valores de CBR menores a 3% son suelos de comportamiento complejo que requieren algún tipo de estabilización, ya sea con cal, con cemento, realizando cajeo o empleando alguna de las distintas formas que existen de estabilizar suelos de subrasante.

2.2.4 Espesor de la placa huella

Realizando la modelación mediante elementos finitos, en programas computacionales como lo puede ser el programa EVERFE, del eje tándem del Vehículo de Diseño se determinó y observo que el espesor requerido de concreto para soportar los esfuerzos producidos por el eje de diseño es menor de quince (15) centímetros, pero por facilidad constructiva y adecuado recubrimiento de la armadura de acero se adoptó un espesor único de quince (15) centímetros (El Alcazar et al., 2016).

EVERFE es una herramienta de análisis de elementos finitos 3D para pavimentos rígidos, desarrollado en la Universidad de Washington en cooperación con el Departamento de Transporte de Washington. En la actualidad, EVERFE es el programa finito 3D más sofisticado y fácil de usar, con elementos específicamente desarrollado para el análisis de pavimento rígido, para el caso del pavimento con placa huella, el programa nos sirve para modelar el paso del eje de diseño sobre las placas de concreto hidráulico (Salvador et al., 2018).

2.2.5 Diseño de la sección transversal

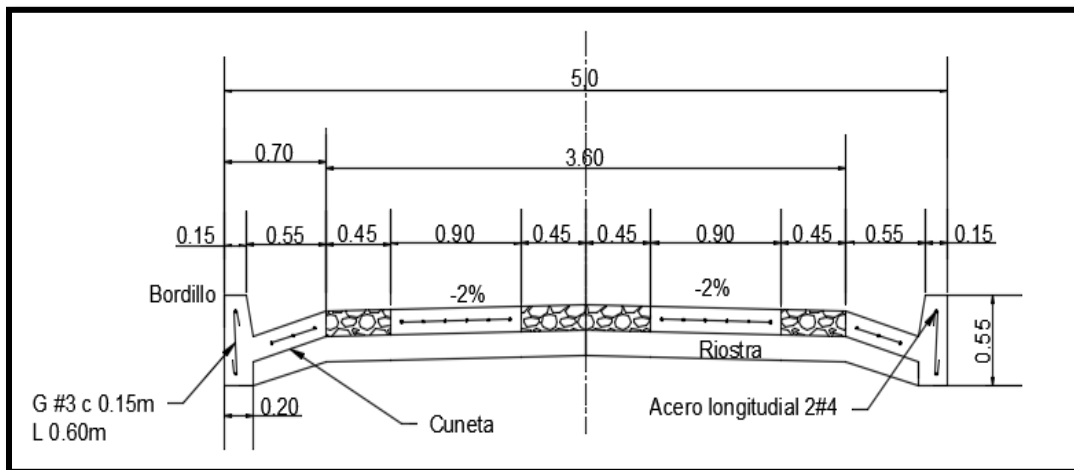
El pavimento con placa huella es una solución, a la movilidad en las vías terciarias del país, que ofrece a sus usuarios seguridad y confort, estas cualidades deben estar presentes en el pavimento al menos durante sus primeros veinte (20) años de servicio, requiriendo únicamente del mantenimiento rutinario como lo es la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales. Para garantizar la seguridad y confort de los usuarios se deben rectificar las características geométricas de la vía existente tanto en planta como en perfil y sección transversal, sin embargo, dichas modificaciones geométrías generalmente no son de gran impacto en la modificación geometría existente en la vía, a continuación, se describen las secciones transversales, tanto en tangente como en curva, recomendadas por el Instituto Nacional de Vías, en su Guía de Diseño de Pavimentos con placa-huella:

2.2.5.1 Tangente. Para garantizar la durabilidad del pavimento la Guía recomienda una sección transversal en tangente de cinco (5) metros de ancho, en la Figura 6 se observa la sección transversal en tangente recomendada, así como la distribución de los elementos que la componen. La razón principal de la adopción de este ancho obedece a evitar, hasta donde sea posible, que los camiones y buses circulen sobre la piedra pegada, debido a que la piedra pegada tiene un comportamiento incierto ante la sollicitación de las cargas, lo cual podría disminuir el periodo de servicio de la estructura de pavimento.

Una sección transversal con ancho superior a cinco (5) metros es inconveniente por las dos razones siguientes:

- ❖ Permitiría que todos los vehículos se pudiesen cruzar en cualquier punto de la vía exponiendo las franjas de piedra pegada a un daño prematuro e impredecible.
- ❖ Encarecería los costos de la obra.

Figura 6. Sección transversal en tangente.



Fuente: Elaboración propia con base a Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

2.2.5.2 Curvas. Las precarias condiciones geométricas, presentes en la mayoría de vías terciarias del país, sumadas a que el vehículo de diseño es el camión C-3 obligan a que un número importante de las curvas presentes en este tipo de vías requieran sobreaancho. A medida que aumenta la deflexión de la curva y disminuye su radio el sobreaancho necesario es mayor. En la Guía se propone armar la estructura del pavimento (placas-huella y riostras) ajustándola al diseño geométrico de la curva lo cual permita que los vehículos que circulen por ella no lo hagan sobre la piedra pegada sino por las placas de concreto.

Para todas las curvas horizontales, independientemente del valor de su radio, el valor único de peralte es de dos por ciento (2%).

2.2.6 Resistencia del concreto

Para la construcción del pavimento con placa huella generalmente el concreto utilizado se fabrica en vía, en donde se es difícil, debido a la carencia de equipos y/o laboratorios con los que sí cuentan las plantas de concreto, ejercer un control de calidad a la resistencia del concreto. Sin embargo, se debe emplear un concreto que debe permanecer durante décadas en condiciones de servicio óptimas, para ello el concreto debe ofrecer garantía de durabilidad.

La Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del Instituto Nacional de Vías, especifica que la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad a una resistencia a la compresión a los 28 días de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para lograr la resistencia deseada del concreto en obra se puede hacer realizando un permanente control del asentamiento de la mezcla, asimismo, una vez identificada la fuente de agregados, es indispensable realizar, en laboratorio, el diseño de la mezcla de concreto incluyendo los ensayos de calidad a los agregados los cuales deben cumplir los requisitos para concreto estructural establecidos en las especificaciones vigentes del INVIAS (El Alcazar et al., 2016).

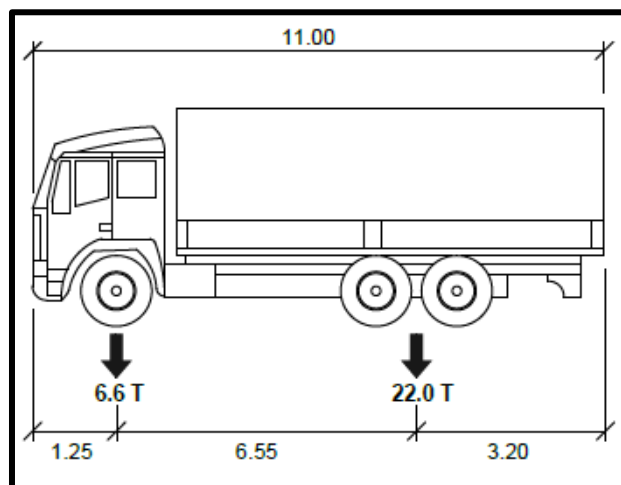
2.2.7 Periodo de diseño

La Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del Instituto Nacional de Vías sugiere que el diseño del pavimento debe prestar condiciones de servicio óptimas durante un periodo no menor a veinte (20) años siendo la limpieza de obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales el único mantenimiento necesario a realizar durante su periodo de diseño.

2.2.8 Vehículo de diseño

Como ya se mencionó en el numeral 2.2.2, la vía pavimentada con placa huella debe permitir la circulación de los camiones C-3, los cuales, junto con los camiones C-2, son los encargados de transportar los productos agropecuarios, forestales, mineros o industriales en las vías terciarias del país. Por lo anterior el vehículo de diseño adoptado para el pavimento con placa huella es el camión C-3. En la Figura 7 se ilustran las dimensiones y pesos por eje de dicho camión.

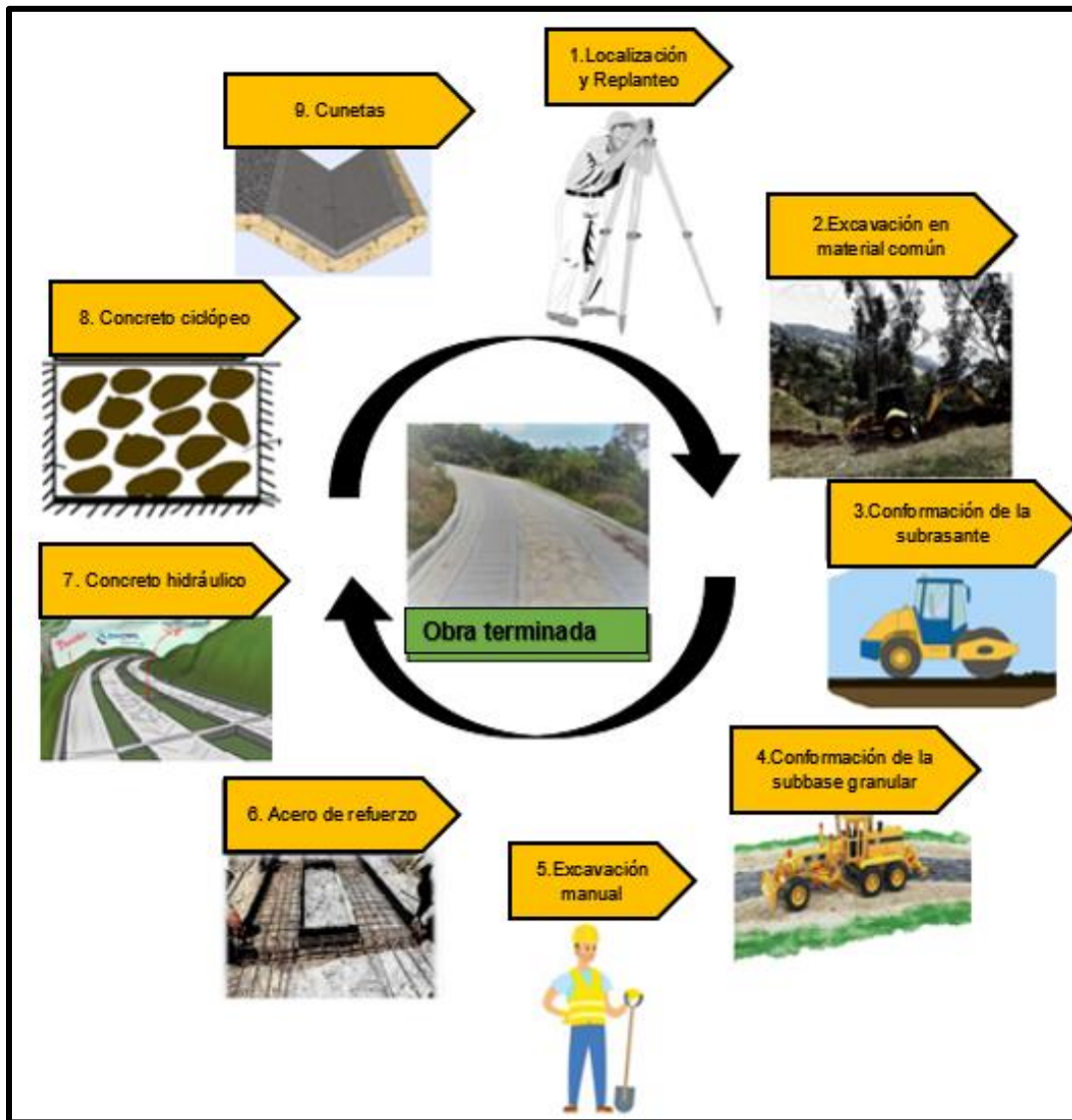
Figura 7. Vehículo de diseño. Camión C-3.



Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. (El Alcazar et al., 2016)

2.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PLACA HUELLA

Figura 8. Proceso constructivo del pavimento con placa huella.



Fuente: Elaboración propia.

El proceso constructivo define el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, esto siguiendo en lo posible un conjunto ordenado de actividades, que pueden ser basadas en la experiencia y/o en los conocimientos técnicos de los actores que intervengan. Lo anterior con el fin de lograr un producto de calidad total, en beneficio de los usuarios y del proponente del proyecto.

El proceso constructivo de un pavimento con placa huella varía sustancialmente de acuerdo al tipo de placa huella que se vaya a implementar, al tipo de terreno presente en la zona de proyecto y a las condiciones presentes en la subrasante. El proceso constructivo también se limita de acuerdo a las actividades plasmadas en el presupuesto y deben ser acordes con el

tipo de obra a realizar y el alcance de la misma. De manera particular para el tipo de placa huella contemplada en la ejecución del proyecto objeto del presente trabajo de grado, se determina el siguiente proceso constructivo¹:

2.3.1 Localización y replanteo topográfico

Es una actividad necesaria para empezar la ejecución de la obra, tiene por objeto materializar el eje de proyecto en la zona de intervención para la correcta implementación de la infraestructura. Se representan en terreno con medios temporales, las dimensiones y formas de los elementos a construir, según lo indicado en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

Para lo anterior el constructor deberá tomar como referencia puntos con coordenadas certificadas (con norte, este y nivel) y los abscisados existentes o que se generaron durante el levantamiento preliminar, además, 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 (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2016).

2.3.2 Excavación en material común a nivel de subrasante

Esta actividad comprende el retiro de toda la capa orgánica o vegetal, así como escombros, residuos, mezcla, etc. que estén presentes en la zona de proyecto y que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las de drenaje del proyecto, tales como alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto, alcanzando las cotas de diseño de la capa que se va a usar como subrasante, o las modificadas por el Interventor (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2013).

2.3.3 Conformación de la subrasante

La preparación del suelo que hará la función de la subrasante, consiste en una serie de operaciones previas, cuya ejecución es necesaria y muy importante para cimentar la colocación de la capa de sub-base sobre la subrasante. Dentro de las actividades realizadas en la conformación de la subrasante se deberá empezar por la escarificación y homogeneización de la subrasante, procedimiento que consiste en disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiera una condición suelta. En seguida se realiza la humectación o aireación del suelo, dependiendo de las condiciones presentes en el material, hasta llevarlo a una condición de ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo Proctor. Por último, se realiza la compactación del suelo de subrasante buscando una

¹ La información presentada se extrae principalmente de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS, en la norma que aplique para cada actividad; así mismo, algunos aspectos derivan de información obtenida del Proyecto Tipo “Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella” del Departamento Nacional de Planeación – DNP.

densidad que cumpla con lo especificado en el artículo 210 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en el numeral 210.5.2.2 Compactación de la subrasante.

Para dar por finalizada esta operación, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material que se ha controlado por el laboratorio y los niveles que deben ser controlados por la topografía. La superficie terminada del tramo de subrasante no deberá mostrar a simple vista deformaciones o altibajos, que en caso de existir deberán ser corregidos para que el tramo compactado pueda ser recibido como terminado por parte de la interventoría (Bonett, 2014).

2.3.4 Conformación de la subbase granular

Para esta capa se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas para una sub-base, exigidas en el artículo 320 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) Para la construcción de la capa de sub-base granular se desarrollan las siguientes actividades:

2.3.4.1 Suministro del material. En las etapas previas a la construcción de la placa huella se deben tener claro cuáles van a ser las fuentes de los diferentes materiales, en la construcción de la sub-base granular, la primera actividad a realizar será el suministro del material, que conforma esta capa, al sitio de la obra desde la fuente de material ya establecida.

2.3.4.2 Colocación del material. El material granular para sub-base, se colocará sobre la superficie de la subrasante evitando su segregación, comenzando en el sitio que indique el Ingeniero residente. El Interventor sólo autorizará la colocación del material de subbase granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones transversales indicadas en los planos, cumplan lo establecido.

2.3.4.3 Distribución del material. El material de sub-base en estado suelto, será esparcido en un espesor necesario para que después de ser compactado, tenga el espesor de diseño. El esparcimiento se deberá hacer con el equipo adecuado, lo más conveniente es con una motoniveladora, para producir una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, conforme a las secciones transversales mostradas en los planos. El Contratista está obligado a la colocación de tacos de nivel en los extremos de la calzada para el control de espesores durante la colocación, esparcimiento y compactación del material de sub-base.

2.3.4.4 Humectación. Una vez extendido el material, según las condiciones que presente, será necesario adicionarle agua, de manera tal que logre la humedad óptima de compactación, esta humedad adicional se agrega dependiendo de la humedad con la cual llegó el material a la obra, para determinar dicha humedad es conveniente realizar el ensayo de humedad al material empleado para la capa de subbase granular, la humedad adicional se agrega mediante la ayuda de carro tanque el cual distribuye el agua mediante un sistema de irrigación conocido como flauta.

2.3.4.5 Compactación. El procedimiento de compactación por lo general se realiza con cilindros vibro-compactadores de rodillo liso.

La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior. El procedimiento se continuará alternadamente hasta lograr una densidad que cumpla con la densidad del Proctor modificado, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

Los parámetros que se requerirán para la recepción del tramo de subbase granular terminado, se hará conforme a los requisitos establecidos por las especificaciones técnicas de construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), especialmente en lo referente a:

- ❖ El grado de compactación de la capa sub-base. **(Gc (90) ≥ 95)**). Para que el lote compactado pueda ser aceptado por parte del interventor, el grado de compactación debe ser mayor o igual al 95%, asimismo el interventor debe realizar las pruebas de campo y tomar, aleatoriamente², los puntos necesarios para poder verificar el grado de compactación, para ello es fundamental aplicar la estadística para llevar con éxito cada uno de los procesos³.
- ❖ El espesor de la capa sub-base compactada.
- ❖ La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- ❖ Verificación de niveles de la superficie de sub-base.

2.3.5 Excavación manual para riostras y placas de aproximación.

Esta actividad consiste en realizar excavaciones manuales para la disposición de las vigas riostras de acuerdo con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos del Proyecto y las instrucciones del Interventor. El Pliego Tipo para el mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella del Departamento Nacional de Planeación (2016), plantea una sección transversal de 0.20 m de ancho, de 0.25 m de alta y el ancho correspondiente entre los bordes internos de las cunetas.

2.3.6 Disposición del acero de refuerzo

El acero de refuerzo empleado para la construcción de la placa huellas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de 4200 kg/cm² o 6000 psi, este acero se dispone como refuerzo para las placas, riostras y cunetas. En esta actividad de la construcción de la placa huella se tiene en cuenta el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras y demás obras que requieran de estos elementos como elementos de soporte y amarre, de conformidad con los diseños y detalles presentes en los planos del proyecto.

² Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”

³ Seguir lo indicado en el numeral 107.3.13 del Artículo 107 INVIAS “Control y aceptación de los trabajos”

Los requisitos de estas especificaciones deben corresponder y cumplir con lo especificado en el artículo INVIAS 640-13. Las varillas de acero para refuerzo suministradas deberán ser nuevas, de calidad certificada, sin defectos, dobladuras o curvas (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2016).

2.3.7 Concreto Hidráulico

El concreto a emplear en las placas, riostras y cunetas deberá tener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² o 3000 psi, este concreto por lo general es mezclado in situ y es responsabilidad del constructor y de la interventoría garantizar que el concreto tenga la resistencia requerida y que se garantice su durabilidad.

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.

Se debe colocar el refuerzo y posteriormente verter 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 los planos.

Durante la construcción se deberán dejar juntas transversales entre las placas de concreto y las vigas riostras, de igual forma se habrá de disponer de juntas longitudinales entre los dos tipos de concreto (hidráulico y ciclópeo). El concreto hidráulico que se utilice para la placa huella deberá cumplir con lo establecido en los planos y especificaciones técnicas.

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 (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2016).

2.3.8 Concreto ciclópeo

El concreto ciclópeo se da de la unión entre concreto simple y rocas desplazadas de tamaño máximo de diez pulgadas 10" sesenta por ciento (60%) y cuarenta por ciento (40%) respectivamente. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1). Este concreto se usará para la cinta central y dos franjas laterales de la placa huella.

2.3.9 Cunetas

Para la construcción de las cunetas se empieza con la excavación y conformación de la sección transversal, actividades que se van realizando a la par con la conformación de la subrasante, una vez conformada la sección transversal se prosigue a realizar el suministro del material de relleno necesario para poder adecuar y compactar el suelo de soporte de la cuneta, conformando a su vez la pendiente longitudinal de la cuneta.

Como ya se mencionó en el numeral 2.3.7, el concreto empleado en las cunetas deberá tener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² o 3000 psi, al igual que el concreto para las placas y las riostras, el concreto de las cunetas también suelen elaborarse en obra para ello el Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto de manera que cumpla con la resistencia requerida.

Para la construcción de cunetas fundidas en obra, se instalarán las formaletas de tal manera que se garantice que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor. Una vez colocada la formaleta se humedece la superficie preparada de la cuenta y se coloca el concreto desde el extremo inferior de la cuneta en forma ascendente, siempre verificando que su espesor sea, el indicado en los planos. Posteriormente, se nivela las superficies con el fin de obtener la forma y dimensiones indicadas en los planos. Se deben dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres (3) metros.

2.4 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

2.4.1 Conformación de la subrasante

Para este componente el material a utilizar será el suelo en sí que esté presente en el sitio del proyecto, este deberá cumplir con:

- ❖ Capacidad de soporte del suelo mayor o igual a 3%. Esta característica se conoce a partir del ensayo CBR regido por la norma INV E 148-13, en caso de no cumplir con esta característica se debe recurrir a métodos de estabilización de suelo, en este el CBR del material cumple con el requisito mínimo.
- ❖ Limpieza de la subrasante. Consiste en la preparación del sitio del proyecto, haciendo tareas de limpieza y adecuación siguiendo el capítulo 2 de las

Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS en sus artículos 201 (Desmonte y limpieza), 202 (Demolición y remoción), 210 (Excavación de la explanación, canales y prestamos) y 220 (Terraplenes).

Cabe mencionar que la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del INVIAS (El Alcazar et al., 2016) recomienda no modificar el terreno natural (subrasante) tratando de mantener su estado natural en tanto sea posible, por esto, los artículos 210 y 220 solo se tendrán en cuenta de ser estrictamente necesario un cambio en el terreno natural.

2.4.2 Subbase granular

El material a utilizar para la subbase será aquel que cumpla con todas las especificaciones estipuladas por el INVIAS, la explotación del material y elaboración de agregados, acopio de material, muestreo y ensayos, transporte de material y conservación se regirá según lo estipula el capítulo 3 “Afirmados, bases y subbases” en el artículo 300-13 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases y bases granulares y estabilizadas”, en cuanto a las especificaciones que debe cumplir el material, se regirá por el artículo 320 “Subbase granular” del mismo capítulo, a continuación se muestran las especificaciones que deberá cumplir el material a usar como subbase (ver tabla 1, 2 y3).

Tabla 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular.

CLASE DE SUB-BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 3-Afirmados, bases y subbases- Artículo 320-13. Bogotá D.C. 2013. P43.

Tabla 2. Franjas granulométricas del material de subbase granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 3-Afirmados, bases y subbases- Artículo 320-13. Bogotá D.C. 2013. P44.

Tabla 3. Requisitos de los agregados para subbase granular.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 3-Afirmados, bases y subbases- Artículo 320-13. Bogotá D.C. 2013. P44.

2.4.3 Placa, riostras y cunetas

Estos elementos de la placa huella pueden agruparse en un solo componente pues constructivamente se refiere a los mismos materiales que en conjunto será concreto reforzado, así pues, los materiales necesarios son:

2.4.3.1 Concreto con resistencia a la compresión de 21 MPa. 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 INVÍAS (ver Tablas 5, 6, 7 ,8 y 9), particularmente en lo que se refiere a cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero. A continuación, se muestra las especificaciones para cada uno de los materiales.

Tabla 4. Requisitos de materiales a utilizar en la elaboración de concreto.

Material	Requisito
Cemento	Cumplir con lo indicado en el artículo 501, si los documentos del proyecto no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (Norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C 595); o tipo GU (norma ASTM C1157)
Agua	Se considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del artículo 630 Concreto estructural
Reactividad	Para evaluar la posibilidad de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los alcalos del cemento se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174
Acero	Los documentos del proyecto indicaran el acero necesario para la construcción del pavimento. Las barras de acero deberán cumplir con las especificaciones ASTM A 615

Fuente: Elaboración a partir de especificaciones generales para construcción de carreteras INVÍAS 2013.

Tabla 5. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.600	0.300	0.150
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
% PASA							
UNICA	100	95-100	80-100	80-85	25-60	10-30	2-10

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 5 Pavimentos de concreto- Artículo 500-13. Bogotá D.C. 2013. P4.

Tabla 6. Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	10
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		15
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas delezables, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), máximo (%).	E-14	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ ²⁻ , máximo (%)	E-233	1.2
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 5 Pavimentos de concreto- Artículo 500-13. Bogotá D.C. 2013. P5

Tabla 7. Granulometrías para el agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	63.0	50.0	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	
	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	
% PASA										
AG 1	Fracción 1: 2 1/2" a 1"	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
	Fracción 2: 1 1/2" a No.4	-	-	100	95-100	-	25-60	0-10	0-5	
AG 2	Fracción 1: 2" a 3/4"	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
	Fracción 2: 1" a No. 4	-	-	-	100	90-100	20-5	0-10	0-5	
AG 3	1 1/2" a No. 4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 5 Pavimentos de concreto- Artículo 500-13. Bogotá D.C. 2013. P6.

Tabla 8. Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	90 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0.5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%)	E-227	60
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), máximo (%)	E-240	10
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	1.0
Reactividad álcali - agregado grueso y fino: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R Nota: ver numeral 500.2.1.5.3	E-234	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$

Fuente: Instituto Nacional de Vías-INVÍAS. Especificaciones Generales De Construcción de Carreteras. Capítulo 5 Pavimentos de concreto- Artículo 500-13. Bogotá D.C. 2013. P7.

2.4.3.2 Acero de refuerzo. Consiste en el corte, doblaje, figuración e instalación de varillas de acero para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de estos elementos. Los requisitos deben corresponder con lo especificado en el artículo INVIAS 640 el cual nos dice: “Deberán cumplir las que se sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 161, NTC 248, NTC 2289; AASHTO M-31 y ASTM A-706”.

2.5 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA INTERVENTORÍA

La mayoría de interventorías contratadas en Colombia ya sea para la ejecución de contratos de inversión pública o privada, han estado centrados generalmente a proyectos pertenecientes al campo de la ingeniería que requieren por consiguiente de interventoría acorde con la naturaleza de este mismo. Se podría definir la Interventoría de la siguiente manera:

Se entiende por Interventoría el servicio prestado por un profesional o persona jurídica especializada en la asesoría, coordinación, control técnico y administrativo de todas las fases de un proyecto; de tal manera que le permita representar y asesorar al propietario

de la obra o grupo de inversionistas en la toma de decisiones, con el fin de lograr un producto de calidad total, en beneficio de los usuarios y los inversionistas (Alarcon, 2020, p.8).

El interventor es el encargado de controlar y vigilar las acciones del contratista, el cumplimiento e implementación de las especificaciones técnicas contratadas, las actividades administrativas, legales y presupuestales o financieras establecidas en los contratos o convenios celebrados entre la entidad contratante y el contratista.

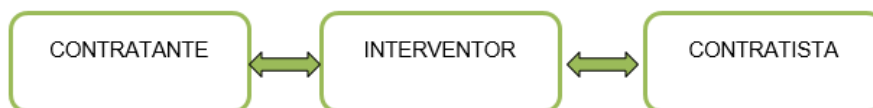
2.5.1 Misión de la interventoría

La misión de la interventoría es vigilar y controlar la calidad integral y el cumplimiento del objeto contratado, asimismo debe prevenir los conflictos y advertir de posibles errores constructivos, para lo cual deberá implementar los medios necesarios, tales que le permitan establecer los mecanismos de participación, de comunicación y de control que sirvan para garantizar los derechos de la comunidad y, a la entidad contratante, el cumplimiento de los objetivos del proyecto de inversión y del contrato en ejecución.

2.5.2 Visión de la interventoría

La interventoría debe de servir de enlace entre la entidad contratante y el contratista de tal manera que canalice los intereses particulares de cada uno de ellos en beneficio de la obra (Alarcon, 2020). El interventor debe asumir el papel de intermediario entre el contratante y el contratista, de manera tal que todos trabajen con el objetivo de asegurar la calidad integral de la obra y no el interés particular de cada uno de ellos.

Figura 9. Visión de la interventoría.



Fuente: Elaboración propia con base a *Interventoría de Obras Viales* (Alarcon, 2020).

2.5.3 Objetivos de la interventoría

El principal objetivo que tiene la interventoría es representar a la entidad contratante y velar por el cumplimiento adquirido por el contratista para con ésta. Para ello debe supervisar y controlar la acción del contratista, verificando que se cumplan las especificaciones y normas técnicas, las actividades administrativas, legales, contables, financieras y presupuestales, establecidas en los pliegos de condiciones o términos de referencia de los contratos celebrados por la Entidad (Alarcon, 2020).

Pero dentro de la labor de la interventoría también se debe cumplir con los siguientes objetivos de manera tal que se pueda lograr obtener una obra de calidad y con garantía para el uso de los usuarios:

- ❖ Controlar y vigilar la calidad de los productos y/o servicios contratados, iniciando su gestión desde la revisión del proyecto previamente viabilizado, oferta del

contratista, especificaciones técnicas, pruebas que garanticen el cumplimiento del objeto del contrato.

- ❖ Asegurar el cumplimiento de las metas contractuales, logrando que el objeto contratado se ejecute dentro de los parámetros de tiempo e inversión previstos originalmente.
- ❖ Velar por la debida legalidad del contrato e igualmente de los actos que se deriven de su ejecución, garantizando el cumplimiento por las partes de todas las exigencias de índole legal y reglamentario.
- ❖ Armonizar la interacción del contratante y Contratista, para el beneficio general logrando productos y/o servicios de buena calidad en beneficio de la comunidad.
- ❖ Realizar vigilancia y control en el cumplimiento de los cronogramas de trabajo propuestos por el contratista y avalados por la entidad.
- ❖ Informar oportunamente a la entidad contratante cuando se presenten inconvenientes en el desarrollo de los contratos.
- ❖ Efectuar un estricto control de la calidad de los materiales empleados por el contratista, a partir de las especificaciones técnicas dadas por la entidad contratante.
- ❖ Y las demás funciones acorde con la normatividad vigente.

Los anteriores objetivos son tomados del Manual de Interventoría y Supervisión para el Departamento de Boyacá (República de Colombia departamento de Boyacá, 2009).

2.5.4 Alcance de la interventoría

La interventoría debe ejercer permanente vigilancia, coordinación y control a los diferentes aspectos que intervienen en la ejecución de un contrato, ya sea de consultoría o de obra, la cual se ejerce a partir del acto administrativo al interventor, hasta la liquidación definitiva del proyecto. Es decir que la Interventoría externa inicia el ejercicio de sus funciones a partir de la suscripción del acta de iniciación de su respectivo contrato con el supervisor de la entidad y termina con la liquidación final del contrato de interventoría (República de Colombia departamento de Boyacá, 2009).

2.5.5 Estrategias de la interventoría

Con el uso de las siguientes estrategias se busca que la interventoría influya, sin tomar a su cargo, en la organización y planeación del trabajo del contratista de manera que se desarrolle con éxito los objetivos por los cuales se contrató (Alarcon, 2020). Estas estrategias son:

2.5.5.1 Estrategias externas

- ❖ **Control a la actividad de Contratista.** Este control debe ser ante todo preventivo puesto que no es una simple revisión de resultados, es necesario realizar las observaciones de manera preventiva para lograr que el contratista tome las medidas necesarias y hacer un seguimiento a esas medidas para evaluar su efectividad.
- ❖ **Control a la ejecución del trabajo.** El control debe ser previo y espontaneo sin interferir en el trabajo del contratista. Se recomienda vigilar la utilización de recursos del contratista, mantener adecuadas relaciones con el contratista, evitar las afectaciones a propiedades de terceros, cumplir y solicitar el cumplimiento del programa de seguridad industrial y establecer un sistema de comunicación ágil.

- ❖ **Control al cumplimiento de las metas.** Ante cualquier posibilidad de incumplimiento de los indicadores de rendimiento definidos en el contrato se deben evaluar conjuntamente los mecanismos de recuperación adoptando las medidas preventivas y/o correctivas necesarias. Para evitar el incumplimiento de las metas se recomienda controlar el cronograma del contrato, establecer un programa preventivo de control de calidad, anticiparse a la ocurrencia de problemas técnicos, adelantar ágilmente los trámites administrativos y coordinar las actividades que permitan el correcto desarrollo de la actividad contractual.
- ❖ **Control al equilibrio financiero.** Para esto se debe llevar un control estricto del costo de la obra efectivamente ejecutada y compararlo con los recursos disponibles en el contrato. Es deber del interventor informar al contratista y a la entidad contratante cuando el costo de las obras programadas supere el valor disponible en el contrato y suspender su ejecución hasta tanto la entidad manifieste la disponibilidad real de los recursos. El interventor debe lograr que se respete el derecho del contratista a recibir oportunamente los pagos que le son debidos.

2.5.5.2 Estrategias internas

- ❖ **La organización del trabajo.** Para lograr una buena ejecución de la interventoría es indispensable emplear estrategias internas que sirvan para optimizar los procesos desarrollados. Una de ellas es la organización del trabajo donde es importante establecer una estructura administrativa adecuada, asimismo asignar profesionales altamente calificados que tengan experiencia y un conocimiento tal del proyecto que les permita tomar decisiones exitosas.
- ❖ **La inducción y orientación del equipo de trabajo.** El equipo de trabajo debe tener una identificación propia una actitud orientada para realizar intervenciones oportunas sobre las diferentes incidencias del proyecto, desarrollando una cultura preventiva ágil, de igual forma debe ejercer una actitud crítica y de orientación ante las eventualidades que puedan surgir en el desarrollo del proyecto.

2.5.6 Funciones de la interventoría

La interventoría tiene como función principal ser la entidad armonizante entre los objetivos principales de la entidad contratante y el contratista que adelanta la ejecución del contrato o convenio. Para cumplir, de una manera eficiente, con su principal objetivo, la interventoría debe desarrollar las funciones que se describen a continuación:

2.5.6.1 Funciones administrativas

- ❖ **Consulta y estudio de la información.** La interventoría, ya sea interna o externa, tendrá la obligación de consultar ante la oficina de Contratación, Banco de Proyectos o formulador del proyecto los antecedentes del contrato, sus estudios, pólizas, diseños requeridos, especificaciones y/o demás documentos que resulten relevantes para la ejecución del contrato.
- ❖ **Documentación del Proyecto.** La interventoría debe verificar que existan los permisos y licencias necesarios para la ejecución del objeto contractual. De igual forma es su deber organizar la información y documentos generados durante la ejecución del contrato, manteniéndola a disposición de los interesados y enviar, una vez se produzca, copia de la misma a la dependencia correspondiente.

- ❖ **Programación del desarrollo del proyecto.** La interventoría tiene la obligación de definir los cronogramas que se seguirán durante el trámite de las etapas contractual y post-contractual, asimismo debe programar y coordinar con quien sea necesario, reuniones periódicas para analizar el estado de ejecución y avance del contrato.
- ❖ **En el desarrollo del proyecto.** Integrar los comités a que haya lugar y participar de manera activa y responsable en su funcionamiento, dejando constancia de las diferentes reuniones que se celebren y decisiones que se adopten. La interventoría deberá atender, tramitar o resolver toda consulta que eleve el contratista, de forma procurando soluciones ágiles y oportunas a los inconvenientes generados durante la ejecución del contrato. De igual forma tendrá que tramitar las solicitudes de ingreso del personal y equipos del contratista o de personas externas a las áreas de influencia del contrato. La interventoría es responsable de exigir el cumplimiento de las normas de seguridad, higiene, salud ocupacional y ambiental que sean aplicables.
- ❖ **Informes.** La interventoría debe presentar informes sobre el estado de ejecución y avance de la ejecución contractual, con la periodicidad que se requiera, atendiendo el objeto y naturaleza de los mismos y un informe final de su ejecución (Alcalida de Tunja, 2018).

2.5.6.2 Funciones técnicas

Verificar y aprobar la localización de los trabajos y de sus condiciones técnicas para iniciar y desarrollar el contrato, igualmente constatar, según el caso, la existencia de planos, diseños, licencias, autorizaciones, estudios, cálculos, especificaciones y demás aspectos técnicos que estime necesarias para suscribir el acta de iniciación y la ejecución del objeto pactado. De igual forma la interventoría debe verificar que el contratista suministre y mantenga el personal o equipo ofrecido, con las condiciones e idoneidad pactadas inicialmente y exigir de manera justificada su reemplazo cuando fuere necesario.

Para lograr cumplir la misión de asegurar la calidad integral de la obra, la interventoría debe controlar el avance del contrato con base en el cronograma previsto y recomendar los ajustes a que haya lugar. A su vez, es importante inspeccionar permanentemente la calidad de la obra, equipos, materiales, bienes, servicios, insumos y productos; ordenar y supervisar los ensayos o pruebas necesarias para el control de los mismos, velando por el cumplimiento de las normas, especificaciones técnicas y procedimientos previstos para la ejecución de las actividades contractuales y post-contractuales. Asimismo, durante la ejecución del proyecto es indispensable para la interventoría abrir y llevar el libro o bitácora para registrar en él las novedades, órdenes e instrucciones impartidas al contratista.

La interventoría debe llevar a cabo todas las demás actividades técnicas conducentes al desarrollo del objeto contractual, conforme con los requerimientos técnicos pertinentes. Y por último es la encargada en certificar el cumplimiento del contrato en sus diferentes etapas de ejecución (Alcalida de Tunja, 2018).

2.5.6.3 Funciones financieras

Tomando como referencia el artículo 91 de la ley 1474 de 2011, es deber de la interventoría verificar que el contratista cumpla con los requisitos para la entrega del anticipo pactado, y constatar su correcta inversión. Para este efecto deberá exigir, según corresponda, la

presentación del programa de utilización de personal y equipos durante la ejecución del contrato, el programa de flujos de fondos del contrato y el programa de inversión del anticipo.

En segundo lugar, la interventoría debe revisar las solicitudes de pago formuladas por el contratista, y llevar un registro cronológico de éstos junto con sus ajustes y deducciones. Asimismo, tiene que revisar y aprobar las facturas y/o cuentas de cobro presentadas por el contratista.

Ahora bien, la interventoría también debe velar por la correcta ejecución presupuestal del contrato, verificar que los trabajos o actividades adicionales que impliquen aumento del valor del contrato cuenten con la debida justificación técnica y el respaldo presupuestal y jurídico correspondiente, a su vez, verificar el adecuado pago de los tributos a que hubiere lugar y que resulten de la actividad contractual y post-contractual (Alcalida de Tunja, 2018).

2.5.6.4 Funciones de carácter legal

Mediante el control jurídico ejercido por la interventoría se debe verificar que el contrato de obra e interventoría tengan definido el alcance de los trabajos de acuerdo con lo establecido en los pliegos de condiciones y términos de referencia. Asimismo, se debe controlar que no se realicen actividades por fuera del objeto contractual, al igual que velar por el cumplimiento de las obligaciones laborales que se generen con relación al contrato suscrito.

Por otro lado, la interventoría debe verificar las causas legales que existan para suspender el plazo de ejecución del contrato, al igual que las causas de fuerza mayor ocurridas que ameriten la suspensión o la terminación del contrato. Por lo anterior, también debe controlar el trámite del Acta de Suspensión y asegurarse que esta fue firmada por las partes y cuando haya lugar verificar que las actividades del contrato se reanudan en la fecha acordada o cuando se haya pactado en el Acta de Suspensión (Alarcon, 2020). En todo caso es responsabilidad de la interventoría suscribir todas las actas que se produzcan con ocasión de la ejecución del contrato.

Finalmente es deber de la interventoría preparar el acta de liquidación del contrato, esta actividad tiene como fin dar por terminada la labor técnica y administrativa y liquidar el contrato de Interventoría, de igual forma con la liquidación del contrato se coordina la recopilación y presentación de datos estadísticos sobre la obra, rendimientos, sistemas constructivos, recursos utilizados, cantidades de obra ejecutada y costos de la obra ejecutada. Con la liquidación del contrato se debe elaborar un informe detallado de la obra, sus características, los problemas encontrados y las soluciones adoptadas, así como el costo final de los trabajos incluyendo el costo de la Interventoría. De igual forma se debe emitir los paz y salvos pertinentes tanto para el personal interno como para el contratista y solicitar y obtener los que les corresponde respecto a su relación con la entidad contratante y con otras de acuerdo al proyecto⁴ (Alarcon, 2020).

⁴ *Nota:* Se debe tener presente que la interventoría debe informar a la entidad contratante las circunstancias y hechos que considere afectan la conducta transparente y ética del contratista.

2.5.7 Responsabilidades de la interventoría

Los interventores externos responderán civil y penalmente tanto por el cumplimiento de las obligaciones derivadas del contrato de Interventoría, como por los hechos u omisiones que le fueren imputables y que causen daño o perjuicio a las entidades, derivadas de la celebración y ejecución de los contratos, respecto de los cuales, haya ejercido funciones de Interventoría (República de Colombia departamento de Boyacá, 2009).

2.5.8 Prohibiciones de los interventores

- ❖ Autorizar cambios en las especificaciones del contrato que impliquen mayores cantidades de dinero y con los cuales se modifique su valor o plazo contractual.
- ❖ Delegar las funciones de interventoría.
- ❖ Ordenar al personal que trabaja para el contratista la modificación de algún diseño u obra que ya haya sido aprobada en los diseños definitivos del proyecto.
- ❖ Toda conducta que atente contra el código de ética para el ejercicio de la ingeniería en general.

2.5.9 El costo del servicio de la interventoría

En la interventoría, consultoría y en la ingeniería en general, el presupuesto es una actividad detallada que sirve para determinar un pronóstico del precio que puede tener desarrollar cierta actividad dentro del ejercicio de la profesión.

En el ámbito de la interventoría, para determinar el valor justo a cobrar, el Interventor debe tener claro cuál es el costo cierto de sus recursos, es decir cuál es el costo de los conocimientos que posee, incorporando todos los conceptos que de una manera u otra le generen un desembolso. Se debe tener en cuenta dentro de los recursos a utilizar la dedicación real del personal. (Alarcon, 2020).

Para establecer el costo de la interventoría es necesario tener claro el tipo de servicio que es solicitado por la entidad, es decir para que, y con qué fin, se desarrolla la interventoría, asimismo la cantidad y calidad de los recursos requeridos para cumplir con el servicio solicitado, el plazo en que se debe prestar el servicio y la forma de pago establecida por la entidad o propuesta por el Interventor. Con lo anterior será mucho más fácil y más certero poder definir un costo a cobrar con la labor de la interventoría.

2.5.9.1 Costos directos

Se entiende por costos directo o de producción aquellos que son claramente cuantificables dentro del proceso productivo y que tienen origen directo en la ejecución del trabajo contratado (Alarcón, 2020).

En el trabajo contratado por la interventoría, dentro de los costos directos encontramos los siguientes:

- ❖ **Costos de salario.** Estos costos se generan por la existencia de una relación laboral, dentro de ellos se incluye lo que es el sueldo base en donde se integra los pagos de; salario, horas extra, subsidio de transporte, viáticos y primas de localización, auxilios de

vivienda y alimentación, este último aplica para obras que, debido a sus condiciones, necesita que la interventoría deba sufragar el costo de la vivienda y casero para su personal. A su vez dentro de este tipo de costos, se deben cubrir los prestacionales, los cuales se integran por las cesantías anuales, el interés a la cesantía, las primas de servicio y las vacaciones. Por último, dentro de la estructura de estos costos también se incluye la seguridad social, los aportes parafiscales y otros costos como dotaciones y seguro colectivo (Alarcón, 2020).

- ❖ **Honorarios profesionales y contrataos de prestación de servicios.** Son los pagos realizados a personal ajeno a la empresa de interventoría, pero que se requieren para el correcto desarrollo del proyecto.
- ❖ **Gastos de viajes y transportes.** Este tipo de costos son los generados como consecuencia de los viajes que el personal de interventoría debe realizar en relación directa y para el beneficio del proyecto.
En este rubro se deben considerar los costos de los vehículos que se asignan a las labores de campo, estos pueden ser propios o alquilados, la tarifa de alquiler puede incluir o no el conductor, los costos de operación y mantenimiento; se deben tener en cuenta los costos de transportes locales y aproximaciones a los aeropuertos que pueden ser más favorables realizarlos por medio del servicio público (Alarcón, 2020, p. 53).
- ❖ **Costos de equipos.** Corresponde a los rubros destinados para los equipos asignados al proyecto, entre estos equipos están los de servicio y control de calidad del proyecto, los cuales se emplean para verificar que se cumplan las especificaciones técnicas de calidad exigidas en los pliegos de condiciones, además con ellos se puede corroborar que el contratista está haciendo bien su trabajo.
- ❖ **Imprevistos.** Este tipo de costo es directamente proporcional al recurso requerido para el desarrollo del proyecto. Para poder establecer su peso en el presupuesto, este depende del sistema de remuneración que se haya convenido con la entidad contratante. Si el sistema acordado es el de reembolso de gastos el riesgo que corre la Interventoría es casi nulo y los imprevistos son asumidos por la Entidad contratante. Pero si el sistema acordado es el de precio fijo o un porcentaje de la obra ejecutada, los factores de riesgo están asociados en el desarrollo del contrato de obra, se ven afectados por factores como el plazo de ejecución que no depende de las decisiones del Interventor (Alarcón, 2020).

2.5.9.2 Costos indirectos

Los costos indirectos se establecen de acuerdo a los porcentajes que maneje el empleador con respecto a costos administrativos y los costos y pólizas, seguros, gastos bancarios y financieros, timbre y perfeccionamiento del contrato, además se deben tener en cuenta los honorarios generados por la actividad de interventoría (Gómez y Villamizar, 2011). Dentro de la estructura de costos indirectos encontramos los siguiente:

- ❖ **Gastos directos no reembolsables.** Son gastos que sin importar si el proyecto se ejecuta o no deben ser costeados por la empresa que realiza labores de interventoría, dentro de estos gastos encontramos lo que son; gastos de arrendamiento de oficinas, gastos de servicios públicos, mantenimiento y operación de oficinas, cafetería y aseo, útiles y papelería, gastos legales y bancarios, capacitación de personal (cursos, congresos, seminarios), vigilancia y aseo, jubilaciones, gastos de transporte y vehículos,

revistas y publicaciones técnicas y por último actualización de la tecnología. La implementación o no de los gastos anteriormente descritos depende de cada empresa.

- ❖ **Salarios y prestaciones no reembolsables.** Son gastos que sin importar si el proyecto se ejecuta o no deben ser costeados por la empresa que realiza labores de interventoría, dentro de estos gastos encontramos lo que son; gastos del personal administrativo, personal técnico no facturable, preparación de propuestas, entre otros.
- ❖ **Otros costos indirectos.** Dentro de ellos encontramos costos de capital de trabajo, seguros, relaciones públicas y gastos de representación, depreciación de instalaciones y equipos, entre otros.

2.5.10 Contrato de interventoría

2.5.10.1 Tipos de contrato

Considerando las diferentes actividades que deberá realizar el interventor durante la realización del proyecto, y/o ejecución del contrato, se han dividido en dos grandes grupos así:

- ❖ Consultoría
- ❖ Interventoría de obra

Sea cual sea el tipo de contrato a ejecutar, este empieza con la iniciación del mismo, para ello se da apertura con el acta de inicio, el proceso seguido es el del desarrollo técnico y administrativo del contrato, en esta parte de las etapas básicas del cumplimiento del contrato, se deben aplicar todos los conceptos anteriormente mencionados en cuanto a la misión, visión, objetivos, alcance, estrategias, funciones, responsabilidades y prohibiciones de la interventoría. El contrato finaliza con la entrega y liquidación del mismo, seguimiento posterior a la ejecución de las obras.

2.5.10.2 La modalidad de remuneración

- ❖ **A precio fijo.** En este tipo de remuneración, se pacta un precio fijo por todo el servicio de la Interventoría, donde uno de los riesgos más altos de esta modalidad son las ampliaciones de plazo ya que el plazo de ejecución de la obra no depende de la Interventoría sino del contratista.
- ❖ **Por tarifa.** En este tipo de remuneración, se pacta un porcentaje sobre el valor de la obra, dependiendo del tipo de pago establecido en el contrato de obra, si es a precio fijo o a precios unitarios, se establecerá la forma de pago de la interventoría. Cuando es a precio fijo se puede pactar una modalidad de pagos mensuales iguales dividiendo el valor de la interventoría en el plazo del contrato. Y cuando es por precios unitarios, el ingreso mensual de la interventoría corresponderá al porcentaje de la obra efectivamente ejecutada a satisfacción.
- ❖ **Por factor multiplicador.** Esta modalidad de remuneración, es algo cuestionada ya que se comenta que es empleada por la interventoría para prologar el desarrollo de la obra con el fin de obtener mayores ingresos. Según Alarcon (2020, p. 53):

Consiste en afectar el valor del salario de cada una de las personas que intervienen en la Interventoría por un factor multiplicador para compensar la carga salarial, los costos de administración, y unos honorarios. Los costos directos se consideran reembolsables sin afectarlos por el factor multiplicador.

3 METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada en este proyecto contempló inicialmente la búsqueda y revisión de información propia del proyecto y de las bases teóricas referente al mismo, dicha información sirvió para precisar el método de diseño y los procedimientos empleados para realizar el mejoramiento de la vía terciara en el tramo San José de Suaita – La Cascada, mediante el uso del pavimento tipo placa-huella.

3.1 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.1.1 Información propia del proyecto

Ya que el proyecto donde el pasante realizó la investigación acerca de la construcción del pavimento con placa huella se encuentra construido en su totalidad, lo primero que se hizo fue la recopilación de información concerniente a ensayos de laboratorio, diseño estructural, diseño geométrico de la vía, drenaje superficial, y cada una de las variables que el contratista empleó para realizar la construcción de esta obra, además, se reunió la información referente a la interventoría que, por parte de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se le realizó al tramo de placa-huella. Posteriormente a la recopilación de la información propia del proyecto, se procedió a revisar y analizar dicha información.

3.1.2 Información teórica

Una vez recopilada y revisada la información acerca de la obra, se procedió a revisar la información bibliográfica sobre el tema tratado “Construcción e Interventoría de un tramo de placa-huella”, se tomó como base la “Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella” del INVIAS, las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, el Proyecto Tipo para el “Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella” y otra bibliografía mencionada en la propuesta de trabajo de grado, para cotejar el proceso constructivo y los materiales empleados en la construcción del tramo de placa-huella, con los requerimientos que establece el INVIAS en sus manuales, normas y especificaciones.

3.1.3 Análisis de la información

Después de revisada la información, tanto del proyecto como teórica, se realizó el análisis técnico-administrativo del proceso constructivo y del proceso de interventoría del tramo de placa huella. El proceso constructivo se detalló en las siguientes fases:

- ❖ Actividades preliminares
 - Estudio topográfico
 - Estudio de suelos
 - Estudios hidrológicos e hidráulicos
 - Diseños obtenidos
 - Presupuesto oficial de la obra
- ❖ Construcción de obras de drenaje
 - Construcción de alcantarillas
 - Construcción de filtro

- Construcción de box culvert
- Construcción de cunetas
- ❖ Construcción de la placa huella
 - Localización y replanteo topográfico
 - Excavación mecánica en material común seco a nivel de subrasante
 - Conformación de la subrasante
 - Conformación de la subbase granular
 - Excavación manual para vigas riostras
 - Construcción de las huellas y riostras en concreto clase D
 - Construcción de las franjas en concreto ciclópeo
 - Construcción de cunetas

Una vez realizado el análisis a la construcción de la placa huella, se realizó el análisis a la interventoría realizada, en este análisis se determinó las actividades que realizó la interventoría en el transcurso de la ejecución de los trabajos. De dicho análisis se detallaron las siguientes etapas:

- ❖ Actividades ejecutadas
- ❖ Actividades financieras
- ❖ Actividades ambientales
- ❖ Actividades de aseguramiento de calidad
- ❖ Control de calidad de los materiales
- ❖ Verificación del personal y equipo utilizado por el contratista
- ❖ Reuniones realizadas
- ❖ Aportes del pasante a la interventoría del contrato de obra
- ❖ Estado actual de la interventoría a la obra

Por último, se realizó el análisis económico a la placa huella, estableciendo el costo total que produjo la construcción de la obra y determinando un costo aproximado de lo que costo la construcción de un metro lineal de placa huella.

En cada una de las etapas anteriormente mencionadas el trabajo que el pasante realizó fue determinar cómo fue el cumplimiento de cada una de las fases y etapas, el tiempo de ejecución de los trabajos y contratiempos que surgieron durante la construcción del pavimento tipo placa-huella en el tramo San José de Suaita – La Cascada. Asimismo, se realizó una visita a la obra para verificar el estado en que quedó construida la placa-huella, las secciones transversales diseñadas y construidas, y el mejoramiento de infraestructura vial que tuvo esta vía terciaria.

En los capítulos 4 y 5 se detalla con precisión cada una de las fases anteriormente mencionadas, se describe cómo fue cada uno de los procesos que llevaron al mejoramiento de la vía terciaria entre San José de Suaita y La Cascada con la implementación del pavimento tipo placa huella.

4 ANÁLISIS DEL TRAMO EMPLEADO COMO PROYECTO DE ESTUDIO

En el presente capítulo, del documento técnico-teórico que se está desarrollando, se entrará en detalle a analizar y sustentar temas importantes en cuanto a la concepción del proyecto, a la ejecución de cada una de las etapas llevadas a cabo para la implementación del mismo y al proceso seguido para lograr dar a servicio de los usuarios esta obra de mejoramiento de la vía terciaria, mediante pavimento con placa huella, que conduce del municipio de San José de Suaita al lugar conocido como La Cascada de Los Caballeros en el departamento de Santander.

Es de destacar que el trabajo desarrollado por el autor durante la práctica con proyección empresarial comprendió principalmente en el apoyo logístico a la supervisión y liquidación del contrato de obra, que se realizó mediante el contrato de interventoría establecido en el convenio 918 de 2014 entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para la interventoría técnica, administrativa, financiera, legal y ambiental del mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para el departamento de Santander enmarcado en el contrato plan de la nación con el departamento de Santander Conpes 3775 convenio 2963 de 2013 corredor Agroforestal y Energético. En la práctica con proyección empresarial desarrollada, el pasante tuvo la oportunidad de aplicar los conocimientos técnicos y prácticos que como estudiante se ha adquirido a lo largo de la carrera.

4.1 GENERALIDADES

A continuación, se mencionarán las generalidades del proyecto, indicando temas importantes como los es la localización del municipio donde se implementó la obra, la ubicación y descripción de la zona de proyecto y aspectos contractuales importantes para la ejecución del mismo.

4.1.1 Localización del proyecto

A continuación, se describe la localización general y específica del lugar donde se desarrollaron las obras.

4.1.1.1 Localización del municipio de San José de Suaita.

Está ubicado sobre la cordillera Oriental Colombiana, a 137 kilómetros de la ciudad de Tunja y a 196,8 kilómetros de Bucaramanga, (Capital del departamento de Santander). En la Figura 10 se observa la localización geográfica, a nivel nacional y departamental del municipio de San José de Suaita.

Figura 10. Localización geográfica del municipio de San José de Suaita.



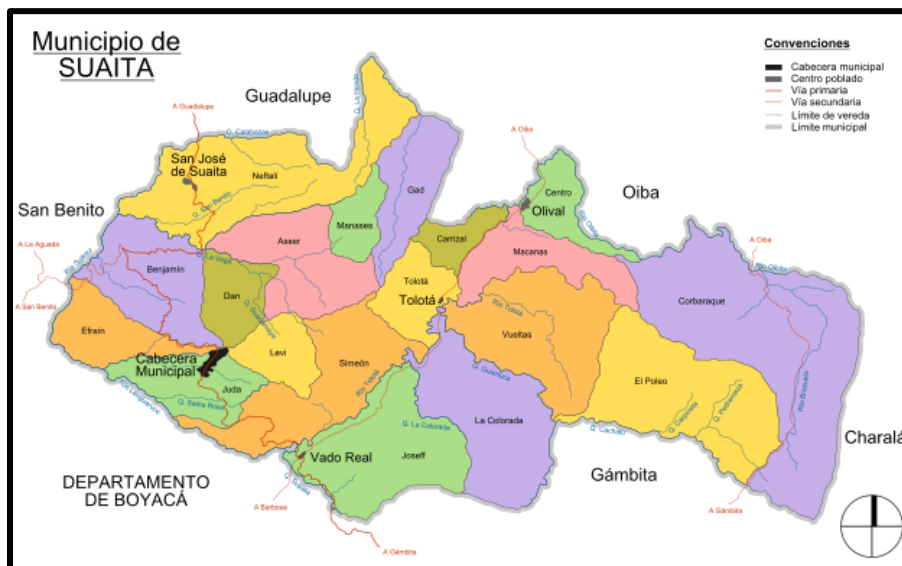
Fuente: La figura muestra la localización geográfica del de San José de Suaita.[En línea] [https://es.wikipedia.org/wiki/San_Jos%C3%A9_de_Suaita#/media/Archivo:Colombia_Santander_location_map_\(+locator_map\).svg](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Jos%C3%A9_de_Suaita#/media/Archivo:Colombia_Santander_location_map_(+locator_map).svg)

Para llegar al municipio de San José de Suaita es necesario ubicarse en la ruta nacional 45ª, así, se llega al punto Vado Real, un pequeño corregimiento esparcido a lo largo de toda la vía, ubicado a tan solo unos metros del río que separa Boyacá y Santander (km 104,5). A él se llega después de pasar el municipio de Santana (Boyacá), si se viene en dirección sur a norte, o sea, si viene de Bogotá, Tunja o Barbosa. Por el contrario, si viene de norte a sur, de Bucaramanga, Socorro u Oiba, se encontrará este pueblo luego de pasar el corregimiento de Olival.

En Vado Real, se gira hacia la carretera pavimentada que conduce al municipio de Suaita, y una vez allí se toma la carretera principal hasta llegar al casco urbano del municipio de San José de Suaita. El día 1 de julio de 2012 se dio apertura de la carretera pavimentada, obra gestionada por el exgobernador de Santander. Dr. Horacio Serpa Uribe.

El municipio de San José de Suaita limita al norte con el municipio de Guadalupe, al occidente con el municipio de San Benito, al oriente con el corregimiento de Olival y al sur con el municipio de Suaita. En la Figura 11 se observa la ubicación del municipio, así como sus límites en los cuatro (4) puntos cardinales.

Figura 11. Localización geográfica del municipio de San José de Suaita.

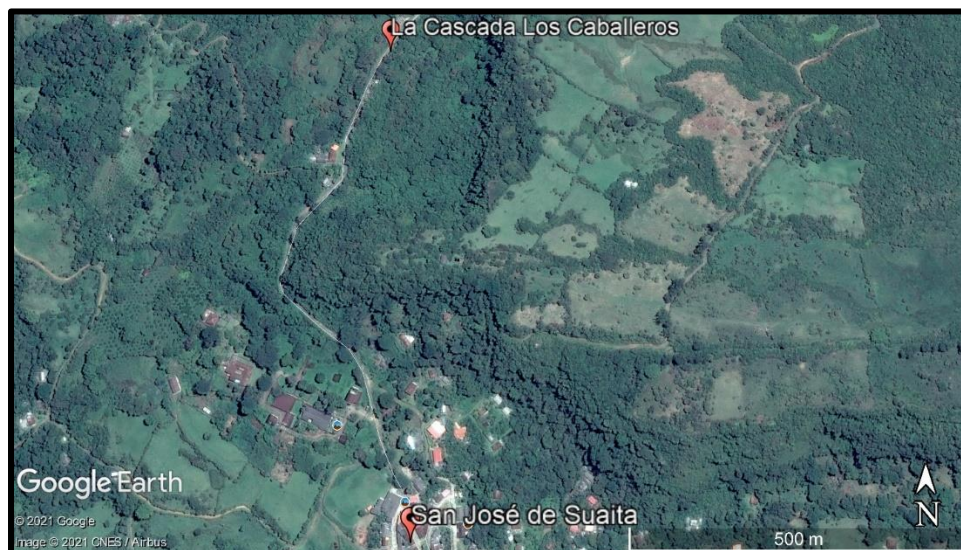


Fuente: Secretaría de salud de Santander. [En línea] en http://web.observatorio.co/publicaciones/Suaita_dg.pdf

4.1.1.2 Localización de la obra.

El tramo donde se ejecutaron los trabajos de mejoramiento de la vía mediante el pavimento con placa huella es en zona rural del municipio de San José de Suaita, en la vía que desde el casco urbano del municipio conduce al sitio turístico conocido como La Cascada de Los Caballeros. En la Figura 12 se muestra el tramo donde se mejoró la vía terciaria ya mencionada, con la implementación del pavimento tipo placa huella.

Figura 12. Localización del tramo de Proyecto.



Fuente: Google Earth Pro V 7.3.3 (2020).

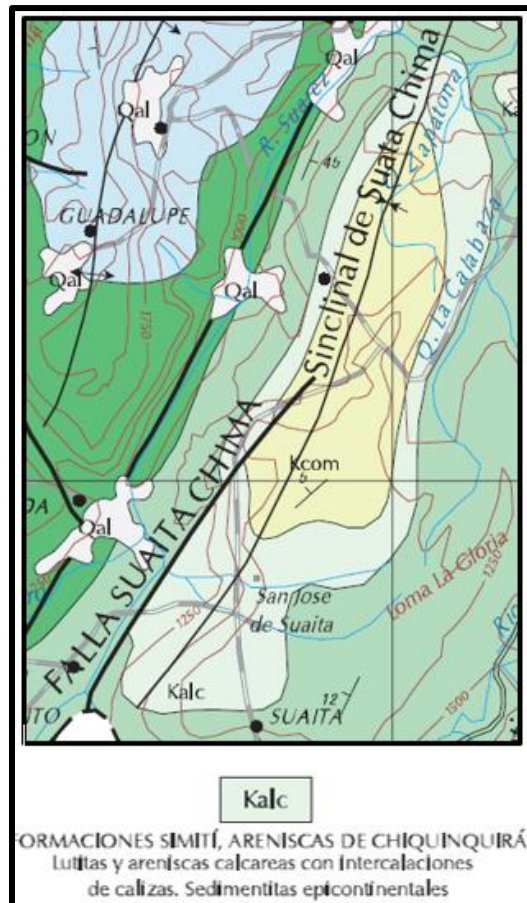
4.1.2 Descripción de la zona de proyecto

A continuación, se dará una breve descripción del municipio de San José de Suaita y del porque fue necesario realizar el mejoramiento de la vía que, desde el casco urbano, conduce al sitio turístico conocido como La Cascada de Los Caballeros. Asimismo, se describirá las condiciones que había en esta importante vía del municipio antes de implementar el pavimento con placa huella.

4.1.2.1 Municipio de San José de Suaita.

Como ya se mencionó, este municipio está ubicado sobre la cordillera oriental, se caracteriza por tener un relieve que en su mayoría es montañoso, según información del Servicio Geológico Colombiano, en esta zona del departamento de Santander se encuentra las formaciones geológicas, correspondientes al periodo Cretácico, de Simití y la de Areniscas de Chiquinquirá, donde es predominante los estratos de lutitas y areniscas calcáreas con intercalaciones de calizas. El territorio limita al occidente con la falla geológica del "río Suárez" y por el oriente con el sinclinal "Suaita - Chima". En la Figura 13 se observa al detalle la geología del municipio de San José de Suaita.

Figura 13. Geología del municipio de San José de Suaita.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano – Geología del departamento de Santander (2015).

Los ingresos económicos en San José de Suaita provienen principalmente del agro, especialmente en la producción de panela y el cultivo de la caña de azúcar en las zonas más cálidas. Así mismo, se produce café que crece bajo sombra, café la mayoría producido orgánicamente y clasificado del tipo "Cachalú", nombre así dado al café especial producido en zonas de bosque andino lluvioso de Encino, Charalá y Oiba, el cual se exporta a Japón donde recibe precios de más de 50 dólares por bolsa. En este municipio también es importante la cría de ganado cebú, el alza de pollos de engorde, y algunos cerdos destinados al consumo interno. El atractivo turístico de este pueblo recae en dos (2) puntos principalmente (ver Figura 14), el primero de ellos es las ruinas de la fábrica de hilados y tejidos "San José de Suaita" la cual se considera como la primera fábrica de tejidos de Colombia, el segundo y más importante punto turístico del pueblo es La Cascada de Los Caballeros, la cual es una enorme pared de agua de casi cien metros de alta, ubicada en una zona relativamente cerca al casco urbano del municipio.

Figura 14. Sitios turísticos en San José de Suaita.



Fuente: Google Earth Pro V 7.3.3 (2020).

Justamente los dos puntos anteriormente mencionados y observados en la Figura 14, se encuentran ubicados en zonas aledañas a la vía donde se implementó el pavimento con placa huella y fueron uno de los factores principales por el cual el gobierno departamental decidió invertir recursos en este municipio.

4.1.2.2 Vía San José de Suaita – La Cascada.

Ya que las condiciones que presentaba esta vía eran deplorables, más allá de que no presenta pendientes longitudinales mayores a 10%, que es la pendiente mínima que exige la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para la implementación de placa huella, la vía, en épocas de lluvia, se volvía intransitable debido a que la composición geomorfológica del suelo es inicialmente conformada por recebo y arcillas de alta plasticidad hasta una profundidad de 0.5 metros, de allí en adelante se compone de rocas

lutitas y areniscas calcáreas con intercalaciones de calizas, conformando una capa con una resistencia pobre, como consecuencia de ello se generaban congestiones en la vía, aumento de los tiempos de viaje, baja comercialización de los productos y el atractivo turístico de estos lugares se veía disminuido.

A causa de los inconvenientes anteriormente mencionados, se realizó la implementación del pavimento con placa huella en esta importante vía del municipio de San José de Suaita, mejorando la movilidad vehicular en la zona, contribuyendo con el desarrollo económico del pueblo, y aumentando el atractivo turístico en este lugar del departamento de Santander. En la Figura 15 se observa el cambio que tuvo la vía que conduce del casco urbano del municipio de San José de Suaita a La Cascada de Los Caballeros con la implementación del pavimento con placa huella.

Figura 15. Antes y después de la construcción de la placa huella en San José de Suaita.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

4.1.3 Aspectos contractuales del proyecto

En el presente informe final de la practica con proyección empresarial realizada por el autor, se tomará como referencia dos (2) minutas contractuales, una para el contrato de obra y otra para el contrato de interventoría ya que en los dos se encontró información relevante para la ejecución del proyecto y para la aceptación y puesta en funcionamiento de las obras realizadas.

4.1.3.1 Contrato de obra.

En el año 2014 el departamento de Santander saca a licitación pública el proyecto de mejoramiento, rehabilitación, y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional del departamento, dicha licitación fue ganada por el consorcio UNIDOS POR SANTANDER S.A.S con Nit número 900.803.043-8, representado legalmente por JUAN GONZALO ANGEL JIMENEZ identificado con cedula de ciudadanía número 70.557.796 de Envigado, dicho consorcio está conformado por VERGEL Y CASTELLANOS SA / VYC SA con el 20% de participación, MEYAN SA con el 40% de participación y CONCITOP – CONSTRUCCIONES CIVILES Y TOPOGRAFÍA SAS / CONCITOP SAS con el 40% de participación.

El contrato de obra pública 3561 de 2014 celebrado entre el departamento de Santander, representado por la Secretaría de infraestructura de la época y el consorcio UNIDOS POR SANTANDER S.A.S tiene los siguientes aspectos importantes:

- ❖ **Objeto.** Mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura de conectividad para Santander enmarcado en el contrato Plan de la Nación con el departamento de Santander CONPES 3775 DE 2013 – Corredor Agroforestal Y Energético (Gambita – Vado Real – Suaita – San José De Suaita – La Cascada – El Tirano – Oiba – Guadalupe / Contratación – Chima – Simacota – Socorro – Paramo / Contratación – Guacamayo – Santa Helena – La Aragua / Santa Helena – Mirabuenos / Aragua – Islandia – El Carmen – Yarima - TMM).
- ❖ **Valor del contrato.** Ciento cuarenta y seis mil quinientos siete millones cuatrocientos ochenta mil cuatrocientos sesenta y nueve pesos con sesenta y nueve centavos m/cte (\$146.507.480.469,69).
- ❖ **Valor adicional.** Treinta y cuatro mil ciento dieciséis millones m/cte (\$34.116.000.000.00).
- ❖ **Valor total del contrato.** Ciento ochenta mil seiscientos veintitrés millones cuatrocientos ochenta mil cuatrocientos sesenta y nueve pesos con sesenta y nueve centavos m/ct (\$180.623.480.469,69).
- ❖ **Anticipo.** 29% del valor del contrato.
- ❖ **Plazo inicial.** 36 meses.
- ❖ **Plazo adicional.** 42 meses.
- ❖ **Orden de iniciación.** 30 de diciembre de 2014.
- ❖ **Fecha de terminación.** 29 de junio de 2018.

El contrato de obra se ejecutó en doce (12) tramos según lo convenido en la minuta contractual, estos tramos se observan en la Tabla 9.

Tabla 9. Tramos ejecutados en el contrato de obra.

N° Tramo	Trayectos	Plazo / Meses
1	Vía Gambita - Vado Real	24
2	Vía Vado Real - Suaita	18
3	Vía Suaita - San José de Suaita	12
4	Vía San José de Suaita - La Cascada	12
5	Vía La Cascada - Tirano	18
6	Vía Oiba - Guadalupe	15
7	Vía Contratación - Chima - Simacota - Paramo	42
8	Vía Guadalupe - Contratación - Guacamayo - Santa Helena - La Aragua	30
9	Vía Santa Helena - Mirabuenos	8
10	Vía Aragua - Islandia	12
11	Vía Islandia - El Carmen	12
12	Vía El Carmen - Yarima - Troncal del Magdalena Medio	30

Fuente: Elaboración propia a partir de Contrato de obra pública 3561 de 2014

El desarrollo del tema principal del presente documento técnico-teórico, el cual es la implementación del pavimento con placa huella, se llevó a cabo en el **tramo 4** del contrato 3561 de 2014, dicho tramo corresponde al indicado en la minuta contractual como “Vía San José de Suaita – La Cascada), donde además de la construcción de la placa huella fue necesario realizar la construcción de obras de drenaje y de contención.

4.1.3.2 Contrato de interventoría.

El contrato de interventoría para la obra mencionada en el numeral 4.1.3.1, se desarrolló como un convenio interadministrativo, que corresponde a un tipo de contratación directa, entre el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), que es la entidad contratante, y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), que es la entidad contratista. dicho acuerdo contractual quedó legalizando en el convenio interadministrativo 918 de 2014 que tiene los siguientes aspectos importantes:

- ❖ **Objeto.** Aunar esfuerzos entre la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia y el instituto nacional de vías, para ejecutar la interventoría técnica, administrativa, financiera, legal y ambiental del mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura de conectividad para Santander enmarcado en el contrato plan de la nación con el departamento de Santander Conpes 3775 convenio 2963 de 2013 Corredor Agroforestal y Energético.
- ❖ **Valor inicial del contrato.** Treinta y cuatro mil cuatrocientos cincuenta millones de pesos m/cte (\$ 34.450.000.000).
- ❖ **Plazo inicial.** 40 meses.
- ❖ **Plazo adicional.** 39 meses.
- ❖ **Fecha de iniciación.** 4 de septiembre de 2014.
- ❖ **Fecha de terminación.** 31 de marzo de 2021.

En este convenio interadministrativo realizado entre la UPTC – INVIAS, fue donde se desarrolló la practica con proyección empresarial, la mayoría de actividades realizadas consistieron en el apoyo logístico a la liquidación total del contrato de obra, la cual es una actividad que debe realizar la interventoría y está establecida en la minuta contractual del contrato de interventoría.

4.2 ACTIVIDADES PRELIMINARES

Antes de iniciar con el desarrollo de los trabajos de ejecución física de la obra, fue necesario realizar una serie de actividades preliminares que permitieron definir con exactitud el alcance del proyecto, el proceso constructivo a realizar, las obras necesarias para la atención de puntos críticos, la sostenibilidad integral de la obra y su duración en el tiempo, para ello fue necesario desarrollar una serie de estudios y diseños relacionados con la ingeniería, específicamente, topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos. Lo anterior enmarcado en la etapa de prefactibilidad y factibilidad que todo proyecto de infraestructura vial debe tener.

A continuación, se indican las actividades preliminares que se realizaron para poder ejecutar el proyecto de mejoramiento de la vía terciaria, que conduce del casco urbano del municipio de San José de Suaita a La Cascada de Los Caballeros, mediante el pavimento con placa huella:

4.2.1 Estudio topográfico

El levantamiento topográfico partió con una georreferenciación realizada mediante el uso de navegador GPS manual, estableciendo unas coordenadas UTM, N 671597.58 y E 681159.81, las cuales corresponden al punto cero (0) y N 671589.34 y E 681171.85 correspondiente al punto uno (1) de la poligonal abierta utilizada para realizar el levantamiento topográfico de la vía y sus alrededores. Los puntos de referencia anteriormente mencionados fueron materializados, mediante mojones de concreto, en cercanías a la vía, asegurándose que fuesen a ser removidos.

Con el levantamiento topográfico se obtuvo información de los detalles de importancia existentes en la zona, tales como las cercas, construcciones aledañas, accesos, bordes de vía, detalles de la vegetación y servidumbres presentes en la zona de influencia del proyecto. Asimismo, se pudo abscisar la vía en lo que comprende al tramo entre el casco urbano del municipio de San José de Suaita a La Cascada de Los Caballeros, de igual forma se estableció la rasante de la vía dejando materializada en la zona de proyecto la cota a nivel de subrasante.

4.2.2 Estudio de suelos

Es necesario identificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar, para ello se debe verificar la capacidad de soporte del material o capa que va a funcionar como subrasante para usar como determinación de la calidad de la misma. En caso que la subrasante no sea suficientemente resistente, es decir con valores de CBR menores al tres por ciento (3%)⁵, se debe contemplar la posibilidad de mejoramiento, estabilización o reemplazo de esta por otro material que cumpla los requerimientos.

⁵ Según el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito (INVIAS, 2007), resultados menores al 3% en el ensayo de Relación Suelo Soporte (Norma INVIAS I.N.V E-148) representan suelos blandos de baja calidad para comportarse como subrasante.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de suelos realizado para el proyecto⁶, el tramo vial obtuvo un CBR de diseño que varía en un rango entre el 4% al 8%, obtenido con el ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono – PDC. Por lo anterior, se encontró que las condiciones de capacidad de soporte de la subrasante varían en su comportamiento entre regular y bueno (ver Tabla 10).

Tabla 10. Categorías de subrasante.

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	$CBR \leq 3$	Malo
S2	$3 < CBR \leq 5$	Regular
S3	$5 < CBR \leq 10$	Bueno
S4	$CBR > 10$	Muy Bueno

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2007).

Los resultados de CBR de los ensayos realizados en el tramo de vía entre el casco urbano del municipio de San José de Suaita y La Cascada de Los Caballeros, arrojaron que existían cuatro (4) subtramos críticos donde el comportamiento de la subrasante era regular por lo tanto era necesario realizar un mejoramiento a las condiciones presentes en la vía (ver Tabla 11).

Tabla 11. Subtramos críticos en el tramo 4.

Sub-tramo	Abscisas	
	Inicio	Fin
1	K0+000	K0+140
2	K1+131	K1+170
3	K1+192	K1+351
4	K1+550	K1+821

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Estudios hidrológicos e hidráulicos

Estos estudios dependen el uno del otro, en el estudio hidrológico el objetivo es determinar el máximo caudal que probablemente puede llegar a la vía, debido a las precipitaciones que caen directamente sobre ella o a las aguas que puedan llegar a la vía provenientes de la cuenca por donde pasa el proyecto. Una vez obtenido el caudal de diseño se realizan los diseños de las estructuras necesarias para realizar el drenaje de la vía, dichos diseños se hacen con la aplicación de la hidráulica y de la mecánica de fluidos.

⁶ Informe del ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono (Norma INV. E 172-13). Unión Temporal Vías Santander, Área de suelos.

Del estudio hidrológico e hidráulico que se realizó en el tramo cuatro (4) (San José de Suaita – La Cascada de Los Caballeros), debido a las precipitaciones altas que se pueden llegar a presentar en ciertas épocas del año, las cuales aportaban una gran cantidad de agua de escorrentía a la vía, también al agua subsuperficial donde se encontró presencia, pero no en la cantidad exacta, se proyectó la construcción de cunetas, filtros, alcantarillas y un box culvert, como obras a ejecutar para el correcto drenaje de la vía.

4.2.4 Diseños obtenidos

Como producto de los estudios anteriormente mencionados, se obtuvieron los diseños y planos, correspondientes a la etapa de diseños definitivos de la estructuración de un proyecto de infraestructura vial, necesarios para realizar la construcción de la placa huella y de sus obras de drenaje.

4.2.4.1 Placa huella.

Se determinó que se iba a construir cuatro (4) subtramos de placa huella distribuidos de la siguiente manera:

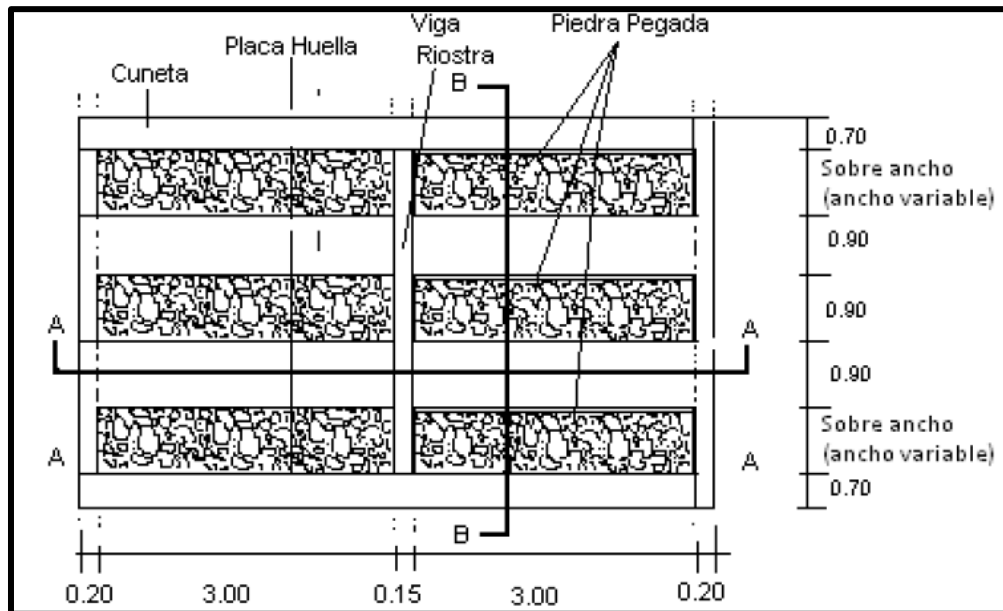
Tabla 12. Subtramos de placa huella.

Sub-tramo	Abscisas		Longitud (m)
	Inicio	Fin	
1	K0+000	K0+140	140
2	K1+131	K1+170	39
3	K1+192	K1+351	159
4	K1+550	K1+821	271
TOTAL			609

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de la interventoría realizada por el convenio 918 de 2014 UPTC- INVIAS

Se estableció que se construiría seiscientos nueve (609) metros lineales de placa huella cuyo ancho promedio es de 5.0 metros los cuales incluyen: dos huellas en concreto reforzado clase D de 0.15 metros de espesor y 0.9 metros de ancho; una cinta central de 0.9 metros de ancho y dos franjas laterales de ancho variable, y 0.15 metros de espesor en concreto clase G (piedra pegada); vigas riostras de confinamiento construidas en concreto reforzado, con un ancho de 0.15 m y profundidad de 0.25 m. En la Figura 16 se muestra el diseño de la placa huella para los tramos indicados en la Tabla 12.

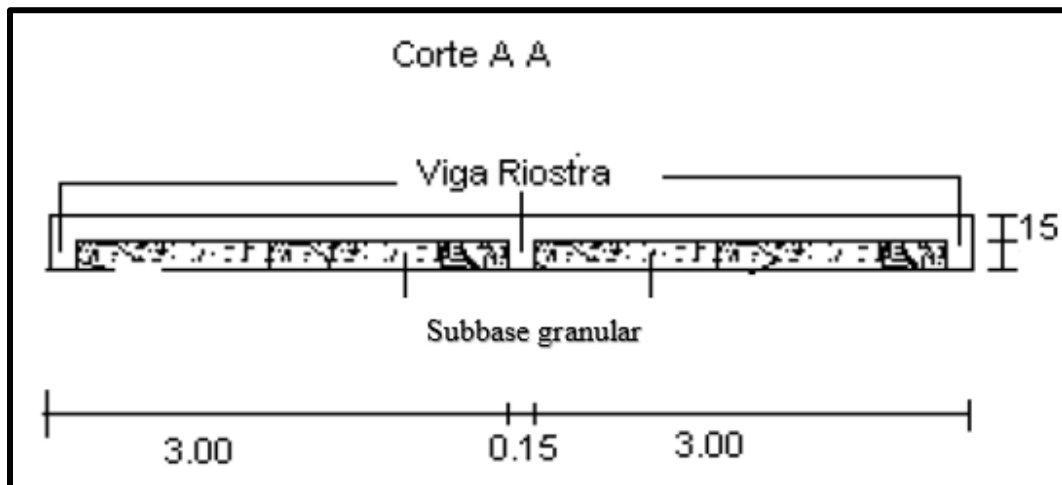
Figura 16. Diseño en planta placa huella del proyecto.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

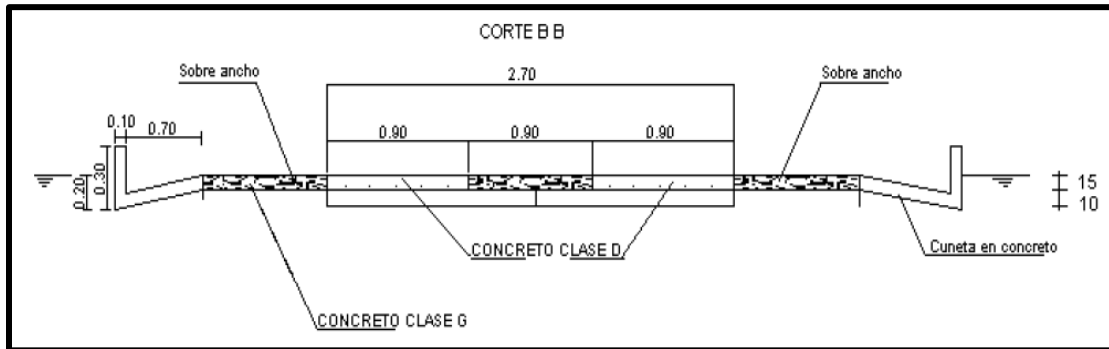
A continuación, en la Figura 17 y 18, se presentan los esquemas de los cortes A'A y B'B, indicados en la Figura 16, estos cortes, junto con la vista en planta, componen uno de los planos empleados para la ejecución de la obra.

Figura 17. Corte A'A de la placa huella.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 18. Corte B'B de la placa huella.



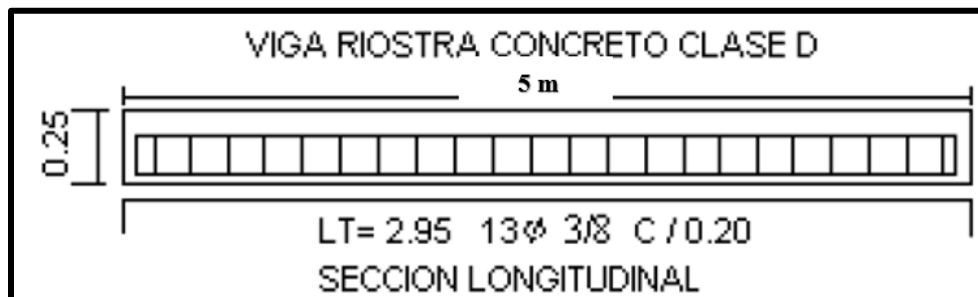
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 19. Acero de refuerzo de la placa de concreto.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 20. Acero de refuerzo de la viga riostra.



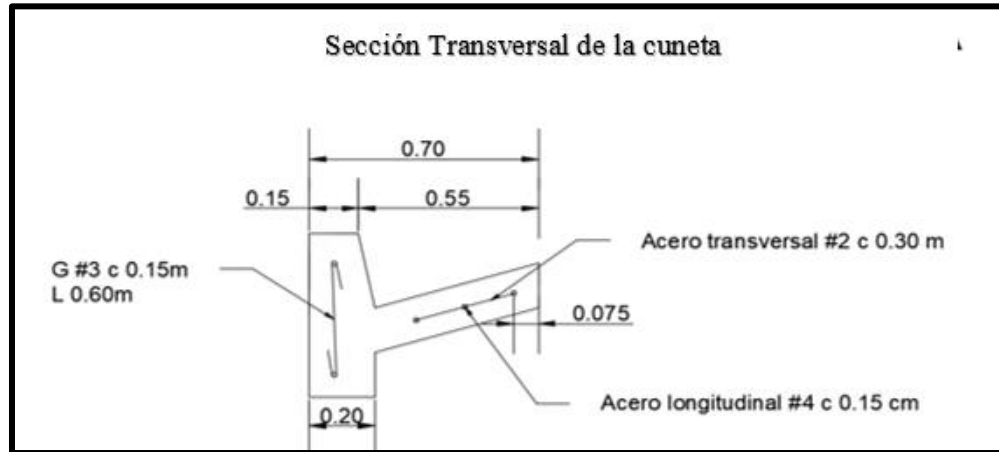
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

4.2.4.2 Cunetas de concreto fundida en el lugar

El manejo de drenaje se llevará a cabo mediante dos cunetas de concreto, fundidas en el lugar, ubicadas cada una de estas en los extremos laterales; estas en su mayoría son de sección triangular de 0.70 m de ancho (ver Figura 21), también se proyectó cunetas en concreto reforzado de sección parabólica para permitir el paso de los vehículos por ellas. Sin embargo,

la sección transversal de la cuneta puede variar dependiendo del caudal a transportar y de las condiciones topográficas del terreno y los usos que se les quiera dar.

Figura 21. Sección transversal de la cuneta.



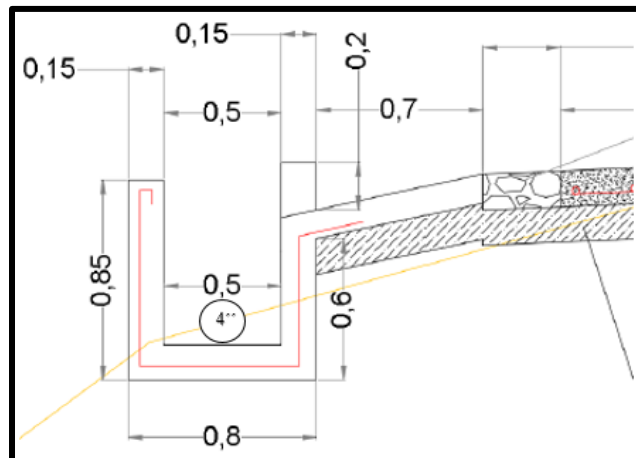
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

4.2.4.3 Obras de drenaje complementarias.

Adicional a las cunetas de concreto fundidas en el lugar, para este tramo cuatro (4) (San José de Suaita – La Cascada de Los Caballeros), se proyectó, como obras de drenaje vial, la construcción de once (11) alcantarillas, filtro con longitud de 216 metros divididos en cada uno de los cuatro (4) subtramos indicados en la Tabla 12, y la construcción de un (1) box culvert.

Los filtros están compuestos por material granular filtrante, geotextil y drenes en tubería PVC de 4". Según los diseños, se estableció que el filtro es de 0.85 metros de alto y 0.8 metros de ancho (ver Figura 22), construidos estratégicamente en cada uno de los subtramos, en los sitios donde el agua que se filtra es considerable.

Figura 22. Dimensiones del filtro.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

4.2.5 Presupuesto oficial de la obra

Como resultado de los estudios y diseños obtenidos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, en la etapa de diseños definitivos, se llega a establecer el presupuesto oficial que tendrá la construcción de la placa huella del proyecto. En la Tabla 13 se detalla el presupuesto oficial para la construcción de la placa huella establecido por del contratista.

Tabla 13. Presupuesto oficial de la obra.

Ítem	Norma - Especificación técnica	Descripción Ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
PLACA HUELLA						
1	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	196.3	\$31,150	\$6,114,735.19
2	320.1	Subbase granular	m3	676.16	\$143,471	\$97,009,533.92
3	630.4	Concreto Clase D	m3	419.8	\$592,358	\$248,671,686.90
4	630.7	Concreto clase G	m3	188.5	\$377,764	\$71,208,489.50
5	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 MPa	kg	17445	\$4,374	\$76,312,454.70
SUBTOTAL PLACA HUELLA						\$499,316,900.20
FILTROS						
6	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	181	\$31,150	\$5,638,140.95
7	673.2	geotextil	m2	801.5	\$6,439	\$5,160,770.34
8	673.1	material granular filtrante	m3	146.3	\$123,906	\$18,127,415.61
9	010p	Drenajes en tubería pvc de 4"	ml	243	\$24,974	\$6,068,677.14
SUBTOTAL FILTROS						\$34,995,004.04
COSTOS DIRECTOS						\$534,311,904.24
ADMINISTRACIÓN			29%			\$154,950,452.23
IMPREVISTOS			1%			\$1,549,504.52
UTILIDADES			5%			\$77,475.23
OBRAS DE COMPENSACION Y GESTION AMBIENTAL						\$15,153,349
PROVISION PARA REAJUSTE						\$196,110,437
COSTO TOTAL DE LA OBRA						\$902,153,122.00

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

El costo de construir los 609 m de placa huella es de novecientos dos millones ciento cincuenta y tres mil ciento veintidós pesos m/cte (\$902,153,122.00)

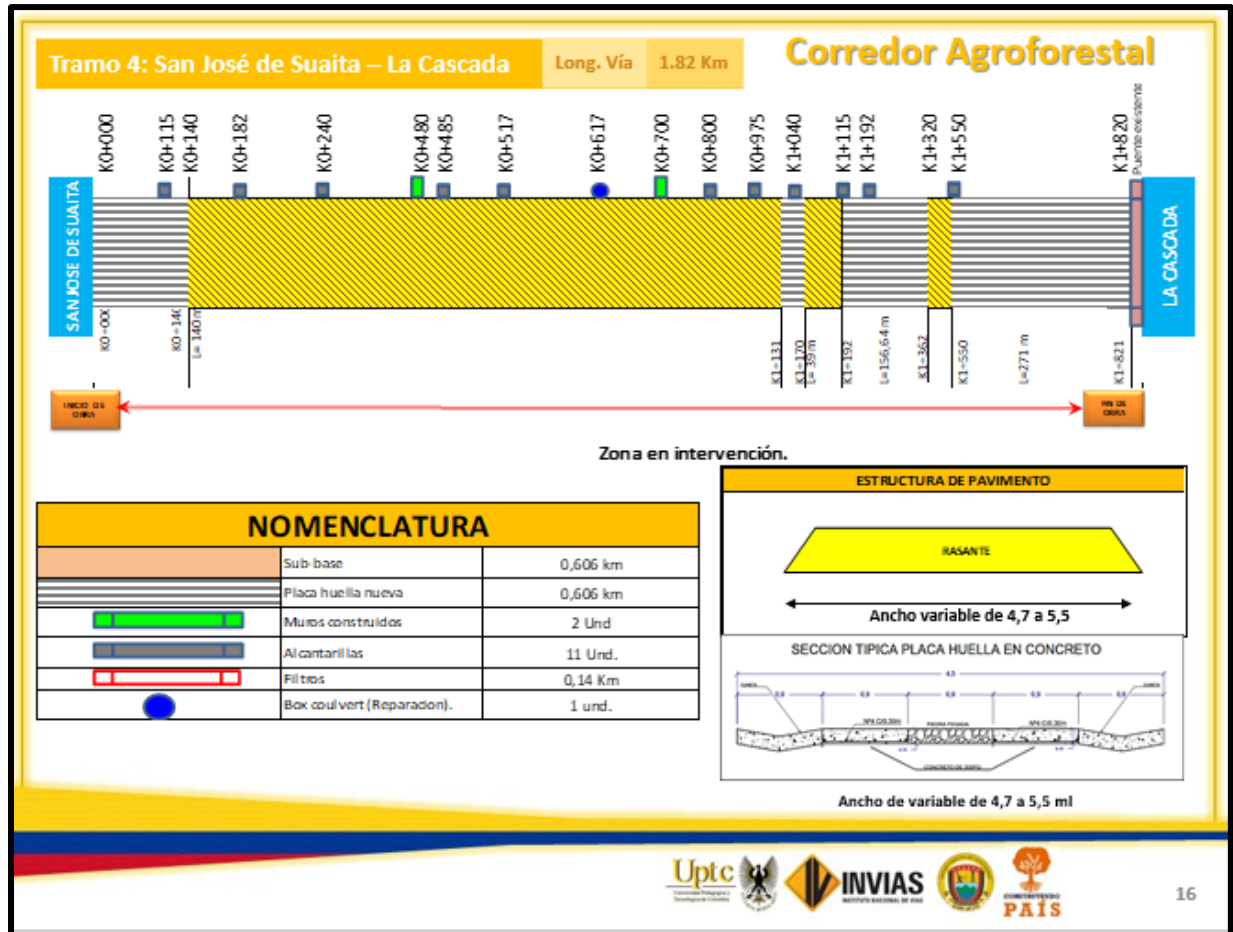
De acuerdo a lo presentado en la tabla anterior, lo cual corresponde al costo de construir los seiscientos nueve metros lineales (609 m) de placa huella indicados en la Tabla 12, el costo por metro lineal de placa huella con los elementos de drenaje es de; un millón cuatrocientos ochenta y un mil trescientos sesenta y ocho pesos m/cte (**\$ 1.481.368,00**); mientras que el costo por kilómetro de placa huella es de mil cuatrocientos ochenta y un millones trescientos sesenta y ocho mil dieciséis pesos m/cte (**\$ 1.481.368.016,00**). El costo por kilómetro determinado anteriormente, es un indicativo exclusivo para la construcción de pavimento tipo placa huella en el municipio de San José de Suaita departamento de Santander, pero es un dato de referencia que nos sirve para cumplir con uno de los objetivos del presente documento, que es establecer la diferencia económica de construir un kilómetro (1km) de placa huella en el departamento de Santander en comparación con el departamento de Boyacá.

Los cotos presentados en la Tabla 13, pueden variar ligeramente según como se desarrolle la ejecución de las obras.

5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS EN EL TRAMO DE PROYECTO

En la Figura 23, se indican las obras realizadas en el tramo 4 (San José de Suaita – La Cascada), se hace la aclaración que para el presente trabajo de grado se hizo especial énfasis en la placa huella construida, sin embargo, también se investigó la construcción de algunas obras de drenaje.

Figura 23. Obras construidas en el tramo San José de Suaita - La Cascada



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

El conjunto de fases que a continuación se describen, las cuales son sucesivas o se traslapan en el tiempo, se detallan producto de la información obtenida en el convenio 918 de 2014 entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y el Instituto Nacional de Vías, el cual realizó la interventoría a la construcción de la placa huella en el municipio de San José de Suaita departamento de Santander. Es de resaltar que las actividades que a continuación se describen en ningún caso hacen referencia a decisiones propias del autor.

5.1 CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE

Una de las actividades realizadas para la implementación de la placa huella, en el municipio de San José de Suaita departamento de Santander, fue la construcción de obras que permitieran el buen drenaje de la vía, tanto superficial como subsuperficial, dentro de estas obras de drenaje se construyeron once (11) alcantarillas, filtro con longitud de 216 metros divididos en cada uno de los cuatro (4) subtramos indicados en la Tabla 12, y la construcción de un (1) box culvert.

5.1.1 Alcantarillas

Como se mencionó anteriormente, se construyeron once (11) alcantarillas, repartidas estratégicamente a lo largo de todo el tramo 4 (San José de Suaita – La Cascada) (ver Tabla 14). Los ítems que comprenden esta actividad corresponden a; excavación en material común seco, rellenos para estructuras, concreto clase D⁷, acero de refuerzo (Fy) 420 MPa⁸ y tubería de 900mm de diámetro interno.

Tabla 14. Ubicación de las alcantarillas a lo largo del tramo.

N° DE ALCANTARILLA	UBICACIÓN	N° DE ALCANTARILLA	UBICACIÓN
1	K0+115	6	K0+800
2	K0+182	7	K0+975
3	K0+240	8	K1+040
4	K0+485	9	K1+115
5	K0+517	10	K1+192
		11	K1+550

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.1.1 Excavación en material común seco.

Se realizaron excavaciones de manera mecánica con la utilización de una retroexcavadora en un área promedio de dos metros de ancho por dos metros de alto (2m x 2m), con una longitud de ocho metros (8m) en promedio, esta longitud varía dependiendo la sección transversal de la calzada (ver Figura 24).

⁷ Concreto cuya resistencia máxima a la compresión es de 21 MPa o 210 kg/cm².

⁸ Acero de refuerzo cuya resistencia a la fluencia mínima es de 420 MPa o 4200 kg/cm².

Figura 24. Excavación en material común para alcantarillas



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.1.2 Rellenos para estructuras.

El relleno para estructuras consistió en la colocación en capas, humedecimiento, conformación y compactación de material de recebo empleado para relleno, este recebo debió cumplir con lo indicado en la tabla 610-2 del artículo 610-13 de la Especificaciones Generales de Construcción De Carreteras del Instituto Nacional de Vías. En la Tabla 15 se muestra la cantidad de relleno utilizado en cada una de las partes que componen la alcantarilla y el relleno en promedio utilizado por cada alcantarilla.

Tabla 15. Cantidad de relleno en promedio para una alcantarilla

ELEMENTOS	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN (m ³)
CAJA	1	1.8	1.5	2.7
CAJA	2.5	1	1.5	3.75
CUERPO	6	2	0.8	9.6
DESCOLE	1	1.5	1.5	2.25
DESCOLE	1	1.5	1.5	2.25
TOTAL				20.55

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

En la Figura 25 se observa el material que fue empleado como relleno para estructuras para las alcantarillas construidas, este material corresponde a recebo que se obtuvo de una cantera provisional escogida como fuente de material para esta obra.

Figura 25. Material empleado como relleno para estructuras



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.1.3 Concreto clase D.

El desarrollo de este ítem consistió en el suministro de los materiales, la fabricación in situ, la colocación, el vibrado, curado y acabado del concreto empleado para la construcción de la alcantarilla. En la Tabla 16 se muestra la cantidad promedio de concreto clase D empleado para la construcción de una alcantarilla. Es de resaltar que la cantidad de concreto clase D empleado en cada una de las once (11) alcantarillas varía dependiendo de las condiciones geológicas de la zona, de la facilidad de mantenimiento de la obra y del diseño de cada uno de los elementos que componen la alcantarilla, dichos elementos se diseñaron con el fin de permitir la limpieza y conservación de la obra.

Tabla 16. Cantidad promedio de concreto clase D para una alcantarilla.

ENCOLE				
ELEMENTOS	LARGO	ESPESOR	ANCHO	VOLUMEN (m ³)
ZARPA	1.9	0.2	1.9	0.72
MURO LETARAL 1	1.7	0.2	1.5	0.51
MURO LETARAL 2	1.7	0.2	1.9	0.65
MURO FRENTE TALUD	1.7	0.2	1.9	0.65
MURO FRENTE VÍA	2	0.2	1.9	0.76
DESCUENTO TUBO				-0.43
DESCOLE				
ALETA 1	1.82	0.25	1.64	0.75
ALETA 2	1.87	0.25	1.66	0.78
ELEVACIÓN	2.24	0.25	2.2	1.23
ZARPA	4.35	0.25	2.2	2.39
TOTAL CONCRETO D				8.00

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 26. Concreto clase D empleado para la alcantarilla



Nota: Fotografía de los elementos de la alcantarilla en la abscisa K1+475 en el Tramo 4 construidos en concreto clase D.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.1.4 Acero de refuerzo.

El desarrollo de este ítem consistió en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de las barras de acero empleadas para el refuerzo de los elementos en concreto que componen la alcantarilla. Antes de cortar el material se debió verificar los despieces y los diagramas de doblado del acero de refuerzo, de igual forma las barras se debieron colocar con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, asegurando que no sufrieran desplazamiento durante el fraguado del concreto. A continuación, en la Figura 27 se observa cómo el personal asignado por el contratista dispone del acero de refuerzo para la construcción de la alcantarilla, allí se está ubicando el acero para las aletas del descole de la alcantarilla.

Figura 27. Disposición del acero de refuerzo para las aletas de la alcantarilla.



Nota: Fotografía de la disposición del acero de refuerzo para las aletas de la alcantarilla del k1+192.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

La Tabla 17 muestra la cantidad de acero, en promedio, empleado en la construcción de una alcantarilla.

Tabla 17. Acero de refuerzo Fy 420 MPa para una alcantarilla

ENCOLE						DESCOLE										
Descripción	Varilla N°	Cantidad	Longitud (m)	Peso * mL	Peso Total	Descripción	Varilla N°	Cantidad	Longitud (m)	Peso * mL	Peso Total					
Refuerzo U	4	4	4.57	0.994	18.17	Ref. Longitudinal zarpa	4	4	5.55	0.994	22.07					
Refuerzo L	4	4	2.7	0.994	10.74		4	4	5.08	0.994	20.20					
Refuerzo en U	4	4	4.2	0.994	16.70		4	2	4.6	0.994	9.14					
	4	8	4.61	0.994	36.66		4	4	4.15	0.994	16.50					
	4	2	5.84	0.994	11.61	4	2	3.6	0.994	7.16						
	4	8	4.96	0.994	39.44	Transversal zarpa	4	22	2.5	0.994	54.67					
4	4	4.9	0.994	19.48	4		8	1.6	0.994	12.72						
Refuerzo en L	4	4	2.8	0.994	11.13	ELEVACIÓN PRINCIPAL	4	3	1.07	0.994	3.19					
	4	4	4.95	0.994	19.68		3	3	1.07	0.559	1.79					
	4	2	6.09	0.994	12.11		4	8	2.5	0.994	19.88					
Cabezote junto vía	4	8	0.84	0.994	6.68		3	8	2.5	0.559	11.18					
	4	4	1.4	0.994	5.57	Longitud elevación	3	6	2.35	0.559	7.88					
TOTAL ACERO ENCOLE (Kg)					207.96		3	6	2.5	0.559	8.39					
TOTAL ACERO DE LA ALCANTARILLA (Kg) 511.16					3		3	5.8	0.559	9.73						
					3		3	6	0.559	10.06						
					3		2	2	0.559	2.24						
					Refuerzo en L	4	4	5.1	0.994	20.28						
						4	4	2.78	0.994	11.05						
					Longitud aletas	4	14	2	0.994	27.83						
						3	12	2	0.559	13.42						
					Borde tubo	5	11	0.81	1.552	13.83						
					TOTAL ACERO ENCOLE (Kg)					207.96	TOTAL ACERO DESCOLE (Kg)					303.20

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.1.5 Tubería de 900 mm de diámetro interno.

El desarrollo de este ítem consistió en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de la tubería de concreto reforzado empleada para la circulación de las aguas para las que se dispuso las alcantarillas. La tubería empleada por el constructor debió cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC-401. Como ya se indicó anteriormente, el diámetro interno de la tubería empleada fue de 900 milímetros (0.90 m), en promedio se utilizó

ocho (8) tubos para la construcción de una alcantarilla, cabe mencionar que en algunas alcantarillas de emplearon más o menos tubos, esto dependía de la longitud de la alcantarilla lo cual tiene una relación directamente proporcional a el ancho de la banca.

Figura 28. Disposición de la tubería de refuerzo de 900 mm de diámetro interior.



Nota: Fotografía de la disposición de la tubería de para la alcantarilla de la abscisa K1+475 del Tramo 4 (San José de Suaita – La Cascada).

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.2 Construcción del filtro

Como se mencionó en el numera 5.1, se construyeron un total de 216 metros lineales de filtro los cuales se dividieron en cada uno de los cuatro subtramos indicados en la Tabla 12. En la Tabla 18 se indica la forma en que se dividió el filtro a lo largo del tramo 4.

Tabla 18. Distribución del filtro en cada uno de los subtramos.

Corresponde al Sub-tramo	Abscisas		Longitud (m)
	Inicio	Fin	
1	K0+000	K0+115	115
3	K1+220	K1+266	46
3	K1+290	K1+311	34
3	K1+320	K1+354	21
TOTAL FILTRO			216

Fuente: Elaboración propia.

Los ítems que se ejecutaron para poder realizar la construcción del filtro, obra necesaria para poder garantizar la funcionalidad, el adecuado servicio a la movilidad y durabilidad en el tiempo de la placa huella, son los que se mencionan a continuación; excavaciones varias en material común en seco, geotextil, material granular filtrante y drenajes en tubería PVC de cuatro pulgadas (4") de diámetro.

5.1.2.1 Excavaciones varias en material común seco.

Este trabajo consistió en la excavación realizada de manera mecánica, con la utilización de retroexcavadora, de la zona por donde iba a pasar el filtro en cada uno de los subtramos correspondientes (ver Tabla 18), allí la retroexcavadora iba abriendo una brecha de 0.90 m de ancho por un metro (1m) de alto. El material proveniente de la excavación se retiró usando el balde de la retroexcavadora y se dispuso en el botadero autorizado por la administración municipal; el cual se trata de un predio propiedad de esta, ubicado a menos de 5 km del sitio de obra. Los residuos del material excavado que no era posible retirar con la retroexcavadora fueron removidos por personal asignado por el contratista (ver Figura 29).

Figura 29. Excavación para filtro.



Nota: Fotografía de la excavación realizada para el filtro en el k0+010.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.2.2 Geotextil.

El desarrollo de este ítem consistió en la colocación del geotextil, en la zona de excavación, de manera tal que quedara en constante contacto con el suelo lo que permite el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. El geotextil empleado fue uno no tejido, elaborado a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, el cual tiene la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante, asimismo retiene las partículas de suelo en su sitio previniendo movimiento a través del mismo. Se utilizó geotextil no tejido de 3.5 ms de ancho en una longitud de 229 m, esta longitud es mayor a la total destinada para filtro, pero esto obedece a que en sitios donde la longitud el filtro era muy largo fue necesario realizar traslapos (0.3 m) entre el geotextil. En la Figura 30 se observa la forma en la que se emplea el geotextil para construir filtros.

Figura 30. Geotextil para filtro.



Nota: Fotografía de la utilización del geotextil para el filtro en el k1+270.
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.2.3 Drenajes en tubería PVC de 4”

Una vez se instaló el geotextil, se procedió a colocar el drenaje en tubería PVC, la cual se estableció que debía ser de 4 pulgadas de diámetro, esta tubería se ubicó en el fondo del geotextil, acomodándola en la mitad de la base de la zanja y asegurando muy bien la unión entre los drenajes. En la Figura 31 se observa como fue la disposición de la tubería para la construcción del filtro, esta se instaló de forma manual a lo largo de toda la longitud del filtro.

Figura 31. Instalación del drenaje en tubería PVC de 4”



Nota: Fotografía de la instalación de la tubería drenante de 4” para la construcción del filtro en el k1+250.
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.1.2.4 Material granular filtrante.

El desarrollo de este ítem consistió en el suministro y colocación del material granular drenante, el cual, provenía de la mezcla de cantos rodados y material proveniente de la trituración de roca. Este material filtrante debió cumplir con la granulometría indicada en el artículo 673 -13 (Subdrenes con geotextil y material granular) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, asimismo la calidad del material granular para el filtro debió cumplir con los requisitos de la tabla 673-13 de dicho artículo. El material granular filtrante se dispuso dentro de la zanja, una vez se instaló el dren en tubería PVC de 4" de diámetro, de manera cuidadosa con el fin de no dañar la tubería o rasgar el geotextil, este relleno se dejó hasta la altura estipulada de aproximadamente 0.8 m. en la Figura 32 se observa la forma en la que se colocó el material granular para la construcción del filtro.

Figura 32. Disposición del material granular filtrante y cosido del geotextil.



Nota: Fotografía de la colocación del material granular filtrante y el posterior cosido del geotextil.
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA

Como se detalla en la Tabla 12, para la construcción de la placa huella se determinó que se construiría un total de seiscientos nueve metros lineales (609 m) de placa huella, la cual se dividió en cuatro (4) subtramos. Aunque la implementación del pavimento tipo placa huella se recomienda para vías terciarias donde la pendiente longitudinal es mayor al 10%, aspecto que no se cumple en la vía del presente proyecto, la construcción de la placa huella en la vía que conduce del casco urbano del municipio de San José de Suaita al lugar conocido como La

Cascada, se realizó debido a las condiciones tan deplorables que presentaba esta vía, especialmente en temporada invernal. En la Figura 33 se observa las condiciones que presentaba la vía antes de realizar su mejoramiento con el pavimento tipo placa huella. Es de resaltar que estas condiciones de transitabilidad se presentaban en los cuatro subtramos indicados en la Tabla 12.

Figura 33. Condiciones de la vía previo a la implementación de la placa huella



Nota: Fotografía de las condiciones de la vía previas a la implementación de la placa huella, abscisa K0+110.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Cabe resaltar en la construcción de la placa huella se realizó por subtramos, es decir que se iniciaba con un subtramo y las actividades se realizaban hasta finalizar la placa huella en ese subtramo, una vez finalizaba la construcción de la placa huella en el subtramo se iniciaba con el siguiente. Por facilidad de construcción se inició con el subtramo cuatro (4) (K1+550 – K1+821) y se finalizó con el subtramo uno (1) (K0+000 – K0+140).

En el proceso de construcción de la placa huella se llevaron a cabo diferentes actividades, sucesivas o traslapadas en el tiempo, que condujeron a obtener un producto de calidad y con garantías de que sea perdurable en el tiempo, a continuación, se describen cada una de esas actividades realizadas en la construcción de la placa huella, empezando con las actividades preliminares hasta completar la totalidad de la obra.

5.2.1 Localización y replanteo topográfico

Se realizó la localización y el replanteo topográfico de 1.82 km, a pesar de que se construyó 609 m de placa huella, el tramo N°4 (San José de Suaita – La Cascada) tenía una longitud de vía de 1.82 km, donde fue necesario realizar localización y replanteo topográfico debido a que, como se pudo observar en la Figura 23, además de la placa huella, también se realizaron otras obras a lo largo de todo el tramo.

La comisión de topografía, designada por el contratista, inicio con la localización del eje en el K0+000, materializando el eje del proyecto cada cinco metros (5 m) de acuerdo a las coordenadas de diseño expuestas en los planos del proyecto. De igual forma se colocaron referencias fuera el área de trabajo para evitar pérdidas del eje u otros elementos del proyecto por efectos del desarrollo de las obras.

Partiendo de los puntos de amarre (BM), se niveló el eje de proyecto, esto con el fin de poder ubicar las cotas de chaflanes de acuerdo con las carteras de diseño mediante el uso de estacas, también con el fin de determinar la cota de rasante de cada uno de los subtramos donde se definió que se construiría placa huella. La cota de la rasante es la cota inicial sobre la cual se empezó a realizar los trabajos de excavación y conformación de la subrasante. En la Figura 34 se observa el trabajo realizado por la comisión de topografía para la localización y el replanteo del proyecto.

Figura 34. Localización y replanteo topográfico del eje de proyecto



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.2 Excavación mecánica en material común seco a nivel de subrasante

El desarrollo de esta actividad consistió en la excavación, cargue, transporte y disposición en sitios aprobados, de los materiales no utilizables provenientes de las explanaciones. La excavación realizada para el mejoramiento de la subrasante y conformación de la vía en cada uno de los subtramos no fue a gran profundidad, la más profunda fue en el subtramo 2 (K1+131 – K1+170), de veinte centímetros (20 cm) y la mínima fue de cinco centímetros (5 cm) la cual se realizó en el subtramo uno (K0+000 – K0+140). Se utilizó la retroexcavadora para este trabajo, donde se tuvo especial cuidado en medir constantemente las cotas, para no incurrir en una sobre excavación de material, incrementando así los costos de obra. En la Tabla 19 se muestra la cantidad de excavación en material común seco que se realizó en promedio por metro lineal, como un indicativo de la excavación realizada para la construcción de la placa huella, además, en la Figura 35 se observa el proceso de excavación realizado con la retroexcavadora.

Tabla 19. Excavación en promedio de material como para un metro de longitud.

EXCAVACIÓN POR mL PARA PLACA HUELLA			
LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ESPESOR (m)	VOLUMEN (m ³)
1	6	0.1	0.6

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 35. Excavación en material común seco para conformar la vía.



Nota: Fotografía del trabajo realizado por la retroexcavadora y la volqueta para la excavación y transporte del material común seco. Abscisa K1+165.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.3 Conformación de la subrasante

Una vez excavado el material que no tenía las condiciones mecánicas para ser empleado en la estructura del pavimento, se procedió a realizar la conformación de la subrasante, para ello hubo pequeños tramos donde se realizó escarificación, humectación y compactación de la subrasante, como también hubo tramos donde fue necesario realizar mejoramiento de la subrasante con adición de material. El mejoramiento de la subrasante con adición de material se realizó empleando la metodología de Ivanov.

Para los tramos donde se realizó escarificación, humectación y compactación de la subrasante el procedimiento fue el siguiente:

5.2.3.1 Escarificación y homogenización de la subrasante.

El procedimiento consistió en utilizar el Ripper de la motoniveladora para disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de la sección transversal de la calzada establecida en los planos, permitiendo que el material adquiriera una condición suelta y homogénea (ver Figura 36).

Figura 36. Escarificación de la subrasante.



Nota: Fotografía de la escarificación del material de subrasante. Abscisa K0+132
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.3.2 Humectación del material.

Después de la escarificación y homogenización del material, se procedió a humedecer el material, mediante el uso de un carro-tanque, de manera tal que el material obtuviera una humedad de ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación. La humedad se determinó empleando un equipo llamado humedometro Speedy, el cual en un tiempo de dos minutos arroja los datos de humedad.

5.2.3.3 Compactación.

La compactación de la subrasante se realizó una vez efectuada nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida. La compactación se realizó con un vibrocompactador, el cual hizo varias pasadas al lote (de 4 a 5 aproximadamente con un vibrocompactador de 10 ton) buscando obtener la densidad que brinde el grado de compactación adecuado para que la interventoría recibiera la capa (ver Figura 37).

Figura 37. Humectación y compactación de la subrasante.



Nota: Fotografía del proceso de humectación y compactación de la subrasante. Abscisa K0+125
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

En los tramos donde fue necesario realizar el mejoramiento de la subrasante mediante la adición de material, como ya se mencionó anteriormente, se hizo uso de la metodología de Ivanov para determinar el espesor de material granular compactado, el cual permite obtener una plataforma de trabajo estable.

En el numeral 5.2.2 se mencionó que en el subtramo 2 (K1+131 – K1+170) se hizo una excavación de veinte centímetros (20 cm), esta excavación, que a diferencia de otros tramos es considerablemente mayor, se realizó, debido a que en los estudios y diseños se determinó que en este subtramo se debía realizar un mejoramiento con adición de material y el espesor de veinte centímetros (20 cm) se determinó con la metodología de Ivanov. Es importante mencionar que el mejoramiento de la subrasante con adición de material fue un ítem que no se tuvo en cuenta en el presupuesto inicial, por tal motivo se debió incluir como un ítem no previsto.

El procedimiento para realizar el mejoramiento de la subrasante con adición de material fue el siguiente:

El material fue suministrado desde la cantera mediante volquetas⁹, una vez suministrado se extendió y nivelo hasta la cota requerida mediante el uso de la motoniveladora, esto realizando el constante chequeo de la cotas del proyecto con ayuda la comisión de topografía, luego se humedeció el material hasta obtener la humedad óptima para la compactación, posteriormente se utilizó el vibrocompactador, el cual realizo varias pasadas, para obtener la compactación necesaria para que la interventoría recibiera el lote y aprobará la conformación de la siguiente capa (ver Figura 38).

Figura 38. Extendido y compactación del material para mejoramiento de subrasante.



Nota: Fotografía del proceso de extendido, nivelación y compactación del material empleado para mejoramiento de la subrasante. Abscisa K1+145

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

⁹ La fuente de material fue una cantera ubicada a 10 km de la obra.

5.2.4 Conformación de la subbase granular

Antes de iniciar con esta actividad, con ayuda de la comisión de topografía dispuesta por el contratista, se verificaron las cotas de la subrasante conformada, chequeando que las cotas correspondieran a las de diseño.

Una vez se conformó la subrasante se procedió a realizar la conformación de la capa de subbase granular, la cual es la capa que sirve de apoyo para la estructura de placa huella. Esta actividad consistió en el suministro, colocación y compactación del material de subbase granular, cada una de las actividades anteriormente mencionadas se detallan a continuación:

5.2.4.1 Suministro del material

El material de subbase granular fue extraído y transportado en volquetas desde una cantera provisional que se eligió como fuente de material para este proyecto, dicha cantera se encuentra ubicada a diez kilómetros (10 km) del sitio de obra y cumple con los requerimientos, licencias y permisos exigidos por el Ministerio de Minas y Energía del gobierno nacional (ver Figura 39).

Figura 39. Suministro de material de subbase granular.



Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.4.2 Colocación del material.

El material granular para sub-base granular se colocó sobre la superficie de la subrasante evitando su segregación, comenzando en el sitio que indicó el Ingeniero residente de obra. La capa de subbase granular tuvo un espesor variable en cada uno de los subtramos, en los casos donde el espesor de subbase era mayor a veinte centímetros (20 cm), el contratista la colocó en varias capas.

5.2.4.3 Distribución del material.

El esparcimiento del material de subbase granular se realizó con ayuda de la motoniveladora, con ayuda de este equipo se obtuvo una capa de espesor uniforme en todo el ancho de la sección transversal establecida en los planos. Para poder controlar el espesor de la capa el contratista dispuso de tacos en los extremos de la calzada.

5.2.4.4 Humectación de la subbase granular.

Una vez extendido el material, fue necesario adicionarle agua, de manera tal que logrará la humedad óptima de compactación (ver Figura 40), esta humedad adicional, se agregó mediante la ayuda de carro tanque el cual distribuye el agua mediante un sistema de irrigación conocido como flauta. Para determinar la humedad adicional a agregar, se empleó el humedometro Speedy para saber la humedad que presentaba el material una vez fue distribuido y así estimar la humedad adicional, de manera tal que cumpliera con la humedad óptima de compactación.

5.2.4.5 Compactación.

El proceso de compactación se realizó con el cilindro vibrocompactador de rodillo liso (ver Figura 40). La compactación se realizó de la siguiente manera; en las tangentes de la vía desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior. El procedimiento se continuó alternadamente hasta lograr que la densidad de la capa cumpliera con la densidad del Proctor modificado, y obtenido el grado de compactación requerido en el artículo 320 (Sub-base granular) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías la especificación, en todo el espesor de la capa.

En la Tabla 20 se muestra la cantidad de subbase granular, en promedio, empleada para la construcción de un metro lineal (1 mL) de placa huella, en dicha tabla se presenta la cantidad de material empleado para construir una capa de subbase granular de 20 cm de espesor, se realizan los cálculos con 25 cm de espesor debido a que la relación volumétrica del material se reduce después de la compactación.

Tabla 20. Cantidad de material de subbase granular para un metro lineal de placa huella.

SUBBASE GRANULAR PARA 1m de PLACA HUELLA			
LONG. (m)	ANCHO (m)	ESPESOR (m)	VOLUMEN (m ³)
1	6	0.25	1.5

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría realizada por el convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 40. Extendido, nivelación y compactación de la subbase granular.



Nota: Fotografía del proceso de conformación de la subbase granular. Abscisa K0+027
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.5 Excavación manual para vigas riostras

Una vez se conformó la capa de subbase granular, se procedió a realizar la excavación manual para la disposición de las vigas riostras (ver Figura 41), las riostras cuentan con una sección transversal del 0.20 m de ancho y 0.25 m de alta, cada viga riostra se encuentra separada una de la otra a una distancia de tres metros (3 m).

Figura 41. Excavación manual para vigas riostras



*Nota: Fotografía de la excavación manual para vigas riostras. Abscisa K1+142.
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.*

5.2.6 Construcción de las huellas y riostras en concreto clase D

Después que la capa de subbase granular fue construida y las excavaciones para las riostras y las rampas de aproximación se realizaron, se prosiguió con la construcción de las huellas en concreto clase D, las cuales, en los planos se estableció que sus dimensiones fueran 0.90 m de ancho por 2.5 m de longitud, con un espesor de 0.15 m.

Para el desarrollo de esta actividad fue necesario seguir un proceso que comprende el armado de las formaletas, la disposición del acero de refuerzo y la fundición de las estructuras de concreto, dicho proceso se detalla a continuación:

5.2.6.1 Instalación de formaletas.

Una vez realizadas las anteriores actividades y en condiciones óptimas de conformación de la subbase granular, se dispuso las formaletas guardando la separación entre módulos de 3.0 metros y asegurándolas en su sitio mediante varillas cortadas a medida e hincadas a la capa de apoyo (ver Figura 42). Las formaletas empleadas fueron de madera y garantizaron que las huellas en concreto quedaran construidas con las secciones y espesores señalados en los planos (ver Anexo A).

Figura 42. Disposición de la formaleta para las huellas de concreto



Nota: Fotografía de la instalación de la formaleta. Abscisa K1+150.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.6.2 Disposición del acero de refuerzo.

Este trabajo se hace en conjunto con la instalación de la formaleta ya que a medida que se va colocando la formaleta se va ubicando el acero de refuerzo. Consistió en el corte, doblaje, figuración e instalación de varillas de acero de resistencia a la tensión de 60000 PSI o 420 MPa, para el refuerzo de estructuras, tanto de la huella como de la riostra (ver Figura 43), además de eso en la construcción de la placa huella del presente proyecto se utilizó acero de refuerzo para la construcción de las cunetas.

Para las placas de concreto hidráulico se dispuso de una parrilla de acero compuesto de barras N°3 con separación entre sí cada 0.20 m, tanto longitudinal como transversalmente. Estas se emplazaban sobre las armaduras de las vigas ya puestas, donde lo particular es que el refuerzo longitudinal se hizo continuo con traslapes de 60 cm cada 6 m.

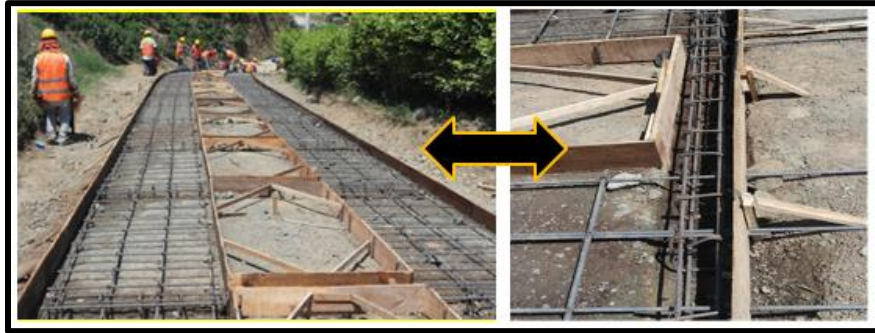
Para las vigas riostras se utilizó cuatro (4) varillas de denominación No 4 (1/2”), con flejes en hierro de diámetro N°3 (3/8”) colocados cada 20 centímetros y la separación entre riostras cada 2.5 metros. En la Tabla 21 se detalla la cantidad de acero empleado para la construcción de un metro lineal (1 mL) de placa huella.

Tabla 21. Cantidad de acero por metro lineal de placa huella.

DESCRIPCIÓN	DIAMETRO NOMINAL	SENTIDO	LONGITUD (m)	CANTIDAD DE VARILLAS	Nº DE PLACAS	TOTAL (mL)	PESO (Kg/mL)	PESO TOTAL Kg
Placa en concreto clase D	3/8"	Long.	1	5	2	10	0.557	5.6
Placa en concreto clase D	3/8"	Trans.	0.9	5	2	9	0.557	5.0
Viga riostra concreto clase D C/2.5	1/2"	Trans.	3.5	4	1	9.76	0.994	5.6
Viga riostra concreto clase D C/2.5	3/8"	Flejes	0.56	30	1	6.72	0.557	3.7
TOTAL ACERO DE REFUERZO POR METRO LINEAL DE PLACA HUELLA								19.9

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Figura 43. Disposición del acero de refuerzo para la placa en concreto y para la riostra.



Nota: Fotografía de la instalación del acero de refuerzo para la huella en concreto clase D y la viga riostra. Abscisa K1+150.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.6.3 Fundición del concreto clase D.

Una vez colocada la armadura respectiva a la placa huella y viguetas transversales, se fundió el concreto Clase D, el cual debía tener una resistencia mínima a la compresión de 21 MPa, se comenzó por el extremo inferior de la placa huella y éstas, avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor fuera, como mínimo, el señalado en los planos.

La mezcla se preparó en el sitio de obra con la dosificación indicada, agregando a la mezcladora primero el agua requerida; a continuación, se añadía simultáneamente la arena y el cemento y por último el agregado grueso, dejando un tiempo promedio de mezclado de 2 minutos a la velocidad normal de la mezcladora. Una vez obtenida la mezcla de concreto, esta se vertía dentro de las formaletas dispuestas para las huellas de concreto clase D (ver Figura 44), a medida que se vaciaba el concreto en las formaletas, estas se iban golpeado de manera que el concreto cubriera todo el refuerzo y con ayuda de un vibrador se eliminó los espacios con aire de la mezcla.

Figura 44. Fundida e instalación del concreto clase D.



Nota: Fotografía de la mezcla e instalación del concreto clase D para las huellas y la viga riostra. Abscisa K0+000.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

En seguida se niveló cuidadosamente las superficies de las placas de concreto para que la placa huella quedará con la forma y dimensiones indicadas en el diseño, las cuales fueron de noventa centímetros (0.90 m) de ancho por dos metros con cincuenta centímetros (2.5 m) de longitud, con un espesor de quince centímetros (0.15 m). En la Tabla 22 se indica la cantidad de concreto clase D empleado para la construcción de un metro lineal de placa huella.

Tabla 22. Cantidad de concreto clase D por metro lineal de placa huella.

CONCRETO CLASE D POR METRO LINEAL DE PLACA HUELLA						
DESCRIPCIÓN	LONG. (m)	ANCHO (m)	ESPESOR (m)	VOLUMEN (m)	CANTIDAD	VOL. TOTAL (m ³)
Placa en concreto clase D	1	0.9	0.15	0.14	2	0.27
Viga riostra concreto clase D C/2.5	3.5	0.2	0.25	0.18	0.4	0.07
TOTAL CONCRETO CLASE D POR METRO LINEAL DE PLACA HUELLA						0.34

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

- ❖ **Textura:** Se dejó 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. Así mismo se construyeron juntas transversales entre las huellas y las vigas riostras. Una vez fundidas las placas se le dio una protección contra la acción del sol con geotextil (ver Figura 45)

Figura 45. Textura de las placas de concreto clase D.



Nota: Fotografía del acabado realizado a la textura de las placas de concreto clase D. Abscisa K0+030.
Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.7 Construcción de las franjas en concreto ciclópeo

Las placas de concreto ciclópeo, o concreto clase G, se fundieron a la par a la fundición de las cintas de concreto clase D, el concreto clase G implementado tuvo la siguiente composición; 60% de concreto y 40% de piedra rajón donde la relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no era mayor que dos a uno (2:1) (ver Figura 46).

Figura 46. Construcción de las franjas en concreto clase G.



Nota: Fotografía de la construcción de las franjas de concreto clase G. Abscisa K1+628.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

El proceso realizado para la instalación del concreto clase G fue el siguiente:

Para iniciar con la construcción de las franjas de concreto clase G, primero se armaron las formaletas para las franjas laterales, pues para la franja central se contenía con las placas huella ya fundidas y curadas. En seguida se elaboró la mezcla de concreto simple como se mencionó anteriormente (agua, arena, gravilla y cemento), colocando una capa de más o menos siete centímetros (7cm) para asentar allí la piedra rajón y evitar que quedara en contacto con la subbase granular. Después se colocó el rajón, manualmente, sobre la capa de concreto simple, distanciadas entre ellas para obtener la proporción deseada. Por último, se volvió a verter mezcla de concreto simple hasta alcanzar el espesor de diseño de la capa (15 cm).

En la Tabla 23 se indica la cantidad de concreto clase G empleado para la construcción de un metro lineal de placa huella. Es de resaltar que las franjas de los extremos tienen un ancho variable, el cual depende del ancho de la calzada y del sobrecancho diseñado en las curvas.

Tabla 23. Cantidad de concreto clase G por metro lineal de placa huella.

CONCRETO CLASE G POR METRO LINEAL DE PLACA HUELLA						
DESCRIPCIÓN	LONG. (m)	ANCHO (m)	ESPESOR (m)	VOLUMEN (m ³)	CANTIDAD	VOL. TOTAL (m ³)
Placa central en concreto clase G	1	0.9	0.15	0.14	1	0.14
Placas extremas en concreto clase G	1	0.45	0.15	0.07	2	0.14
TOTAL CONCRETO CLASE G POR METRO LINEAL DE PLACA HUELLA						0.28

Fuente: Elaboración propia a partir de

Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.2.8 Construcción de cunetas

Para la construcción de las cunetas se empezó con la excavación y conformación de la sección transversal, actividad que se iba realizando a la par con la conformación de la subrasante, una vez conformada la sección transversal se prosiguió a realizar el suministro del material de relleno necesario para poder adecuar y compactar el suelo de soporte de la cuneta, este material fue el mismo empleado para la capa de subbase granular, conformando a su vez la pendiente longitudinal de la cuneta.

El concreto empleado en las cunetas tuvo que cumplir con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² o 3000 psi, al igual que el concreto para las placas y las riostras, el concreto de las cunetas también se elaboró en obra, empleando la misma dosificación de la mezcla de concreto para las huellas y las riostras. Las cunetas construidas en la obra de este proyecto contaron con una sección transversal parabólica, y fueron reforzadas con acero de 420 MPa, de manera que permitieran que los vehículos transitaran por ellas cuando se diera el caso que se encontraran dos vehículos en el mismo punto de la placa huella, esto de acuerdo a las disposiciones dadas por el ingeniero residente de interventoría y el supervisor asignado por la gobernación de Santander.

Para continuar con el proceso de construcción de las cunetas fundidas en obra, se instalaron formaletas de tal manera que se garantice que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor. Una vez colocada la formaleta se humedeció la superficie preparada de la cuenta y se colocó el concreto desde el extremo inferior de la cuneta en forma ascendente, siempre verificando que su espesor fuera el indicado en los planos. Posteriormente, se niveló las superficies con el fin de obtener la forma y dimensiones indicadas en los planos¹⁰. Se dejaron juntas de contracción a intervalos no mayores de tres (3) metros (ver Figura 47).

Figura 47. Construcción de cunetas para la placa huella.



Nota: Fotografía de la construcción de cunetas para el drenaje del agua superficial de la placa huella. Abscisa K1+156.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

¹⁰ Los diseños de las secciones transversales de las cunetas se obtuvieron siguiendo criterios indicados en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) 2009.

5.3 INTERVENTORÍA A LA PLACA HUELLA

De acuerdo a lo mencionado en el artículo 14 de la ley 80 de 1993, las Entidades Estatales tienen la obligación de asegurar el cumplimiento del objeto contractual de los contratos que celebren, para lo cual tendrán la dirección general y responsabilidad de ejercer el control y vigilancia de la ejecución del contrato. Dentro de este marco, la interventoría y la supervisión, son figuras encargadas para ejercer control y vigilancia al objeto contractual de los contratos que celebre la Entidad Estatal. Para el caso de la interventoría, esta debe ser contratada por la Entidad Estatal, bajo alguna de las distintas modalidades de selección que contempla la Entidad Colombia Compra eficiente.

Según lo mencionado en el numeral 2.5.10 del presente documento, existen dos grandes grupos de clasificación de los contratos de interventoría; el de consultoría y el de interventoría a la obra. Para el caso del presente proyecto de estudio, la interventoría que se contrato fue para el contrato de obra pública 3561 de 2014 celebrado entre el departamento de Santander, representado por la Secretaría de infraestructura de la época y el consorcio UNIDOS POR SANTANDER S.A.S.

La interventoría a dicho contrato de obra pública se estableció como un convenio interadministrativo, que es un tipo de contratación directa, realizado entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) dicho convenio quedó enmarcado en el convenio interadministrativo 918 de 2014 UPTC - INVIAS, es decir que el INVIAS realizó un convenio con la UPTC para que realizará la interventoría al contrato de obra ya mencionado. Los aspectos importantes del convenio interadministrativo 918 de 2014 establecido entre la UPTC y el INVIAS se pueden detallar en el numeral 4.1.3.2.

Como se mencionó en el numeral 5.2, la construcción y la interventoría a la obra de la placa huella se realizó por subtramos (ver Tabla 12), empezando con el subtramo 4 (K1+550 – K1+821), y finalizando con el subtramo 1 (K0+000 – K0+140), esto por facilidades constructivas del contratista. A continuación, se detalla el proceso de interventoría realizado por la UPTC a la obra, para ello se indicará los aspectos relevantes presentados en los informes de supervisión parciales presentados para cada uno de los subtramos.

5.3.1 Actividades ejecutadas

Las obras concernientes al tramo 4 (San José de Suaita – La Cascada) (ver Tabla 9), iniciaron su ejecución en el mes de agosto del año 2017, periodo en el que igual inicio la interventoría a las obras de dicho tramo. Las actividades realizadas en este tramo empezaron a ser entregadas en el mes de septiembre del año 2017, mes que relaciona al acta de recibo parcial N°33 debido a que, en los anteriores meses, y por ende en las anteriores actas, se venía recibiendo las actividades realizadas en los tramos anteriores.

De acuerdo a la información suministrada por la UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, que es la interventoría, y UNIDOS POR SANTANDER SAS, que es el contratista, con relación al desarrollo y ejecución del contrato, las actividades representativas realizadas para cada uno de los subtramos fueron:

5.3.1.1 Subtramo 4 (K1+550 – K1+821).

Para el subtramo cuatro (4) hubo ejecución en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, para efectos de recibo de obra en cada mes se realizó un acta de recibo parcial.

Para el periodo de septiembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°33, se realizó excavaciones varias en material común en seco y se instaló base granular para la construcción de la placa huella en las abscisas k1+685 – k1+821; se instaló subbase granular en las abscisas k1+685-k1+820; se fundió concreto clase D y G, acero de refuerzo para la construcción de cintas y cunetas de placa huella en el k1+760-k1+820, para las vigas riostra en el k1+816-k1+820.

En el mes de octubre, que corresponde al acta de recibo parcial N°34, se realizó construcción de placa huella del k1+695 al k1+810, con un avance del 50%; se realizó construcción de cunetas del k1+695 al k1+810, con un avance del 50%; se realizó la construcción de acceso en el k1+760 y por último se realizó la instalación de subbase granular desde la abscisa k1+550.

En el mes de noviembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°35, se realizó construcción de placa huella del k1+550 al k1+695, se fundió concreto clase D y G, acero de refuerzo para la construcción de cintas y cunetas de placa huella en el k1+550-k1+695.

En el mes de diciembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°36, se fundió concreto clase G entre huellas y sobre anchos de la placa huella en el k1+550 al k1+820.

En la Tabla 24 se detalla la cantidad ejecutada de cada uno de los ítems en cada uno de los meses anteriormente mencionados.

Tabla 24. Cantidades ejecutadas en el subtramo 4.

ÍTEM	Norma - Especificación técnica	Descripción ítem	Unidad	ACTA DE RECIBO PARCIAL N°			
				33	34	35	36
				CANTIDAD CADA MES			
				SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
28	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	25.58	19.80		
30	320.1	Subbase granular	m3	127.88	49.50		
31	630.4	Concreto Clase D	m3	51.27	70.80	63.60	
32	630.7	Concreto clase G	m3	19.023	32.436	17.1	2.1
33	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 MPa	kg	2,167.40	2,428.10	1,642.20	

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.1.2 Subtramo 3 (K1+192 – K1+351).

Para el subtramo tres (3) hubo ejecución en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, para efectos de recibo de obra en cada mes se realizó un acta de recibo parcial (ver Tabla 25).

Para el periodo de septiembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°33 se instaló subbase granular para la construcción de la placa huella en las abscisas k1+310 – k1+351. En el mes de octubre, que corresponde al acta de recibo parcial N°34, se realizó excavaciones varias en material común en seco en el k1+192 y se realizó instalación de subbase granular en la abscisa k1+310.

En el mes de noviembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°35 se realizó la colocación de concreto clase D, para cinta, riostras, cunetas y losas de empalme de placa huella del k1+192 al k1+351; se colocó concreto clase G, entre huellas y sobre anchos para placa huellas de la abscisa k1+192 a k1+351 y, por último, se realizó la instalación de acero de refuerzo para placa huella de la abscisa k1+192 a la k1+351.

En el mes de diciembre, que corresponde al acta de recibo parcial N°36, se instaló acero de refuerzo para las rampas de acceso del k1+191 y del k1+351.

Tabla 25. Cantidades ejecutadas para el subtramo 3

ÍTEM	Norma - Especificación técnica	Descripción ítem	Unidad	ACTA DE RECIBO PARCIAL N°			
				33	34	35	36
				CANTIDAD CADA MES			
				SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
28	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3		68.88		
30	320.1	Subbase granular	m3	49.50	225.50		
31	630.4	Concreto Clase D	m3			101.21	
32	630.7	Concreto clase G	m3			37.944	
33	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 MPa	kg			5,917.50	328.40

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.1.3 Subtramo 2 (K1+131 – K1+170).

Para el subtramo dos (2) hubo ejecución de obra únicamente en el mes de diciembre en este mes se trabajó el acta de recibo parcial N°36 (ver Tabla 26) y se realizaron las siguientes actividades:

Se realizó la excavación varia en material común para la construcción de la placa huella, se instaló subbase granular para estructuras de la construcción de la placa huella, se fundió concreto clase D para cinta, riostras, cunetas y losas de empalme, se fundió concreto clase G para entre huellas y sobre anchos, y se instaló acero de refuerzo para la construcción de placa huella en el k1+131 al k1+170.

Tabla 26. Cantidades ejecutadas para el subtramo 2.

ÍTEM	Norma -Especificación técnica	Descripción Ítem	Unidad	ACTA DE RECIBO PARCIAL N°
				36
				CANTIDAD MES
				DICIEMBRE
28	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	60.00
30	320.1	Subbase granular	m3	105.00
31	630.4	Concreto Clase D	m3	28.02
32	630.7	Concreto clase G	m3	18.75
33	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 MPa	kg	945.80

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.1.4 Subtramo 1 (K0+000 – K0+140).

Para el subtramo uno (1) hubo ejecución en los meses de diciembre del año 2017, enero, febrero y marzo del año 2018, para efectos de recibo de obra en cada mes se realizó un acta de recibo parcial (ver Tabla 27).

En el mes de diciembre de 2017, que corresponde al acta de recibo parcial N°36, se realizó excavación varia en material para la construcción de placa huella y se instaló subbase granular para estructuras de la construcción de la placa huella en la abscisa k0+000 a k0+115.

En el mes de enero de 2018, que corresponde al acta de recibo parcial N°37, se instaló subbase granular para estructuras de la construcción de la placa huella, se fundió concreto clase D para cinta, riostras, cunetas y losas de empalme, se fundió concreto clase G para entre huellas y sobre anchos, y se instaló acero de refuerzo para la construcción de placa huella en el k0+115.

En el mes de febrero, que corresponde al acta de recibo parcial N°38, se realizó la construcción de cunetas del k0+000 al k0+140, de igual forma se fundió en concreto clase D las losas de aproximación en el k0+000 y en el k0+140 y se construyó accesos en el k0+005, en el k0+050 y en el k0+080.

En el mes de marzo, que corresponde al acta de recibo parcial N°39, se utilizó acero de refuerzo para placa huella del k0+000 al k0+140 y se empleó para el acceso del k1+670, esta última abscisa corresponde al subtramo cuatro (4), pero se incluyó en el acta de recibo parcial N°39.

Tabla 27. Cantidades ejecutadas en el subtramo 1.

ÍTEM	Norma - Especificación técnica	Descripción Ítem	Unidad	ACTA DE RECIBO PARCIAL N°			
				36	37	38	39
				CANTIDAD CADA MES			
				DICIEMBRE	ENER	FEBRERO	MARZO
28	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	34.50			
30	320.1	Subbase granular	m3	48.00	120.26		
31	630.4	Concreto Clase D	m3		65.07	14.50	
32	630.7	Concreto clase G	m3		21.3	39.79	
33	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 MPa	kg		1,570.60		2,560.40

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.2 Actividades administrativas

El ingeniero residente de interventoría llevó una bitácora de obra, en la cual se anotaron los aspectos más relevantes que sucedían a lo largo de la ejecución de los trabajos, dicha bitácora se debió diligenciar desde la orden de iniciación de los trabajos hasta el recibo definitivo de los mismos.

5.3.3 Actividades financieras

El residente de interventoría, debió realizar la recolección de información de las cantidades de obra ejecutadas¹¹, permisos requeridos para la Gestión Ambiental, asimismo, realizar la revisión de; estudios correspondientes a los diseños y planos, programa de obra y plan de inversión. Todo esto de la mano con los formatos correspondientes tanto de la parta ambienta, calidad y seguridad.

5.3.4 Actividades ambientales

Durante la ejecución de los trabajos se controlaron las siguientes actividades:

- ❖ Adecuación del área de almacenaje del combustible para controlar posibles derrames de combustible y sustancias químicas.
- ❖ Carpado de volquetas del contratista y subcontratadas.
- ❖ Ubicación de puntos ecológicos en los frentes de obra.
- ❖ Charlas de manejo ambiental.
- ❖ Recolección de residuos sólidos.
- ❖ Orden y aseo en vía.

¹¹ Información necesaria para poder realizar la liquidación del contrato.

5.3.5 Actividades de aseguramiento de la calidad

Para la verificación de calidad de las obras ejecutadas verifico que el contratista contará con los equipos de laboratorio, con sus respectivos certificados de calibración y el personal capacitado que realizará las pruebas necesarias, estos laboratorios se encontraban, uno en el municipio de Oiba Santander y otro en el Carmen de Chucuri.

Así mismo, para lograr un aseguramiento de calidad, durante la ejecución de los trabajos se controló la debida señalización de los frentes de obra realizada por el contratista, verificando que se colocaran las señales preventivas, reglamentarias e informativas necesarias.

Se realizó inspecciones pre-operacional a los equipos, herramientas, vehículos y maquinaria de la obra verificando el estado óptimo de funcionamiento (ver Figura 48).

Figura 48. Inspección pre-operacional a los equipos.



Nota: Fotografía de la inspección pre-operacional realizada por el personal de la interventoría a los equipos del contratista.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Por parte del contratista, se realizó el reporte oportuno de los accidentes ocurridos durante el periodo de ejecución de la obra, de igual forma para evitar accidentes, todos los días se realizaron charlas de seguridad y se realizaron pruebas de alcoholimetría por aliento garantizando la seguridad de los trabajadores.

Figura 49. Charla de capacitación al personal de la obra.



Nota: Fotografía de la charla impartida por el residente de obra para la correcta ejecución de los trabajos en la jornada laboral. Dicha charla conto con la presencia del ingeniero auxiliar de interventoría, Ingeniero Diego Borda.

Fuente: Convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.6 Control de calidad de los materiales

Para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas se realizó ensayos a los diferentes materiales utilizados para la ejecución de las obras, siguiendo los protocolos de las Normas del Instituto Nacional de Vías INVIAS y el plan de inspección y ensayo. Especialmente para la construcción de la placa huella, se realizaron ensayos de densidad en el terreno con cono y arena siguiendo los lineamientos de la norma INV-E-181-13, y de igual forma ensayos de resistencia a la compresión en cilindros de concreto según norma NTC 673.

Los ensayos de densidad se realizaron para la capa de subbase granular en el subtramo uno (1) (K0+000 – K0+140), y en el subtramo cuatro (4) (K1+550 – K1+820) y se reportaron los siguientes resultados:

- ❖ Para el subtramo 1 se tomaron dos (2) muestras, una en la abscisa k0+020 en el extremo derecho y otra en la abscisa k0+120 en el extremo izquierdo¹². A pesar de que no se tomaron los 5 puntos mínimos de muestreo exigido en la especificación, porque según el ingeniero residente de interventoría con 2 era suficiente, los resultados obtenidos arrojaron que la capa de subbase granular **cumplía** el grado de compactación requerido, el cual según lo indicado en el artículo 320 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, debe ser mínimo del 95%. (ver Anexo B - Sector 1)
- ❖ Para el subtramo 4 se tomaron cuatro (4) muestras, repartidas de la siguiente manera; k1+570 extremo izquierdo, k1+630 extremo izquierdo, k1+640 extremo

¹² Para determinar los puntos donde se tomaron las muestras se siguió el procedimiento de muestreo aleatorio indicado en la norma I.N.V.E – 730 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

izquierdo, k1+740 extremo derecho. Los resultados obtenidos arrojaron que la capa de subbase granular **cumplía** el grado de compactación requerido, el cual según lo indicado en el artículo 320 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, debe ser mínimo del 95% (ver Anexo B – Sector 4).

Los ensayos de resistencia a la compresión en cilindros de concreto, según norma NTC 673, se realizaron en los cuatro subtramos indicados en la Tabla 12, estos ensayos se realizaron para el concreto clase D empleado en las huellas de la placa huella, en las vigas riostras, en las rampas de aproximación y en las cunetas fundidas en obra. Los resultados reportados en cada uno de los subtramos fueron los siguientes¹³:

- ❖ Para el subtramo 1 se tomaron muestras de concreto clase D empleado para las huellas en las abscisas k0+030, k0+100 y k0+115, los cilindros elaborados se fallaron a los 7, 14 y 28 días, donde la resistencia mínima requerida era de 21 MPa (3000 psi) a los 28 días de fraguado, en el Anexo C – Sector 1 se muestran los resultados obtenidos, se aprecia que los cilindros presentaron, en su gran mayoría, un criterio de aceptación que cumple que lo mínimo requerido, sin embargo se presentó que el cilindro realizado con la muestra de concreto correspondiente al k0+100, a los 14 días de fraguado no cumplía resistencia, se esperó el resultado del ensayo realizado a los 28 días y se observó que en ese ensayo si cumplió resistencia a la compresión por tal razón se aceptaron las obras realizadas con el concreto clase D al cual se le realizaron los ensayos.
- ❖ Para el subtramo 2 se tomó una muestra de concreto clase D empleado para la construcción de la cuneta fundida en obra, del k1+131 al k1+170, el cilindro elaborado se falló a los 28 días, donde la resistencia requerida era de 21 MPa (3000 psi) a los 28 días de fraguado, en el Anexo C – Sector 2 se muestran los resultados obtenidos, se muestra que el cilindro realizado con la muestra de concreto para la cuneta fundida en obra cumplió con la resistencia mínima requerida, por tal razón se aceptó la obra.
- ❖ Para el subtramo 3 se tomaron dos (2) muestras de concreto clase D empleado para la construcción de placa huella, los cilindros elaborados se fallaron a las 7, 14 y 28 días de fraguado, donde la resistencia mínima requerida era de 21 MPa (3000 psi) a los 28 días de fraguado, en el Anexo C – Sector 3 se muestran los resultados obtenidos, se muestra que los cilindros realizados con las muestras de concreto para la construcción de huellas y riostras, cumplieron con la resistencia mínima requerida, por tal razón se aceptó la obra.
- ❖ Para el subtramo 4 se tomaron dos (2) muestras de concreto clase D empleado para la construcción de placa huella, los cilindros elaborados se fallaron a los 14 y 28 días de fraguado, donde la resistencia mínima requerida era de 21 MPa (3000 psi) a los 28 días de fraguado, en el Anexo C – Sector 4 se muestran los resultados obtenidos, se muestra que los cilindros realizados con las muestras de concreto para la construcción de huellas, riostras y rampas de aproximación, cumplieron con la resistencia mínima requerida, por tal razón se aceptó la obra.

¹³ Los resultados de los ensayos realizados fueron suministrados por el ingeniero auxiliar de interventoría y corresponden a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados por el contratista.

Debido a la envergadura del contrato y de la cantidad de obras que se ejecutaron y se están ejecutando a lo largo de los 12 tramos indicados en la Tabla 9, en el tramo 4 no se realizaron más ensayos para el control de los materiales utilizados para la ejecución de las obras. Sin embargo, ensayos realizados en otros tramos para los aceros de refuerzo, son representativos para el acero de refuerzo empleado en el tramo 4 (San José de Suita – La Cascada) ya que el acero se adquirió con un mismo proveedor.

5.3.7 Verificación del personal y equipo utilizado por el contratista

Una de las actividades realizadas por la interventoría en la ejecución de las obras del tramo 4 (San José de Suaita – La Cascada), fue la verificación del personal utilizado por el contratista para el desarrollo de la obra, esta actividad se realizó con el fin de poder identificar claramente a todo el personal que estuvo involucrado en la construcción de la obra, así como de cerciorar que cada una de las personas que estaban en obra tuvieran la afiliación al sistema de seguridad social, y de igual forma verificar que se realizaran los pagos mensuales de planilla. En la Tabla 28 se indica en personal que intervino en el desarrollo de las obras del tramo 4, y en la Tabla 29 de relaciona el equipo por el contratista.

Tabla 28. Personal que intervino en el desarrollo de la obra.

CARGO	CANTIDAD	AFILIACIÓN AL SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL
Residente de obra	1	SI
Residente HSE	1	SI
Topógrafos	1	SI
Inspector de obra	1	SI
Controladores de trafico	2	SI
Cadeneros	2	SI
Operadores de maquinaria	3	SI
Conductores	4	SI
Maestro	2	SI
Ayudante	16	SI
PERSONAL TOTAL	33	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Tabla 29 Relación de los equipos empleados por el constructor.

EQUIPO	CANTIDAD	TIPO O CAPACIDAD
Volqueta	3	7 M3
Carro Tanque	1	Galones
Moto niveladora	1	CAT
Retroexcavadora Pajarita	1	New Holland
Mezcladora	2	M3
Camioneta	1	5 pasajeros
Vibro Compactador	1	10ton

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

5.3.8 Reuniones realizadas

Durante la ejecución de las obras se realizaron varias reuniones de comités técnicos coordinadas por el residente de interventoría con el fin de efectuar seguimiento al avance físico, financiero, presupuestal, ambiental, y social de la obra, de igual forma se era necesario realizar reuniones de comité técnico para poder incluir un ítem no previsto, en dichas reuniones se contaba en general con la presencia del residente de interventoría y el residente de obra, además se incluía en la reunión al personal necesario para poder discutir la implementación del ítem no previsto.

Las reuniones se realizaban en el sitio de obra y también en la seccional regional del INVIAS, de la ciudad de Bucaramanga, y en la secretaria de Infraestructura de la gobernación de Santander en donde se relacionaba y presentaba los soportes de las actas de comité.

5.3.9 Aportes del pasante a la interventoría del contrato de obra

El desarrollo de la pasantía consistió en el apoyo logístico a la liquidación del contrato de obra, en este sentido, a lo largo del tiempo de pasantía las actividades realizadas consistieron en determinar las cantidades de obra ejecutadas por el contratista enmarcadas en el contrato de obra 3561 de 2014 (ver numeral 4.1.3.1), revisando cada una de las pre actas de recibo parcial donde el residente de interventoría iba dejando constancia de las obras ejecutadas. Luego de revisadas las actas, se realizaba un comparativo entre las cantidades presentadas por la interventoría y las cantidades presentadas por el contratista, para de esta forma, establecer la diferencia de cantidades que existía entre las dos partes. La información obtenida se presentaba al ingeniero residente de interventoría en memorias de cálculo con el debido soporte encontrado en las pre actas de recibo parcial.

5.3.10 Estado actual de la interventoría a la obra

El convenio interadministrativo 918 de 2014 entre la UPTC y el INVIAS, que tiene a cargo la interventoría técnica, administrativa, financiera, legal y ambiental del mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura para Santander enmarcado en el contrato plan de la nación con el departamento de Santander CONPES 3775, en este momento se encuentra en proceso de liquidación del contrato de obra N°3561 de 2014, debido a la cantidad de obras ejecutadas y a la envergadura del proyecto no se ha podido realizar la liquidación final de dicho contrato de obra, razón por la cual al término de esta pasantía, y con el apoyo logístico prestado por parte del pasante, no se logró tener al acta de liquidación final del contrato de obra.

5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA

Según el presupuesto de obra que se obtuvo en las etapas previas a la construcción de la placa huella (ver Tabla 13) se determinó que el costo de construir los 609 m de placa huella indicados en la Tabla 12 es **de novecientos dos millones ciento cincuenta y tres mil ciento veintidós pesos m/cte** (\$902,153,122.00). Sin embargo, el costo de haber realizado el mejoramiento de la vía terciaria que conduce del municipio de San José de Suaita al sitio conocido como La Cascada de los Caballeros en el departamento de Santander fue mayor a lo presupuestado.

En la Tabla 30 se presenta el costo real de haber realizado la construcción de la placa huella junto con sus elementos de drenaje (cunetas y filtro), en dicha tabla se observa que el costo de la construcción de la obra fue de **novecientos cuarenta y siete millones trescientos cincuenta y cinco mil quinientos treinta pesos m/cte**, (\$ \$947,355,530.00), según esto, el incremento del costo de la obra fue de cuarenta y cinco millones doscientos dos mil cuatrocientos ocho pesos m/cte (\$45,202,408.00), la principal razón de este incremento se debe a la adición del ítem no previsto, y al aumento de algunas cantidades.

Tabla 30. Costo real de la construcción de la placa huella.

Ítem	Norma - Especificación técnica	Descripción ítem	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
PLACA HUELLA						
1	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	208.76	\$31,150	\$6,502,707.81
2	320.1	Subbase granular	m3	725.63	\$143,471	\$104,107,344.59
3	630.4	Concreto Clase D	m3	425.40	\$592,358	\$251,988,889.01
4	630.7	Concreto clase G	m3	192.40	\$377,764	\$72,681,768.59
5	640.1	Acero de refuerzo Fy 420 mpa	kg	17,560.40	\$4,374	\$76,817,267.38
SUBTOTAL PLACA HUELLA						\$512,097,977.38
FILTROS						
6	600.4	Excavaciones varias en material común en seco	m3	184	\$31,150	\$5,731,590.80
7	673.2	geotextil	m2	803.5	\$6,439	\$5,173,648.12
8	673.1	material granular filtrante	m3	149.3	\$123,906	\$18,499,132.95
9	010p	Drenajes en tubería pvc de 4"	ml	247	\$24,974	\$6,168,573.06
SUBTOTAL FILTROS						\$35,572,944.93
ÍTEM NO PREVISTO						
22A	230.13	mejoramiento de subrasante con adición material	m3	219.0	\$ 63,333.60	\$13,870,058.40
SUBTOTAL VALOR DE OBRAS						\$561,540,980.71
ADMINISTRACIÓN			29%			\$162,846,884.41
IMPREVISTOS			1%			\$1,628,468.84
UTILIDADES			5%			\$81,423.44
OBRAS DE COMPENSACION Y GESTION AMBIENTAL (PAGA, TRAMITES Y PERMISOS)						\$15,153,349
PROVISION PARA REAJUSTE						\$206,104,424
COSTO TOTAL DE LA OBRA						\$947,355,530.00

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS

Con base al costo real de la construcción de la placa huella en San José de Suaita (ver Tabla 30), se pretende estimar un costo por metro lineal de placa huella con los elementos de drenaje, para esto dividimos el costo total de la construcción de la placa huella respecto a los metros construidos (609 m) obteniendo que el costo por metro lineal de placa huella es de; **un millón quinientos cincuenta y cinco mil quinientos noventa y dos pesos m/cte (\$ 1.555.592,00)**; mientras que el costo por kilómetro de placa huella, que se obtiene multiplicando el costo por metro lineal por mil (1000), es de **mil quinientos cincuenta y cinco millones quinientos noventa y dos mil pesos m/cte (\$ 1.555.592,00)**. El costo por kilómetro determinado anteriormente, es un indicativo exclusivo para la construcción de pavimento tipo placa huella en el municipio de San José de Suaita departamento de Santander, pero es un dato de referencia que sirvió para cumplir con uno de los objetivos del presente documento, que es establecer la diferencia económica de construir un kilómetro (1 km) de placa huella en el departamento de Santander en comparación con el departamento de Boyacá.

A continuación, en la Tabla 31, se presenta el presupuesto de obra para construir 303 m de placa huella en el municipio de Raquira departamento de Boyacá:

Tabla 31. Costos de construcción de placa huella en Boyacá.

ITEM No.	DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
1.2	CONFORMACIÓN COMPACTACIÓN SUBRASANTE CBR=95	M2	2,178.00	\$ 5,623.00	\$ 12,246,894.00
1.3	EXCAVACIÓN MANUAL EN MATERIAL CONGLOMERADO	M3	299.78	\$ 58,326.00	\$ 17,484,968.28
1.4	SUMINISTRO, EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL SELECCIONADO PARA SUBBASE GRANULAR (INCLUYE ACARREO LIBRE DE 5KM (**))	M3	326.70	\$ 84,574.00	\$ 27,630,325.80
1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO Y/O GRANULAR DESPUÉS DE 5 KM (INSTALADO Y COMPACTADO SEGÚN SECCIÓN DE DISEÑO).	M3-KM	11,107.80	\$ 1,593.00	\$ 17,694,725.40
1.6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CONCRETO SIMPLE DE 21 MPA - (3000 P.S.I). PARA BASES	M3	201.00	\$ 635,125.00	\$ 127,660,125.00
1.7	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI 420 MPA	KG	27,464.43	\$ 3,606.00	\$ 99,036,745.55
1.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONCRETO CICLOPEO DE 17,5 MPA (2500 PSI), 60 % RAJON PARA PLACA HUELLAS	M3	94.00	\$ 366,257.00	\$ 34,428,158.00
1.9	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO DE 21 MPA (3000 PSI) SIN REFUERZO (INCLUYE SELLO DE JUNTAS)	M3	73.96	\$ 549,532.00	\$ 40,643,386.72
SUBTOTAL COSTO DIRECTO					\$ 376,825,329.00
ADMINISTRACION IMPREVISTOS Y UTILIDADES			25	%	\$ 94,206,332.00
VALOR TOTAL OBRA					\$ 471,031,661.00

Nota: Datos del costo de construcción de 303m de placa huella en el departamento de Boyacá
Fuente: Secretaria de Infraestructura, departamento de Boyacá.

En la Tabla 31 se presenta el costo de construir 303 m de placa huella en el municipio de Raquira departamento de Boyacá, en dicha tabla se observa que el costo de la construcción de

la obra es de **cuatrocientos setenta y un millones treinta y un mil seiscientos sesenta y un pesos m/cte (\$471,013,661,00)**. Con base a este costo se pretende estimar un costo por metro lineal de placa huella con los elementos de drenaje, para esto dividimos el costo total de la construcción de la placa huella en el municipio de Raquira respecto a los metros construidos (303 m) obteniendo que el costo por metro lineal de placa huella es de; **un millón quinientos cincuenta y cuatro mil quinientos sesenta pesos m/cte (\$ 1.554.560,00)**; mientras que el costo por kilómetro de placa huella, que se obtiene multiplicando el costo por metro lineal por mil (1000), es de **mil quinientos cincuenta y cuatro millones quinientos sesenta mil pesos m/cte. (\$ 1.554.560,00)**.

Con lo anterior realizamos la comparación de construir placa huella tanto en Santander como en Boyacá y se tiene que:

Tabla 32. Comparación de construir placa huella en Boyacá y en Santander.

COSTO DE CONSTRUIR PLACA HUELLA		
Unidad	DEPARTAMENTO	
	BOYACÁ	SANTADER
	MUNICIPIO	
	Raquira	San José de Suita
ML	\$1,554,560	\$1,555,592.00
Km	\$1,554,560,000	\$1,555,592,003

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de interventoría convenio 918 de 2014 UPTC – INVIAS.

Como se puede observar en la tabla, según estos indicativos, el costo de construir placa huella en el departamento de Boyacá es un poco más económico que en el departamento de Santander, sin embargo, la diferencia del precio por metro lineal no es muy grande, por lo que, con base en la Tabla 32, se puede decir que el costo de construir placa huella en el municipio de Raquira y en el municipio de San José de Suaita es casi que igual. Lo anterior no indica que el comportamiento será igual en todas las zonas de cada uno de los departamentos.

Es importante aclarar que los valores anteriormente calculados son valores demasiado sensibles y van a variar dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto, estos valores simplemente sirven para tener una idea de más o menos cuánto cuesta construir 1km de placa huella. Sin embargo, los precios para cada proyecto en particular deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales de la obra a implementar.

6 ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

A continuación, se realiza el respectivo análisis de las actividades desarrolladas y mencionadas en el capítulo cuatro (4) del presente documento técnico-teórico; se parte haciendo énfasis en los beneficios que trajo a la comunidad del municipio de San José de Suaita la implementación del pavimento con placa huella; posteriormente, se hace un análisis comparativo de lo que fue el desarrollo de la obra respecto a los conocimientos teóricos que se tienen acerca de la construcción de vías.

6.1 BENEFICIO SOCIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA HUELLA

La aplicación de la ingeniería en esta vía del municipio de San José de Suaita, permitió mejorar, de manera económica y eficiente, la intercomunicación terrestre en la población rural de la zona aledaña a la vía al disponer de infraestructura mejorada para tal fin, se contribuyó con el desarrollo económico del pueblo, permitiendo aumentar el atractivo turístico en este lugar del departamento de Santander y se brindó a la comunidad una obra perdurable en el tiempo, con garantías de funcionamiento y serviciabilidad.

En obras de este tipo es donde los profesionales de la ingeniería aplican los conocimientos adquiridos en la academia, en pro del beneficio de la sociedad, en esta obra en particular contribuyeron ingenieros con gran experiencia en la construcción de vías, así como ingenieros interventores que dieron su mayor esfuerzo para lograr un producto de calidad el cual cumpliera con todas las normativas aplicadas para tal fin.

Con esta obra se mostró que es importante la inversión de recursos para el desarrollo de la infraestructura vial del país, ya que entre mejores vías se tenga, mayor desarrollo económico se puede lograr, y, con la inversión realizada por la gobernación de Santander al municipio de San José de Suaita se ha mejorado la conectividad regional del departamento.

6.2 COMPARACIÓN DE LA TEORÍA RESPECTO A LA PRÁCTICA

A lo largo de la formación como ingeniero se ha adquirido una diversidad de conocimientos de cada una de las asignaturas cursadas, en esas asignaturas se establecen diferentes aspectos teóricos que por lo general están regidos por normas, especificaciones y procesos que se deben seguir para lograr un producto de calidad. Sin embargo, al momento de trasladar lo teórico a la práctica, se observa que, en muchas de las obras, civiles o de infraestructura vial, existe un sesgo entre lo indicado en la teoría y lo que se realiza en campo.

Pues bien, este suceso también ocurrió en el caso de la construcción de la placa huella en el municipio de San José de Suaita, ya que, al encontrarse una serie de pasos y actividades de fácil manejo y simpleza en su ejecución, los profesionales encargados de realizar y supervisar las obras optan por no recurrir totalmente a la teoría.

Durante la ejecución de los trabajos, son varios los aspectos que demuestran que no siempre lo teórico y reglamentario es lo que se aplica en la práctica, a continuación, se detallan los procesos sucedidos en la construcción de la obra que confirman lo anterior:

- ❖ En la concepción del proyecto se establecen una serie de diseños y planos los cuales detallan el producto que se debe obtener de la ejecución de las obras, sin embargo, se analizó que los diseños que se establecen no siempre son los que se resultan ejecutando, debido a que durante la ejecución de los trabajos es muy probable que sucedan eventos que hagan que los diseños iniciales deban ser modificados y ajustados las condiciones que se presenten.
- ❖ Para el caso de la conformación de la capa de subbase granular las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, se establece una serie de requisitos que el material debe cumplir para poder emplearlo en la construcción de dicha capa, dentro de ellos, uno de los más importantes es el grado de compactación, para lo cual se establece que se deben tomar mínimo 5 muestras por cada lote compactado, sin embargo, en la construcción de la capa de subbase granular de la placa huella en el municipio de San José de Suaita, se tomaron únicamente dos (2) muestras de densidad en el subtramo 1, y cuatro (4) en el subtramos 4, con estos puntos de referencia, los cuales claramente son inferiores a lo que establece la norma y que no se tomaron en cada uno de los cuatro (4) subtramos, se determinó la aceptación del lote de subbase granular de toda la placa huella.
- ❖ En la teoría se muestra que a cada uno de los materiales que se van a emplear en la construcción de la obra se les debe realizar ensayos de laboratorio que permitan establecer que dichos materiales si son aptos para poder utilizarlos, sin embargo, para el caso de la construcción de la placa huella, se realizaron únicamente ensayos de densidad a la capa de subbase granular y de resistencia a la compresión del concreto clase D, con lo cual se identifica que, en el mejoramiento de vías terciarias mediante el pavimento con placa huella, se suprime la realización de muchos ensayos de laboratorio principalmente por temas económicos.
- ❖ Para la elaboración de la mezcla de concreto clase D, en la teoría se establece que se debe seguir estrictamente una fórmula de trabajo la cual presenta la dosificación de los materiales; esto tampoco se cumple a cabalidad en la elaboración de la mezcla de concreto, ya que, según se pudo conocer, esta mezcla se hace de manera empírica sin tener en cuenta cantidades exactas ni las características requeridas de los materiales. Lo anterior con el consentimiento de la interventoría y supervisión del proyecto.
- ❖ La teoría dice que la interventoría es el ente encargado de hacer cumplir cada uno de los requisitos y normas que se establecen en las especificaciones, sin embargo, en la ejecución de la obra se identificó que en muchos casos la interventoría debe escatimar gastos, y, debido a la gran envergadura de este proyecto, la interventoría tuvo que ajustar el presupuesto y hacerle control de calidad a los materiales que se consideraron más fundamentales para poder garantizar la durabilidad de la obra, en este caso se realizó control a la capa de subbase granular y a la mezcla de concreto clase D utilizado en la capa de rodadura de la placa huella.

Con lo anterior se puede expresar que; en la ejecución de las obras de infraestructura vial se puede variar mucho lo expuesto en la teoría, omitir detalles, procesos, ensayos de calidad, etc. Sin embargo, que suceda esto no indica que la obra realizada sea de mala calidad, deficiente o que no sea perdurable en el tiempo.

Para el caso de la construcción de la placa huella objeto de estudio del presente proyecto de grado, el residente de interventoría comenta que; para poder solucionar el hecho de que no se pudiera hacer los ensayos de laboratorio deseados, se realizó una supervisión permanente por parte del equipo de interventoría el cual contó con un auxiliar de interventoría, una comisión de topografía y un ingeniero residente de interventoría, dicha supervisión fue constante con lo cual se garantizó que las actividades se realizaran, en la medida de lo posible, de acuerdo con lo estipulado en los diseños, en la norma y en las especificaciones generales de construcción.

De igual forma es importante recalcar que por temas presupuestales y de tiempo no es factible realizar todo el control de calidad a los materiales que indica la norma, no se puede seguir cada proceso que indica la teoría. La decisión de lo que se realiza o no se realiza en la ejecución de la obra está en el profesional, donde su criterio entra en juego, todo en aras de respetar el oficio y mantener la ética profesional, pero sobre todo garantizando un producto de calidad, que sea perdurable en el tiempo y que sea un beneficio para los usuarios de la vía.

6.3 CONSIDERACIONES FINALES

Como producto de la realización del presente informe final de trabajo de grado, se llega a unas consideraciones finales acerca de los diferentes hallazgos encontrados en las diferentes etapas del proyecto y las cuales se hacen necesarios mencionar. El análisis que a continuación se plantea es un punto de vista propio del autor, con dicho análisis se pretende hacer una crítica a diferentes aspectos que se evidenciaron a lo largo del proyecto de grado.

Para la implementación del pavimento con placa huella, el contratista se basa en la Guía de Diseño de pavimento con Placa huella del Instituto Nacional de Vías, en dicha Guía, se plantean una serie de consideraciones y recomendaciones para poder diseñar y construir placa huellas, sin embargo, a juicio del autor del presente documento, en dicha Guía se evidencian ciertas falencias que pueden llegar a confundir al lector y a quien está haciendo uso de ese documento suministrado por el INVIAS. A continuación, se mencionan algunas de las falencias encontradas en la Guía:

- ❖ En ese documento se menciona que para la implementación del pavimento con placa huella no es necesario realizar mayores modificaciones al diseño geométrico de vía, sin embargo, esto no es del todo cierto, pues en ciertas ocasiones es necesario modificar la sección transversal de la calzada (ya sea en curva o en tangente), de manera tal que se permita mejorar la comodidad en la circulación de los diferentes vehículos que transiten por allí.
- ❖ También se menciona que el peralte recomendado es del 2%, a juicio del autor, dicho peralte puede cambiar significativamente dependiendo de la velocidad de operación de los vehículos y del radio de curvatura. Más allá de que las vías donde se implementa el pavimento con placa huella son vías terciarias donde el volumen de tránsito es bajo y por las condiciones geométricas de la vía las velocidades desarrolladas no pueden llegar a ser muy altas, se puede dar el caso de que en algún tramo se pueda desarrollar una velocidad considerable donde un peralte de 2% no sea capaz de contrarrestar la fuerza centrífuga que actúa sobre el vehículo.
- ❖ La Guía indica que una de las funciones de la berma cunetas es la de servir como estacionamiento temporal de los vehículos, sin embargo, a juicio del autor, debería indicar además que, si se quiere emplear la cuneta como sitio de estacionamiento temporal de un vehículo, esta debe ser diseñada y construida para tal fin, es decir que

la sección transversal de la cunetas debe permitir el estacionamiento del vehículo, además el material en que se construya debe ser capaz de soportar el peso y los esfuerzos que le van a proporcionar los vehículos que transiten por allí.

- ❖ Por último, y para no hacer más extenso este apartado, por parte del autor se sugiere que la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa huella debería proponer un proceso constructivo, de manera tal que se optimice la ejecución de los trabajos en obra y con el cual se asocie cada uno de los conceptos que se presentan en dicha Guía con la ejecución real de los que es la construcción de la placa huella.

De la pasantía realizada por el autor, la cual, como ya se mencionó anteriormente, consistió en el apoyo logístico a la liquidación del contrato de obra de mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura para Santander enmarcado en el contrato plan de la nación con el departamento de Santander Conpes 3775 de 2013, a la cual la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia le realizó la interventoría, se pudo evidenciar una serie anomalías presentes en la ejecución, tanto de los trabajos de obra como de la interventoría. A continuación, se exponen algunas de las anomalías observadas, haciendo claridad que son puntos de vista expresados por el autor del presente documento técnico-teórico y en ningún caso pretenden cuestionar las actividades realizadas por el contratista o por la interventoría.

- ❖ De la revisión de la información, y de las visitas que se pudieron hacer a las diferentes obras, no solamente a la placa huella que fue objeto de investigación del presente trabajo de grado sino a muchas de las obras que se realizaron por parte del contratista las cuales estaban enmarcadas en el contrato de obra, se pudo evidenciar que los materiales empleados por el contratista no cumplían a cabalidad lo exigido en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías, las cuales fueron las especificaciones adoptadas para este proyecto. Lo anterior se menciona debido a que, sin necesidad de haber realizado una auscultación a alguna de las vías que se mejoraron en el marco del contrato de obra, a simple vista se observaron fallas en la estructura del pavimento, esto al poco tiempo de haber dado apertura al tránsito. Además de lo anterior mencionado, en muchos de los tramos donde se realizó mejoramiento a la estructura de pavimento, se evidenció un envejecimiento prematuro de la mezcla asfáltica ya que la mezcla asfáltica que se instaló anteriormente, hace varios años, presenta mejores condiciones de apariencia y funcionalidad en comparación con la mezcla asfáltica instalada por el contratista del proyecto de mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de infraestructura para Santander anteriormente mencionado.
- ❖ Otra de las anomalías observadas en la ejecución del contrato de obra fue el hecho de que se realizó muy poco control a los materiales empleados en la obra, algo que es fundamental en el proceso de aseguramiento de calidad de los trabajos realizados, y, los pocos ensayos de laboratorio realizados, muchas veces no se ceñían a lo indicado en la norma, un ejemplo de ello es lo que se mencionó anteriormente en el numeral 6.2, donde se indica que para el caso de la construcción de la placa huella objeto de investigación del presente trabajo de grado, solo se le realizó ensayos de densidad a la capa de subbase granular, sin embargo, dichos ensayos de densidad no se realizaron en la cantidad exigida en la especificación INVIAS (artículo 320 “Subbase granular”) ni para cada uno de los lotes compactados.

A criterio del autor, para poder ofrecer un producto de calidad a los usuarios de la vía, tanto el contratista como la interventoría deben realizar un trabajo en equipo velando por la estabilidad y funcionalidad de la obra, sin embargo, es deber de la interventoría velar por que los trabajos realizados sean de buena calidad, para ello debe exigirle al contratista que los trabajos realizados cumplan con lo que requieren las especificaciones, y para ello debe exigir que se realicen los ensayos según lo exige la norma y verificar que el resultado de los ensayos se ajuste a lo requerido. Lamentablemente la interventoría que realizó la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia no fue la más adecuada, pues permitió la construcción de obras aun sabiendo que no hubo un buen control de calidad a los materiales, y además de eso recibió obras de las cuales no había garantías de que cumplieran con lo exigido en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías.

- ❖ Quizá uno de los factores más relevantes que denota la falta de ética profesional y de compromiso con la profesión, en este proyecto, es el tiempo de ejecución que lleva tanto el contrato de obra como el contrato de interventoría, pues en el contrato de obra, el cual se inició en el año 2014, tenía un plazo inicial de 36 meses, con lo cual se vencía en el año 2017, sin embargo dicho contrato a tenido un sinfín de prórrogas de manera tal que en este momento, año 2021, aún se están ejecutando obras y el INVIAS junto con la secretaria de Infraestructura del departamento de Santander se han cuestionado en suspender de forma definitiva dicho contrato de obra. De igual forma a sucedido con la interventoría, pues el contrato inicio en el año 2014, con un plazo inicial de 40 meses, con lo cual el contrato vencía en el año 2018, sin embargo, el contrato a tenido un sinfín de prórrogas de manera tal que, en este momento, año 2021, se encuentra vigente y en proceso de liquidación. Lo anterior indica que las cosas no se hicieron de la mejor manera desde el inicio de la obra, que no hubo una supervisión y control adecuado por parte de la interventoría y que desafortunadamente, y como consecuencia de las prórrogas en el tiempo de ejecución de los trabajos, se han generado sobrecostos, los cuales salen del dinero que pagan los colombianos en los impuestos.

7 CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de esta pasantía se logró conocer al detalle la forma en la que se construye un pavimento tipo placa huella para vías terciarias, se identificó plenamente las distintas actividades que se desarrollan en la ejecución de esta obra y los distintos factores que pueden influir en el normal desarrollo de la misma. De igual forma se llegó a la conclusión que el pavimento tipo placa huella se caracteriza por ser una solución relativamente económica, con un proceso constructivo no tan complejo y que da solución a los problemas de movilidad que muchas veces se presentan en las zonas rurales del país.

Dentro de las diferentes funciones que debe realizar la interventoría, una que es muy importante es la liquidación de la obra, con la realización de esta práctica se contribuyó a la liquidación del contrato de obra para el mejoramiento, rehabilitación y pavimentación de la red secundaria para la conectividad regional en el programa estratégico de infraestructura para Santander enmarcado en el contrato plan de la nación con el departamento de Santander Conpes 3775 de 2013, actividad que se debe realizar por parte de la interventoría, la cual se realizó por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia según convenio interadministrativo 918 de 2014 entre la UPTC y el INVIAS, convenio donde se realizó la pasantía.

Con el apoyo logístico que el pasante realizó a la liquidación de la obra, el cual consistió en determinar las cantidades de obra ejecutadas, no solamente en la placa huella de San José de Suaita sino también en la diferentes obras ejecutadas en el marco del contrato de obra, se llegó a la conclusión de que es fundamental llevar una buena organización de cada una de las actas donde se evidencia las cantidades de obra ejecutadas mes a mes, si se tiene una buena organización de dicha información, es mucho más sencillo poder estructurar la liquidación de la obra.

Para poder asegurar un producto de calidad, de buen funcionamiento y perdurable en el tiempo es necesario contratar la interventoría a la obra. En este proyecto se observó que la interventoría debe cumplir con una serie de funciones que permitan cumplir con lo anterior mencionado, dentro de estas funciones están las de; tipo administrativas, técnicas, financieras, y de carácter legal, las cuales sumadas brindan un producto de calidad y con garantías de buen funcionamiento y perdurabilidad en el tiempo. Sin embargo, con la realización de esta práctica se observó que es fundamental que la interventoría permanezca en obra, es solamente allí donde podrá cumplir muy bien cada una de sus funciones y en donde en verdad podrá garantizar que se construya una obra de calidad, la cual satisfaga las necesidades del ente contratante.

Ya culminado el desarrollo del presente documento técnico-teórico se logró estimar un presupuesto del costo de construir un kilómetro (1 km) de placa huella, tanto en el departamento de Santander como en el departamento de Boyacá, este presupuesto es apenas un indicativo de lo que puede llegar a costar construir un kilómetro (1 km) de placa huella pues este valor es demasiado sensible y va a variar dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto. Los precios para cada proyecto en particular deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales de la obra a implementar.

Finalmente de la realización de este trabajo de grado se realizó la redacción de una cartilla donde se muestra el proceso constructivo, las funciones de la interventoría, y el presupuesto estimado de realizar la implementación del pavimento tipo placa huella para el mejoramiento de vías terciarias, dicho documento es una referencia que se quiere entregar para que los futuros Ingenieros en Transporte y Vías tengan una fuente rápida, confiable y resumida de lo que es la construcción de placa huella en vías rurales. De igual forma se quiso incorporar en un solo documento el proceso de construcción y de interventoría a la placa huella, ya que las dos actividades son igual de importantes para obtener un producto de calidad que sea perdurable en el tiempo y que sea un beneficio para los usuarios de la vía.

8 BIBLIOGRAFÍA

Alarcon, R. (2020). *Interventoría de obras viales*. Escuela de Transporte y Vías. (2018). 1–74.

Alcaldía de Tunja. (2018). *Manual de Contratación e Interventoría*. https://alcaldiatunja.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldiatunja/content/files/000010/477_manual-de-contratacion-e-interventoria-2018.pdf.

Bonett, G. (2014). *Guía de Procesos Constructivos de una vía en pavimento flexible*. [Archivo PDF]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12010/GU%C3%8DA%20DE%20PROCESOS%20CONSTRUCTIVOS%20DE%20UNA%20VIA%20EN%20PAVIMENTO%20FLEXIBLE%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Mejoramiento de Vías Terciarias Mediante el uso de Placa Huella. Proyectos TIPO. Soluciones ágiles para un nuevo país*, 1, 44 <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/placahuella/ptplacahuella.pdf>

El Alcazar, Compañías de Consultoría y Construcciones, Vías Alfa EU, & INVIAS. (2016). *Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella* (p. 244).

Gómez, J y Villamizar, J. *Evaluación del costo de una interventoría en el área metropolitana de Bucaramanga*. [Archivo PDF]. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1593/digital_21630.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 210-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 311-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 320-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 500-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 630-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 630-13.*

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículo 661-13.*

- Instituto Nacional de Vías. (2013). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. *Artículo 661-13*.
- Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. 28 de octubre de 1993. D.O. No. 41094.
- Ministerio de transporte. Instituto Nacional de Vías. (2007). *Manual de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*.
- Ministerio de transporte. Instituto Nacional de Vías. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.
- Ministerio de transporte. Instituto Nacional de Vías. (2016). *Manual de interventoría de obras públicas*.
- Ministerio de transporte. (2019). *Transporte en cifras vigencia 2019*. <https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=25357>
- Moyano, A. (2018). Supervisión a la construcción de placa huella y obras de drenaje vial, municipio de Togüí [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Archivo digital. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3100>
- República de Colombia departamento de Boyacá. (2009). *Manual de Interventoría y Supervisión*. <https://es.scribd.com/document/429658757/Manual-Interventoria-y-Supervision-Gobernacion-Boyaca-pdf>.
- Salvador, U. D. E. E. L., Margarita, L., & Granados, M. (2018). Modelación de pavimentos de concreto hidráulico para la obtención de la respuesta estructural del mismo.

9 Anexos

Anexo A. Diseños empleados para la construcción de la placa huella



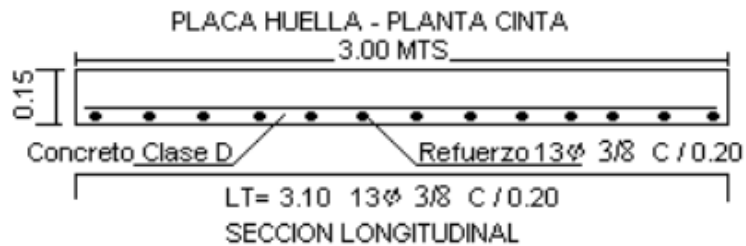
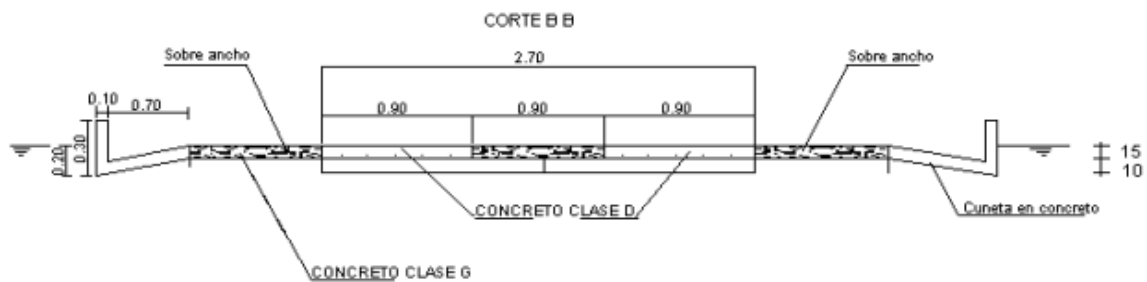
**MINISTERIO DE TRANSPORTE
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**

CARTA DE DISEÑO DE PLACA HUELLAS

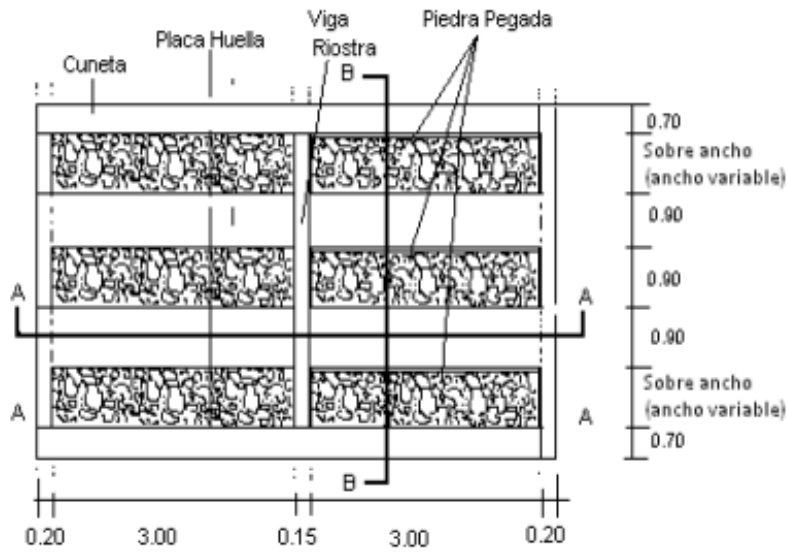
descripcion	espesor (m)	ancho (m)	longitud (m)	volumen (m3)	cantidad	vol total (m3)	vol total (m3)	
placa concreto clase D	0,15	0,9	1	0,14	2	0,28	0,51	concreto clase C - tomar 0,5 por viga de entrada y salida
viga riostra concreto clase D c/3 ml	0,25	0,15	2,7	0,1	0,33	0,03		
cunetas concreto clase D	0,1	1	1	0,1	2	0,2		
placa concreto clase G	0,15	0,9	1	0,14	1	0,14	0,1	concreto clase G
placa concreto clase G sobreaño	0,15	0	1	0	2	0		

ACERO X ML PLACA HUELLA

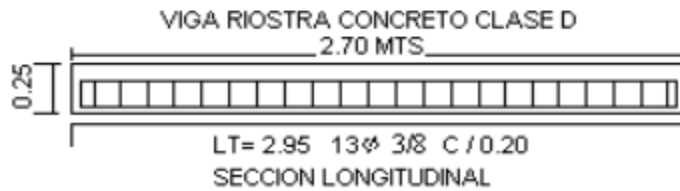
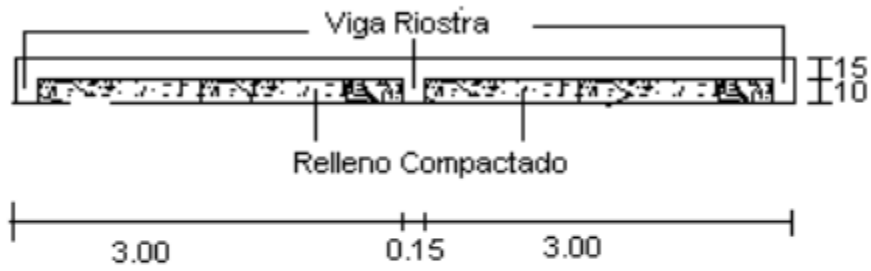
descripcion	diametro nominal	sentido	longitud (m)	cantidad de varillas	Nro de placas	total (ml)	peso Kg/ml	peso total kg
Placa concreto clase D	3/8"	longitudinal	1,05	5,00	2	10,5	0,557	5,8485
Placa concreto clase D	3/8"	transversal	0,9	5,00	2	9	0,557	5,01
Viga riostra concreto clase D c/3 ml	3/8"	longitudinal	2,95	4,0	0,33	3,894	0,557	2,17
Viga riostra concreto clase D c/3 ml	3/8"	flejes	0,7	14,0	0,33	3,234	0,557	1,80
Cuneta	3/8"	transversal	0,9	4,0	2	7,2	0,557	4,01
Cuneta	3/8"	longitudinal	1,05	4,0	2	8,4	0,557	4,68
TOTAL REFUERZO POR ML DE PLACA HUELLA								23,52



CARTA DE DISEÑO DE PLACA HUELLAS





Corte A A





Anexo B. Resultados del ensayo de densidad realizados

Sector 1

	UNIÓN TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT.901.106.381-6						
AREA DE SUELOS							
ENSAYO: DENSIDAD EN EL TERRENO CON CONO Y ARENA INV-E-161-13							
PROYECTO AGROFORESTAL Y ENERGETICO - TRAMO 4							
SECTOR: K0 +000 a K0 + 150							
ORDENADO POR: ING. WILLIAM R. SANCHEZ				ESPECIFICACION REQUERIDA : 95%			
FECHA DE TOMA: DOMINGO, 18 ENERO DE 2018							
DESCRIPCION MATERIAL: SUB-BASE GRANULAR							
Fecha de toma	18/01/2018	18/01/2018					
Costado	IZQ	DER					
Número de ensayo	1	2					
Abscisa	K0 + 120	K0 +020					
Profundidad (cm)	11	11					
Peso del frasco mas arena Inicial grs	6.218	6.203					
Peso del frasco mas arena final grs	3.159	3.000					
Peso arena Usada grs	3.059	3.203					
Peso arena en el cono grs	1.608	1.608					
Peso arena en el hueco grs	1.451	1.595					
Densidad de la arena grs/cc	1,41	1,41					
Volumen del Hueco cc	1.029	1.131					
Peso suelo humedo grs	2.526	2.698					
% de humedad	8,5	4,8					
Densidad humeda g/cc	2,455	2,385					
Densidad seca gr/cc	2,262	2,276					
Densidad max. Laboratorio grs/cc	2,290	2,290					
% de Compactación	98,8%	99,4%					
HUMEDAD	HUMEDOMETRO						
% Humedad (en campo)	8,5	4,8					
OBSERVACIONES _____							
_____ ANDERSON L. ARIZA Labotradorista				 _____ CAROLINA URIBE GARCIA Ing. Control de calidad. Laboratorio			
KM 1 SAN GIL [SANTANDER] TEL. 31525437502							

Sector 4


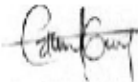
	UNIÓN TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT.901.106.381-6						
AREA DE SUELOS							
ENSAYO: DENSIDAD EN EL TERRENO CON CONO Y ARENA INV-E-161-13							
PROYECTO: AGROFORESTAL Y ENERGETICO – SAN JOSÉ DE SUAITA – LA CASCADA							
SECTOR: K1 + 550 AL K1 + 820							
ORDENADO POR: ING. JULIO PEDROZA				ESPECIFICACION REQUERIDA : 95%			
FECHA DE TOMA: MIÉRCOLES, 1 NOVIEMBRE DE 2017							
DESCRIPCION MATERIAL: SUB-BASE GRANULAR							
Fecha de toma	01/11/2017	01/11/2017	01/11/2017	01/11/2017			
Costado	IZQ	IZQ	IZQ	DER			
Número de ensayo	1	2	3	4			
Abscisa	K1 + 630	K1 + 570	K1 + 640	K1 + 740			
Profundidad (cm)	12	12	12	12			
Peso del frasco mas arena Inicial grs	6.419	6.416	6.365	6.365			
Peso del frasco mas arena final grs	2.907	2.968	2.811	3.012			
Peso arena Usada grs	3.512	3.448	3.554	3.353			
Peso arena en el cono grs	1.608	1.608	1.608	1.608			
Peso arena en el hueco grs	1.904	1.840	1.946	1.745			
Densidad de la arena grs/cc	1,41	1,41	1,41	1,41			
Volumen del Hueco cc	1.350	1.305	1.380	1.238			
Peso suelo humedo grs	3.198	3.142	3.371	3.159			
% de humedad	4,55	5,65	4,70	4,85			
Densidad humeda g/cc	2,360	2,408	2,443	2,553			
Densidad seca gr/cc	2,257	2,279	2,333	2,434			
Densidad max. Laboratorio grs/cc	2,290	2,290	2,290	2,290			
% de Compactación	98,6%	99,5%	101,9%	106,3%			
HUMEDAD		HUMEDOMETRO					
% Humedad (en campo)	4,55	5,65	4,70	4,85			
OBSERVACIONES _____							
ANDEGSON LEANDRO ARIZA PINZON _____ ANDERSON L. ARIZA Labotratorista				 _____ CAROLINA URIBE GARCIA Ing. Control de calidad. Laboratorio			
KM 1 SAN GIL [SANTANDER] TEL. 31525437502							

Anexo C. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto clase D


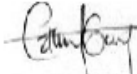
Sector 1

UNION TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT: 901.106.381-6																					
ENSAYO		RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CILINDROS DE CONCRETO																			
PROYECTO		MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LOS CORREDORES VIALES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL PROGRAMA ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD PARA SANTANDER																			
SOLICITANTE :		UPTC. /ING. WILLIAM SANCHEZ																			
SECTOR		TRAMO 4 SAN JOSE DE SUAITA - LA CASCADA																			
DIAMETRO DEL CILINDRO EN cm :		15,2																			
ALTURA DEL CILINDRO EN cm :		30,3																			
CONSTANTE DEL CEMENTO		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1,16</td> <td style="width: 50%;">V= 5498</td> </tr> <tr> <td>6,9</td> <td>A= 181,5</td> </tr> </table>																1,16	V= 5498	6,9	A= 181,5
1,16	V= 5498																				
6,9	A= 181,5																				
No. Cilind	Fecha de fraguado	Fecha de rotura	Tiempo de fraguado	Tipo de mezcla (PSI)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Carga (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION								% de resistencia	Criterios de aceptación	LOCALIZACION			
								3 dias		7 dias		14 dias		Prob 28 dias							
								Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI						
1024	18/01/2018	25/01/2018	7	3000	12853	2,34	413,31			227,77	3253,87					108%	Cumple	PLACA HUELLA CLASE D K0 +115			
1025	18/01/2018	1/02/2018	14	3000	13281	2,42	427,93					235,83	3368,97			112%	Cumple				
1026	18/01/2018	15/02/2018	28	3000	13111	2,38	435,28							239,88	3426,83	114%	Cumple				
1028	22/01/2018	29/01/2018	7	3000	12790	2,33	224,59			123,77	1768,13					59%	Bajo	PLACA HUELLA CLASE D K0+ 100			
1029	22/01/2018	5/02/2018	14	3000	13230	2,41	344,27					189,72	2710,34			90%	Cumple				
1030	22/01/2018	19/02/2018	28	3000	13007	2,37	410,64							226,30	3232,85	108%	Cumple				
1032	29/01/2018	5/02/2018	7	3000	12644	2,30	301,45			166,13	2373,23					79%	Cumple	PLACA HUELLA CLASE D K0 + 030 (HUELLA)			
1033	29/01/2018	12/02/2018	14	3000	12613	2,29	347,67					191,60	2737,1			91%	Cumple				
1034	29/01/2018	26/02/2018	28	3000	12668	2,30	412,28							227,20	3245,76	108%	Cumple				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>ANDERSON LEONARDO ARIZA PINZON</p> <p>ANDERSON LARIZA P</p> <p>Laboratorista</p> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>CAROLINA URIBE GARCIA</p> <p>Ing. Control de calidad. Laboratorio</p> </td> </tr> </table>																		<p>ANDERSON LEONARDO ARIZA PINZON</p> <p>ANDERSON LARIZA P</p> <p>Laboratorista</p>	<p>CAROLINA URIBE GARCIA</p> <p>Ing. Control de calidad. Laboratorio</p>		
<p>ANDERSON LEONARDO ARIZA PINZON</p> <p>ANDERSON LARIZA P</p> <p>Laboratorista</p>	<p>CAROLINA URIBE GARCIA</p> <p>Ing. Control de calidad. Laboratorio</p>																				
KM 1 SAN GIL [SANTANDER] TEL. 3152543750																					

Sector 2

		UNION TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT: 901.106.381-6																			
ENSAYO		RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CILINDROS DE CONCRETO																			
PROYECTO		MEJORAMIENTO, REHABILITACION Y PAVIMENTACION DE LOS CORREDORES VIALES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL PROGRAMA ESTRATEGICO DE INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD PARA SANTANDER																			
SOLICITANTE :		UPTC. /ING. WILLIAM SANCHEZ																			
SECTOR		TRAMO 4 SAN JOSE DE SUAITA - LA CASCADA																			
DIAMETRO DEL CILINDRO EN cm :						15,2															
ALTURA DEL CILINDRO EN cm :						30,3		HOJA No.													
CONSTANTE DEL CEMENTO						1,18				V= 5498											
						6,9				A= 181,5											
No. Cilind	Fecha de fraguado	Fecha de rotura	Tiempo de fraguado	Tipo de mezcla (PSI)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm ³)	Carga (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION								% de resistencia	Criterios de aceptación	LOCALIZACION			
								3 días		7 días		14 días		Prob 28 días							
								Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI	Kg/cm ²	PSI						
1022	10/12/2017	7/01/2018	28	3000	13664	2,47	420,16									231,55	3307,8	110%	Cumple	PLACA HUELLA SECTOR 2 (CUNETAS) K1+131 al K1+170	
Observaciones. Cilindros traídos al laboratorio																					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ANDERSON LEANDRO ARIAZA PINZON</p> <p>ANDERSON LARIZA P</p> <p>Laboratorista</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CAROLINA URIBE GARCIA</p> <p>Ing. Control de calidad. Laboratorio</p> </div> </div>																					
KM 1 SAN GIL [SANTANDER] TEL. 3152543750																					

Sector 3

		UNION TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT: 901.106.381-6																
ENSAYO		RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CILINDROS DE CONCRETO																
PROYECTO		MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LOS CORREDORES VIALES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL PROGRAMA ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD PARA SANTANDER																
SOLICITANTE :		UPTC. /ING. WILLIAM SANCHEZ																
SECTOR		CORREDOR VIAL AGROFORESTAL Y ENERGETICO TRAMO 4 SAN JOSE DE SUAITA - LA CASCADA																
DIAMETRO DEL CILINDRO EN cm :						15,2												
ALTURA DEL CILINDRO EN cm :						30,3		HOJA No.										
CONSTANTE DEL CEMENTO						1,16				V= 5498								
						6,9				A= 181,5								
No. Cilind	Fecha de fraguado	Fecha de rotura	Tiempo de fraguado	Tipo de mezcla (PSI)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Carga (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION								Criterios de aceptación	LOCALIZACION	
								3 dias		7 dias		14 dias		Prob 28 dias				% de resistencia
								Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI			
1004	29/11/2017	6/12/2017	7	3000	13251	2,41	286,52			157,90	2255,69					75%	Cumple	PLACA HUELLA SECTOR 3 K1+192 al K1+362
1005	29/11/2017	13/12/2017	14	3000	13554	2,47	360,41					198,62	2837,4			95%	Cumple	
1006	29/11/2017	27/12/2017	28	3000	13407	2,44	404,73							223,04	3186,32	108%	Cumple	
1008	30/11/2017	7/12/2017	7	3000	13456	2,45	305,86			168,56	2407,95					80%	Cumple	PLACA HUELLA SECTOR 3 K1+192 al K1+362
1009	30/11/2017	14/12/2017	14	3000	13508	2,46	363,97					200,58	2865,43			96%	Cumple	
1010	30/11/2017	28/12/2017	28	3000	13556	2,47	410,16							226,03	3229,07	108%	Cumple	
Observaciones. Cilindros traídos al laboratorio																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>ANDERSON LEANDRO ARIZA PINZON</p> <p>ANDERSON L ARIZA P</p> <p>Laboratorista</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;">  <p>CAROLINA URIBE GARCIA</p> <p>Ing. Control de calidad. Laboratorio</p> </div> </div>																		
KM 1 SAN GIL [SANTANDER] TEL. 3152543750																		

Sector 4

UNION TEMPORAL VIAS SANTANDER NIT: 901.106.381-6																										
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CILINDROS DE CONCRETO																										
PROYECTO																										
MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LOS CORREDORES VIALES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL EN EL PROGRAMA ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD PARA SANTANDER																										
SOLICITANTE :																										
UPTC. /ING. WILLIAM SANCHEZ																										
SECTOR																										
CORREDOR VIAL AGROFORESTAL Y ENERGETICO- GAMBITA - TRAMO 4 SAN JOSE DE SUAITA - LA CASCADA																										
DIAMETRO DEL CILINDRO EN cm :																										
15,2																										
ALTURA DEL CILINDRO EN cm :																										
30,3																										
HOJA No.																										
V= 5498																										
A= 181,5																										
RESISTENCIA A LA COMPRESION																										
No. Cilind	Fecha de fraguado	Fecha de rotura	Tiempo de fraguado	Tipo de mezcla (PSI)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Carga (KN)	3 días				7 días				14 días				Prob 28 días				% de resistencia	Criterios de aceptación	LOCALIZACION
								Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI	Kg/cm2	PSI					
986	1/11/2017	15/11/2017	14	3000	13167	2,39	346,92									191,18	2731,20					91%	Cumple	Placa huella sector 4 K1+550 al K1+821		
988	1/11/2017	29/11/2017	28	3000	13190	2,40	408,66											225,21	3217,26			107%	Cumple			
998	17/11/2017	1/12/2017	14	3000	13799	2,51	415,34									228,89	3269,85					109%	Cumple	Placa huella sector 4 K1+550 al K1+821		
999	17/11/2017	15/12/2017	28	3000	13723	2,50	419,13											230,98	3299,69			110%	Cumple			

Observaciones. Cilindros traídos al laboratorio

Anderson Leandro Ariza Pinzon
ANDERSON LARIZA P
Laboratorista

Carolina Uribe Garcia
CAROLINA URIBE GARCIA
Ing. Control de calidad. Laboratorio

KM 1 SAN GIL (SANTANDER) TEL. 3152543750

Anexo D. Cartilla "Construcción e Interventoría a la Placa Huella"

[CARTILLA CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA A LA PLACA
HUELLA.pdf](#)