



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

PAVIMENTACIÓN DE VÍAS Terciarias con el sistema constructivo PLACA HUELLA.

Paula Andrea Córdoba Valencia.

Ingeniería civil

Sebastián Sepúlveda Cano
Asesor interno

Luis Alberto Correa Ossa
Asesor externo

8 de febrero de 2019



1 Resumen.

El sector rural del Departamento de Antioquia presenta baja productividad y competitividad, a causa de la falta de inversión y mantenimiento de la infraestructura vial terciaria. De tal manera en el periodo 2016-2019, del actual Gobierno de Luis Pérez Gutiérrez, se ha impulsado el mejoramiento de la red vial terciarias a través de la pavimentación con placa huella o material granular tratado con cemento. En este caso, se presentan 3 modelos de placa huella, los cuales se ajustan a las condiciones actuales de Municipios seleccionados del Nordeste Antioqueño. Con el fin de mostrar una alternativa económicamente viable para ejecutar por las administraciones Municipales.

2 Introducción

El plan de desarrollo 2016-2019 Antioquia piensa en grande del gobierno de Luis Pérez, busca mejorar la infraestructura vial terciaria del departamento por medio de la implementación de placa huella o material granular tratado con cemento. Esto con el fin de facilitar el transporte, acceso a los servicios y la calidad de vida de los habitantes de sus nueve subregiones en un total de 125 municipios. Esto generando, consecuentemente un fortalecimiento de las vías terciarias que impulsa el desarrollo de la economía rural, integra y conecta los municipios, y dignifica la vida en el campo.

Actualmente, el Departamento de Antioquia cuenta con una red vial terciaria poco productiva y poco competente. Lo anterior debido al estado precario de la infraestructura vial del sector rural, por lo cual la inversión en dichas zonas se ha incrementado notablemente en el último periodo de gobierno. De esta manera, en relación con el contexto y la urgente necesidad de generar conexiones, se ha percibido que el modelo de placa huella es el más utilizado para la pavimentación de las vías terciarias de los diferentes municipios. De esta manera, con este sistema estructural se pretende mejorar las condiciones de transitabilidad de la red vial terciaria de las 9 subregiones en las que se encuentra dividido el departamento de Antioquia.

Actualmente, el diseño de pavimento por medio del sistema de tipo placa huella se encuentra en el INVÍAS, y es el modelo de referencia para las vías terciarias del departamento de Antioquia. Sin embargo, las condiciones topográficas y el nivel del tránsito dentro de cada una de las 9 subregiones es variable. Con el presente trabajo se pretende mostrar una serie de modelos que se acomoden a las variaciones de las condiciones particulares de uno de los municipios del departamento. Se busca que los modelos se ajusten a cada una de las zonas a abordar, y a los presupuestos

tanto de la gobernación, como del municipio en cuestión. El análisis se lleva a cabo mediante la información existente del tipo de vehículos que transitan en la zona y la topografía del terreno

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Analizar la pavimentación en placa huella de la red vial terciaria de algunos municipios que conforman la subregión Nordeste del departamento de Antioquia.

3.1.1 Objetivos específicos

- Identificar la sección y el tránsito vehicular de las vías terciarias de algunos municipios de la subregión Nordeste del departamento de Antioquia.
- Definir tipo de pavimento de placa huella para las vías terciarias de algunos municipios del Nordeste de Antioquia.
- Estimar el presupuesto a invertir en la construcción de placa huella en los municipios seleccionados del Nordeste de Antioquia.

4 Marco Teórico

El departamento de Antioquia está ubicado al Nordeste de Colombia y cuenta con un relieve variado, representado por zonas onduladas y una significativa extensión de área montañosa. Además, el departamento se encuentra organizado en 125 municipios, divididos en 9 subregiones (Urabá, Oriente, Suroeste, Bajo Cauca, Occidente, Magdalena Medio, Nordeste, Norte y Área Metropolitana), como se muestra en la Ilustración 1.



Ilustración 1. Subregiones del departamento de Antioquia. **Fuente:** Gobernación de Antioquia Piensa en Grande. (S.F). Gobernación de Antioquia. Recuperado de <http://www.antioquia.gov.co>.

Por otro lado, La red vial del Departamento de Antioquia corresponde a 18.017 Km en 2.718 vías y está compuesta por vías de primer, segundo y tercer orden. Es de resaltar que la categorización de las vías previamente mencionadas se implementa de acuerdo con su administración y mantenimiento, funcionalidad o competencia. Es de acuerdo a esta clasificación, que la red vial terciaria o vías de tercer orden se reconocen como aquellas que comunican dos o más veredas o las cabeceras municipales, y pueden catalogarse como vías de carácter veredal o vías urbanas (Gobernación de Antioquia, 2016). La red vial terciaria Antioqueña inventariada corresponde a 11.603,9 Km de vía, como se muestra en la Ilustración 2.

De tal manera, el mantenimiento y ejecución de esta red vial terciaria hacen parte en su mayoría de la administración municipal, y la intervención económica de los agentes responsables ha sido poca. Debido a que generalmente los recursos para los municipios no son los suficientes para suplir todas las necesidades. Consecuentemente se ha generado entonces que aproximadamente el 65% de estas vías cuenten con un estado deficiente o precario. Por tales motivos el Gobierno de Luis Pérez (2016-2019) decidió apoyar los municipios con recursos económicos o suministro de materiales, en este caso cemento gris tipo Portland I, con el fin de incrementar el mejoramiento de dicha red vial (Gobernación de Antioquia, 2016)

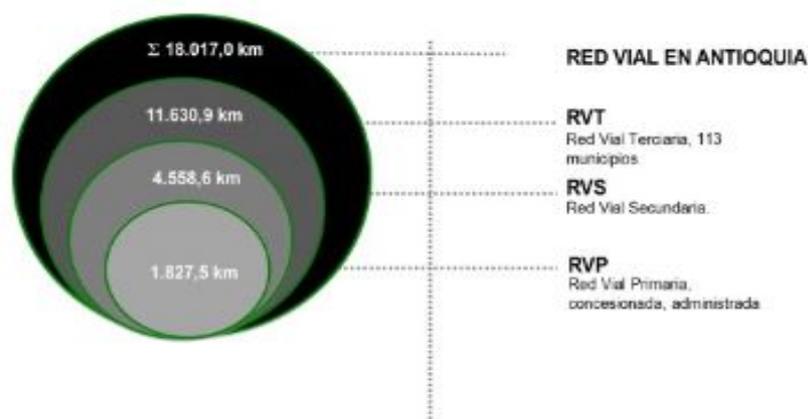


Ilustración 2 .Red vial del departamento de Antioquia .Fuente: Gobernación de Antioquia- Secretaría de Infraestructura Física. (2015). Circular 9: Inventario de la Red Vial en el Departamento de Antioquia. Recuperado de: <http://bit.ly/2A8eXsS>

Para llevar a cabo el proceso de pavimentación de las vías terciarias de los municipios de Antioquia se ha implementado el modelo de placa huella como alternativa principal para generar un mejoramiento a la superficie de rodadura vehicular. A continuación se describe el modelo de placa huella utilizada actualmente.

4.1 Placa huella.

El instituto nacional de vías (INVÍAS) define la placa huella como un sistema de pavimentación para vías de carácter veredal, es decir aquellas que dentro de la caracterización jerárquica de la red nacional de Colombia se encuentran catalogadas como vías de tercer orden, con volumen de tránsito bajo.

La placa huella consiste en la pavimentación de dos placas fabricadas en concreto reforzado, por la cual circulan las ruedas de los vehículos y una entre-placa (la separación entre placas) construida en concreto ciclópeo. Como elementos adicionales, se construyen los sobreeanchos fabricados en concreto ciclópeo, adicionalmente el manejo de aguas superficiales se hace a través de las cunetas y bermas, las cuales se fabrican en concreto reforzado. En la Tabla 1 se muestran las especificaciones presentadas por el INVÍAS, para cada elemento de la vía (INVÍAS, 2015).

Tabla 1 Elementos de la placa huella.

Elemento	Descripción	Dimensiones
Placa Huella	Losa de concreto reforzado con acero transversal y longitudinal. Su función es soportar la carga vehicular que transita en la zona.	-Ancho de la entreplaca: 0.9m -Espesor de placa: 0.15m -Refuerzo longitudinal: varilla número 4 cada 0.15m (1#4 @ 0.15). La longitud de traslapo es mínimamente 0.6m. -Refuerzo transversal: varillas Número 2, cada 0.3m (1#2@0.3)
Riostra	Viga transversal de concreto reforzado, en la cual el acero de refuerzo se entrecruza con el acero de la placa huella. Además, dicho elemento tiene como finalidad dar mayor confinamiento a los elementos del pavimento.	-Ancho de la riostra: 0.2m. -Longitud de la riostra: es variable y depende de la sección transversal de la vía, sin embargo va desde la placa huella derecha a la izquierda.
Concreto ciclópeo	Se compone de una mezcla de concreto simple y roca de tamaño máximo igual a 10". Su función es disminuir costos de construcción al canalizar el tránsito vehicular por las entreplacas.	-Espesor de la capa: 0.15m. -Ancho: 0.9m -60% de concreto simple y 40% de piedra.
Berma-Cuneta y Bordillo	Son elementos construidos en concreto reforzado, y sirven para el drenaje superficial. Su función es servir como franja de estacionamiento temporal, y la recolección y distribución de aguas lluvia.	Su espesor es variable, y dependerá de la sección transversal de la vía. Puede ocurrir que en ocasiones no haya capacidad de construir la berma.

El instituto Nacional de Vías (INVÍAS), recomienda no alterar la geometría de la vía y seguir el modelo definido en la sección transversal y corte longitudinal mostrados en la Ilustración 3 e Ilustración 4, respectivamente. Se presenta entonces el diseño estructural de placa huellas aprobado por el INVÍAS, como modelo para la construcción de la misma. Sin embargo, Cabe resaltar que las condiciones de las vías son típicamente variables y en ocasiones la sección transversal se hace tan angosta que no existe la posibilidad de cumplir con el diseño de la vía exigido por el INVÍAS. A causa de esto se opta por no construir sobreanchos y únicamente dejar la placa huella, la entreplaca y las cunetas o si existe la posibilidad, hacer bermacuneta, es decir dejar a cada lado de la vía una pequeña sección en concreto reforzado, la cual finaliza como cuneta.

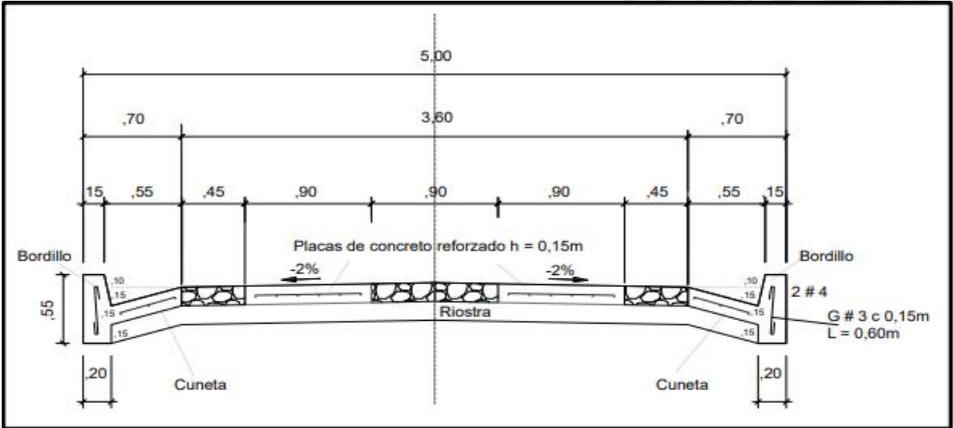


Ilustración 3 Sección Transversal. **Fuente:** Instituto Nacional de Vías. (2015). *Guía de diseño de pavimentos de placa huella*. Obtenido de <http://bit.ly/2EDI2RP>.

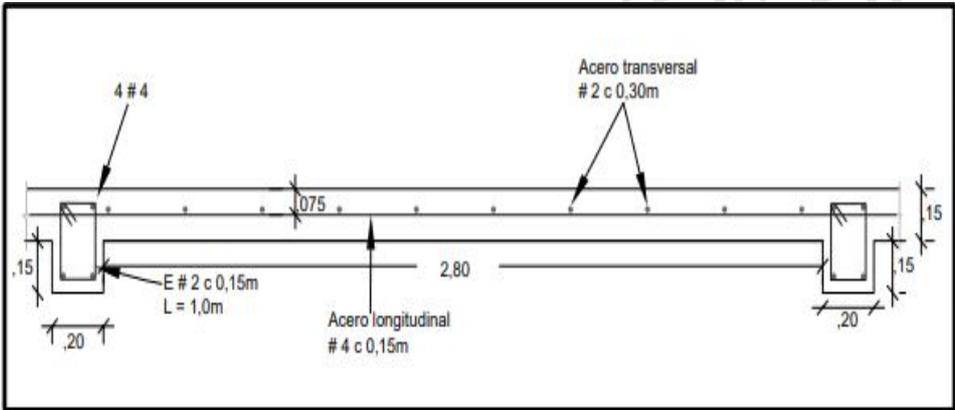


Ilustración 4. Corte longitudinal. **Fuente:** Instituto Nacional de Vías. (2015). *Guía de diseño de pavimentos de placa huella*. Obtenido de <http://bit.ly/2EDI2RP>.

Por otro lado, este diseño de placa huella, permite el tránsito de vehículos de transporte de carga tipo C2 y C3. Los cuales en el territorio nacional, de acuerdo a la configuración de sus ejes corresponden a camiones de dos ejes sencillos, nombrado como C2 y Camión de tres ejes-dobletroque nombrado como C3. Mostrados en la Ilustración 6 e Ilustración 5, respectivamente. Estos vehículos corresponden a los camiones admitidos por el INVÍAS, como tránsito regular de las vías terciarias.

De tal manera el Instituto de Diseño (INVÍAS) recomienda una resistencia a la resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (a los 28 días) y una resistencia a la fluencia mínima en el acero entre $4200\text{Kg/cm}^2 \leq f_y \leq 5200\text{Kg/cm}^2$. Las cuales permiten garantizar resistencia en el pavimento, por la acción de las cargas sobre la vía. Por otro lado, como criterio de diseño de la placa huella se debe tener presente los parámetros del clima, en este caso las precipitaciones y la temperatura. Aunque no son muy significativos se pueden ver reflejados en los esfuerzos de alabeo en el concreto. Adicionalmente su estudio tendrá gran incidencia en la correcta adecuación de las obras de drenaje.

En consecuencia, El diseño de placa huella presentado por el INVÍAS, pretende garantizar que si en un período de 20 o más años transitan por la vía vehículos C3, el pavimento cumpla con las especificaciones geométricas y la resistencia adecuada. De tal manera, la guía de diseño para placa huella fue implementada con base a las particularidades presentadas a nivel nacional. Sin embargo, es importante que se consideren dichas cargas a la hora de diseñar una placa huella, ya que son considerablemente altas para una el flujo vehicular que frecuenta una vía terciaria. Además lo que se busca con la placa huella es diseñar en concreto reforzado una alternativa más económica.

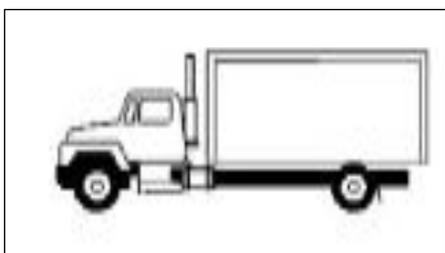


Ilustración 6 Camión de tres ejes (C3). **Fuente:** Clasificación vehicular del MTI. (S.F). Recuperado de <http://bit.ly/2SX2mQ7>



Ilustración 5 Camión de dos ejes (C2). **Fuente:** Clasificación vehicular del MTI (S.F). Recuperado de <http://bit.ly/2SX2mQ7>

4.1.1 Proceso constructivo de la placa huella.

El proceso constructivo de la placa huella comienza con la localización topográfica del proyecto y el debido cerramiento de la vía. Antes de realizar la ejecución física de las obras, se debe hacer un acondicionamiento de la superficie, donde se realiza demolición de obras existentes, rellenos o excavaciones en caso de que apliquen.

Seguido a esto para la construcción de las placas se deben colocar las formaletas y el acero de refuerzo, para luego realizar el vaciado del concreto en ambas placas de manera simultánea, iniciado y terminando con el vaciado en las viga riostras y colocación de la piedra en el entreterriel. Finalmente se realizan las obras de drenaje superficial como bermas y/o cunetas. En la Ilustración 7 se observa como se lleva a cabo el proceso constructivo.



Ilustración 7 Proceso constructivo de la placa huella.

5 Metodología

Para llevar a cabo los objetivos planteados, se requiere en primera instancia recolectar información para conocer el estado del arte del modelo de placa huella presentado por el INVÍAS. Es decir, analizar las dimensiones de la sección transversal, el refuerzo a utilizar y la resistencia del concreto, según el tránsito vehicular. Esto con el fin de seguir las especificaciones realizadas por el INVÍAS y asegurar la correcta ejecución del proyecto.

Seguido a esto se estudian las subregiones de Antioquia. En este caso se busca información relevante acerca de la economía, geografía, población y estado actual de las vías terciarias de las diversas subregiones del Departamento. Esto con el fin de seleccionar la subregión a estudiar. De acuerdo a la subregión seleccionada, se realiza un estudio de los municipios que la componen, basado en aspectos sociales (población beneficiada y necesidades de los habitantes), topografía y tránsito vehicular. Esto con el fin de seleccionar los municipios para el estudio.

Paso siguiente, a cada municipio se le estudian las características topográficas del terreno, con el fin de conocer el alineamiento horizontal y vertical de la zona. Adicionalmente se espera conocer el tipo de vehículos que frecuentan las vías y el estado actual de las mismas. Con el fin de priorizar las zonas que requieren intervención. A partir de la información recolectada, se realizan 3 diseños generales. Correspondientes a posibles condiciones que se pueden encontrar en las vías. De tal manera se adecuan estos diseños a las vías seleccionadas para cada municipio.

Finalmente, se estima el presupuesto requerido para llevar a cabo la elaboración de las placa huellas en cada municipio. Esto se realiza estimando las cantidades de obra que se requieren para el concreto simple, ciclópeo y el acero de refuerzo. Adicionalmente se estima un gasto aproximados de obras extras o preliminares y mano de obra y gastos por AU del 25%. Cabe resaltar que para las cantidades del acero de refuerzo se utilizan las especificaciones que asigna el INVÍAS. El presupuesto se estima con el fin de establecer la viabilidad de ejecución de la placa huella y el beneficio que podría tener para las administraciones municipales.

6 Resultados.

Se seleccionan 4 municipios de la subregión Nordeste del Departamento de Antioquia, con el fin de estudiar algunas de sus vías y acondicionar el modelo más adecuado, según la sección transversal o las necesidades de la vía.

El nordeste Antioqueño, es una subregión del departamento de Antioquia, en sus 8.544 km² se posan municipios como Amalfi, Anorí, Cisneros, Remedios, San Roque, Santo Domingo, Segovia, Vegachí, Yalí y Yolombó. Además, las actividades principalmente desarrolladas dentro de la subregión son la minería y la agricultura, y adicionalmente es la segunda subregión productora de oro en el país y presenta una alta riqueza hídrica y en fauna y flora.

6.1 Municipio de Yolombó.

El municipio de Yolombó se encuentra ubicado al Nordeste del departamento de Antioquia y cuenta con 941 km², de los cuales 938 km² son extensión rural y únicamente 3Km² hacen parte del área urbana. Yolombó se ubica a 1.450 m.s.n.m, con una temperatura entre los 16°C -28°C y cuenta con 23.958 habitantes, de los cuales 16.742 hacen parte de la población rural. Las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura, además del cacao y el oro que se realizan en menor proporción (Alcaldía de Yolombó, S.F).

Asimismo, el municipio de Yolombó cuenta con 3 corregimientos: El Rubí, La Floresta y Villa Nueva, y 85 Veredas. El municipio tiene 22 vías terciarias, las cuales están a cargo casi en su totalidad por el municipio, excepto 3 vías que hacen parte de la administración de INVÍAS. En el municipio de Yolombó se selecciona para el análisis la vía terciaria: La Gergona, la cual cuenta con 15.6Km de longitud. A continuación en la Ilustración 8, se muestra la ubicación de la vía a estudiar.



Ilustración 8 Vía La Gergona en el municipio de Yolombó

6.2 Municipio de Yalí.

El municipio de Yalí se ubica al Nordeste del Departamento Antioquia y cuenta con 477 Km², donde residen 8.318 habitantes, de los cuales 5.128 pertenecen a la población rural. Yalí se ubica a 1250 m.s.n.m, el clima es templado, aproximadamente de 23°C. Las principales actividades económicas son la caña de azúcar, ganadería y oro. El municipio de Yalí está conformado por 26 veredas y 15 vías terciarias, las cuales pertenecen a la administración municipal (Alcaldía de Yalí, S.F).

En el municipio de Yalí se seleccionan para el análisis las vías terciarias La Villanita y El Placer, esta última es un tramo de una vía veredal de gran longitud. En la Ilustración 9, se muestran las vías seleccionadas.

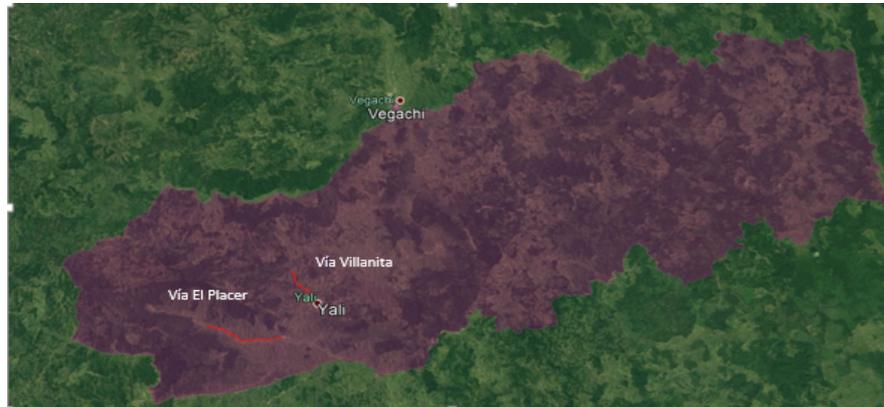


Ilustración 9 Vías terciarias del municipio de Yalí.

6.3 Municipio de Cisneros

El municipio de Cisneros se encuentra localizado en la subregión del Nordeste del Departamento de Antioquia, limita con los municipios de Yolombó y Santo Domingo y cuenta con 46Km², donde habitan 9.247 habitantes, donde prima la población urbana con 7.586 habitantes. Su clima es cálido, aproximadamente 24°C y las principales actividades económicas son: la ganadería, la caña y el comercio. El municipio tiene 15 veredas y 1 corregimiento (Alcaldía de Cisneros, S.F). Para el municipio de Cisneros se selecciona la vía terciaria Sabanalarga para ser estudiada, en la Ilustración 10 se muestra la vía.



Ilustración 10 Vías terciarias del municipio de Cisneros

6.4 Municipio de Anorí

El municipio de Anorí se encuentra ubicado en la cordillera central de los Andes, al nordeste del Departamento de Antioquia y a una altura de 1.535 m.s.n.m. Anorí cuenta con 1.447 Km², donde prima la población rural (10.323 habitantes) y en menor porcentaje se encuentra la población en zonas urbanas (6763 habitantes). Las principales actividades económicas han sido la explotación acuífera y el oro. Sin embargo en los últimos años han tomado fuerza la ganadería y la agricultura, especialmente la producción de panela, café y cacao.

El municipio cuenta con 51 veredas y un corregimiento (Alcaldía de Anorí, S.F). Para el municipio de Anorí se selecciona la vía terciaria Dos Bocas, mostrada en la Ilustración 11.



Ilustración 11 Vía terciaria del municipio de Anorí.

6.5 Alternativa para placa huella.

El modelo de placa huella presentado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), es un modelo de referencia para quienes se encargan de realizar diseños de pavimentos. Sin embargo las condiciones de la vía son variables y las necesidades en el departamento Antioqueño en cuanto al tránsito vehicular, generalmente son menores a las establecidas por el INVÍAS. Adicionalmente el presupuesto del municipio para llevar a cabo a estos proyectos es poco, por lo cual optan en buscar la alternativa más económica, que se adapte a sus posibilidades y requerimientos.

Para los Municipios se estudian varias alternativas de placa huella, de acuerdo a las secciones transversales de la vía y el tránsito vehicular que transita en la zona. Cabe resaltar que las secciones transversales del Departamento de Antioquia en su mayoría fueron diseñadas de 5m de ancho. Sin embargo esta dimensión puede variar a causa de posibles cambios en la sección de la banca, ocasionados por

daños o derrumbes que hacen más angostas sus dimensiones o simplemente para la época se hicieron secciones transversales de menor dimensión.

Adicionalmente las vías terciarias existentes se trazaron de acuerdo a las necesidades del momento y con su correspondiente visión al futuro. Cabe resaltar que los modelos realizados se hicieron con base a las especificaciones requeridas por el INVÍAS para el acero, el concreto y los espesores de capa. Sin embargo a criterio del constructor o ingeniero encargado se pueden realizar cambios en las especificaciones técnicas utilizadas, siempre y cuando se cumpla con las especificaciones mínimas requeridas. En consecuencia, se plantean las siguientes alternativas.

6.5.1 Alternativa 1.

Se diseña una placa huella apta para secciones transversales pequeñas, donde el ancho de la vía solo permite la posibilidad de construir la placa huella y cunetas a ambos lados de la vía. La sección de la vía oscila entre los 3,4m -3,9m. Las dimensiones de cada riel y el enterreriel será constante, de 0.9m. Por el contrario la dimensión de la cuneta será variable entre los 0,4m- 0,6m y dependerá de la sección de la vía. Las cuentas y los rieles van en concreto reforzado y la entreplaca en concreto ciclópeo, el espesor de la losa es de 0,15m.

Según este tipo de diseño de placa huella, el flujo vehicular es muy bajo, además los vehículos que transitan por esta vía son en su mayoría livianos, con muy baja presencia de camiones de dos ejes (C2). Cabe resaltar que las especificaciones en cuanto a resistencia del acero y del concreto se siguen como explica el INVÍAS.

En la Ilustración 12 se muestra el modelo para placa huella.

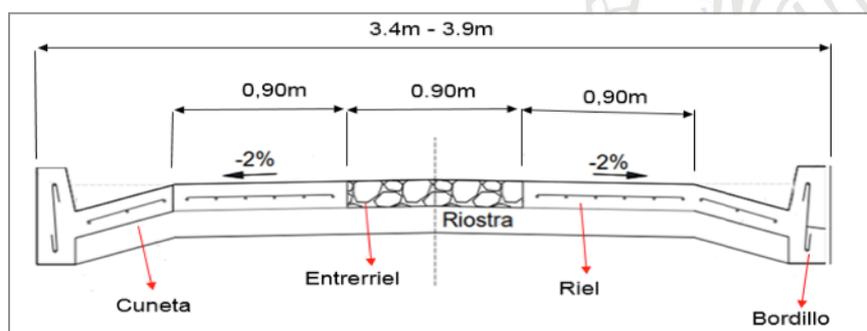


Ilustración 12 Alternativa 1 para diseño de placa huella.

6.5.2 Alternativa 2

Se diseña una placa huella ideal para secciones transversales medias, donde el ancho de la vía varía entre 4.0m-4.3m. Esta sección permite la construcción de dos rieles en concreto reforzado, cada uno de 0.9m, un entreriel en concreto ciclópeo de 0.9m y berma-Cuneta a ambos lados en concreto reforzado y de ancho variable entre 0.7m-0.85m. En ocasiones se finaliza con bordillo a cada lado exterior de la vía. La berma cuneta permite la adecuada evacuación de las aguas de lluvias y a su vez facilita el tránsito de vehículos en ambos sentidos.

Para este modelo el flujo vehicular estimado es bajo, con prevalencia de vehículos livianos y una minoría de camiones tipo C2. De tal manera cabe resaltar que el modelo debe cumplir con las especificaciones de resistencia del acero y del concreto, para garantizar la durabilidad y estado óptimo de la vía. Se presenta una alternativa para placa huella en la Ilustración 13.

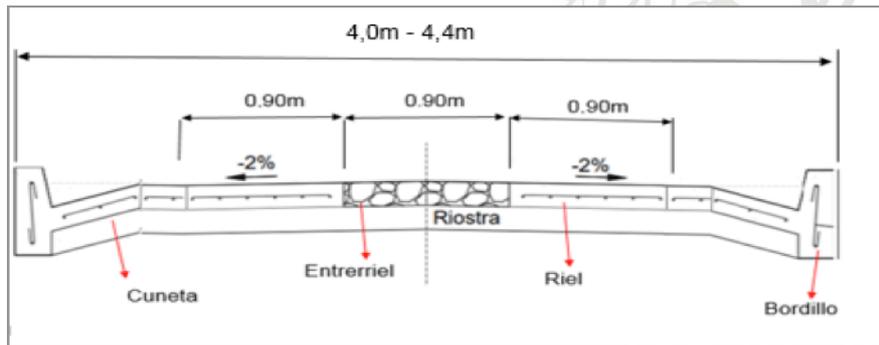


Ilustración 13 Alternativa 2 para diseño de placa huella.

6.5.3 Alternativa 3.

Se diseña una placa huella para secciones transversales de mayor amplitud, con ancho de vía entre 4.5-6m, donde la vía permite la construcción de la placa huella (riel y entreriel), con sobrecanchos y cuentas a ambos lados. Los rieles con ancho de 0.9m, cada uno, en concreto reforzado, las cunetas de 0.5m-0.75m también en concreto reforzado, el entreriel con 0.9 m de ancho en concreto ciclópeo, al igual que los sobrecanchos, pero su dimensión puede variar de acuerdo a la capacidad de vía, entre los 0.4m-0.9m La resistencia a la compresión del concreto mínima de $f'c$: 210kg/cm² y espesor de la losa de 0.15m, según diseño del INVÍAS

El flujo vehicular para estas vías sigue siendo bajo, con alta frecuencia de vehículos livianos, y en menor proporción pero más significativo, el tránsito de camiones tipo C2 y algunos Tipo C3. En la Ilustración 14, se presenta la alternativa 3 para placa huella.

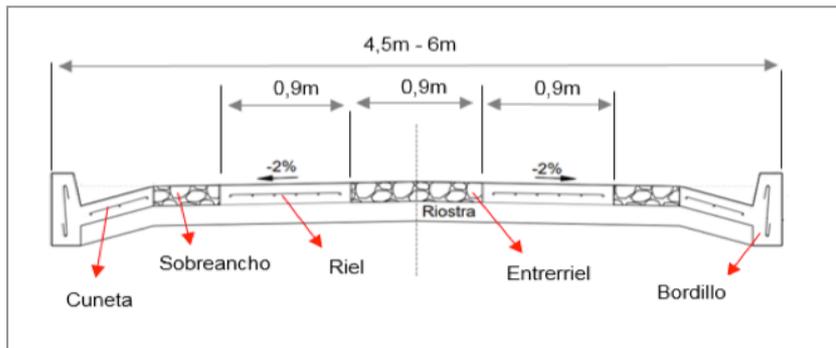


Ilustración 14 Alternativa 3 de diseño para placa huella

6.6 Selección de la alternativa más viable para placa huella

Para cada una de las vías terciarias seleccionadas en los diferentes municipios de la subregión Nordeste del Departamento de Antioquia, se estudian las alternativas de diseño de la placa huella y se determina cual la más viable, de acuerdo a las condiciones particulares de la vía. Cabe resaltar que las alternativas seleccionadas pretenden seguir las especificaciones presentadas por el INVÍAS para el acero y el concreto.

Vía La Gergona, Yolombó.	
	<p>-Ancho de la vía: 4.8m</p> <p>-Estado de la vía: En afirmado.</p> <p>-Descripción: La vía mostrada en la Ilustración 15 conduce a la vereda La Gergona con código 57327 y hace parte de la Red Vial Terciaria a cargo del Municipio de Yolombó y está destinada a uso público. Por la vía transita una carga vehicular máxima de vehículos de categoría C2. (Secretaría de planeación de Yolombó,S.F)</p>
<p>Ilustración 15. Estado actual de la vía La Gergona. Fuente: Secretaría de planeación del Municipio de Yolombó.</p>	

Las condiciones de servicio de la vía la Gergona son estables, sin embargo no se encuentra pavimentada, por lo cual implementar el sistema de pavimentación de placa huella permite mejorar las condiciones de vida y facilitar el tránsito vehicular,

además se esperaría beneficiar alrededor de 5000 personas, entre hombres y mujeres.

La vía La Gergona cuenta con un ancho de vía de 4.8m. Además el tipo de vehículos que transitan la vía son vehículos livianos, con baja frecuencia de camiones de carga de dos ejes (C2). Por lo tanto, el diseño que más se acomoda a las especificaciones requeridas es la alternativa 3, mostrada en la Ilustración 14 ya que cuenta con las dimensiones necesarias para abarcar la sección vial (rieles, enterriuel, sobreebanchos y cunetas) y además es óptima para el tipo de vehículos que frecuentan la vía.

Adicionalmente el municipio de Yolombó tiene un clima templado, con presencia notable de precipitaciones durante todo el año. Por lo tanto se requiere de un sistema de drenaje óptimo, que permita la adecuada evacuación de las aguas superficiales, para ello la construcción de cunetas es realmente importante. Para este tipo de sección vial, se recomiendan un espesor de 0.15m para toda la placa huella, para los rieles y enterriuel un ancho de 0.9m cada uno, las cunetas un ancho de 0.6m a cada lado, sobreebanchos de 0.45m cada uno y riostras cada 3m, con ancho de 0.2m. El uso de bordillo es opcional.

Vía El Placer, Yalí.	
	<p>-Ancho de la vía: 5m</p> <p>-Estado de la vía: En afirmado.</p> <p>-Descripción: La Ilustración 16 corresponde a la vía que conduce a la vereda El Placer y hace parte de los 154Km de vías terciarias del municipio de Yalí, los cuales son para uso público. La carga máxima vehicular corresponde a camiones tipo C2 (Secretaría de planeación de Yalí, SF).</p>
<p>Ilustración 16 Estado actual de la vía el Placer. Fuente: Secretaría de planeación del Municipio de Yalí.</p>	

La vía El Placer se encuentra en afirmado, sin embargo las condiciones de servicio no son muy favorables y es notorio el deterioro de la vía a causa de factores ambientales, erosión, inestabilidad en las laderas, etc. Por lo cual implementar el sistema de pavimentación de placa huella es una alternativa muy viable, la cual puede beneficiar directamente alrededor de 318 personas, entre hombres y mujeres.

Para una vía como El Placer, de sección vial de 5m y con frecuencia de vehículos livianos y un poco porcentaje de camiones de dos ejes, se recomienda la

construcción de la alternativa 2, mostrada en la Ilustración 13 Caracterizada por rieles a ambos lados, enterreriel, sobreebanchos y cuentas a cada lado de la vía. Para este tipo de sección vial, se recomiendan un espesor de 0.15m para toda la placa huella, para los rieles y enterreriel un ancho de 0.9m cada uno, las cunetas un ancho de 0.7 m a cada lado, sobreebanchos de 0.45m cada uno y riostras cada 3m, con ancho de 0.2m.

Vía Villanita, Yalí	
 <p>Ilustración 17 Estado actual de la vía Villanita. Fuente: Secretaría de planeación del Municipio de Yalí.</p>	<p>-Ancho de la vía: 3.5 m -Estado de la vía: En afirmado. -Descripción: La Ilustración 17 Corresponde a la vía que conduce a la vereda Villanita y hacen parte de obras realizadas por diferentes administraciones municipales, con ayuda de la comunidad y el municipio. La carga máxima vehicular que transita en la zona corresponde a camiones tipo C2.</p>

La vía Villanita se encuentra en afirmado, su estado es aceptable. Sin embargo la falta de obras de drenaje e intervenciones en el tiempo han generado desgaste en la calzada. Por lo tanto, el tránsito vehicular, mular y peatonal resulta incómodo e inseguro. De tal manera, implementar la placa huella es una alternativa muy viable, ya que incrementa la calidad de vida de aproximadamente 318 personas. Para las condiciones de la sección vial se recomienda la alternativa 1, mostrada en la Ilustración 12, la cual consta de dos rieles, un enterreriel, y cunetas a ambos lados

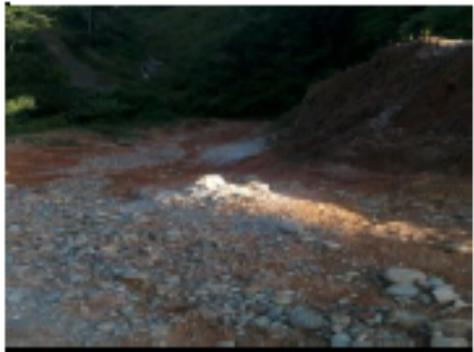
Para este tipo de sección de vía, se recomiendan un espesor de 0.15m para toda la placa huella, para los rieles y enterreriel un ancho de 0.9m cada uno, las cunetas un ancho de 0.4 m a cada lado y riostras cada 3m, con ancho de 0.2m.

Cabe resaltar que al ser una sección tan angosta, es necesario asegurarse que la alternativa suple las necesidades de vía. Esto, acorde al tránsito vehicular frecuente en la zona y las obras de drenaje diseñadas son las suficientes para transportar las aguas superficiales.

Vía Sabanalarga, Cisneros.	
 <p data-bbox="188 716 762 817">Ilustración 18 Estado actual de la vía Sabanalarga. Fuente: Secretaría de Planeación del Municipio de Cisneros</p>	<p data-bbox="794 336 1109 369">-Ancho de la vía: 4m</p> <p data-bbox="794 380 1252 414">-Estado de la vía: En afirmado.</p> <p data-bbox="794 425 1377 750">-Descripción: La Ilustración 18, Corresponde a la vía que conduce a la vereda Sabanalarga del municipio de Cisneros y hace parte de la administración municipal. La carga máxima vehicular corresponde a camiones tipo C2 (Secretaría de planeación de Cisneros, SF).</p>

Las condiciones de servicio de la vía Sabanalarga son aceptables, sin embargo, la construcción de la placa huella permitirá el mejoramiento de la conectividad vial, el sector productivo, social y educativo. Además la pavimentación de la vía beneficia aproximadamente 150 personas que hacen parte de la zona. De acuerdo a la sección transversal de la vía y el tipo de vehículos que la transitan, se selecciona la alternativa 2, mostrada en la Ilustración 13, como la más viable para este proyecto, la cual consta de dos rieles, un enterreriel y berma-cuenta a ambos lados.

Para las características de esta sección vial, se recomiendan un espesor de 0.15m para toda la placa huella, para los rieles y enterreriel un ancho de 0.9m cada uno, las cunetas un ancho de 0.4 m a cada lado, bermas de 0.25m cada una y riostras cada 3m, con ancho de 0.2m.

Vía Dos Bocas, Anorí.	
 <p data-bbox="204 1937 746 2027">Ilustración 19 Estado actual de la vía Dos Bocas. Fuente: Secretaría de planeación del municipio de Anorí.</p>	<p data-bbox="794 1518 1109 1552">-Ancho de la vía: 4m</p> <p data-bbox="794 1563 1252 1597">-Estado de la vía: En afirmado.</p> <p data-bbox="794 1608 1356 1933">-Descripción: La Ilustración 19 Corresponde a la vía que conduce a la vereda Dos Bocas del municipio de Anorí, una de las vías terciarias de mayor longitud en el municipio. La carga máxima vehicular corresponde a camiones tipo C2 (Secretaría de planeación de Anorí, SF).</p>

Actualmente la vía Dos Bocas se encuentra en afirmado sin embargo la falta de intervención demuestran sus condiciones de deterioro. Por lo tanto la construcción de la placa huella mejora directamente la calidad de vida de aproximadamente 2600 habitantes e incrementa la actividad productiva de la zona. De acuerdo a la sección transversal de la vía y el tipo de tránsito vehicular, se selecciona la alternativa 2, mostrada en la Ilustración 13, como la solución más ajustada a las necesidades de la zona.

Para las características de la vía se recomienda construir rieles de 0.9m cada uno, un enterreriel de 0.9m, viga riostras de 0.2 m de ancho, berma-cuenta de 0.25m a cada lado y cuneta de 0.4m. Sin embargo es importante que se estudie la intensidad de las precipitaciones en la región y de acuerdo a los resultados se puede modificar las dimensiones de las obras de drenaje.

En consecuencia, cada una de las alternativas presentadas son modelos ajustados a las condiciones que presenta actualmente la vía. Sin embargo las dimensiones de los elementos adicionales como berma, cunetas y sobreanchos pueden presentar variaciones en sus dimensiones. Además las especificaciones del acero del refuerzo, concreto y espesores de capa para la sección transversal fueron la estimada por el INVÍAS, sin embargo queda a decisión de la entidad encargada posibles cambios.

6.7 Análisis económico

La pavimentación de las vías terciarias en el departamento de Antioquia a través de placa huellas es un proyecto del Plan de Gobierno 2016-2019 “Antioquia Piensa en Grande” del actual Gobernador Luis Pérez Gutiérrez. Este plan de desarrollo ha motivado a las administraciones municipales a realizar convenios interadministrativos con la Gobernación de Antioquia. Donde ambas partes aportan económicamente o con materiales y equipos para la ejecución física de las placas huellas en los municipios.

De tal manera, cada administración municipal estima la alternativa que más se ajuste a sus necesidades. La cual garantice el cumplimiento de las especificaciones técnicas y estructurales y además sea económicamente viable para el presupuesto del municipio.

En consecuencia se realiza una estimación presupuestal de la inversión que debe realizar cada Municipio para implementar el modelo de placa huella en cada una de las vías seleccionada. En la tabla 2 se muestra el presupuesto. Este es obtenido teniendo en cuenta una longitud estimada a pavimentar y el ancho de la sección transversal. Para el presupuesto estimado para cada municipio, se tiene como base

las especificaciones de las técnicas del Instituto Nacional de Vías INVÍAS, definidas en la Tabla 1.

Tabla 2 Presupuesto para la implementación de placa huella en las vías seleccionadas.

Vía	Longitud (m)	Ancho (m)	Costo Directo (CD)	Au (25%)	Costo por ml.	Total
Vía La Gergona, Yolombó	3000	4,5	\$1.144.201.136	\$286.050.284	\$476.750	\$1.430.251.421
Vía El Placer, Yalí	700	5	\$320.473.071	\$80.118.268	\$572.273	\$400.591.339
Vía Villanita, Yalí	300	3,5	\$119.550.330	\$29.887.582	\$498.126	\$149.437.912
Vía Sabanalarga, Cisneros	1500	4	\$608.908.772	\$152.227.193	\$507.424	\$761.135.965
Vía Dos Bocas, Anorí	2000	4	\$839.443.164	\$209.860.791	\$524.652	\$1.049.303.955

Para determinar los costos de inversión presentados en la Tabla 2 se consideran los costos Directos (CD), relacionados con la ejecución física de las obra, es decir mano de obra, materiales y equipos. Adicionalmente al valor de la ejecución de obra se destinó un 25% correspondiente a gastos administrativos del proyecto y utilidades para el contratista (AU).

Los costos por metro lineal para cada vía son variables y dependerá de las condiciones del terreno, la sección vial, la distancia de acarreo del material y obras extras a realizar. En este caso los costos para las vías seleccionadas varían entre \$476000 y \$575000. Lo cual, es una inversión económica y viable para el presupuesto de los Municipios. Además de los grandes beneficios económicos y sociales que genera.

De las vías estudiadas, La vía El Placer del Municipio de Yalí presenta un costo por metro lineal de \$572273. Este es el precio más elevado entre las alternativas de placa huella designadas para cada Municipio. Esto se debe a la sección transversal, el estado actual de la vía y el transporte del material a utilizar hasta la zona. Sin embargo para este tipo de proyectos se solicita ayuda de la comunidad. Con el fin de obtener un aporte económico o en mano de obra y por ende reducir gastos para la administración municipal.

Adicionalmente en las vías El Placer y Villanita, pertenecientes al municipio de Yalí, es notorio la diferencia presupuestal por metro lineal. En este caso se tiene un costo de \$572273 para 5m de sección transversal y \$498126 para 3m de ancho. Esto demuestra que hacer uso de las alternativas para placa huella, hace más viable la pavimentación de las vías. Adicionalmente se está cumpliendo con lo requerido por la vía y se están mejorando las condiciones de tránsito.

Implementar estos modelos de placa huella, resulta muy beneficioso para las administraciones municipales, ya que se convierte en una alternativa realmente viable para el presupuesto de los municipios. Esto se debe a que las secciones de la banca son muy variables y en muchas ocasiones las dimensiones son menores a las planteadas por el INVÍAS. Por lo cual no modificar la sección transversal, evita hacer excavaciones, llenos, compra de predios, terraplenes, estabilizaciones de taludes, etc. Esto en una vía terciaria, de bajo tránsito vehicular incrementa las posibilidades de pavimentación, ya que en ocasiones las administraciones municipales se abstienen de hacerlo por altos costos.

7 Conclusiones.

Las vías seleccionadas para el estudio presentan un estado actual deterioro, el cual ha incrementado con el transcurrir de los años, por falta de mantenimiento e intervención. De tal manera implementar la placa huella como sistema de pavimentación en las vías terciarias se verá reflejado en el crecimiento del sector rural de los Municipios y en la disminución de riesgos por accidentalidad en la zona.

De tal manera, La alternativa de pavimentación con placa huella busca dignificar la vida en el campo e incrementar la productividad de las zonas rurales. A través de una alternativa perdurable, económica, y viable para el presupuesto de los municipios. Por tal motivo con cada alternativa de placa huella se busca construir el modelo más ajustado a las características y necesidades de cada vía en particular.

El presupuesto de las placas huellas, acondicionado a las particularidades de cada vía terciaria, incrementa las posibilidades de los municipios de implementar este tipo de pavimentación en sus vías. Esto motivado a que su inversión es menor a la de un pavimento flexible. Además las necesidades de las vías son variables, por lo tanto el presupuesto se ajusta lo mejor posible a las condiciones viales.

De igual manera, el presupuesto ajustado a las condiciones de la vía evita que se deban hacer transformaciones en la banca, las cuales impliquen llenos, excavaciones, compra de predios, estabilizaciones en las laderas, terraplenes, etc. Las cuales incrementan significativamente el presupuesto de la placa huella, lo cual reduce las posibilidades de pavimentar muchas vías terciarias del departamento. Debido a que la disponibilidad presupuestal de los municipios no es muy alta y generalmente tiene prioridades adicionales a las vías veredales.

8 Observaciones

Las características geotécnicas de las zonas varían considerablemente. En este caso, los suelos del Nordeste de Antioquia en su mayoría son cohesivos, con alta presencia de limo-arenosos. Por lo tanto se requiere de un estudio detallado del tipo de suelo y la capacidad de soporte de la subrasante. Esto con el fin de garantizar el cumplimiento de la resistencia vehicular y la durabilidad del pavimento.

En cuanto a las obras de drenaje, la mayoría de las vías seleccionadas se encuentran en zonas con presencia significativa de lluvias durante el año. De tal manera se recomienda la adecuada construcción de obras de drenaje superficial como cunetas, alcantarillas, boxcoulvert, etc. Con el fin de hacer un correcto manejo de aguas y evitar posibles daños en la estructura del pavimento.

En consecuencia para asegurar que la construcción de la placa huella sea perdurable, es necesario realizar los estudios previos a la ejecución de las obras. Adicionalmente se deben seguir las recomendaciones de resistencia descritas en el INVÍAS. Finalmente esto debe ser acondicionado a la alternativa que más se ajuste a las condiciones actuales de la vía.

9 Referencias bibliográficas

Orobio, A., & Orobio, J. (2016). *Pavimentos con placa-huella de concreto simple: Análisis con elementos finitos 3D*. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/55350/63407>.

Instituto Nacional de Vías. (2015). *Guía de diseño de pavimentos de placa huella*. Obtenido de <https://www.INVÍAS.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella/file>

Gobernación de Antioquia. (Diciembre de 2015). *Circular N°9*. Obtenido de <http://secretariainfraestructura.antioquia.gov.co/descargas/InformacionRedVialAntioquia/Circular%209%20Inventario%20Red%20Vial%20Antioquia%20Diciembre%202015.pdf>

Departamento Nacional de Planeación, Subdirección Territorial y de Inversión Pública. (2016). *Mejoramiento de vías terciarias mediante el uso de placa huella*. [En línea]. Obtenido de: <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/placahuella/ptplacahuella.pdf>

Empresas Públicas de Medellín. (2017). *Normas de construcción de placa huella*. Obtenido de

https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Aguas/NC_MN_OC07_09_Placa_huella.pdf?ver=2018-06-13-133329-353

Gobernación de Antioquia Piensa en Grande. (S.F). *Gobernación de Antioquia*. Obtenido de <http://www.antioquia.gov.co/>

Chavarro, Walter. Molina, Carolina. (2015). Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito (tesis de grado). Obtenido de: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-volumenes-de-tr%C3%A1nsito.pdf>

Clasificación vehicular del MTI. (SF). Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/clasificacion-mti-y-tablas.pdf>

Gobernación de Antioquia. (2016). Plan de gobierno. Obtenido de http://www.corpoceam.org/documentos/PlanDlloAnt_Asamblea.pdf

Alcaldía de Anorí. (S.F). Alcaldía Municipal de Anorí en Antioquia. Obtenido de <http://www.anori-antioquia.gov.co/>

Alcaldía de Cisneros. (S.F). *Alcaldía de cisneros*. Obtenido de <http://www.cisneros-antioquia.gov.co/>

Alcaldía de Yalí. (S.F). *Alcaldía de Yalí*. Obtenido de <http://www.yali-antioquia.gov.co/>

Alcaldía de Yolombó. (S.F). *Alcaldía de Yolombó*. Obtenido de <http://www.yolombo-antioquia.gov.co/Paginas/default.aspx>