

**Discusión Técnica de lo establecido en la
“Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido
Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo
7 ESTRUCTURAS VIALES numeral 7,1 Pavimento Flexible” - Análisis y
Planteamiento de una estructura de pavimento flexible para vías locales,
intervenidas por la construcción de redes hidráulicas. (Parte A)**

MARCO JAVIER VELANDIA POSADA
COD. 6100296
YUDDAIRE ENRIQUE CRUZ
COD. 6100304

BOGOTA, JUNIO DE 2018



Universidad Militar “Nueva Granada”
Facultad de Ingeniería
Especialización en Ingeniería de Pavimentos
Trabajo de Grado

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C., 23 de Junio de 2018

Agradecimientos

“A nuestras familias por permitirnos usar nuestro tiempo familiar para adelantar estos estudios, a la Universidad Militar Nueva Granada por abrir estos espacios de actualización académica, a Dios por permitirnos esta bella oportunidad de crecimiento profesional”

Enrique Cruz

A mi esposa Yudy, a mis Hijos Joan y Salma, quienes con su apoyo incondicional me motivaron para seguir adelante con estos estudios en los momentos de debilidad, a pesar de quitarles tiempo en familia, a mi hijo Joan Sebastián Velandia Orjuela por su apoyo en el desarrollo de estos estudios, a mis padres Marco Velandia y Gloria Posada quienes incentivaron la ejecución de estos estudios.

A nuestros compañeros y docentes de clase por su apoyo y aporte de conocimientos en el desarrollo de esta especialización, y en particular a Dios por darme la salud necesaria y la motivación para sacar adelante este proyecto de vida.

Marco Javier Velandia Posada

Resumen

Dado que en los proyectos de rehabilitación, renovación o construcción de redes hidráulicas el diseño de las estructuras de pavimento a nivel nacional no es ampliamente considerado, exceptuando la Ciudad de Bogotá D.C. Se hace necesario tener una herramienta con la que los Ingenieros Diseñadores, Ingenieros Contratistas, Entes Municipales y Territoriales, puedan tomar como referencia para la recuperación de la estructura de los pavimentos flexibles a ser intervenidos, en la que se involucre el tránsito que circula por la vía de tipo local, los materiales disponibles en la zona y los adecuados procesos constructivos.

En este sentido, en el presente trabajo se realizará la evaluación técnica de la estructura de pavimento en vías locales, requerida por IDU en el anexo técnico de vías intervenidas bajo licencia de excavación Capítulo 7 numeral 7,1 Pavimentos Flexibles, considerando el cálculo del número de ejes equivalentes esperado en tal estructura, y calculando el mismo número pero teniendo en cuenta los volúmenes de tránsito en intersecciones de vías locales colectoras, adoptando el procedimiento de la Guía de Diseño del IDU para vías de bajos volúmenes de tránsito y pavimentos locales. Finalizando con un análisis de costos e impacto ambiental de las alternativas evaluadas.

El siguiente trabajo corresponde a la Discusión Técnica de lo establecido en la “Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 ESTRUCTURAS VIALES numeral 7,1 Pavimento Flexible que tiene como objetivo analizar, revisar y discutir la estructura de pavimento propuesta por el IDU en el anexo técnico. El trabajo se desarrolló calculando el número de ejes equivalentes previstos por el IDU en la estructura exigida para la recuperación de pavimentos locales intervenidos por licencia de excavación, frente al número de ejes calculados considerando volúmenes de tránsito de intersecciones semaforizadas en vías locales en la ciudad de Bogotá D.C, de igual manera se evalúan espesores de sistema multicapa de una estructura de pavimento, que se enmarque dentro de las estructuras recomendadas en la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C, seguidamente se adelantará una evaluación económica de los costos de la estructura obtenida, frente a la estructura de pavimento exigida por el IDU, pasando por el análisis del impacto ambiental que se generan por la explotación, transporte y construcción de pavimentos, finalmente recomendar una estructura tipo, proponiendo una solución técnica y económica para la recuperación de pavimentos flexibles por intervención de redes hidráulicas, considerando condiciones críticas, aplicable para la ciudad de Bogotá Municipios de nuestro país, que se enmarquen en las condiciones de geotecnia, tránsito y materiales disponibles en la zona y considerados en el presente trabajo. Esta investigación fue posible realizarla gracias al trabajo conjunto del ingeniero Enrique Cruz y el ingeniero Marco Javier Velandia Posada quienes aportaron al desarrollo de este documento realizando aportes en la búsqueda de información en el estado del arte, verificación y validación de especificaciones a nivel nacional e internacional, búsqueda de información de volúmenes vehiculares, diseño por el método AASTHO, diseño por el método propuesto por Guía del IDU para bajos volúmenes de tránsito y vías locales junto con las correspondientes conclusiones individualmente para compararlas y compilarlas finalmente en este documento. Sin el trabajo conjunto no hubiese sido posible realizar esta investigación y llegar a los resultados obtenidos que sugieren que el número de ejes equivalentes de 8,2 Ton obtenido mediante la verificación por el Método AASTHO, de la estructura requerida por el IDU es elevado, ya que al considerar estaciones semaforizadas el número de ejes es menor, confirmando que la estructura es robusta, de igual manera se concluye que la estructura sugerida por los autores del presente trabajo soporta el número de ejes equivalentes en el periodo de diseño siendo menor a la requerida, exigiendo menores cantidades de obra, y generando un menor impacto ambiental en la explotación de materiales y procesos constructivos. Requiriéndose por lo tanto una actualización de la Norma. Las partes A y B de este trabajo se presentan en un solo documento que compila los resultados encontrados por los autores.

Abstract

Provided that in the projects of rehabilitation, renovation or construction of hydraulic networks the design of the structures of national pavement is not widely considered, exempting the City of Bogota D.C. It becomes necessary to take a tool with which the Engineers Designers, Engineers Contractors, Municipal and Territorial Entities, could take as a reference to the recovery of the structure of the flexible pavements to being controlled, in that there interferes the traffic that circulates along the route of local type, the available materials in the zone and the suitable constructive processes.

In this respect, in the present work there will be realized the technical evaluation of the structure of pavement in local routes, needed by IDU in the technical annexe of routes controlled under license of excavation Agree on 7 numeral 7,1 Flexible Pavements, considering the calculation of the number of equivalent axes waited in such a structure, and calculating the same number but having in colectoras counts the volumes of traffic in intersections of local routes, adopting the procedure of the Guide of Design of the IDU for routes of low volumes of traffic and local pavements. Finishing with an analysis of costs and environmental impact of the evaluated alternatives.

The following work corresponds to the Technical Discussion of the established in " Attached Technical Guide for the Recovery of Public Controlled Low Space License of Excavation of the Institute of Urban Development in the Chapter 7 ROAD STRUCTURES numeral 7,1 I Pave Flex that it has as aim analyze, check and discuss the structure of pavement proposed by the IDU in the technical annexe. The work developed calculating the number of equivalent axes foreseen by the IDU in the structure demanded for the recovery of local pavements controlled by license of excavation, opposite to the number of calculated axes considering volumes of traffic of intersections semaforizadas in local routes in the city of Bogota D.C, of equal way system thicknesses are evaluated he multigelds of a structure of pavement, which places inside the structures recommended in the Guide of Design of Pavements for Low Volumes of Traffic and Local Routes for Bogota D.C, immediately afterwards there will go forward an economic evaluation of the costs of the obtained structure, opposite to the structure of pavement demanded by the IDU, happening for the analysis of the environmental impact that is generated for the exploitation, transport and construction of pavements, finally a structure recommends type, proposing a technical and economic solution for the recovery of flexible pavements for intervention of hydraulic networks, considering critical conditions to be, applicably for the city of Bogotá Municipalities of our country, which should place in the conditions of geotecnia, traffic and available materials in the zone and considered in the present work. This investigation was possible to realize it thanks to the joint work of the engineer Enrique Cruz and the engineer Marco Javier Velandia Posada who reached to the development of this document realizing contributions in the search of information in the condition of the art, check and validation and international of national specifications, search of information of traffic volumes, design for the method AASTHO, design for the method proposed by Guide of the IDU for low volumes of traffic and local routes together with the corresponding conclusions individually to compare them and to compile them finally in this document. Without the joint work it had not been possible to realize this investigation and to come to the obtained results that suggest that the number of equivalent axes of 8,2 Ton obtained by means of the check for the Method AASTHO, of the structure needed by the IDU is raised, since on having considered stations semaforizadas the number of axes is minor, confirming that the structure is robust, of equal way one concludes that the structure suggested by the authors of the present work supports the number of equivalent axes in the period of design being a minor to the needed one, demanding minor quantities of work, and generating a minor environmental impact in the exploitation of materials and constructive processes. An update of the Norm being needed therefore. The parts To and B of this work they appear in an alone document that compiles the results found by the authors.

Contenido

| | Pag. |
|-------|--|
| 1 | Objetivos3 |
| 1.1 | General3 |
| 1.2 | Objetivos Específicos.....3 |
| 2 | Marco Teórico - Estado del Arte.....4 |
| 2.1 | Definición de Pavimento.....4 |
| 2.2 | Referencia Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C del IDU5 |
| 2.3 | Referencia Norma Técnica Ns-035 de la EAAB12 |
| 2.4 | Guía Anexo Técnico Para la Recuperación de Espacio Público Bajo Licencias de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano17 |
| 2.5 | Disposiciones Similares en Otras Ciudades.....28 |
| 2.5.1 | Ordenanza 203 del 21-12-98. Reglamento para la Ejecución de Obras en áreas de Dominio Público para la municipalidad de Lima Metropolitana28 |
| 2.5.2 | Norma ce.010 pavimentos urbanos Lima Perú 201029 |
| 2.5.3 | Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Salto del Guaira (Paraguay)- 201232 |
| 3 | Marco de Referencia47 |
| 3.1 | Calculo del Número de Ejes Equivalentes de 8,2 Ton de Acuerdo a la Estructura de Recuperación Requerida Por el IDU Según la “Guía Anexo Técnico Para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 Estructuras Viales Numeral 7,1 Pavimento Flexible”50 |
| 3.1.1 | Cálculo del Número Estructural.....50 |
| 3.1.2 | Selección del Coeficiente Estructural51 |
| 3.1.3 | Coeficiente de Drenaje.....51 |
| 3.1.4 | Confiabilidad (R)52 |
| 3.1.5 | Desviación Estándar (Zr)53 |
| 3.1.6 | Serviciabilidad Inicial (Si) y Serviabilidad final (Sf).....54 |
| 3.1.7 | Selección del CBR y cálculo del Módulo Resiliente de la Subrasante54 |
| 3.2 | Cálculo del Número de Ejes Equivalentes De 8,2 Ton Tomando como Referencia Estaciones Semaforizadas en las Localidades de Usaquén y Chapinero60 |
| 3.2.1 | Distribución de Transito en camiones.....62 |
| 3.3 | Análisis de los Resultados Obtenidos66 |

Contenido

| | Pag. |
|--|-------------|
| 3.4 Validación del Número de Ejes Equivalente de 8,2 Ton Recomendando un Sistema Multicapa, Mediante Guia de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C..... | 66 |
| 3.5 Comparativo de las Estructuras de Pavimento Flexible..... | 69 |
| 4 Analisis de Costos Asociados a los Perfiles de Restitucion de Pavimento Flexible Según Anexo 100 IDU..... | 70 |
| 5 Calculo de Huella de Carbono por Uso de Estructura Propuesta por IDU | 74 |
| 5.1 Base Metodológica del Cálculo | 74 |
| 6 Discusión Técnica de lo Establecido en la “Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 Estructuras Viales Numeral 7,1 Pavimento Flexible” | 77 |
| Conclusiones..... | 80 |
| Lista de Referencias | 82 |

Lista de Tablas

| | Pag. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Categorización del tránsito según el IDU | 47 |
| Tabla 2 Clasificación de las secciones viales de la malla vial Bogotá..... | 48 |
| Tabla 3 Coeficientes estructurales | 51 |
| Tabla 4 Coeficientes de drenaje de las capas granulares no tratadas mi..... | 51 |
| Tabla 5 Valores considerados para el cálculo del número estructural | 52 |
| Tabla 6 Niveles de confiabilidad recomendados por ASSTHO..... | 53 |
| Tabla 7 Algunos valores de fractil de la Ley normal centrada Zr..... | 53 |
| Tabla 8 Error normal combinado So..... | 53 |
| Tabla 9 Serviciabilidad Inicial (Si)..... | 54 |
| Tabla 10 Serviciabilidad final (Sf)..... | 54 |
| Tabla 11 Numeración de tipos de relleno para cimentaciones..... | 55 |
| Tabla 12 Parámetros para el cálculo del Módulo Combinado | 58 |
| Tabla 13 Variables para el cálculo de repeticiones de ejes de 8,2 Ton..... | 59 |
| Tabla 14 Vías Seleccionadas para el muestreo | 60 |
| Tabla 15 Promedio de distribución del tránsito de 8 vías depuradas del muestreo..... | 62 |
| Tabla 16 Composición de la flota de camiones circulante por la red vial nacional | 63 |
| Tabla 17 Composición estimada de la flota de camiones en vías locales | 63 |
| Tabla 18 Composición típica del tránsito en vías locales | 63 |
| Tabla 19 Factor daño por tipo de vehículo (Fdk)..... | 64 |
| Tabla 20 Factor Direccional (Fd)..... | 64 |
| Tabla 21 Valores adoptados con la justificación para el cálculo de ejes equivalentes de 8,2 T en el periodo de diseño | 65 |
| Tabla 22 Cálculo del número de Ejes Equivalentes de 8,2 Ton en el año base y en el periodo de diseño | 65 |
| Tabla 23 Comparativo de ejes equivalentes calculados..... | 66 |
| Tabla 24 Parámetros para el diseño de la estructura de pavimento afectadas por la intervención para la instalación de redes hidráulicas..... | 67 |
| Tabla 25 Costos de recuperación de estructura de pavimento en un kilómetro de longitud considerando la estructura exigida por el IDU..... | 71 |
| Tabla 26 Costos de recuperación de estructura de pavimento en un kilómetro de longitud considerando la estructura de pavimento sugerida en el presente trabajo..... | 72 |
| Tabla 27 Comparativo de costos de las Alternativas evaluadas | 73 |
| Tabla 28 Tabla de referencia de la Base de datos del MAGRAMA | 75 |
| Tabla 29 Cálculos de Co2 equivalente para las actividades de estudio | 76 |
| Tabla 30 Incidencia del Anexo Técnico en el Plan de Mantenimiento EAAB 2017 - 2019..... | 79 |

Lista de Figuras

| | Pag. |
|---|-------------|
| Figura 1 Sección vía tipo V-7 | 48 |
| Figura 2 Sección vía tipo V-8 | 49 |
| Figura 3 Sección vía tipo V-9 | 49 |
| Figura 4 Sección de estructura de pavimento requerida por el IDU para pavimentos locales..... | 50 |
| Figura 5 Cimentación de tuberías recomendadas por la EAAB para instalación de tuberías en la que se considera la construcción de estructura de pavimento y relleno con material proveniente de la excavación por encima del lomo de la tubería tomado del Anexo C de la Norma NS-035..... | 55 |
| Figura 6 Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación del suelo | 57 |
| Figura 7 Sección típica de estructura de pavimento exigida por IDU | 69 |
| Figura 8 Sección evaluada y recomendada con el presente trabajo | 69 |
| Figura 9 Ubicación de plantas en la ciudad de Bogotá D.C con radio de influencia de 10 Km | 70 |
| Figura 10 Ubicación de canteras con radio de influencia de 22 Km..... | 71 |
| Figura 11 Distribución de la malla vial en Bogotá D.C..... | 78 |

Lista de Anexos

| | Pag. |
|--|-------------|
| ANEXO 1 Medición de volúmenes vehiculares AC 183 x Cra. 16 Movimiento 2 (13 de Noviembre de 2012) | 84 |
| ANEXO 2 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 19 x Calle 152 Movimiento 3 (9 de Septiembre de 2009) | 85 |
| ANEXO 3 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 15 x Calle 142 Movimiento 2 (9 de Julio de 2009) | 86 |
| ANEXO 4 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 12 x Calle 82 Movimiento 2 (Jueves) (25 de Abril de 2013)..... | 87 |
| ANEXO 5 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 12 x Calle 82 Movimiento 2 (Viernes) (25 de Abril de 2013) | 88 |
| ANEXO 6 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 1 x Calle 83 Movimiento 4 (28 de Marzo de 2014)..... | 89 |
| ANEXO 7 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 11 x Calle 67 Movimiento 3 (25 de Abril de 2013)..... | 90 |
| ANEXO 8 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 13 x Calle 57 Movimiento 4 (04 de Junio de 2014)..... | 91 |

Introducción

El desarrollo de un área urbana o rural es por naturaleza creciente, en muchas ocasiones las redes de infraestructura de servicios públicos requieren actualizaciones y/o modificaciones para aumentar o mejorar la capacidad de los servicios en cuestión, en estos casos se hace necesario realizar una intervención a las vías aledañas, vías que normalmente tienen una estructura de pavimento existente y que sufren un grado de afectación importante en su integridad para lo cual el IDU tiene un modelo para restituir la estructura de pavimento, en este trabajo pretendemos realizar observaciones sobre este modelo y su aplicación, enfocándonos directamente en las restituciones de estructura de pavimentos flexibles por instalación de tubería de alcantarillado.

En este sentido el presente trabajo, iniciará con una discusión técnica del anexo técnico del IDU Capítulo 7 ESTRUCTURAS VIALES, en el cual se reglamentan las condiciones en que se requieren entregar los pavimentos flexibles y su estructura por intervención de obras en el espacio público en la ciudad de Bogotá D.C.

Una vez adelantada esta discusión, se adelantará una verificación del número de ejes equivalentes por el Método AASHTO, considerando unos espesores de estructura de pavimento prudentes, para las condiciones más críticas para las vías categorizadas con tránsito T2 según lo indicado por el IDU en la sección 107 de las Especificaciones del año 2011. Con este ejercicio se buscará plantear una estructura de pavimento típica a adoptar, para vías colectoras locales. Aportando de esta manera a los ingenieros y Contratistas responsables de proyectos de urbanismos en los que se contempla la construcción, renovación y/o reconstrucción de redes hidráulicas, una garantía en la estabilidad de los pavimentos flexibles intervenidos y de las obras ejecutadas.

Justificación

Las intervenciones en pavimentos nuevos o en buen estado para instalar tuberías y demás elementos de infraestructura son muy comunes en nuestro país, ya sea por imprevisión, por falta de un plan general de desarrollo o por reparaciones de las redes existentes, en cualquier caso en estas intervenciones se contempla únicamente, desde el punto de vista geotécnico el diseño de la cimentación de la red y la correspondiente protección por arriba del lomo de la tubería, pero no la estructura del pavimento.

El IDU propone y exige una estructura estándar para restitución de estructura de pavimento bastante conservadora, motivo por lo que se ve la necesidad de proponer y evaluar una alternativa técnicamente viable y un poco menos robusta, que servirá para vías locales colectoras en Bogotá D.C y Municipios en Colombia con volúmenes de tráfico T2 según tipología del Instituto de Desarrollo Urbano.

1 Objetivos

1.1 General

Analizar, revisar y discutir la estructura de pavimento propuesta por el IDU en el *ANEXO TÉCNICO PARA LA RECUPERACIÓN DE ESPACIO PÚBLICO INTERVENIDO BAJO LICENCIA DE EXCAVACIÓN DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO EN EL CAPÍTULO 7 ESTRUCTURAS VIALES NUMERAL 7,1 PAVIMENTO FLEXIBLE de enero de 2015*, presentando finalmente una alternativa de estructura de pavimento técnicamente enmarcada dentro de las estructuras referidas en la *GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRANSITO Y VÍAS LOCALES PARA BOGOTÁ D.C de diciembre de 2013*.

1.2 Objetivos Específicos

1. Calcular el número de ejes equivalentes previstos por el IDU en la estructura exigida para la recuperación de pavimentos locales intervenidos por licencia de excavación, frente al número de ejes calculados considerando volúmenes de tránsito de intersecciones semaforizadas en vías locales en la ciudad de Bogotá D.C.
2. Evaluar espesores del sistema multicapa de la estructura de pavimento, que se enmarque dentro de las recomendadas por IDU en la Guía de Diseño de Pavimento de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C.
3. Hacer una evaluación económica de los costos de la estructura obtenida, frente a la estructura de pavimento exigida por el IDU, pasando por el análisis del impacto ambiental que se generan por la explotación, transporte y construcción de pavimentos.
4. Recomendar una estructura tipo para la condición analizada, proponiendo una solución técnica y económica para la recuperación de pavimentos flexibles por intervención de redes hidráulicas, considerando las condiciones críticas que se puedan llegar a presentar en un pavimento flexible, aplicable para la ciudad de Bogotá D.C y Municipios de nuestro país que se enmarquen en las condiciones de geotecnia, tránsito y materiales disponibles para la recuperación de pavimentos intervenidos por la construcción de redes hidráulicas.

2 Marco Teórico - Estado del Arte

Una vez verificada la información en los diferentes medios de consulta disponibles en las bases de datos de la UMG, repositorios de la UMNG, reglamentación del Ministerio de Transporte, INVIAS, especificaciones del IDU y especificaciones de las Empresas de Servicios Públicos y de Infraestructura nacionales e internacionales, se evidencia que el Instituto de Desarrollo Urbano y la EAAB, cuentan con Normatividad para las condiciones de intervención y recuperación de áreas intervenidas por obras de redes hidráulicas y otras.

En este sentido, en primera instancia es necesario realizar una descripción de que es un pavimento y sus correspondientes componentes, seguidamente y dentro de los aspectos relevantes y que sirven como herramienta para el desarrollo de este trabajo, se tienen las condiciones técnicas y requerimientos de las entidades Estatales; Aspectos que se citaran a continuación y que son extractados de cada norma, que servirán como marco de referencia para la discusión técnica, evaluación de los ejes equivalentes y planteamiento de una estructura económica para la ciudad de Bogotá D.C y Municipios de nuestro país, en los que en estos últimos muchos de ellos carecen de infraestructura de acueducto y alcantarillado.

2.1 Definición de Pavimento

El pavimento es una estructura compuesta por varias capas de espesor y tipos de materiales diferente, son capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada o distribuida como es el caso de los llamados pavimentos rígido, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de, mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico.

TIPOS DE PAVIMENTOS. Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

A continuación se presenta la referencia de la Guía de Diseño de Pavimento para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C del IDU.

2.2 Referencia Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales Para Bogotá D.C del IDU

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Una estructura de pavimento está conformada por diferentes capas de materiales que garantizan la funcionalidad de la misma ante el paso de cargas de tránsito y efectos ambientales. Esto es, que debe resistir las sollicitaciones mecánicas generadas por el paso de las cargas impuestas por el tránsito y garantizar un nivel de servicio durante un periodo de diseño, de tal manera que no se ponga en riesgo la seguridad y comodidad de los usuarios.

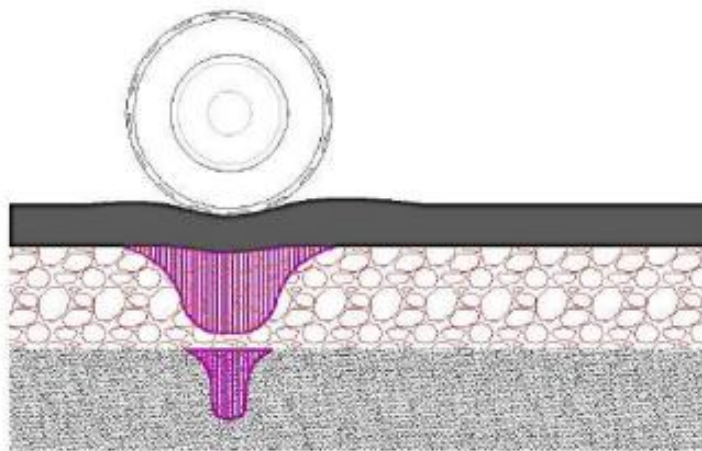


Figura 2.2 Deformaciones de una estructura de pavimento flexible.

El pavimento se degrada por factores ambientales y por la sollicitación de las cargas debidas al tránsito. Entonces, deberá disipar los esfuerzos inducidos por el tránsito garantizando niveles de esfuerzo y/o deformación en el suelo de soporte, que no superen los admisibles del mismo. El dimensionamiento de una estructura de pavimento consiste en determinar los espesores de cada una de las capas asociados a los tipos de materiales (rigidez) que la componen, garantizando el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Brindar comodidad y seguridad a los usuarios.
- Ser resistentes ante los efectos ambientales.
- Ser durables.

CAPAS DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS

Capas de soporte El suelo sobre el cual se construye la estructura de pavimento se denomina subrasante, la cual puede ser natural o conformada por materiales de corte y rellenos compactados. Esta deberá soportar las cargas inducidas por el tránsito y su resistencia al esfuerzo cortante, es uno

de los parámetros para el diseño de una estructura de pavimento. La caracterización de la subrasante depende de sus propiedades intrínsecas.

Capas de cuerpo Algunas de las funciones de las capas de cuerpo son:

- Proporcionar una superficie nivelada para la construcción de las capas superiores.
- Proteger la subrasante.
- Soportar el eventual tránsito durante la construcción.
- Contribución al drenaje de la calzada.

A continuación se presentan los diferentes tipos de capas de cuerpo.

Base (Granular, Estabilizada con cemento, Estabilizada con ligante asfáltico entre otros) Esta capa está constituida por material seleccionado que puede ser o no estabilizado y que confiere parte de la resistencia mecánica necesaria para soportar las cargas inducidas por los vehículos. La base tiene como función principal distribuir las cargas del tránsito a la subbase y está a la subrasante. Debido a la alta concentración de esfuerzos a los que se ve sometida esta capa, los materiales que la componen deben ser de alta calidad para evitar la falla o deformaciones excesivas y, principalmente, deben cumplir con todo lo consignado en la sección 400, 420, 422, 440 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C. (2011).

Subbase Esta capa reparte el esfuerzo sobre la subrasante de tal manera que las deformaciones a este nivel permanezcan dentro de límites admisibles. Para las vías de bajo tránsito, el papel que desempeña la capa de subbase puede remplazarse, en ciertos casos, por un tratamiento del suelo de la subrasante. Los materiales que la componen deben cumplir con todo lo consignado en la sección 400 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C (2011).

Capas superficiales Este término hace referencia a las capas de rodadura y a la condición de liga entre las capas superficiales y la capa de base. Se debe incluir también cualquier capa destinada a evitar el calçado de fisuras de las capas de cuerpo y que puedan afectar las capas superficiales. La capa de rodadura está en contacto directo con los efectos combinados del tránsito y la intemperie, teniendo como principal propósito proporcionar una superficie cómoda y segura para el tránsito de los vehículos. Esta capa puede ser de diferentes materiales como: concreto asfáltico, concreto hidráulico o adoquines, siempre considerando que el material escogido debe tener como característica principal una alta resistencia a la abrasión y a los agentes medioambientales.

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES

El comportamiento mecánico de los materiales se define como la respuesta (fractura y deformación) ante sollicitaciones externas (cargas y el efecto de las variables climáticas). Para la utilización de esta Guía, se establece que las respuestas de los materiales se desarrollan en el rango elástico y se asocia el comportamiento mecánico al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. La determinación del esfuerzo cortante de un material podrá realizarse con ensayos directos y/o correlaciones. En la práctica tradicional usualmente se emplea el ensayo CBR (Californian Bearing Ratio) como parámetro de resistencia para la evaluación de materiales en estructuras de pavimento. Sin embargo, a continuación se relacionan otros ensayos ampliamente utilizados que permiten determinar este valor de resistencia.

ENSAYOS DIRECTOS

- CBR (INV E-148-07): este ensayo permite la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado Relación de Soporte de California, conocido debido a su origen como CBR (California Bearing Ratio).
- Módulo Resiliente (MR) (INV E-156-07): este ensayo presenta la determinación del módulo elásticodinámico o de resiliencia de los suelos. Tiene en cuenta la naturaleza cíclica de las cargas que actúan en los materiales que conforman una estructura de pavimento, así como el comportamiento no lineal y resiliente de los materiales.
- Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) (INV E-172-07): este ensayo permite establecer la medida de la tasa de penetración en un suelo inalterado o alterado usando el penetrómetro dinámico de cono. Estos valores son correlacionados con valores de resistencia in situ.
- Ensayo de placa con carga estática (K) (INV E-168-07): este ensayo determina el Módulo de Reacción (K) sobre suelos de subrasante y capas de estructuras de pavimentos ante cargas estáticas, bien sea en condición compacta o en estado natural. Suministra los datos para emplear en la evaluación y diseño de los pavimentos, de los tipos rígido y flexible, para carreteras y aeropuertos.
- Ensayo de deflectómetro de impacto (FWD) (INV E-797-07, INV E-798-07): consiste en la aplicación de una carga vertical dinámica (pulso) sobre la estructura, permitiendo determinar la respuesta mecánica del conjunto de capas que conforman la estructura de pavimento (rigidez de los materiales).

TRÁNSITO EN VÍAS LOCALES

Aspectos generales En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía local este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales. La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento. En cuanto a su configuración, los vehículos pesados se clasifican por el número y tipo de eje que poseen (Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte)

1. Para vías locales, se estima que pasarán vehículos tipo 2 y tipo 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitarían de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías. No obstante, si este caso se presenta, se tendrá que evaluar el tránsito como un caso particular al igual que el diseño de pavimentos, ya que el alcance de esta Guía no incluye tal tipo de vehículos. En el presente capítulo se tratarán todos los aspectos de tránsito (estudios de tránsito, vehículos, velocidad y vida útil de diseño) relacionados con el diseño de las estructuras de pavimentos para vías con bajos volúmenes de tránsito y vías locales en Bogotá D.C.

Clasificación y configuración de los vehículos Los vehículos de diseño son los automotores más representativos en el tránsito existente o proyectado. Estos deberán satisfacer los requerimientos exigidos en el diseño geométrico, asociados principalmente a sus dimensiones y sus trayectorias en maniobras y recorridos. La selección de este parámetro de diseño pretende tipificar algunas dimensiones y características relacionadas con los radios de giro y sobrecanchos. Desde el punto de vista de la ingeniería de pavimentos, el vehículo de diseño se caracteriza según su capacidad de



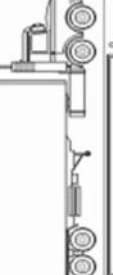



carga y su uso. De acuerdo al uso, se clasifican en vehículos livianos y vehículos pesados, dentro de los que se encuentran los vehículos de emergencia, vehículos proveedores y de servicios y vehículos de transporte. En cuanto la capacidad de carga, se tendrá en cuenta la configuración de los ejes y la capacidad de carga legal permitida, acorde con lo establecido por la Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte (Ministerio de Transporte, 2009)

. Para el diseño de las estructuras de pavimento, se consideran vehículos livianos aquellos cuyo peso es inferior a 3.5 t y vehículos pesados aquellos de peso mayor a 3.5 t. A continuación se presenta la tipología y la descripción de cada una de las clases de vehículos de diseño. Las características de los mismos se presentan más ampliamente en la Guía de Diseño Geométrico:




a. Vehículos Livianos (V.L): Este grupo de vehículos hace referencia principalmente a automóviles convencionales de dos ejes simples con sistema de rueda simple, cuyas trayectorias no inciden drásticamente en la configuración geométrica de la infraestructura vial.

b. Vehículos Pesados (V.P): Para efectos de la presente Guía, se incluye dentro de los vehículos pesados a los automotores de carga, específicamente a los tracto-camiones. Asimismo, se consideran pesados los vehículos de emergencia, los proveedores y de servicios y los de transporte de pasajeros.

Tabla 4.1 Distribución de pesos máximos por eje en las diferentes configuraciones de vehículos de carga, según la Resolución 4100 de 2004 modificada Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte².

| Tipo | Descripción general | Configuración esquemática del vehículo | Peso máximo (t) | |
|------|--|---|-----------------|---------|
| | | | Total | Por eje |
| 2 | Camión, dos ejes simples, seis llantas. |  | 17.00 | 6.00 |
| 3 | Camión, un eje simple, un eje tándem, diez llantas. |  | 28.00 | 6.00 |
| 4* | Camión, dos ejes simples, un eje tándem, doce llantas. |  | 34.00 | 12.00 |
| 2S1* | Tracto-camión con semirremolque, tres ejes simples, diez llantas. |  | 27.00 | 5.00 |
| 2S2* | Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tándem, catorce llantas. |  | 32.00 | 5.00 |
| 2S3* | Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tridem, dieciocho llantas. |  | 40.50 | 6.00 |

² (Ministerio de Transporte, 2009)

| Tipo | Descripción general | Configuración esquemática del vehículo | Peso máximo (t) | | | |
|------|--|--|-----------------|---------|-------|-------|
| | | | Total | Por eje | | |
| 3S1* | Tracto-camión con semirremolque, dos ejes simples, un eje tándem, catorce llantas. |  | 29.00 | 5.00 | 14.00 | 10.00 |
| 3S2* | Tracto-camión con semirremolque, un eje simple, dos ejes tándem, dieciocho llantas. |  | 48.00 | 5.00 | 21.50 | 21.50 |
| 3S3* | Tracto-camión con semirremolque, un eje simple, un eje tándem, un eje tridem, veintidós llantas. |  | 52.00 | 6.00 | 22.00 | 24.00 |

*El alcance de esta Guía NO incluye este tipo de vehículos.

Determinación del tránsito de diseño

Con base en los estudios de tránsito se identificará la categoría de tránsito asociada al volumen de tráfico. En la Tabla 4.4 se presentan las tres categorías determinadas y que son sub-clasificación de la establecida por el IDU.

Tabla 4.4 Categoría de tránsito de diseño

| Denominación | Número de vehículos comerciales día | NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 20 años - Pavimento rígido | NEE (Número de ejes equivalente de 8.2 T) para 10 años - Pavimento flexible y articulado |
|--------------|-------------------------------------|---|--|
| T1-1 | $VDP_0 \leq 50$ | $NEE \leq 2.345.000$ | $NEE \leq 615.000$ |
| T2-1 | $50 < VDP_0 \leq 100$ | $2.345.000 < NEE \leq 4.690.000$ | $615.000 < NEE \leq 1.235.000$ |
| T2-2 | $100 < VDP_0 \leq 150$ | $4.690.000 < NEE \leq 7.000.000$ | $1.235.000 < NEE \leq 1.855.000$ |

CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO

El Tránsito Promedio Diario Anual, TPDA es uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención.

Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios. El aforo para determinar el TDPA puede llevarse durante todo el año que sería lo más recomendable; por lo general en nuestro medio esta información anual es difícil de obtener por el número de estaciones de aforo necesarias y tiempo que finalmente representa costos adicionales. En carreteras es posible obtener esta información de las casetas de cobro (peajes) o a través de contadores automáticos en caso existieran, cuya información es más consistente y permitirá un mejor análisis debido a que se tendría información de varios años consecutivos tanto del número y el incremento vehicular dado. El TDPA es también posible estimar a partir de aforos vehiculares en determinadas temporadas, ya sea en periodos horarios, diarios, semanal eso mensuales y luego proyectarlo a un año mediante técnicas estadísticas. Cuando se requiere determinar el TDPA de vías qua se habrá de construir, debemos considerar el transito inducido y el tránsito generado. El tránsito inducido es aquel que en la actualidad utiliza otras vías alternas, pero que usará el nuevo para llegar o acortar distancias de destino, es decir, el tránsito que ahora hace un rodeo, pero que al abrirse utilizará la nueva vía por ser mas directo, darle mayores facilidades para llegar al sitio deseado o simplemente por ofrecer mayor cobertura en el servicio de transporte urbano. Cabe señalar que para determinar el tránsito inducido con bastante aproximación, se realizan estudios de origen y destino en los caminos que operan en la actualidad, donde se hacen entrevistas tanto a los conductores como a los pasajeros.

El propósito de este procedimiento es cuantificar el tránsito existente para estimar el número acumulado de ejes simples equivalentes que circularán por el carril de diseño durante un determinado período de diseño, para así establecer los espesores de las capas que constituyen el pavimento. Con este objetivo y dentro del marco de este documento, se exige como mínimo un conteo de vehículos de al menos una semana, cuyos detalles se explican en el siguiente inciso. En la figura siguiente, se puede apreciar esquemáticamente la metodología para determinar el Tránsito Promedio Diario (TPD), objetivo final de la caracterización del tránsito.



Figura 4.2 Esquema para la elección del tránsito de diseño

Referencia: http://www.umv.gov.co/sisgestion2017/Documentos/MISIONAL/PDV/PDV-DE-003-VI_Guia_diseño_de_pavimentos_para_bajos_volumenes_de_transito_y_vias_locales_para_bogota.pdf

En lo referente a la cimentación de la tubería se tienen las siguientes exigencias requeridas por la EAAB E.S.P en la Norma Técnica NS-035, la que indica:

2.3 Referencia Norma Técnica Ns-035 de la EAAB

SELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO

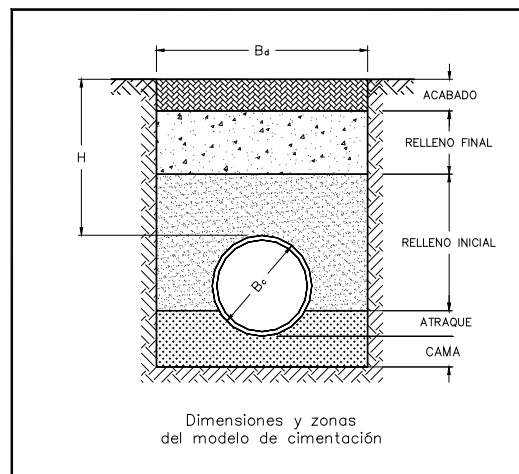
Consideraciones Generales

La cimentación de la tubería está conformada por el apoyo considerado desde el fondo de la excavación hasta la clave de la tubería instalada y por el relleno que se ubica desde la cota clave de la tubería instalada hasta la rasante del terreno natural.

Cualquier condición especial que exija un tipo de apoyo o material de relleno que sea requerido y que no esté indicado dentro de esta norma debe ser consultada en el estudio geotécnico correspondiente, en el caso de no existir dichos estudios el responsable del diseño de la cimentación deberá proponer y justificar debidamente la cimentación a utilizar.

4.7.2 Zonificación de las Cimentaciones

Los rellenos para la instalación de redes de acueducto y alcantarillado se deben seleccionar de acuerdo con las zonas indicadas a continuación:



H: Altura de recubrimiento
Bc: Diámetro externo
Bd: Ancho de cimentación

4.7.3 Clases de Cimentación

Debe seleccionarse el tipo de apoyo de acuerdo con las condiciones de carga de la tubería y el tipo de tubería. El apoyo debe garantizar las condiciones de estabilidad del sistema. En las figuras anexas a la presente norma se indican las clases de apoyo aprobadas por la EAAB-ESP.

4.7.5 Distancias Mínimas entre las Tuberías de Agua Potable y las otras Redes de Servicios

Las distancias mínimas que conforman la red de distribución de agua potable y las tuberías de alcantarillado, y las redes de teléfonos, energía y gas domiciliario deben definirse de acuerdo con las indicaciones del artículo 90 de la "Resolución 1096 de 2000".

TABLA NÚMERO 19

| Distancias mínimas al alcantarillado de aguas negras o combinadas. Nivel de complejidad del sistema | Distancias mínimas |
|---|----------------------------------|
| Bajo | 1 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio | 1 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio alto | 1.5 m horizontal; 0.5 m vertical |
| Alto | 1.5 m horizontal; 0.5 m vertical |

TABLA NÚMERO 20

| Alcantarillado de aguas lluvias Nivel de complejidad del sistema | Distancias mínimas |
|--|----------------------------------|
| Bajo | 1.0 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio | 1.0 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio alto | 1.2 m horizontal; 0.5 m vertical |
| Alto | 1.2 m horizontal; 0.5 m vertical |

TABLA NÚMERO 21

| Teléfonos y energía Nivel de complejidad del Sistema | Distancias Mínimas |
|--|----------------------------------|
| Bajo | 1.0 m horizontal; 0.2 m vertical |
| Medio | 1.0 m horizontal; 0.2 m vertical |
| Medio alto | 1.2 m horizontal; 0.5 m vertical |
| Alto | 1.2 m horizontal; 0.5 m vertical |

TABLA NÚMERO 22

PARAGRAFO 1º. Las tuberías de acueducto no

| Redes domiciliarias de gas Nivel de complejidad del sistema | Distancias mínimas |
|---|----------------------------------|
| Bajo | 1.0 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio | 1.0 m horizontal; 0.3 m vertical |
| Medio alto | 1.5 m horizontal; 0.5 m vertical |
| Alto | 1.2 m horizontal; 0.5 m vertical |

Las tuberías de acueducto no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de alcantarillado de aguas residuales o pluviales, y su cota de batea debe estar por encima de la cota clave de alcantarillado. En general, las tuberías de acueducto deben colocarse hacia uno de los costados de las vías, preferiblemente los costados norte y este, opuesto a aquel donde se coloquen las tuberías de alcantarillado de aguas residuales.

4.7.6 Profundidades de Excavación para instalación de tuberías

4.7.6.1 Profundidad mínima de instalación a clave de tuberías de distribución

La profundidad mínima a clave a la cual deben instalarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor de 1,00 m para calzada y 0,80 m para zona verde, medidas desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

Para los casos donde sea necesario colocar la tubería por encima de las profundidades antes mencionadas debe efectuarse un análisis que tenga en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de instalación. Se exceptúan las zonas en donde se garantice que no habrá flujo vehicular, previa aprobación por parte de la EAAB-ESP.

4.7.6.2 Profundidad máxima de instalación a clave de las tuberías de distribución

La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución, no debe exceder de 1,50 m, medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Los casos especiales deben ser aprobados por la EAAB-ESP.

4.7.6.3 Profundidad mínima de instalación a clave en alcantarillados sanitarios

Los valores mínimos permisibles de cubrimiento de los colectores, con relación a la rasante definitiva, se definen en el siguiente Cuadro.

| Servidumbre | Profundidad a la clave del colector (m) |
|--------------------------------|--|
| Vías peatonales o zonas verdes | 0,75 |
| Vías vehiculares | 1,20 |

No obstante, dependiendo del tipo de tubería a utilizar y de las recomendaciones de los fabricantes de la misma, el diseñador podrá adoptar coberturas menores a las presentadas en el cuadro anterior, siempre y cuando lo justifique mediante los cálculos respectivos, teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de instalación y operación. Además, el diseñador asumirá la responsabilidad por los análisis y sus recomendaciones.

4.7.6.4 Profundidad máxima de instalación a clave en alcantarillados sanitarios

En general la máxima profundidad de instalación de los colectores, con relación a la rasante definitiva, es del orden de 5,00m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción. Los cruces subterráneos de lagos, ríos y corrientes superficiales deberán acompañarse de un diseño apropiado que justifique las dimensiones, los atraques y las profundidades empleadas, y deberán proveerse de medios para impedir su destrucción por efectos de la socavación de la corriente atravesada.

4.7.6.5 Profundidad mínima de instalación a clave en alcantarillados pluviales

Como norma general se recomienda una profundidad mínima de recubrimiento de 1,00 metro, medido a partir de la clave del colector con respecto al nivel de la rasante final de la vía. No obstante dependiendo del tipo de tubería a utilizar y las recomendaciones de los fabricantes de tubería, previo cumplimiento de lo especificado anteriormente, el diseñador podrá adoptar coberturas menores, siempre y cuando el diseñador lo justifique mediante los cálculos respectivos.

Las conexiones domiciliarias y los colectores de aguas lluvias deben ser localizadas por debajo de las tuberías de acueducto. Los colectores de aguas lluvias deben localizarse a una profundidad que no interfiera con las conexiones domiciliarias de aguas residuales al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Deben, además, considerarse las interferencias con otras redes.

4.8. VERIFICACION DE LAS CONDICIONES LIMITE

Para cada tipo de tubería deben evaluarse, como mínimo, las condiciones límite de trabajo que se indican a continuación.

Condiciones límite diferentes a las citadas en este numeral deben ser indicadas por el diseñador y verificadas por la EAAB-ESP.

4.8.1 Para tuberías flexibles y semi-rígidas

Las condiciones límite que se deben verificar para tuberías, de acuerdo con el material de las mismas, son las siguientes:

| Material de tubería | Clasificación por rigidez | Deflexión (Deflection) | Pandeo (Wall Buckling) | Rotura de pared (Wall Crushing) | Flexión (Bending Stress) | Cargas combinadas (Combined Loading) |
|---|---------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Cloruro de Polivinilo, PVC | Flexible | x | x | x | | |
| Poliéster reforzado con fibra de vidrio, GRP | | x | x | | | x |
| Poliétileno, PE | | x | x | | | |
| Acero, SP | | x | x | | | |
| Hierro ductil, DIP | Semi-rígida | x | | | x | |
| Concreto reforzado, tipo cilindro de acero con refuerzo de varilla, CCP | | x | | | | |

4.8.1.1 Deflexiones

La deflexión horizontal que ocurre en una sección transversal de una tubería flexible al estar sometida a una carga vertical por unidad de longitud debe ser menor a la citada en este numeral (de acuerdo con el tipo de material) y puede estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta y}{B_c} = \frac{D_L KW}{\frac{8EI}{B_c^3} + 0.061E'} * 100$$

Donde

$\Delta y/B_c$ = Porcentaje de deflexión de la tubería

B_c = Diámetro exterior (mm)

Δy = Deflexión (m)

D_L = Factor de retardo de la deflexión

K = Factor de soporte

W = Carga por unidad de longitud de la tubería (N/m de tubería). (Carga muerta + carga viva)

EI = Rigidez de la pared de la tubería

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)

I = Momento de inercia polar de la sección transversal de la pared del tubo (m⁴/m)

E' = Módulo de reacción de la subrasante (MPa)

La deflexión también puede ser calculada como:

$$\% \frac{\Delta y}{B_c} = \frac{D_L KP}{0.149PS + 0.061E'} \quad ; \quad \Delta D = \frac{\Delta x}{B_c} = \frac{D_L KP}{8S_p + 0.061E'}$$

Donde:

P = Carga total aplicada sobre el suelo (psi). (Carga viva+ Carga muerta)

La carga total (W) determinada en el numeral 4.5 debe ser afectada por la longitud (L) de la tubería determinada como $L (m) = 0,50 + 1,75Hc$ (Ver Figura 2 de la presente norma)

% $\Delta y/Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería

D_L = Factor de retardo de la deflexión

K = Factor de soporte

PS = Rigidez de la tubería (lbf/in.in)

E' = Módulo de reacción de la subrasante (psi)

S_P = Rigidez específica del anillo. (Ver numeral 4.4 de la presente norma).

La deflexión puede también ser calculada como

$$\% \frac{\Delta y}{Bc} = \frac{D_L KP(100)}{\left[2E / 3 (RDE + 1)^3 \right] + 0.061E'}$$

Donde

P = Carga total aplicada sobre el suelo (psi). (Carga viva+ Carga muerta)

La carga total determinada en el numeral 4.5 debe ser afectada por la longitud efectiva de soporte de la tubería determinada en el numeral 4.5.3 de la presente norma.

$\Delta y/Bc$ = Porcentaje de deflexión de la tubería

D_L = Factor de retardo de la deflexión

K = Factor de soporte

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (psi)

E' = Módulo de reacción de la subrasante (psi)

RDE = Relación diámetro espesor

a) Factor de retardo de la deflexión, D_L

El factor de retardo de la deflexión está relacionado con la deflexión adicional que ocurre a medida que el suelo que circunda la tubería se compacta o consolida, varía entre 1,0 y 1.5.

Cuadro 3. Valores del parámetro D_L

| Material | Sigla | DL |
|--|-------|-----|
| Poliéster reforzado con fibra de vidrio (Glass-fiber Reinforced Pipe) | GRP | 1.5 |
| Cloruro de polivinilo (Polyvinyl chloride) | PVC | 1.5 |
| Hierro dúctil (Ductile-Iron Pipe) | DIP | 1.0 |
| Acero (Steel Pipe) | SP | 1.0 |
| Concreto cilindro de acero (Concrete Cylinder Pipe) | CCP | 1.0 |
| Polietileno (Polyethylene) | PE | 1.5 |

Una vez conocidos los requerimientos técnicos de la EAAB E.S.P, a continuación se citan los requerimientos del IDU para la recuperación de zonas de uso público afectadas por excavaciones, establecido la Guía Anexo Técnico GU-CI-01 del proceso de Conservación de Infraestructura, que indica:

2.4 Guía Anexo Técnico Para la Recuperación de Espacio Público Bajo Licencias de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano

1 OBJETIVO

El objetivo principal del presente documento es brindar a los titulares de las licencias de excavación, una guía técnica para la recuperación del Espacio Público autorizado intervenir mediante Licencias de Excavación. Esta guía contiene consideraciones técnicas para realizar las excavaciones, materiales, procesos constructivos y condiciones de recibo a tener en cuenta en la recuperación de andenes y vías intervenidos.

2 ALCANCE

El Anexo contiene los lineamientos técnicos a seguir para la recuperación de vías y espacio público en la ciudad de Bogotá, D.C., intervenciones autorizadas mediante Licencias de Excavación para la construcción, rehabilitación, reparación, sustitución, modificación y/o ampliación de instalaciones y redes para la provisión de servicios públicos domiciliarios y de telecomunicaciones o intervenciones que deban adelantarse como consecuencia de averías, accidentes o emergencias relacionadas con redes de servicios públicos.

4 ASPECTOS GENERALES

Esta Guía de Excavaciones para la intervención del espacio público en la Ciudad de Bogotá, D.C. por actividades de instalación o modificación de redes de servicios públicos está orientada a los usuarios para facilitar sus trámites de ejecución de las obras y recuperación del espacio público velando por el buen estado de los bienes de la Ciudad.

En primera instancia, ninguna obra que implique realizar actividades de instalación o modificación de las redes de servicio público o de servicios particulares y que intervengan el espacio público de la Ciudad, podrá hacerse sin la respectiva licencia de excavación.

4.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LAS EXCAVACIONES

En la licencia de excavación otorgada, el IDU, de acuerdo a lo planteado en la solicitud, establece la alternativa constructiva a emplear, las cuales están definidas en dos grandes grupos:

- Técnicas de instalación de tuberías por el sistema de perforación sin zanja y sin alterar el espacio público. Esta alternativa es la más aconsejable en cualquier intervención.
- Instalación de redes de servicios públicos mediante la ejecución de zanjas.

En todo caso, la distancia entre la cota superior o de clave de los ductos de las redes de servicios públicos y la cota superior de la superficie de tránsito, ya sea esta peatonal o vehicular deberá ser mínimo de un (1.00) metro, incrementándose para zonas de intersección de vías hasta 1.20 metros como mínimo. Cuando por razones técnicas sea imposible cumplir con esta profundidad, los ductos deben estar protegidos por un cárcamo que garantice la estabilidad de la zona intervenida,

de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá IDU-ET-2011, sección 360-11. El diseño del cárcamo o estructura de protección será propuesto y aprobado por la ESP Correspondiente. Para todos los casos, las redes y ductos deben estar localizados por debajo de las estructuras indicadas adelante en el numeral 7 (Estructuras Viales). Cada Empresa de Servicios Públicos deberá adoptar las medidas necesarias para la identificación y protección de las redes tanto propias como las que sean afectadas o puedan verse afectadas por la obra.

Los materiales indicados en este documento corresponden a aquellos utilizados en la recuperación de las estructuras de vías y espacio público. Los materiales de relleno empleados para anclar, recubrir y proteger las redes de servicios públicos, deberán ser definidos por cada empresa de servicios de acuerdo con sus Especificaciones Técnicas, las cuales deben garantizar la estabilidad de las redes instaladas o modificadas así como de la estructura del espacio público intervenido. Se resalta que si existiera contaminación de los materiales del espacio público intervenido, estos deberán ser reemplazados para garantizar la estabilidad y durabilidad de la obra.

La excavación del material tanto de relleno de la estructura de pavimento o andén, como la de la estructura de cimentación de la tubería, se hará empleando medios manuales o mecánicos, que minimicen en el entorno de la obra los efectos ambientales negativos producidos por cualquier tipo de contaminación ambiental.

El retiro de los escombros y materiales de desecho, debe hacerse en forma progresiva y máximo hasta las veinticuatro (24) horas siguientes a su producción, de acuerdo con las exigencias establecidas en las Leyes 1259/08 y 1333/09, los Decretos 357/97, 838/05 Y 312/06, así como en las Resoluciones 541/94 Y2397/11.

En todos los casos la recuperación total del pavimento se tendrá que hacer en el menor tiempo posible y no podrá ser mayor a dos (2) días del inicio del relleno de la excavación, garantizando la seguridad y movilidad.

La recuperación del espacio público intervenido y del espacio público aledaño, amoblamiento, equipamiento urbano, señalización tanto vertical como horizontal entre otras, que haya resultado afectado como consecuencia de la ejecución de las obras, deberá realizarse en condiciones técnicas óptimas y en concordancia con lo establecido en la normatividad vigente para cada caso.

Las excavaciones que afecten sardineles, es decir, que éstos sean demolidos o destruidos durante la ejecución de los trabajos, se deberán construir in situ o prefabricar, según sea el caso, en concreto de 4MPa de módulo de rotura a 28 días, con acabado liso, sus dimensiones nominales deben ser 800mm x200mm x500mm según con lo establecido en la Cartilla de Andenes IDU (A10) No se permitirá la reutilización de tramos o trozos de sardinel demolido o deteriorado.

El Plan de Manejo de Tránsito: Al tenor del artículo 101 de la Ley 769 de 2002, Código Nacional de Tránsito Terrestre, todas las intervenciones en la vía pública, deben contar con la aprobación del plan de manejo de tráfico (PMT) por parte de la Secretaria Distrital de Movilidad, el cual debe ser presentado ante dicha entidad con una anticipación no menor a 15 días antes de la fecha propuesta para la ejecución de las obras.

Con respecto a la señalización, para todos los casos de intervención se deberá colocar una señal temporal de obra que informe a la comunidad y que hace parte del plan de manejo de tránsito (PMT). Si durante la ejecución de las obras se afectara algún tipo de señalización horizontal o vertical, esta se deberá reponer nuevamente, una vez terminadas las obras y su instalación se realizará en estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la materia.

El ancho mínimo de la excavación, para la colocación de materiales granulares en zanja, debe ser de un (1) metro en vías vehiculares y ciclo rutas y de 0.5 m en andenes, para garantizar el empleo de equipos de compactación adecuados, esto aplica para todo tipo de capas, granulares o asfálticas. La intervención en pavimento flexible que requiera reparaciones de forma consecutiva con una separación inferior a 1.50 m entre ellas, debe ser recuperada en su totalidad a nivel de capas asfálticas, de tal forma que abarque la totalidad de las intervenciones implicadas en la zona, formando una figura rectangular con un ancho no inferior a 1.50 m.

Cuando las intervenciones tengan una longitud igualo mayor a 2 veces el ancho mínimo exigido a recuperar, sin afectar más de un carril, la recuperación de la calzada debe ejecutarse cortando la capa asfáltica con un ancho igual al del carril afectado.

Para las obras objeto del presente documento, no será obligación hacer el reporte de la petrografía de los materiales pétreos.

5.1 MATERIALES GRANULARES

Los materiales granulares a emplear corresponderán a los tipo base y subbase para pavimentos flexibles y rígidos, y arenas para pavimentos articulados y adoquines.

Los tipos de materiales granulares se definen en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento donde se vaya a realizar la intervención, están definidos en la Tabla 1 y corresponden a la Tabla 400.1 de las Especificaciones IDU-ET-2011.

Tabla 1: Tipos de materiales granulares y uso. (Tabla 400.1 Especificaciones IDU-ET-2011)

| Tipo de Capa | Categorías de Tránsito | | | |
|--|------------------------|---------|---------|--------------|
| | T0 - T1 | T2 - T3 | T4 - T5 | PEATONAL (1) |
| Pavimento Asfáltico | | | | |
| Base Granular | BG C | BG B | BG A | |
| Subbase Granular | SBG C | SBG B | SBG A | |
| Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórfilano | | | | |
| Base Granular | BG B | BG A | NA | |
| Subbase Granular | SBG C | SBG B | SBG A | |
| Andenes y Estructuras peatonales | | | | |
| Base Granular | | | | NA |
| Subbase Granular | | | | SBG PEA |

Nota (1) Para las zonas donde se presente tráfico mixto vehicular y peatonal como en los accesos el material se debe elegir de acuerdo con el tránsito

Así mismo estos materiales granulares deben cumplir las granulometrías especificadas en la Tabla 2 (Tabla 400.4 Especificaciones IDU-ET-2011).

Tabla 2. Granulometrías bases y subbases

| TIPO DE CAPA | | TAMIZ (mm / U.S. Standard) | | | | | | | | |
|--------------|---------|----------------------------|----------------|------------|--------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| | | 50.0 2" | 37.5 1 1/2" | 25.0 1" | 19.0 3/4" | 9.5 3/8" | 4.75 No. 4 | 2.00 No. 10 | 0.425 No. 40 | 0.075 No. 200 |
| % PASA | | | | | | | | | | |
| Base | BG_Gr1 | - | 100 | 75-95 | 60-90 | 40-70 | 28-50 | 15-35 | 6-20 | 2-10 |
| | BG_Gr2 | - | - | 100 | 75-95 | 50-80 | 35-60 | 20-40 | 8-22 | 2-10 |
| Subbase | SB_Gr1 | 100 | 80-95 | 60-90 | - | 36-68 | 25-50 | 15-35 | 6-20 | 0-10 |
| | SB_Gr2 | - | 100 | 75-95 | 62-88 | 42-78 | 28-55 | 16-40 | 6-22 | 0-12 |
| | SBG_poa | 100 | 75-98 | 60-90 | - | 36-66 | 25-52 | 15-40 | 6-25 | 0-14 |

5.1.1 Bases granulares.

Las propiedades y características de los materiales de base granular a utilizar deben cumplir los requerimientos que aparecen en la Tabla 3 (Tabla 400.2 Especificaciones IDU-ET-2011).

Tabla 3: Requisitos para la base granular. (Tabla 400.2 Especificaciones IDU-ET-2011)

| Ensayo | | Norma de Ensayo | Clase de Base Granular | | |
|---|---------------------------------------|-----------------|------------------------|-------------|-------------|
| | | | BG C | BG B | BG A |
| Dureza | | | | | |
| Desgaste Los Angeles | - En seco, 500 revoluciones, % máximo | INV E-218-07 | 40 | 40 | 35 |
| Micro Deval, % máximo | - Agregado Grueso | INV-E-238-07 | 30 | 25 | 20 |
| 10% de finos | - Valor en seco, kN mínimo | INV-E-224-07 | 60 | 75 | 100 |
| | - Relación húmeda/seco, % mínimo | | 75 | 75 | 75 |
| Durabilidad | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | - Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 |
| Limpeza | | | | | |
| Límite Líquido, % máximo | | INV E-125-07 | 25 | 25 | 25 |
| Índice de Plasticidad, % máximo | | INV E-126-07 | 3 | No plástico | No plástico |
| Equivalente de Arena, % mínimo (1) | | INV E-133-07 | 20 | 20 | 20 |
| Valor de Azul de Metileno, máximo | | INV-E-235-07 | 10 | 10 | 10 |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo | | INV E-211-07 | 2 | 2 | 2 |
| Geometría de las Partículas | | | | | |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo | - 1 cara | INVE-227-07 | 60 | 85 | 85 |
| | - 2 caras | | 40 | 60 | 60 |
| Índice de Aplanamiento, % máximo (2) | | INV E-230-07 | 35 | 35 | 35 |
| Índice de Alargamiento, % máximo (3) | | INV E-230-07 | 35 | 35 | 35 |
| Angularidad del Agregado Fino, % mínimo | | INV-E-239-07 | 35 | 35 | 35 |
| Capacidad de Soporte | | | | | |
| CBR, % mínimo - Retenido al 100 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142-07 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión. | | INV E-148-07 | 80 | 100 | 100 |

NA = No Aplica

(1) En caso de que el equivalente de arena sea inferior pero se cumpla plasticidad y azul de metileno, se aceptará el material con un concepto del desempeño por parte del especialista de geotecnia y/o pavimentos

(2) Partículas planas son aquellas cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

(3) Partículas alargadas son aquellas cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

5.1.2 Subbases granulares.

El material definido como subbase granular es aquel que cumpla con los requerimientos que aparecen en la Tabla 4 (Tabla 400.3 IDU-ET-2011) y cuyas características granulométricas están en función del tipo de malla vial donde se realizará la intervención (Tabla 1).

Tabla 4. Requisitos para la subbase. (Tabla 400.3 Especificaciones IDU-ET-2011)

| Ensayo | Norma de Ensayo | Clase de Subbase Granular | | | | |
|---|--|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | SBG_PEA | SBG_C | SBG_B | SBG_A | |
| Dureza | | | | | | |
| Desgaste Los Angeles | - En seco, 500 revoluciones, % máximo | INV E-218-07 | 50 | 45 | 40 | 40 |
| Micro Deval, % máximo | - Agregado Grueso | INV E-238-07 | NA | 35 | 35 | 30 |
| 10% de finos | - Valor en seco, kN mínimo - Relación húmedo/seco, % mínimo | INV E-224-07 | NA | 40 65 | 50 70 | 60 75 |
| Durabilidad | | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | - Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Limpieza | | | | | | |
| Limite Líquido, % máximo | | INV E-125-07 | 40 | 25 | 25 | 25 |
| Índice de Plasticidad, % máximo | | INV E-126-07 | 10 | 6 | 3 | 3 |
| Equivalente de Arena, % mínimo (1) | | INV E-133-07 | | 18 | 18 | 20 |
| Valor de Azul de Metileno, máximo | | INV E-235-07 | | 10 | 10 | 10 |
| Terrones de arcilla y partículas desechables, % máximo | | INV E-211-07 | | 2 | 2 | 2 |
| Geometría de las Partículas | | | | | | |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo | - 1 cara - 2 caras | INV E-227-07 | NA NA | NA NA | NA NA | 50 30 |
| Índice de Aplanamiento, % máximo (2) | | INV E-230-07 | NA | NA | NA | NA |
| Índice de Alargamiento, % máximo (3) | | INV E-230-07 | NA | NA | NA | NA |
| Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RC) | | INV E-239-07 | NA | NA | NA | NA |
| Capacidad de Soporte | | | | | | |
| CBR, % mínimo - Referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142 -07 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión. | | INV E-148-07 | 20 | 30 | 40 | 60 |

NA = No Aplica

(1) En caso de que el equivalente de arena sea inferior pero se cumpla plasticidad y azul de metileno, se aceptará el material con un concepto del desempeño por parte del especialista de geotecnia y/o pavimentos

(2) Partículas planas son aquellas cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

(3) Partículas alargadas son aquellas cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

5.2 MEZCLAS ASFÁLTICAS.

Las mezclas asfálticas empleadas para la reparación de intervenciones de redes en zanjas, corresponderán según el caso a algunas de las siguientes:

5.2.1 Mezclas asfálticas en caliente.

Las mezclas asfálticas en caliente deben cumplir los requerimientos que aparecen en las Especificaciones IDU-ET-2011, Capítulo 5 (revestimientos asfálticos), especialmente las secciones 510-11,512-11,514-11,520-11 Y 560-11.

La granulometría de los agregados combinados para las mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa, semidensa, gruesa y alto módulo deberán ajustarse según corresponda a la indicada en la Tabla 8 (Tabla 510.4, del IDU-ET-2011).

Tabla 8. Curvas granulométricas de mezclas asfálticas en caliente. (Tabla 510.4, del IDU-ET-2011).

| Tipo de mezcla | | Tamiz (mm / U.S. Standard) | | | | | | | | | |
|----------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 37.5 | 25.0 | 19.0 | 12.5 | 9.5 | 4.75 | 2.00 | 0.425 | 0.180 | 0.075 |
| | | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No.4 | No.10 | No.40 | No.80 | No.200 |
| | | % Pasa | | | | | | | | | |
| Densa | MD10 | | | | 100 | 80-95 | 59-76 | 36-51 | 15-25 | 9-18 | 5-10 |
| | MD12 | | | 100 | 80-95 | 71-87 | 49-65 | 30-44 | 14-22 | 8-16 | 4-9 |
| | MD20 | | 100 | 80-95 | 66-82 | 59-75 | 42-58 | 27-41 | 12-22 | 8-16 | 4-9 |
| Semidensa | MS12 | | | 100 | 80-95 | 67-83 | 40-56 | 23-39 | 10-20 | 6-13 | 3-8 |
| | MS20 | | 100 | 80-95 | 66-82 | 55-71 | 35-51 | 23-39 | 10-20 | 6-13 | 3-8 |
| | MS25 | 100 | 80-95 | 73-89 | 60-76 | 53-69 | 33-49 | 23-39 | 10-20 | 6-13 | 3-8 |
| Gruesa | MG20 | | 100 | 75-95 | 55-75 | 46-66 | 28-46 | 17-32 | 7-17 | 4-11 | 2-6 |
| | MG25 | 100 | 75-95 | 65-85 | 47-67 | 40-60 | 29-46 | 17-32 | 7-17 | 4-11 | 2-6 |
| Alto módulo | MAM20 | | 100 | 80-95 | 66-82 | 55-71 | 35-51 | 23-39 | 10-20 | 8-14 | 6-9 |

Los criterios de diseño de las mezclas asfálticas en caliente (densa, semidensa, gruesa y de alto módulo) y la comprobación de la fórmula de trabajo, son los indicados en la Tabla 9 (Tabla 510.8 de las Especificaciones IDU-ET-2011). En todos los casos de instalación de mezclas asfálticas, deberá contemplarse el uso previo de riego de liga e imprimación, atendiendo los requisitos estipulados en la sección 500-11 y 502-11 de las Especificaciones IDU-ET-2011, tanto en la superficie terminada de la capa granular de base como en las paredes de los cortes de la zanja en contacto con la mezcla asfáltica.

Tabla 9. Criterios de diseño de las mezclas asfálticas. (Tabla 510.8 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Característica | | Norma de Ensayo | Mezclas Densas, Semidensas y Gruesas | | | Mezcla Alto Módulo |
|---|------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------|-------|--------------------|
| | | | Categoría de Tránsito | | | |
| | | | T0 - T1 | T2 - T3 | T4-T5 | |
| Compactación (golpes/cara) | | INV E-748-07 | 50 | 75 | 75 | 75 |
| Estabilidad mínima (kg) | | INV E-748-07 | 600 | 750 | 900 | 1500 |
| Flujo (mm) | | INV E-748-07 | 2-4 | 2-4 | 2-3.5 | 2-3 |
| Vacíos con aire (%) | Rodadura | INV E-736-07 Manual MS-2 | 3-5 | 3-5 | 4-6 | - |
| | Intermedia | | 4-6 | 4-6 | 4-6 | 4-6 |
| | Base | | 4-6 | 4-6 | 4-6 | - |
| Vacíos en agregados (%) | Mezclas 10 | Manual MS-2 | ≥ 16 | | | |
| | Mezclas 12 | | ≥ 15 | | | |
| | Mezclas 20 | | ≥ 14 | | | |
| | Mezclas 25 | | ≥ 13 | | | |
| Vacíos llenos de asfalto (%): volumen de asfalto efectivo / vacíos en agregados (capas rodadura e intermedia) | | Manual MS-2 | 70-80 | 65-78 | 65-75 | 63-75 |
| Relación llenante / ligante efectivo, en Peso | | | 0.8 - 1.2 | | | 1.2 - 1.4 |
| Concentración de Llenante, valor máximo | | INV E-745-07 | Valor Crítico | | | |

. Para el caso de utilizar mezclas asfálticas drenantes en caliente, mezclas asfálticas abiertas en caliente, discontinuas en caliente y mezclas asfálticas con polímeros modificados con caucho por vía húmeda, se deberán seguir las indicaciones de las Especificaciones IDU-ET11, en sus secciones 512-11, 514-11, 520-11 Y560-11 respectivamente.

5.2.2 Mezclas asfálticas en frío.

Las mezclas asfálticas deben cumplir con los requerimientos que aparecen en las Especificaciones IDU-ET-2011, Capítulo 5 (revestimientos asfálticos), especialmente las secciones 550-11 y 552-11.

Para el caso de mezclas asfálticas en frío densas (Especificaciones IDU-ET-2011, sección 550-11) las características de los agregados gruesos, finos y llenante mineral deberán cumplir los requisitos que aparecen en la Tabla 10 (Tabla 550.1 de las Especificaciones IDU-ET-2011), Tabla 11 (Tabla 550.2 de las Especificaciones IDU-ET-2011) y Tabla 12 (Tabla 550.3 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

Tabla 10. Requerimientos agregados gruesos mezclas asfálticas frías densas. (Tabla 550.1 de las Especificaciones IDU- ET- 2011).

| Ensayo | Norma de Ensayo | Requisitos por Categoría de Tránsito | | | |
|--|--|--------------------------------------|-------|-------|------|
| | | T0-T1 | T2-T3 | T4-T5 | |
| Petrografía | | | | | |
| Análisis petrográfico | ASTM C-295 | Nota (1) | | | |
| Dureza | | | | | |
| Desgaste Los Angeles | En seco, 500 revoluciones, % máximo | INV E-218-07 | 35 | 35 | 30 |
| | - Capas de Base e Intermedias - Capas de Rodadura | | 30 | 30 | 25 |
| Micro Deval, % máximo | - Capas de Base e Intermedias - Capas de Rodadura | INV E-238-07 | 30 | 30 | 25 |
| | | | 25 | 25 | 20 |
| 10% de finos | Valor en seco, kN mínimo | INV E-224-07 | 60 | 60 | 75 |
| | - Capas de Base e Intermedias - Capas de Rodadura | | 75 | 75 | 110 |
| | Relación húmeda/seco, % mínimo | | 75 | 75 | 75 |
| Durabilidad | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 |
| Geometría de las Partículas | | | | | |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo | - 1 cara | INV E-227-07 | 75 | 75 | 90 |
| | - 2 caras | | 50 | 60 | 75 |
| Índice de Aplanamiento, % máximo | | INV E-230-07 | 25 | 25 | 20 |
| Índice de Alargamiento, % máximo | | INV E-230-07 | 25 | 25 | 20 |
| Resistencia al Pulimento | | | | | |
| Coefficiente de Pulimento Acelerado para capas de rodadura, valor mínimo | | INV E-232-07 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

Tabla 11. Requerimientos agregados finos mezclas asfálticas frías densas. (Tabla 550.2 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Ensayo | Norma de Ensayo | Requisitos por Categoría de Tránsito | | | |
|---|---|--------------------------------------|-------|-------|----|
| | | T0-T1 | T2-T3 | T4-T5 | |
| Petrografía | | | | | |
| Análisis petrográfico | ASTM C-295 | Nota (1) | | | |
| Contenido de Arena Natural | | | | | |
| Proporción máxima de arena natural, en peso | - Capa de Rodadura - Capa Intermedia - Capa de Base | | 50 | 35 | 25 |
| | | | 75 | 40 | 25 |
| | | | 100 | 75 | 50 |
| Durabilidad | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | - Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 |
| Geometría de las Partículas | | | | | |
| Angularidad del Agregado Fino, % mínimo | - Capas de Base - Capas Intermedias - Capas de Rodadura | AASHTO T-304 | 40 | 40 | 40 |
| | | | 40 | 40 | 45 |
| | | | 45 | 45 | 45 |

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

Tabla 12. Requerimientos llenante mineral mezclas asfálticas frías densas. (Tabla 550.3 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Ensayo | Norma de Ensayo | Requisito |
|---|----------------------|-----------|
| Cantidad de Llenante Mineral de Aporte | | |
| Proporción de Llenante Mineral de Aporte, % mínimo en peso del llenante total | - Tránsitos T0 a T3 | 25 |
| | - Tránsitos T 4 y T5 | 50 |
| Peso Unitario | | |
| Peso Unitario Aparente, determinado por el ensayo de sedimentación en tolueno, g/cm ³ | INV E- 225-07 | 0.5 a 0.8 |
| Poder Rigidizante | | |
| Diferencia entre el punto de ablandamiento de una mezcla compuesta por 60% de llenante y 40% de asfalto 60-70 y la que corresponde al asfalto puro (proporciones en peso), °C | INV E-712-07 | 10 a 20 |

De otra parte, las granulometrías de las mezclas en frío densas deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 13 (Tabla 550.4 de las Especificaciones IDU-ET-2011) y sus criterios de diseño aparecen en la Tabla 14 (Tabla 550.7 de las Especificaciones IDU-ET- 2011).

Tabla 13. Granulometrías mezclas asfálticas frías densas. (Tabla 550.4 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Tipo de Mezcla | Tamiz (mm / U.S. Standard) | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-----|
| | 37.5 | 25.0 | 19.0 | 12.5 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.300 | 0.075 | |
| | 1 ½" | 1" | ¾" | ½" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 50 | No. 200 | |
| % Pasa | | | | | | | | | | |
| Densa | MDF12 | | | 100 | 80-95 | - | 50-65 | 35-50 | 13-23 | 3-8 |
| | MDF20 | | 100 | 80-95 | - | 60-75 | 47-62 | 35-50 | 13-23 | 3-8 |
| | MDF25 | 100 | 80-95 | - | 62-77 | - | 45-60 | 35-50 | 13-23 | 3-8 |

Tabla 14. Criterios de diseño de mezclas frías densas. (Tabla 550.7 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Característica | Norma de Ensayo | Requisito |
|---|-----------------|-----------|
| Resistencia de probetas curadas en seco (kPa), valor mínimo | INV E-738-07 | 2500 |
| Resistencia de probetas curadas en húmedo (kPa), valor mínimo | INV E-738-07 | 2000 |

Para el caso de mezclas asfálticas en frío abiertas (Especificaciones IDU-ET-2011, sección 552-11) las características de los agregados gruesos y finos deberán cumplir los requisitos que aparecen en la Tabla 15 (Tabla 552.1 de las Especificaciones IDU-ET-2011) y Tabla 16 (Tabla 552.2 de las Especificaciones IDU-ET-2011). De otra parte, las curvas granulométricas a utilizar deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 17 (Tabla 552.3 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

Tabla 15. Requerimientos agregados gruesos mezclas asfálticas frías abiertas. (Tabla 552.1 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Ensayo | Norma de Ensayo | Requisitos por Categoría de Tránsito | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|------|
| | | T0-T1 | T2-T3 | T4-T5 | |
| Petrografía | | | | | |
| Análisis petrográfico | ASTM C-295 | Nota (1) | | | |
| Dureza | | | | | |
| Desgaste Los Ángeles | En seco, 500 revoluciones, % máximo | INV E-218-07 | 30 | 30 | 25 |
| Micro Deval, % máximo | | INV E-238-07 | 25 | 25 | 20 |
| 10% de finos | Valor en seco, kN mínimo | INV E-224-07 | 75 | 75 | 110 |
| | Relación húmeda/seco, % mínimo | | 75 | 75 | 75 |
| Durabilidad | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 |
| Geometría de las Partículas | | | | | |
| Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo | - 1 cara | INVE-227-07 | 75 | 75 | 90 |
| | - 2 caras | | 50 | 60 | 75 |
| Índice de Aplanamiento, % máximo | | INV E-230-07 | 25 | 25 | 20 |
| Índice de Alargamiento, % máximo | | INV E-230-07 | 25 | 25 | 20 |
| Resistencia al Pulimento | | | | | |
| Coefficiente de Pulimento Acelerado para capas de rodadura, valor mínimo | | INV E-232-07 | 0.40 | 0.45 | 0.50 |

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

Tabla 16. Requerimientos agregados finos mezclas asfálticas frías abiertas. (Tabla 552.2 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Ensayo | Norma de Ensayo | Requisitos por Categoría de Tránsito | | | |
|---|-----------------------|--------------------------------------|-------|-------|----|
| | | T0-T1 | T2-T3 | T4-T5 | |
| Petrografía | | | | | |
| Análisis petrográfico | ASTM C-295 | Nota (1) | | | |
| Contenido de Arena Natural | | | | | |
| Proporción máxima de arena natural, en peso | | 50 | 35 | 25 | |
| Durabilidad | | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo | - Sulfato de Magnesio | INV E-220-07 | 18 | 18 | 18 |
| Geometría de las Partículas | | | | | |
| Angularidad del Agregado Fino, % mínimo | AAASHO T-304 | 45 | 45 | 45 | |

(1) En este análisis se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar.

Tabla 17. Requerimientos granulométricos de mezclas asfálticas frías abiertas. (Tabla 552.3 de las Especificaciones IDU-ET-2011).

| Tipo de Mezcla | | Tamiz (mm / U.S. Standard) | | | | | | | |
|----------------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | | 37.5 | 25.0 | 19.0 | 12.5 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.075 |
| | | 1 1/2" | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 200 |
| | | % Pasa | | | | | | | |
| Abierta | MAF12 | | | 100 | 70-95 | - | 10-30 | 0-10 | 0-2 |
| | MAF20 | | 100 | 70-95 | - | 20-45 | 0-20 | 0-10 | 0-2 |
| | MAF25 | 100 | 70-95 | - | 25-55 | - | 0-15 | 0-5 | 0-2 |

Ahora y en particular en cuanto a lo que nos atañe en el presente proyecto se tiene lo siguiente relacionado con la estructura de pavimento y que en la guía indica....

7 ESTRUCTURAS VIALES

En la eventualidad de que las presentes Especificaciones Técnicas no se puedan cumplir, se deberá proponer al INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Subdirección General de Infraestructura, Dirección Técnica de Administración de Infraestructura, la modificación, soportada en un Estudio de Suelos y Diseño de Pavimentos particular que garantice la calidad y estabilidad de la intervención de acuerdo a lo exigido por el IDU, y que adicionalmente garantice el estricto cumplimiento de las Especificaciones IDU-ET-2011 en cuanto a calidad de materiales. Lo anterior deberá ser efectuado, antes de ejecutar las obras, con el fin de obtener por escrito el concepto o aprobación correspondiente. De la misma manera cualquier modificación en la geometría de la recuperación, que involucre o no diseño de juntas, deberá soportarse con el estudio técnico respectivo.

7.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

Por ningún motivo los valores de espesor de las capas nuevas serán menores a los espesores de las capas encontradas durante la ejecución de los trabajos. Adicionalmente las figuras 1 y 2 indican los valores mínimos de espesor de capa, se recomienda mezcla tipo MD 12 para la carpeta asfáltica y MD 20 para la base asfáltica, que se establecerán para la recuperación, en función de la jerarquía vial. La calidad de los materiales no podrá ser inferior a la exigida en la normativa vigente del IDU. El tipo de Material será establecido por el Constructor y aprobado por quien tenga a su cargo la verificación y aceptación de los trabajos por parte de las Empresas de Servicios Públicos (ESP), de acuerdo con las directrices trazadas por el IDU.

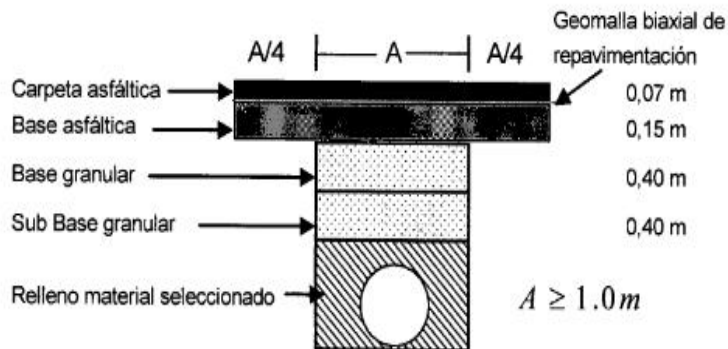


Figura 1: Estructura tipo de pavimento flexible, para intervenciones en zanja sobre vías arteriales e intermedias

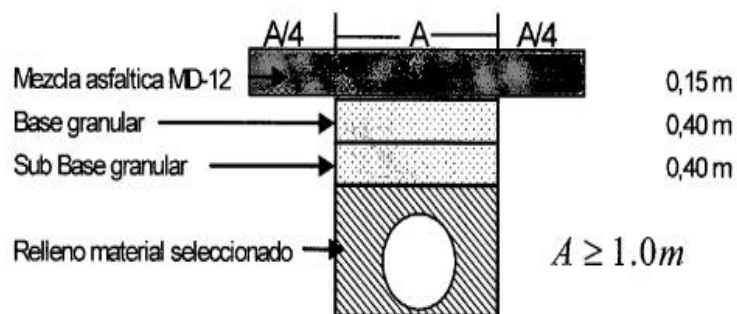


Figura 2: Estructura tipo de pavimento flexible, para intervenciones en zanja sobre vías locales

La intervención en las calzadas de las vías con pavimento flexible se deberá ejecutar cortando las capas asfálticas sobre un ancho correspondiente al de la excavación, adicionado, por lo menos en un 25% a cada lado de la misma. Estas capas deberán estar apoyadas en su totalidad en materiales competentes y encontrarse libres de materiales orgánicos, basuras, plásticos u otras sustancias o elementos que presenten inconvenientes para el comportamiento de la estructura de pavimento. El ancho de las capas asfálticas recuperadas nunca podrá ser inferior a 1.50 m, cuando la intervención sea perpendicular al eje de la calzada. Si la intervención es oblicua con respecto al eje de la calzada la recuperación de las capas asfálticas deberá hacerse formando una figura rectangular, con un ancho no inferior a 1.50 m.

Fuente: Especificaciones IDU Anexo Técnico para recuperación de Espacio Público Intervenido bajo Licencia de Excavación

De las anteriores figuras, el caso a analizar que se enmarcará es la figura 2 que corresponde a la estructura tipo de pavimento flexible, para intervenciones en zanja sobre vías locales.

2.5 Disposiciones Similares en Otras Ciudades

Con el objeto de comparar recomendaciones implementadas en otras ciudades se tienen las reglamentadas por la ciudad de Lima - Perú y las especificaciones Técnicas para la construcción de Alcantarillado Sanitario en la Ciudad de Salto del Guaira – Paraguay-2012.

2.5.1 Ordenanza 203 del 21-12-98. Reglamento para la Ejecución de Obras en áreas de Dominio Público para la municipalidad de Lima Metropolitana.

CAPITULO V RELLENO DE ZANJA Y COMPACTACION

Artículo 34°.- Material del relleno.- El relleno deberá realizarse con el material de la excavación y de préstamo, extrayéndose y eliminándose previamente todo tipo de desperdicios orgánicos e inorgánicos, así como piedras que por su tamaño impidan una adecuada compactación. Es prohibido el uso de residuos de pavimento o veredas demolidos para el relleno de la zanja. En el caso de instalación de tuberías de desagüe, se empleará una cama de arena fina seca, de diez centímetros (10 cm.), de espesor.

Artículo 35°.- Compactación del relleno.- El material de relleno será colocado en capas no mayores de treinta centímetros (30 cm.) de espesor y humedecidos uniformemente, para luego ser compactados mediante planchas vibratorias hasta alcanzar una densidad no menor al noventicinco por ciento (95%) de la determinada por el método Proctor.

Artículo 36°.- Afirmado del relleno.- En la parte superior del relleno se colocará una capa de afirmado granular de veinte centímetros (20 cm.) de espesor compactada al cien por cien (100%). La inspección exigirá de acuerdo al caso, la certificación respectiva (pruebas de compactación del terreno). En los ensayos de compactación de la base granular; el porcentaje de compactación debe ser igual o mayor al cien por cien (100%).

Artículo 37°.- Pruebas de compactación del terreno.- Obligatoriamente se debe extraer una muestra del terreno compactado a partir de los primeros diez metros (10 m.) lineales de compactación por cada cincuenta metros (50 m.) lineales. Si la obra excediese de los cincuenta metros (50 m.) lineales, se deberá extraer una muestra para cada tramo entre cincuenta metros (50 m.) lineales o menos, y muestras adicionales a exigencia de la supervisión municipal.

CAPITULO VI REPOSICION DEL PAVIMENTO Y DE LAS VEREDAS

Artículo 38°.- Materiales de reposición del pavimento y de las veredas.- La reposición debe efectuarse con un material de las mismas características del pavimento original, debe emplearse concreto donde la calzada sea de concreto y asfalto en caliente donde la calzada sea de asfalto.

Artículo 39°.- Superficie del parche.- Deberá cuidarse que la superficie del parche quede perfectamente enrasada con la del pavimento existente, no debiendo presentar depresiones ni sobre elevaciones.

Artículo 40°.- Casos especiales de materiales de reposición de pavimento.- En los casos donde exista algún tipo de tratamiento especial: losetas, lajas de piedra, baldosas o adoquines de piedra.; la reposición debe incluir el acabado con las mismas características que el existente.

Artículo 41°.- Especificaciones técnicas del pavimento y las veredas.- Las especificaciones técnicas de acuerdo al tipo de pavimentos son:

1.- Pavimento de Concreto: La losa tendrá un espesor igual al existente pero no menor de quince centímetros (15 cm.). La calidad del concreto a emplearse será de $f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$. Se cuidará que las caras de las juntas sean rectas y normales a la superficie de la base, con el objeto de evitar bordes delgados que puedan agrietarse o descascararse, por efecto del tránsito. Se definirá el parche con una bruña perimetral. Para realizar el vaciado del concreto, se efectuará previamente la limpieza de los bordes del pavimento existente, y se procederá a humedecerlos con una lechada de cemento. El curado del concreto deberá efectuarse mediante arroceras u otro método aprobado, exigido por la Inspección.

2.- *Pavimento de Asfalto: La reposición de la carpeta asfáltica deberá ser con el mismo material del pavimento original. En todos los casos se empleará obligatoriamente asfalto caliente en los pavimentos que son de asfalto. El espesor de la carpeta será de cinco y medio centímetros (5.5 cm.) como mínimo* y deberá ser colocada en la base de afirmado ya compactada, limpia y con un riego previo de imprimación de asfalto líquido RC-250 con el porcentaje de solvente requerido. Posteriormente a la reposición del pavimento, éste será sellado en toda su extensión, aplicando sello asfáltico a fin de darle mayor durabilidad

ESPEORES MÍNIMOS DE CAPAS

m

| Tipo de Pavimento Seleccionado | Base | Capa de Rodadura |
|-------------------------------------|------|------------------|
| Pavimento Rígido (concreto) | 0.20 | 0.15 |
| Pavimento Flexible (asfalto) | 0.20 | 0.055 |
| Pavimento Mixto (concreto +asfalto) | 0.20 | 0.15+0.055 |

2.5.2 Norma ce.010 pavimentos urbanos Lima Perú 2010

4.2 REPOSICIÓN

- GENERALIDADES *La reconstrucción de pavimentos y veredas, se hará con los métodos y materiales adecuados para garantizar la igualdad de calidad al existente. El nuevo pavimento será colocado inmediatamente después del relleno correspondiente y atenderá el gálibo del perfil transversal y longitudinal del pavimento removido.* El pavimento reconstruido se colocará en todo el área en que se lo rompió y deberá quedar en coincidencia con el pavimento existente. Si el pavimento existente a los lados de la zanja ha sufrido daño, se ha roto o agrietado o se han formado huecos por debajo de él como consecuencia de la excavación o por cualquier otro motivo relacionado con el trabajo del CONTRATISTA, éste deberá repararlo a sus expensas y a satisfacción de la FISCALIZACIÓN. La reposición de pavimentos y veredas se efectuará al mismo ritmo que el de la colocación de las cañerías, en forma tal que no podrá atrasarse en cada frente de ataque, en más de cien metros al relleno de la excavación correspondiente. En caso de incumplimiento de dicha exigencia, la FISCALIZACIÓN podrá disponer la ejecución de los trabajos de reposición, por cuenta del CONTRATISTA. La reposición deberá obedecer a lo siguiente: a. Deberá retirarse la capa superior del relleno que se encuentra al nivel de la calzada, hasta la profundidad que se requiera. b. La superficie resultante de la operación anterior deberá ser regularizada y nuevamente compactada. c. Después que la FISCALIZACIÓN autorice los servicios de reposición basado en los resultados de los ensayos de compactación, el CONTRATISTA deberá seguir rigurosamente las Especificaciones adelante descriptas para cada tipo de pavimento. Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Salto del Guaira 35 El CONTRATISTA será responsable del buen estado del pavimento hasta

la recepción final otorgada por la FISCALIZACIÓN. Todos los daños causados a los servicios públicos (a la ANDE, COPACO, MUNICIPALIDAD y JUNTAS DE SANEAMIENTO), deberán ser reparados por cuenta del CONTRATISTA.

CAPÍTULO 5 ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS.

5.1 OBJETO

5.1.1 Este Capítulo tiene por objeto regular los aspectos técnicos relacionados con la rotura y reposición de pavimentos, con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, mantener el orden, la circulación y el tránsito, así como uniformizar los criterios de diseño y constructivos de los pavimentos afectados.

5.2 RESPONSABILIDADES

5.2.1 Las empresas de servicios públicos, que realicen obras de envergadura que afecten a cualquiera de los pavimentos considerados en esta Norma, tienen la obligación de presentar en las municipalidades la “Programación Anual de Ejecución de Obras en Áreas de Dominio Público”, correspondientes al ejercicio del año siguiente, hasta la fecha que indiquen las respectivas Ordenanzas Municipales y en ausencia de éstas hasta el 31 de diciembre de cada año. Esta exigencia no es aplicable a obras de emergencia y a las obras para atender solicitudes de los clientes. Las municipalidades deberán actualizar esta Programación trimestralmente, comprendiendo las obras de mantenimiento, ampliación o construcción de obras nuevas, incluyendo los estudios básicos, planos, especificaciones técnicas, y los plazos previstos para las intervenciones programadas.

5.2.2 Las empresas de servicios públicos, así como cualquier otra persona natural o jurídica que realicen obras que afecten a cualquiera de los pavimentos considerados en esta Norma, tienen la obligación de presentar en las respectivas municipalidades, los Expedientes Técnicos de las obras por ejecutar conteniendo por lo menos:

- Memoria Descriptiva, incluyendo el Estudio de Suelos, el Diseño de Pavimentos según lo indicado en 1.5, señalización y plan de vías alternas. Este requisito no aplica para obras con longitudes menores de 100 m.
- Especificaciones Técnicas.
- Planos.
- Metrados y Presupuestos.
- Cronograma de Ejecución de Obra.
- Anexos.

5.2.3 Las municipalidades son las encargadas de revisar y aprobar los Expedientes Técnicos, autorizar la ejecución de las obras, velar por el cumplimiento de la presente Norma y además comprobar que las obras han sido ejecutadas de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas del Proyecto aprobado.

5.3 ROTURA DE PAVIMENTOS

5.3.1 Previamente a la rotura de pavimentos, la zona de trabajo debe estar perfectamente señalizada incluyendo a las vías alternas de ser el caso.

5.3.2 La rotura parcial de pavimentos debe hacerse adoptando formas geométricas regulares con ángulos rectos y bordes perpendiculares a la superficie. Para el corte se debe emplear disco diamantado. 5.3.3 Solamente se usará equipo rompe-pavimento en labores de demolición.

5.3.4 Los desmontes provenientes de la rotura de pavimentos deben eliminarse de la zona de trabajo antes de proceder con las excavaciones, con el objeto de evitar la contaminación de los suelos de relleno con desmontes.

5.4.1 No debe excavarse las zanjas con demasiada anticipación a los trabajos motivo del Expediente Técnico.

5.4.2 Para profundidades mayores de 1,50 m, el PR del EMS, deberá indicar si se requiere o no entibar las paredes de las zanjas con el objeto de evitar que colapsen. El diseño del sistema de sostenimiento debe ser parte del Expediente Técnico.

5.4.3 Las operaciones de excavación no deberán iniciarse mientras no se cuente con un Plan de Perno Desvío y Señalización comprobado.

5.4.4 El material excedente de cualquier partida, deberá eliminarse fuera de la obra en un plazo máximo de 48 horas.

5.5 RELLENO Y COMPACTACIÓN

5.5.1 Los fines esenciales de un buen relleno son: a) Proporcionar un lecho apropiado para el apoyo y confinamiento de los servicios públicos; y b) Proporcionar por encima de los servicios públicos, un material que sirva para transmitir adecuadamente las cargas vehiculares a las capas inferiores, sin dañar los servicios, ni provocar hundimientos en el pavimento.

5.5.2 El relleno debe seguir a la instalación de los servicios públicos tan cerca como sea posible. En todos los casos debe programarse los trabajos de tal manera que los procesos de excavación, colocación de los servicios públicos y relleno, queden limitados a distancias cortas, que permitan colocarlos con la misma velocidad con que se abren las zanjas.

5.5.3 Los rellenos en general se clasifican en tres grupos. El PR incluirá en su proyecto las características de cada uno de ellos. a) Cama de Apoyo: Es aquella que soporta directamente a los servicios públicos (cables, tuberías o ductos) y generalmente es un suelo granular, uniforme, libre de gravas, piedras y materiales vegetales. Se requiere que en operación tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999). b) Relleno de confinamiento: Es el que va alrededor de los servicios públicos y hasta una altura variable entre 15 cm y 20 cm por encima de ellos. Generalmente es de material seleccionado similar al de la Cama de Apoyo, el que se coloca por capas para permitir su apisonado alrededor de cables, tuberías o ductos. Se requiere que tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999). c) Relleno masivo: Llegará hasta el nivel de la sub-rasante del pavimento existente. Podrá ser hecho con material propio, es decir con el extraído de la excavación, con o sin selección previa, o con material de préstamo, definido por el PR. Se coloca por capas de espesor compactado a humedad óptima dependiente del tipo de suelo y del equipo empleado en la compactación. Se requiere que tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) para suelos predominantemente cohesivos y del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) para los suelos predominantemente granulares.

5.5.4 Todo relleno se controlará por cada capa compactada, a razón de un control por cada 50 m. Excepto en los casos en que el espesor de la capa compactada sea menor de 15 cm, donde el control se hará cada dos o tres capas, según sea el caso. Si la obra tiene menos de 50 m, los controles se harán a razón de dos por cada capa compactada distribuyéndolos NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS 35 en tresbolillo entre dos capas sucesivas cualesquiera. En el caso de suelos arenosos el PR podrá proponer otros sistemas de control de la compactación.

5.6 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

5.6.1 La reposición de los pavimentos afectados debe efectuarse con materiales de las mismas características que el pavimento original, excepto en el caso de los pavimentos de concreto hidráulico rehabilitados con una sobre capa asfáltica de superficie, en que a criterio del PR se podrá hacer la reposición con un pavimento de concreto asfáltico, que tenga el mismo Número Estructural que el pavimento mixto existente. Se debe tener claro que la reposición del pavimento incluye no solo la carpeta, sino también la base y la sub-base existente.

5.6.2 Las mezclas asfálticas para reposiciones deberán ser preferentemente en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

5.6.3 En cualquier caso, la superficie de la reposición deberá quedar enrasada con la superficie del pavimento existente, sin depresiones ni sobre elevaciones.

5.7 CONTROL DE CALIDAD

5.7.1 Se tomarán las pruebas y se ejecutarán los mismos tipos de ensayos y con las mismas frecuencias indicados en el Capítulo 3 para pavimentos nuevos.

Referencia: Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos Lima – Perú 2010

Subrayado fuera de texto.

2.5.3 Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Salto del Guaira (Paraguay)- 2012

4 REMOCIÓN Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS.

4.1 REMOCIÓN - GENERALIDADES

El CONTRATISTA tramitará hasta obtener los permisos necesarios de la Municipalidad de la Ciudad o del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones según corresponda, para remover los pavimentos y veredas y depositar en la vía pública los materiales extraídos.

Las remociones solamente podrán ser iniciadas después que haya sido investigada la existencia de interferencias con tuberías, cajas, cables, postes, columnas etc. que esté en la zona afectada por la excavación o en áreas muy próximas a ellas. Las solicitudes de remoción, reposición o reubicación y transporte deberán ser dirigidas a los entes administradores correspondientes.

La FISCALIZACIÓN deberá aprobar el programa de ejecución, en el cual deberán ser establecidos: los tramos que serán excavados, los procesos a ser empleados y los procedimientos de protección y seguridad que serán adoptados.

En la faja correspondiente a la zanja a ser excavada, el pavimento existente deberá ser removido con el cuidado necesario, teniendo en cuenta el mayor aprovechamiento posible del material retirado

El material proveniente del levantamiento del pavimento se apilará al costado de la zanja, cuidando de producir el menor entorpecimiento al tránsito y facilitar el adecuado escurrimiento de las aguas superficiales.

Los materiales extraídos de las veredas se apilarán, de forma tal que permita el paso de los peatones.

El CONTRATISTA devolverá a su condición original todo el pavimento, cordón, vereda, cuneta y cualquier otra propiedad o superficie removida, afectada o dañada en el curso de sus operaciones.

Ningún pavimento permanente será restaurado sino después de que las pruebas de estanqueidad y el relleno correspondientes hayan sido satisfactoriamente ejecutados y aprobados por la FISCALIZACIÓN.

El material aprovechable deberá ser adecuadamente almacenado hasta su reutilización. Los restos de materiales no aprovechables serán retirados del área de ejecución

Todo material faltante para la reposición del pavimento correrá por cuenta exclusiva del CONTRATISTA.

4.1.1 REMOCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Para la remoción de pavimento asfáltico se realizarán punteadas con martinete neumático equipado con punta chata, en los límites del cuadro a remover, a los efectos de perforar y romper el pavimento. La operación será completada con la ayuda de barretas y otras herramientas, procediéndose a la remoción del pavimento.

El CONTRATISTA deberá seleccionar aquellos materiales que sean aprovechables tales como cordón, adoquines, piedras etc. La FISCALIZADORA deberá aprobar los materiales que serán reutilizados, y el CONTRATISTA procederá a completar esta cantidad con otros materiales nuevos que resulten indispensables y reconstruir con ellos nuevamente el pavimento....

4.2 REPOSICIÓN - GENERALIDADES

La reconstrucción de pavimentos y veredas, se hará con los métodos y materiales adecuados para garantizar la igualdad de calidad al existente. El nuevo pavimento será colocado inmediatamente después del relleno correspondiente y atenderá el gálibo del perfil transversal y longitudinal del pavimento removido.

El pavimento reconstruido se colocará en todo el área en que se lo rompió y deberá quedar en coincidencia con el pavimento existente. Si el pavimento existente a los lados de la zanja ha sufrido daño, se ha roto o agrietado o se han formado huecos por debajo de él como consecuencia de la excavación o por cualquier otro motivo relacionado con el trabajo del CONTRATISTA, éste deberá repararlo a sus expensas y a satisfacción de la FISCALIZACIÓN. La reposición de pavimentos y veredas se efectuará al mismo ritmo que el de la colocación de las cañerías, en forma tal que no podrá atrasarse en cada frente de ataque, en más de cien metros al relleno de la excavación correspondiente. En caso de incumplimiento de dicha exigencia, la FISCALIZACIÓN podrá disponer la ejecución de los trabajos de reposición, por cuenta del CONTRATISTA.

La reposición deberá obedecer a lo siguiente:

- a. Deberá retirarse la capa superior del relleno que se encuentra al nivel de la calzada, hasta la profundidad que se requiera.
- b. La superficie resultante de la operación anterior deberá ser regularizada y nuevamente compactada.
- c. Después que la FISCALIZACIÓN autorice los servicios de reposición basado en los resultados de los ensayos de compactación, el CONTRATISTA deberá seguir rigurosamente las Especificaciones adelante descriptas para cada tipo de pavimento.

El CONTRATISTA será responsable del buen estado del pavimento hasta la recepción final otorgada por la FISCALIZACIÓN.

Todos los daños causados a los servicios públicos (a la ANDE, COPACO, MUNICIPALIDAD y JUNTAS DE SANEAMIENTO), deberán ser reparados por cuenta del CONTRATISTA....

4.2.2. REPOSICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO (CONCRETO)

Consiste en la reposición, a las condiciones iniciales, del pavimento removido para realizar trabajos de excavación. El mismo incluye la provisión y colocación del material asfáltico. La base pétreo para el mismo se realizará de acuerdo al Ítem referido al mismo. Previa a la reposición del pavimento asfáltico los bordes de la zona a reponer serán cortados en forma recta.

a. GENERALIDADES

La carpeta de rodamiento del pavimento proyectado se ejecutará con mezcla de concreto asfáltico e incluirá la utilización de agregado pétreo, relleno mineral (filler), material bituminoso y mejorador de adherencia. La distribución y compactación de la mezcla se hará en frío o caliente, de acuerdo al tipo de asfalto que se utilice.

La base sobre la cual se aplicará la carpeta de concreto asfáltico permitirá conseguir que ésta, luego de su compactación, resulte con un espesor mínimo de 5 ± 1 cm. En el evento de que el espesor de la carpeta circundante sea superior a este valor se respetará el espesor de la misma.

No se permitirá realizar riegos asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 15°C . La preparación de mezclas se suspenderá cuando la temperatura ambiente descienda a menos de 10°C . La distribución de mezclas se suspenderá cuando la temperatura sea menor a 8°C .

b. RIEGO DE LIGA

Consiste en la aplicación de una camada de material bituminoso sobre la superficie de base o de un pavimento, antes de la ejecución de un revestimiento bituminoso, buscando conseguir la adherencia entre este revestimiento y la camada subyacente.

Inmediatamente antes de aplicar el riego de liga, la superficie a recubrir deberá hallarse completamente seca, limpia y desprovista de material flojo o suelto; esos materiales se eliminarán mediante riego, barrido y soplado.

Previo al inicio de la aplicación del material bituminoso, la FISCALIZACIÓN aprobará la zona a cubrir, con el riego de liga, así como la cantidad y temperatura de aplicación del material bituminoso, las cuales deberán establecerse dentro de los límites especificados. Este riego se efectuará con emulsión asfáltica de rotura rápida a razón de 0,2 a 0,5 litros por metro cuadrado.

La cantidad especificada debe ser aplicada lo más uniformemente posible, tomándose las precauciones necesarias a fin de evitar la superposición al comienzo y al final del riego.

La temperatura de aplicación del material bituminoso deberá estar comprendida entre 35 y 55°C . La FISCALIZACIÓN controlará la temperatura en función a la relación temperatura-viscosidad, debiendo escogerse la temperatura que proporcione la mejor viscosidad para el riego.

El riego de liga no deberá ejecutarse con mucha o con poca anticipación a la aplicación de la mezcla bituminosa. Se deberá posibilitar al material bituminoso desarrollar sus propiedades ligantes antes de cualquier operación de construcción anterior. La FISCALIZACIÓN determinará la duración de este período antes de la aplicación de la mezcla bituminosa.

Una vez ejecutado el riego de liga, el sector en reparación será cerrado al tránsito automotor. El CONTRATISTA deberá recubrir con lonas, papel, chapas, etc. toda parte de la OBRA que pueda ser perjudicada por el material bituminoso durante su aplicación y ser responsable de todo daño que causen sus operarios. Los trabajos de reparación, limpieza y repintado necesarios serán por cuenta del CONTRATISTA.

•**Material**

El material bituminoso a ser utilizado para el riego de liga será Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Rápida, que deberá satisfacer los requisitos especificados en el siguiente cuadro:

| • Ensayos | Método | RRC1 |
|---|-----------|-----------|
| Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C | IRAM 6544 | 30-80 |
| Residuo asfáltico por Asentamiento (5 días) | IRAM 6602 | + 65% |
| Resíduo sobre tamiz N° 20 | IRAM 6602 | - 5% |
| Aceite destilado (en volumen) | ASTM D244 | - 0.1% |
| Carga de la partícula | ASTM D244 | - 3% |
| Recubrimiento y resistencia al agua | | Positiva |
| | | + 80% |
| Sobre el residuo de destilación: | | |
| Utilidad (25°C, 5 cm/m) | IRAM 6576 | + 80% |
| Solubilidad en CL4C | IRAM 6585 | +95 % |
| Peso específico a 25°C | IRAM 6587 | + 1% |
| Oliensis | IRAM 6594 | Negativo |
| Temperatura de aplicación | | 25 a 35°C |

•**Equipo**

Todo equipamiento antes del inicio de la ejecución de la OBRA, deberá ser examinado por la FISCALIZACIÓN, debiendo ajustarse a esta Especificación.

• **Barredora y sopladora mecánica de aire comprimido**

- **Transportador c/ tanques equipados de sistema de calentamiento**, termómetro, distribuidor del material bituminoso c/bomba del tipo rotativa.

c. MEZCLAS BITUMINOSAS

Las Mezclas Bituminosas deberán ser elaboradas en Plantas Fijas, que podrán ser propias del CONTRATISTA o en su defecto adquirirlos en plaza, en una firma de reconocida capacidad técnica y comercial en la fabricación de este tipo de material. En cualquiera de las dos circunstancias deberá cumplir con las normas de calidad previstas.

MATERIALES

Antes de comenzar los trabajos, y con suficiente anticipación, el CONTRATISTA propondrá a la FISCALIZACIÓN los agregados pétreos y relleno mineral a emplear, adjuntando a tal efecto las muestras correspondientes y los resultados obtenidos con las mismas en los ensayos físicos y granulométricos realizados para someterlos a su aprobación. Esta aprobación será previa al comienzo de los trabajos, requiriéndose solicitarla nuevamente cada vez que se cambia la fuente de provisión.

Agregado Pétreo El agregado pétreo grueso (retenido en el tamiz N° 8) provendrá exclusivamente de la trituración de roca sana, limpia, y durable, aprobada por la FISCALIZACIÓN. Sus partículas estarán exentas de polvo u otras materias extrañas.

El desgaste será inferior a 30% sometida al Ensayo "Los Angeles" (AASHTO T 96) o (IRAM 1532).

El agregado fino (pasa por tamiz N° 8) será mezcla de arena de trituración de roca y de arena natural proveniente de ríos o yacimientos. Sus partículas deberán ser limpias, duras, sanas y libres de arcillas, polvo, álcalis, materias orgánicas o cualquier otra sustancia perjudicial. Así mismo, no contendrá sales en cantidad perjudicial.

En los agregados para mezcla asfáltica se deben cumplir con las siguientes exigencias como condiciones de aceptabilidad:

- **El desgaste** medido por el Ensayo de los Angeles (Norma IRAM 1532) deberá ser menor al 30%.
- **Durabilidad del agregado.** La pérdida en el ensayo con empleo de sulfatos de sodio o de magnesio deberá ser menor al 12%.
- **Adhesividad** del agregado al ligante bituminoso: De acuerdo con lo establecido en el Método AASHTO T 182.
- **Cubicidad:** El factor de cubicidad determinado mediante el Ensayo VNE-16-67 "Determinación del factor de cubicidad" deberá ser mayor de 0,50.
- **Plasticidad:** Sobre la fracción que pasa el tamiz N° 40, el Índice de Plasticidad deberá ser nulo.
- **Relación vía seca/vía húmeda que pasa tamiz N° 200:** si el material que pasa el tamiz N° 200 por vía húmeda es mayor del 5% respecto al peso total de la muestra, la cantidad de material librado por el tamiz N° 200 en seco deber ser igual o mayor que el 50% de la cantidad librada por lavada. • **Equivalente de arena:** El material librado por el tamiz N° 4, previo mortereado del retenido en dicho tamiz empleando un mango de goma y ensayando luego de acuerdo con la Norma VNE-10-67 deberá tener un equivalente de arena mayor o igual a 55%.
 - Absorción
 - Peso específico aparente
 - Peso específico seco

- Peso específico saturado

Relleno Mineral (Filler)

El relleno mineral consistirá en polvo seco de piedra caliza pura, con un mínimo de 70% de carbonato de calcio, o bien será cal hidratada o cemento Portland. Estará libre de grumos, terrones o materiales orgánicos, debiendo cumplir las siguientes granulometrías al ser ensayados por tamices de malla cuadrada, siguiendo el Método de Ensayo AASHTO T 37.

- Pasante Tamiz N° 30 **100%**
- Pasante Tamiz N° 50 **95-100 %**
- Pasante Tamiz N° 200 **70-100 %**

Cemento Asfáltico

Los cementos asfálticos serán homogéneos libres de agua y no formarán espumas al ser calentados a 170°C. Cumplirán con las siguientes exigencias:

NORMA IRAM 6604

CEMENTOS ASFÁLTICOS (C.A.)

| Características | | | | Tipo I | | Tipo II | | Método de ensayo | |
|--|------|------|------|--------|------|---------|------|------------------|---------|
| Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | | | | | | |
| Penetración 25°C, 100 g, 5 seg. 6576 | | | | | 40 | 50 | 50 | 60 | IRAM |
| Peso específico rel. A 25/25°C 6587 | | | | | 1000 | | 1000 | | IRAM |
| Ductilidad 25°C 5 cm/min (cm) 6579 | | | | | 100 | | 100 | | IRAM |
| Punto de inflamación (Cleveland vaso abierto) °C 6555 | | | | | 250 | | 250 | | IRAM |
| Ensayo en película delgada: Pérdida por calentamiento a 163°C durante 5 h (%) | | | | | | 1 | | 1 | G - 3/4 |

Penetración retenida a 25°C, 100 g, 5 seg

| | | | | | |
|---|-----------------|--------------|------|------|-----------|
| (% del original) | 50 | 50 IRAM 6576 | | | |
| Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm/min (cm) 6579 | 100 | 100 | IRAM | | |
| Solubilidad en sulfuro de carbono (%) 6584 | 99.5 | 99.5 | IRAM | | |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono (%) 6585 | 99 | 99 | IRAM | | |
| Índice de penetración (Pfeiffer) - 1/2 | -2 | +0.5 | -2 | +0.5 | G |
| Temperatura de aplicación (°C) | 140 | 160 | 140 | 160 | |
| Ensayo de "OLIENSIS" | N e g a t i v o | | | | IRAM 6594 |

OBS.: En esta obra se exigirá el uso de Cemento Asfáltico de penetración 50-60.

Producto para mejorar la adherencia

El producto para mejorar la adherencia deberá responder a las siguientes condiciones:

- Deberá ser comercialmente puro, es decir, sin el agregado de aceites, solventes pesado u otros diluyentes.
- Ser homogéneo y estar libre de agua. En el caso de aditivos líquidos, no se separará la fase sólida por estacionamiento, permitiéndose sólo la formación de un ligero sedimento.

Disuelto en el ligante asfáltico, deberá responder a las siguientes exigencias:

- Ensayo TWIT: Con una concentración del aditivo igual al 0.4% en peso en asfalto diluido E.R.1, deberá obtenerse un recubrimiento no menor del 70%.
- Inmersión Tray Test: La concentración del aditivo necesaria para obtener 100% de recubrimiento no será mayor del 0.5% en peso en asfalto diluido E.R.1.
- Ensayo de desprendimiento: con una concentración del aditivo igual al 0.5% en peso en C.A. 150-200, el desprendimiento no deberá ser mayor que 2%.

La cantidad exacta del aditivo mejorador de adherencia a utilizar en obra será determinada mediante el Ensayo de Adhesividad del "Método de Ensayo Standard para recubrimiento y pelado de mezcla de Betún-Agregado" (AASHTO T 182), realizado con muestras representativas del agregado pétreo y el ligante asfáltico a emplear efectivamente en la obra.

El cambio de estos materiales implicará nuevas determinaciones de la dosaje del aditivo mejorador de adherencia.

Preparación

Las mezclas se prepararán en plantas fijas. La FISCALIZACIÓN deberá poder verificar la temperatura de la misma en cualquier momento.

Para cada tipo de cemento asfáltico se determinará la curva viscosidad - temperatura y basándose en ésta se determinará la temperatura de mezcla y compactación.

Antes de iniciar el acopio de los materiales que entrarán en la preparación de la mezcla bituminosa, el CONTRATISTA deberá solicitar, con la debida anticipación, la aprobación de la "**Fórmula para mezcla** " que obligatoriamente debe presentar, con la cual se cumplan las exigencias establecidas en las Especificaciones correspondientes.

Al someter a consideración la fórmula, el CONTRATISTA deberá presentar dosaje Marshall completo, que demuestre el mejor uso de los materiales propuestos.

En dicha fórmula se consignará la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y los porcentajes en que intervendrán en la mezcla los agregados pétreos con el relleno mineral (filler) y el ligante bituminoso. Así mismo, la fórmula consignará la granulometría de la mezcla en seco de los agregados pétreos con el relleno mineral.

Si la fórmula presentada fuera aprobada por la FISCALIZACIÓN, el CONTRATISTA se obliga a suministrar una mezcla bituminosa que cumpla exactamente las proporciones y granulometría en ella fijadas, con las siguientes tolerancias:

Pasante tamiz N° 8 y superiores

Pasante por tamices intermedios entre

N° 8 y N° 200

Pasante por tamiz N° 200

Para el material bituminoso

Para los valores resultantes del ensayo de estabilidad Marshall no habrá tolerancia sobre la cifra consignada en este Ítem.

Las tolerancias detalladas no justificarán valores fuera de lo establecido en los otros párrafos. La faja de variación así establecida será considerada como definitiva para la aceptación de los materiales; cualquier material que no cumpla esta condición deberá ser rechazado.

El cambio de cualquier material componente de la mezcla asfáltica exigirá nuevo diseño de la

"Fórmula para la Mezcla".

La mezcla en seco de agregados pétreos con el relleno mineral deberá corresponder a proporciones tales que se obtengan las siguientes composiciones granulométricas:

| Tamiz | Porcentaje que pasa |
|---------------|----------------------------|
| 3/4" | 100 |
| 1/2" | 80 - 100 |
| 3/8" | 70 - 90 |
| N° 4 | 50 - 70 |
| N° 8 | 35 - 50 |
| N° 30 | 18 - 29 |
| N° 50 | 13 - 23 |
| N° 100 | 8 - 16 |
| N° 200 | 4 - 10 |

La fracción de la granulometría total que pasa el Tamiz N° 40 tendrá Índice de Plasticidad nulo.

El contenido de humedad de la mezcla en seco de los agregados pétreos será inferior al 0.5% una vez pasado por el dispositivo secador.

Distribución

Las mezclas preparadas deberán distribuirse a la temperatura que indique la FISCALIZACIÓN y que surgirá del ensayo de viscosidad del cemento asfáltico utilizado. No se permitirá distribuir mezclas durante las lluvias, ni sobre superficies húmedas.

Para efectuar la distribución se volcará la mezcla dentro del área de pavimento a reponer en la medida justa y necesaria.

La distribución se hará con palas calientes, y el desparrame utilizando rastrillos también calientes, con mucha prolijidad, de tal manera que su terminación refleje la lisura similar al del pavimento adyacente.

Tanto las juntas longitudinales como transversales que se producen durante la progresión del trabajo y al término de la jornada deberán tratarse cortando los bordes respectivos en forma vertical.

Para formar las juntas, se efectuará el corte vertical de los bordes y se pintarán los mismos en toda su altura con riego de liga. Al empalmar las carpetas antiguas con la nueva construcción, se elevará la temperatura de aquellas con pisones de hierro previamente calentadas.

Compactación

Inmediatamente después de la distribución del concreto asfáltico para carpeta de rodamiento, debe comenzar la compactación de la mezcla. Como norma general la temperatura del inicio del rodillado será la más elevada a la que la mezcla bituminosa pueda soportar la compactación, temperatura ésta, fijada experimentalmente para cada caso.

El rodillado inicial del concreto asfáltico, se hará con rodillo neumático de presión variable, actuando con baja presión, la cual será aumentada gradualmente a medida que la mezcla vaya ganando condiciones de soporte. Podrá emplearse rodillo metálico liso o tipo "Tandem" como unidad de acabado final.

En cualquier caso, la operación de rodillado continuará hasta el momento en que sea alcanzada la densidad especificada.

Durante el rodillado no se permitirán cambios de dirección o inversiones bruscas de marcha, ni el estacionamiento de los equipos sobre la capa recién rodillada. Las ruedas

del rodillo deberán ser humedecidas adecuadamente, de modo que evite la adherencia de la mezcla. Se considerará terminada la compactación cuando se obtenga un porcentaje de densidad no inferior al 98% de la densidad máxima del ensayo Marshall de 50 golpes por cara.

Si luego de finalizado el proceso de compactación se observare depresiones, estas se corregirán inmediatamente de tal modo a restituir el gálibo a niveles correctos.

d. TOMA Y REMISIÓN DE MUESTRAS

Cuando la FISCALIZACIÓN lo crea necesario, en cualquier momento podrá solicitar al CONTRATISTA que torne muestras de los agregados pétreos, relleno mineral, materiales bituminosos en el campo y se transportarán al laboratorio de ensayos que indique la FISCALIZACIÓN para su ensayo. Los gastos de envases, embalaje y transporte, correrán por cuenta del CONTRATISTA, quien también tendrá a su cargo los gastos de ensayos en el laboratorio.

Para asfaltos sólidos (Cemento asfáltico) las muestras serán de 1 kilogramo y se colocarán en envases de hojalata herméticamente cerrados.

Asimismo, la FISCALIZACIÓN solicitará al CONTRATISTA la extracción de muestras cilíndricas del espesor total de la capa individual compactada, de donde se determinará la densidad, que deberá acusar los valores obtenidos, empleando exigencias y métodos de laboratorio mencionados en el Ítem correspondiente. Los pozos que después de la extracción queden en la capa deberán ser llenados con la misma mezcla, compactados y nivelados por cuenta del CONTRATISTA.

Si la FISCALIZACIÓN lo considera procedente podrá ordenar a la CONTRATISTA el registro

de mediciones de temperatura diariamente en cada uno de los Ítems abajo especificados:

- del agregado en el silo de la planta;
- del ligante en la planta;
- de la mezcla bituminosa en la salida del mezclador de la planta;
- de la mezcla, en el momento de la distribución y en el inicio del rodillado en la calzada

En cada camión, antes de la descarga, se hará, por lo menos una lectura de la temperatura.

Las temperaturas deben satisfacer los límites especificados.

e. ENSAYOS

1) Tamizados de los agregados: Cada muestra de agregados pétreos será tamizada para determinar la cantidad total de material que pasa por los tamices detallados en el numeral respectivo.

2) Determinación del contenido de sales en el agregado pétreo fino: La muestra se ensayará según el procedimiento descrito en las páginas 169 a 171 de la edición revisada de "Procedures for Testing Soils" (ASTM, abril, 1959). El resultado del ensayo se considerará satisfactorio si el contenido de sales da 1% ó menos.

3) Ensayo del índice de plasticidad: La fracción de la muestra del agregado pétreo fino que pasa por el tamiz N° 40 se ensayará según el procedimiento AASHTO T 90. El resultado del ensayo para ser satisfactorio, deberá dar valor nulo.

4) Ensayo de estabilidad Marshall: Cada muestra de mezcla bituminosa extraída será sometida al ensayo de Marshall a realizarse según la técnica descrita en la Norma ASTM D1559 ó VNE-9-86 con el instrumental respectivo, el que deberá ser provisto por el CONTRATISTA a su exclusivo cargo. La mezcla bituminosa deberá acusar valores comprendidos entre los siguientes límites:

- | | | |
|-----|---|---------|
| - | Número de golpes por cada cara de probeta | 50 |
| - | Estabilidad de 60°C (Kg) igual o superior a | 600 |
| - | Fluencia (mm) | 2 - 4.5 |
| - | Vacíos Totales (%) (*) | 3 - 5 |
| - | Relación Betún-Vacíos" | (70 - |
| 80) | | |
| - | Estabilidad remanente después de 24 horas de inmersión en agua, a 60°C con respecto a la Estabilidad Marshall (%) 85. | |
| - | Relación "Estabilidad-Fluencia" (Kg/cm) mínimo | 2100 |
| - | Relación C/Cs (máximo) | 1 |

(*) Calculado en base al Peso Específico de la mezcla de áridos (Método de Rice) (AASHTO T 209)

En relación con la estabilidad, fluencia y porcentaje de vacíos de las mezclas preparadas en caliente, el control de calidad se realizará tomando material distribuido dos por día de trabajo de reposición o toda vez que la FISCALIZACIÓN considere necesario. Sobre

cada muestra se realizará el ensayo de extracción de betún y granulometría de los agregados.

Si los resultados de estos ensayos no respondieran a la "Fórmula de Mezcla Aprobada" el CONTRATISTA estará obligado a corregir los procedimientos de incorporación y/o mezclado de los materiales, en el plazo de 24 horas. De no cumplirse este requisito, la FISCALIZACIÓN podrá suspender los trabajos hasta que se efectúen las correcciones.

Deberá evitarse tendencias a lograr estabilidades máximas coincidentes con fluencias mínimas.

La mezcla asfáltica deberá responder a las exigencias del "Ensayo de compactación-inmersión para medir la pérdida de estabilidad Marshall debida a efectos del agua sobre mezclas asfálticas".

f. EQUIPOS

Las unidades de equipo a emplear serán previamente aprobadas por la FISCALIZACIÓN, debiendo conservarse siempre en condiciones aceptables de trabajo. En caso de mal funcionamiento, deberán ser reemplazados.

El transporte de la mezcla bituminosa se hará en camiones volcadores equipados con caja metálica hermética de descarga trasera. Para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a la caja, podrá untarse la misma con agua jabonosa o con aceite lubricante liviano. No se permitirá el uso de nafta, kerosén o productos similares para este objeto. Cada camión deberá estar provisto de una lona de cubierta de tamaño suficiente como para proteger completamente la mezcla durante su transporte.

El equipo para compactación estará, constituido por rodillo neumático o metálico liso tipo auto propulsado o tándem u otro equipo aprobado por la FISCALIZACIÓN. Los rodillos compactadores deberán tener un peso mínimo de 2 toneladas. Los rodillos neumáticos autopropulsados, estarán dotados de neumáticos que permitan un calibrado de 35 a 120 psi.

El equipo en operación deberá ser suficiente para compactar la mezcla a la densidad requerida, mientras se encuentre en condiciones de trabajabilidad.

Durante la construcción de la base o carpeta se dispondrá en OBRA de: palas, rastrillos, cepillos de piazaba con mangos largos, regadores de material bituminoso, volquetes para conducir mezcla bituminosa para retoque, pisones de mano metálicos y otros, de manera que la totalidad de los trabajos detallados en este Ítem sean realizados con el máximo de eficiencia posible.

G. CONDICIONES PARA LA RECEPCIÓN ESPESORES

Cualquier espesor defectuoso de base o carpeta terminada que se encuentre fuera de la tolerancia será objeto de la rectificación respectiva por cuenta exclusiva del CONTRATISTA, quien llevará a cabo a su costo las operaciones constructivas y el aporte de material necesario para dejar el pavimento en las condiciones establecidas por este Ítem.

Lisura

La carpeta terminada no acusará depresiones en su superficie y deberá estar nivelada conforme a los pavimentos adyacentes.

- Densidad y Estabilidad Remanente

Para el control de calidad del pavimento construido la FISCALIZACIÓN ordenará a su juicio la obtención de no menos de dos muestras cada 200 m². Sobre el promedio de las muestras ensayadas se deberá obtener un valor del 98%, referente a Densidad y del 85 % respecto a la Estabilidad Remanente. Para valores menores a éste, correrá por cuenta del CONTRATISTA la reparación de los trabajos efectuados en esas condiciones.

Fuente: Construcción de Sistemas de Alcantarillado Sanitario en la Ciudad de Salto del Guairá – Paraguay- Especificaciones Técnicas 2012

3 Marco de Referencia

Para la presente evaluación se tendrán en cuenta los criterios de clasificación indicados por el IDU en la Guía de Diseño de Pavimentos para bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C, de Instituto de Desarrollo Urbano.

Partiendo de lo indicado en la Categorización del Tránsito citada en la sección 107 de las Especificaciones IDU se tiene que las vías de bajo tránsito y vías locales se enmarcan dentro del tránsito T0 al T2, según lo indicado en la Guía de Diseño y como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1 Categorización del tránsito según el IDU

| Categoría del Tránsito | Nivel de Tránsito | |
|------------------------|-------------------|----------------------------------|
| | Criterio 1 VPDo | Criterio 2 NAEE 8.2 Ton millones |
| T0 | VPDo < 20 | NAEE 80 < 0,2 |
| T1 | 20 VPDo < 50 | 0,2 NAEE 80 < 0,5 |
| T2 | 50 VPDo < 150 | 0,5 NAEE 80 < 1,5 |
| T3 | 150 VPDo < 300 | 1,5 NAEE 80 < 3.0 |
| T4 | 300 VPDo < 750 | 3.0 NAEE 80 < 7,5 |
| T5 | VPDo 750 | NAEE 80 7,5 |

VPDo: Número de vehículos pesados por día en el carril de diseño, durante el primer año de servicio de las obras, donde vehículos pesados son buses y camiones con peso de 3,5 toneladas o más.

NAEE_80: Número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN en el periodo de diseño, en el carril de diseño.

Fuente: Sección 107 Especificaciones IDU

También se tiene que según la Guía la configuración de los vehículos pesado esta está enmarcada en la Resolución 4100 de 2004 que modifica la Resolución 1782 de 2009 . Ministerio de Transporte. En la que se estima que pasarán vehículos tipo C2 y C3, ya que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitarían de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías.

De igual manera se tiene que el decreto 364 de 2013, por el cual se adopta la modificación excepcional de las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial para Bogotá, y por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los decretos distritales 619 de 2000, 469 de 2003 y 10 de 2004, establece la clasificación de las secciones viales relacionada la siguiente tabla:

Tabla 2 Clasificación de las secciones viales de la malla vial Bogotá

| Clasificación de la Malla Vial | Secciones Viales Asociadas |
|--|----------------------------|
| Malla vial arterial principal y complementaria | V-0, V-1, V-2, V-3 |
| Malla vial intermedia | V-4, V-5, V-6 |
| Malla vial local | V-7, V-8, V-9 |

Fuente: Decreto 364 de 2013 de la Alcaldía Mayor de Bogotá

Para el caso que será evaluado en el presente trabajo se consideraran por lo tanto las vías V-7, V-8 y V-9, cuyas secciones transversales se presentan en las siguientes figuras:

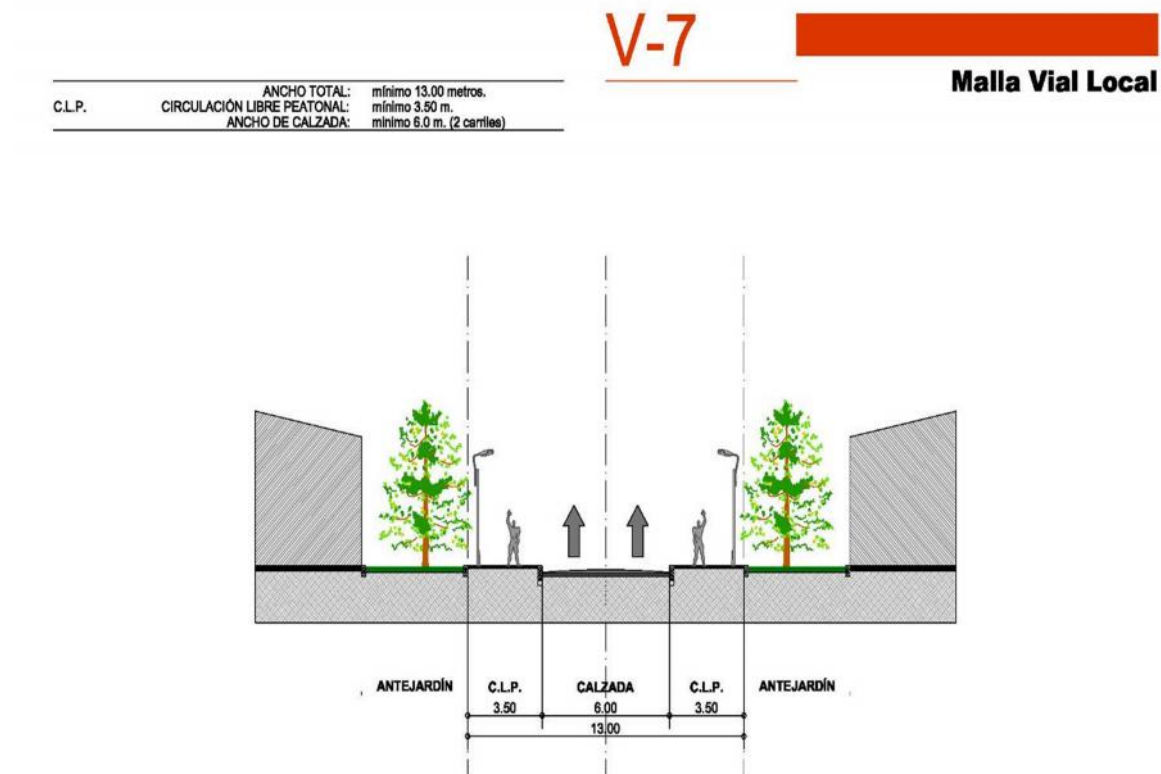


Figura 1 Sección vía tipo V-7

| | | |
|------------|--|---|
| V-8 | | Malla Vial Intermedia |
| C.L.P. | ANCHO TOTAL: CIRCULACIÓN LIBRE PEATONAL: ANCHO DE CALZADA COMPARTIDA PEATÓN - VEHÍCULO: | mínimo 10,00 metros. mínimo 2,50 m. mínimo 5,0 m. |

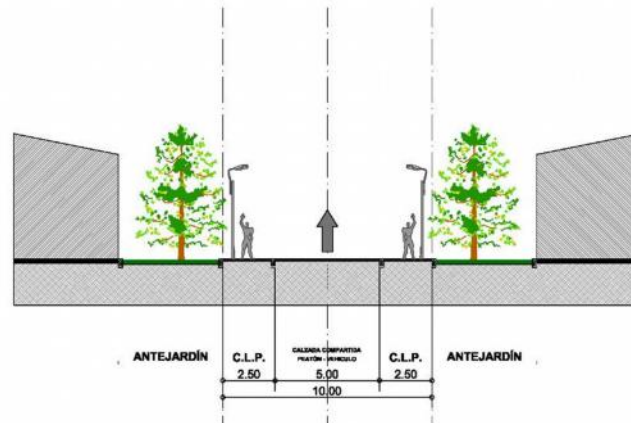


Figura 2 Sección vía tipo V-8

| | | |
|------------|---|---------------------|
| V-9 | | Vía Peatonal |
| | ANCHO TOTAL: CALZADA COMPARTIDA PEATÓN - BICICLETA: | mínimo 8,00 metros. |

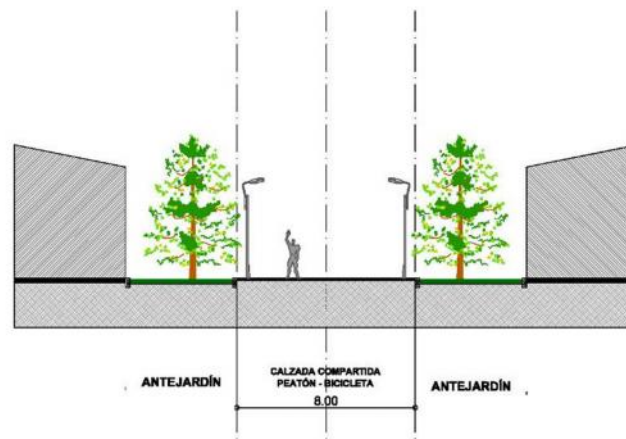


Figura 3 Sección vía tipo V-9

Fuente: Decreto 364 de 2013 de la Alcaldía Mayor de Bogotá

De la anterior se tiene que la vía tipo V-9 corresponde a una vía para circulación peatonal y de bicicletas por lo que no se tendrá en cuenta en el presente estudio, por no hacer parte de vías para la circulación de vehículos.

Por otra parte, considerando la recomendación del Instituto de Desarrollo Urbano, de la estructura de pavimento flexible requerida para pavimentos locales, para la recuperación de vías afectadas por intervenciones por la construcción, rehabilitación o reposición de redes hidráulicas en la ciudad de Bogotá, se tendrá en cuenta la siguiente sección transversal.

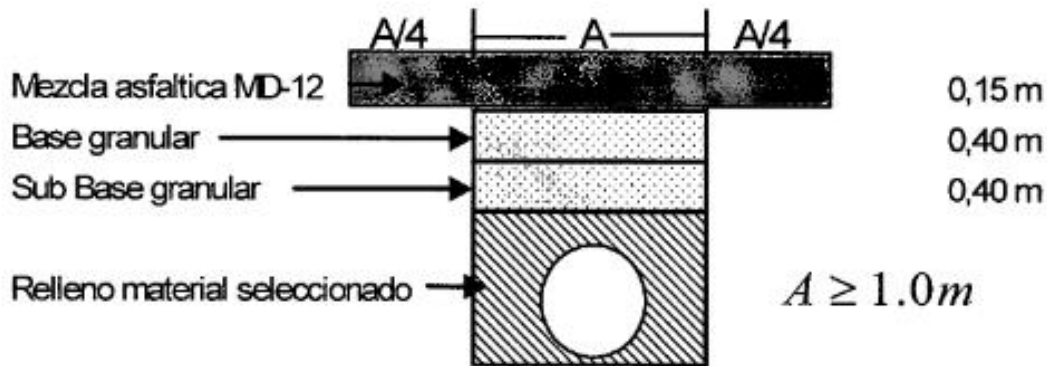


Figura 4 Sección de estructura de pavimento requerida por el IDU para pavimentos locales.

Fuente: Anexo Técnico para la recuperación de espacio público intervenido bajo licencia de excavación.

A partir de lo anterior, en principio se procederá con el cálculo del número estructural del pavimento.

3.1 Cálculo del Número de Ejes Equivalentes de 8,2 Ton de Acuerdo a la Estructura de Recuperación Requerida Por el IDU Según la “Guía Anexo Técnico Para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 Estructuras Viales Numeral 7,1 Pavimento Flexible”

Con el objeto de realizar la evaluación de la estructura de pavimento y tratar de encontrar los parámetros contemplados en el diseño, para su correspondiente análisis. A continuación se presentan las consideraciones y cálculos que se pudieron considerar para el diseño de las capas que conforman el pavimento a ser recuperado por intervenciones en vías Urbanas, según el Método AASHTO (1993).

3.1.1 Cálculo del Número Estructural

Se define como el número estructural de cada una de las capas que conforman la estructura necesario para soportar el tránsito futuro proyectado en el periodo de diseño, según el texto Pavimentos Materiales, construcción y diseño de Hugo Rondón y Fredy Alberto Reyes. Por consiguiente y aplicando la siguiente ecuación se determina el número estructural:

$$SN = a_1 * D_1 + a_{2*} D_2 * m_2 + a_{3*} D_3 * m_3$$

Donde:

SN: Número Estructural

ai: Coeficiente estructural

Di: Espesor de asfalto (Pulg)

mi: Coeficiente de Drenaje

3.1.2 Selección del Coeficiente Estructural

Estos coeficientes miden la capacidad relativa de una unidad estructural del pavimento. Teniendo en cuenta los coeficientes estructurales propuestos por el Instituto Nacional de Vías en el Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles 2016 se tiene:

Tabla 3 Coeficientes estructurales

| Coeficientes Estructurales (ai) | | Referencia |
|---------------------------------------|------|--|
| Mezclas Asfálticas densas en caliente | 0,44 | AASHTO (1993) |
| Bases Granulares | 0,14 | |
| Subbases granulares | 0,11 | |
| Mezclas asfálticas densas en frío | 0,34 | Manual INVIAS Bajos Volúmenes de tránsito (2007) |
| Bases tratadas con cemento | 0,23 | Pavement Design Guide Carolina del Norte (2008) |
| Bases tratadas con emulsión | 0,20 | Pavement Desing Guide Michigan (2012) |
| Afirmados | 0,08 | Manual INVIAS Bajos Volúmenes de tránsito (2007) |

Fuente: Tomada del Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles 2012 del INVIAS.

De la anterior tabla se toman como referencia los indicados por AASHTO (1993)

3.1.3 Coeficiente de Drenaje

Con el objeto de tener en cuenta el efecto del grado de saturación que puede tener las capas granulares y asfálticas por efecto de las condiciones climáticas, se adopta, en función de la categoría del clima por humedad, los coeficientes de drenaje *mi* que se presentan a continuación:

Tabla 4 Coeficientes de drenaje de las capas granulares no tratadas mi

| Clasificación climática por humedad | mi |
|-------------------------------------|------|
| Árido | 1,15 |
| Semi-árido | 1,05 |
| Sub-húmedo | 1,00 |
| Húmedo | 0,95 |
| Muy húmedo | 0,85 |

Fuente: Tomada del Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles 2012 del INVIAS.

De la anterior tabla y considerando las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá y el cambio climático con sus diferentes fenómenos, en el que los deltas de humedad varían considerablemente, se adopta para la carpeta asfáltica un coeficiente de 1, y para las base y la sub base un coeficiente de 0,95, es decir que estarán en contacto con agua durante la mayoría del tiempo de su vida.

En este sentido, considerando los espesores de capa recomendados por IDU y aplicando la ecuación del número estructural indicada anteriormente se tiene:

Tabla 5 Valores considerados para el cálculo del número estructural

| Espesores de las multicapas (Pulg) | | Espesor en (cm) | Coefficientes Estructurales | Coefficientes de Drenajes |
|------------------------------------|------|-----------------|--|--|
| D ₁ Mezcla asfáltica | | | a ₁ Mezcla asfáltica | m ₁ Mezcla asfáltica |
| MD-12: | 5,9 | 15 | MD-12: 0,44 | MD-12: 1 |
| D ₂ Base Granular: | 15,7 | 40 | a ₂ Base Granular: 0,14 | m ₂ Base Granular: 0,95 |
| D ₃ Sub Base Granular: | 15,7 | 40 | a ₃ Sub Base Granular: 0,11 | m ₃ Sub Base Granular: 0,95 |

Fuente: Elaboración propia.

$$SN = 0,44 * 5,9 + 0,14 * 15,7 * 0,95 + 0,11 * 15,7 * 0,95$$

$$SN = 6,32$$

Una vez obtenido el número estructural, el cual como se evidencia es elevado, frente a estructuras de pavimento de las mismas características, se procede con la selección de variables requeridas para aplicar el algoritmo propuesto por la AASHTO 1993.

Selección de las variables para el cálculo del tránsito estimado en la estructura del IDU

3.1.4 Confiabilidad (R)

La confiabilidad corresponde a considerar el grado de incertidumbre de las variables seleccionadas como servicialidad inicial y final, condiciones de drenaje y coeficientes de drenaje. Correspondiente a un factor de seguridad del diseño en este sentido es decir que si se presenta un valor de 100% la probabilidad de falla en el diseño será nulo.

En este sentido los factores de confiabilidad recomendados por ASSTHO 1993 se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6 Niveles de confiabilidad recomendados por ASSTHO

| CLASIFICACIÓN FUNCIONAL | URBANO (%) | RURAL (%) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Autopistas | 85 - 99 | 80 - 99 |
| Arterias principales | 80 - 99 | 75 - 99 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Fuente: ASSTHO 1993.

De acuerdo a la descripción dada anteriormente referente a la confiabilidad y a la tabla 4 se clasifica la vía como Arterias principales y se estima que el diseño propuesto por el IDU contempla su estructura totalmente segura y que no puede registrar fallas, dado que no se tiene información específica de los lugares de las obras. Por lo que para el cálculo del número de ejes equivalentes se asumirá una confiabilidad del 99,99%.

3.1.5 Desviación Estándar (Z_r)

De acuerdo al texto Pavimentos, materiales, construcción y diseño de Hugo Rondón y Fredy Reyes se tiene la siguiente tabla de referencia.

Tabla 7 Algunos valores de fractil de la Ley normal centrada Z_r

| R (%) | 75 | 80 | 85 | 90 | 92 | 94 | 95 | 98 | 99,99 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Z_r | -0,674 | -0,841 | -1,037 | -1,282 | -1,405 | -1,555 | -1,645 | -2,054 | -3,750 |

Fuente: Hugo Rondón y Fredy Reyes –Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño - 2015.

Por lo tanto, la desviación estándar para un nivel de confiabilidad de 99,99% corresponde a -3,750.

Valores de Error Estándar (S_o)

El valor de error estándar corresponde al error normal combinado, el cual tiene en cuenta el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las propiedades de la subrasante, la variación de la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación en la calidad de la construcción, los valores propuestos por Hugo Rondón y Fredy Reyes en su texto se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8 Error normal combinado S_o

| Proyecto de Pavimento | S_o | |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Flexible | Rígido |
| | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,40 |
| Construcción nueva | 0,45 | 0,35 |
| Sobre capas | 0,50 | 0,40 |

Fuente: Hugo Rondón y Fredy Reyes –Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño - 2015.

Dado que se asume que el IDU desconoce aspectos como propiedades de los materiales, condiciones climáticas y variación en la calidad de los procesos constructivos se asume un valor de $S_o=0,47$.

3.1.6 Serviciabilidad Inicial (Si) y Serviciabilidad final (Sf)

El índice de serviciabilidad corresponde a la consideración del estado del pavimento al inicio y al final de la serviciabilidad del pavimento que se diseñará y construirá. El estado de serviciabilidad se evalúa de manera cuantitativa considerando los siguientes valores:

Tabla 9 Serviciabilidad Inicial (Si)

| Condición que tiene el pavimento inmediatamente después de la construcción | |
|---|-----|
| Pavimento Rígido | 4,5 |
| Pavimente Asfáltico | 4,2 |

Fuente: AASTHO,1993.

Tabla 10 Serviciabilidad final (Sf)

| Condición que se espera que tenga el pavimento al final de su vida útil | | |
|--|---------------|---------------|
| Tipo de vía | AASTHO | México |
| Autopistas | 2,5 a 3,0 | 2,5 |
| Carreteras | 2,0 a 2,5 | 2,0 |
| Zonas Industriales | 2,0 a 3,0 | 1,8 |
| Urbano principal | 1,5 a 2,0 | 1,8 |
| Urbano secundario | 1,5 a 2,0 | 1,5 |

Fuente: AASTHO,1993.

Dado lo anterior, se tiene que se selecciona el $S_i= 4,2$ y $S_f= 2,0$ para carreteras, y cuyo deterioro no debe ser tan bajo, dada la importancia mantener la buena movilidad en las vías locales.

3.1.7 Selección del CBR y cálculo del Módulo Resiliente de la Subrasante

Para la selección del CBR a ser tenido en cuenta en el cálculo del número de ejes equivalente de 8,2 Ton, se requiere analizar diferentes variables como el espesor de la capa de material sobre el lomo de la tubería, tipo de material, proceso de instalación y compactación del material. En este sentido se adoptan los siguientes criterios técnicos considerando recomendaciones de los fabricantes de tubería Titan y Pavco e indicaciones de la EAAB en la Norma NS-035 Requerimientos para Cimentación de Tubería en Redes de Acueducto y Alcantarillado, así:

Espesor mínimo de la capa de material por encima del lomo de la tubería: 30 cm (se selecciona el valor en la condición más crítica correspondiente al Modelo de Cimentación 1 para tuberías Rígidas

1 y 2, en el que se contempla la instalación de material proveniente de la excavación y que se presenta a continuación)

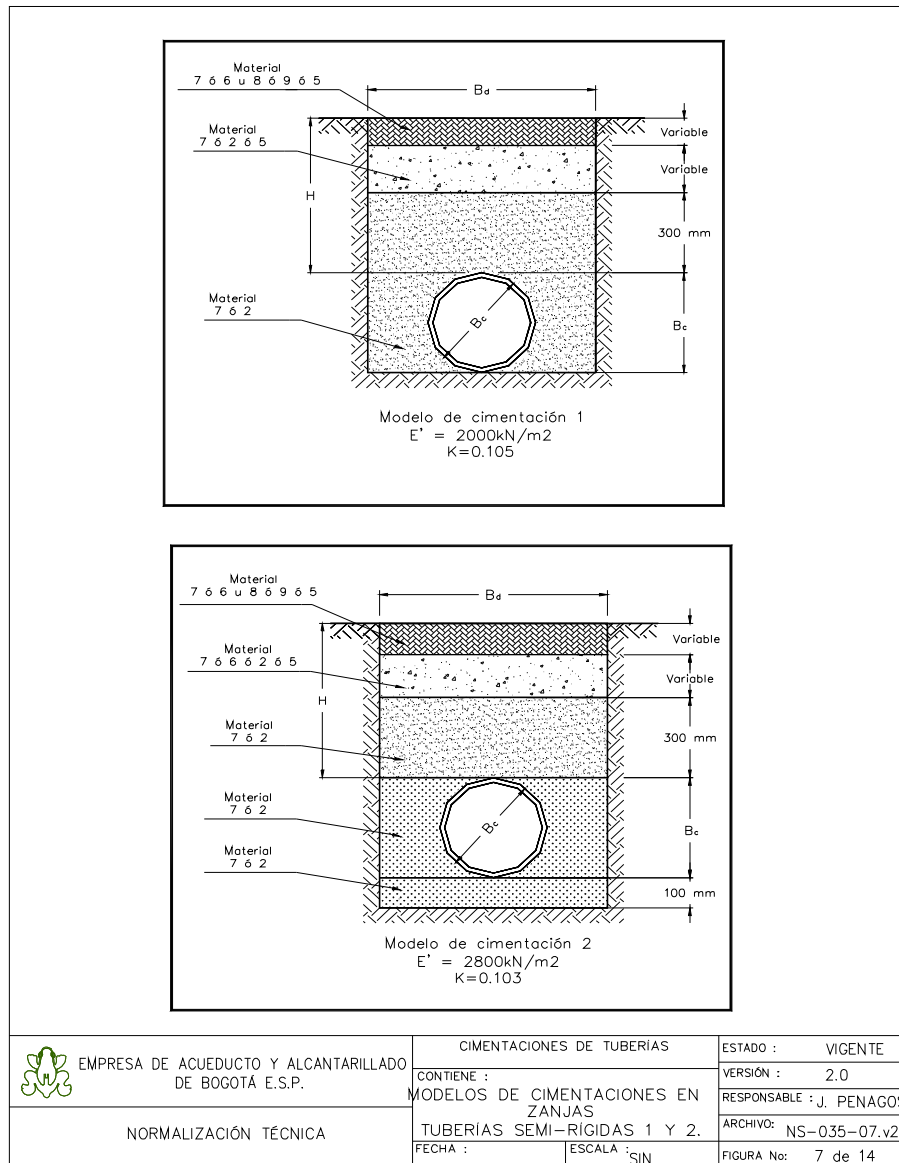


Figura 5 Cimentación de tuberías recomendadas por la EAAB para instalación de tuberías en la que se considera la construcción de estructura de pavimento y relleno con material proveniente de la excavación por encima del lomo de la tubería tomado del Anexo C de la Norma NS-035.

Tabla 11 Numeración de tipos de relleno para cimentaciones

| Número | Tipo de relleno |
|--------|--|
| 1 | Relleno mezcla de gravilla y arena lavada de río |
| 2 | Recebo |
| 3 | Concreto |
| 4 | Piedra partida |
| 6 | Suelos estabilizados |

| | |
|----|--|
| 7 | Materiales provenientes de la excavación |
| 8 | Subbase granular |
| 9 | Base granular |
| 10 | Arena de peña |

Fuente: Anexo C de la NS-035 de la EAAB

Tipo de Material: De acuerdo con la anterior tabla se selecciona el material más desfavorable, que corresponde al número 7 Material proveniente de la excavación.

CBR de la subrasante: Seleccionada la sección de cimentación más crítica en el que los materiales, el espesor y el tipo de material que se tomará como referencia de subrasante, el cual corresponde al proveniente de la excavación, y que se instalará por encima del lomo del tubo, que para efectos de la ciudad de Bogotá D.C los suelos predominantes son arcillas y limos de baja capacidad portante. Y de acuerdo a la siguiente tabla se tiene:

De la figura 6 se tomando como referencia la Clasificación unificada SUCS y considerando que el material proveniente de la excavación puede corresponder a arcillas (CH, CL) y Limos (ML, MH), y cuyo CBR se encuentra entre 3 y 10%, estimando que este se mejora con una compactación adecuada del 80%, pero esto origina que por el remoldeo el material pierda parte de su resistencia, por lo que se considera estos suelos podrán llegar a un CBR mejorado del 3%, siendo la condición más crítica.

3.1.7.1 Cálculo del Módulo Resiliente de la Sub rasante (Proyectada) (Mr)

Para el cálculo del módulo resiliente de la sub rasante se adopta una de las ecuaciones recomendadas por Fernando Sanchez Sabogal y Sandra Campagnoli en su texto Pavimentos Asfálticos de carreteras guía práctica para los estudios y diseños, para sub rasantes con CBR entre 2 y 12%, y que se indica a continuación:

$$Mr = 2555 * CBR^{0,64}(PSI) \text{ Autor TLR Referencia AASHTO 202, Guía MEPDG}$$

Desarrollando la ecuación

$$Mr = 2555 * 3^{0,64}$$

$$Mr = 5.161 PSI$$

3.1.7.2 Calculo del Módulo combinado E_{1-2}

Adicional a lo anterior, es necesario considerar un soporte de la estructura combinado en el que se involucre el lleno por encima de la tubería y el de la tubería, por lo que a continuación se aplica la ecuación de Ivanov, para determinar el módulo resiliente combinado.

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi} \frac{1}{1 - \frac{1}{n^{3.5}} \tan^{-1} n} \frac{h_1}{2a}}$$

$$n = \frac{E_1}{E_2}^{\frac{1}{2.5}}$$

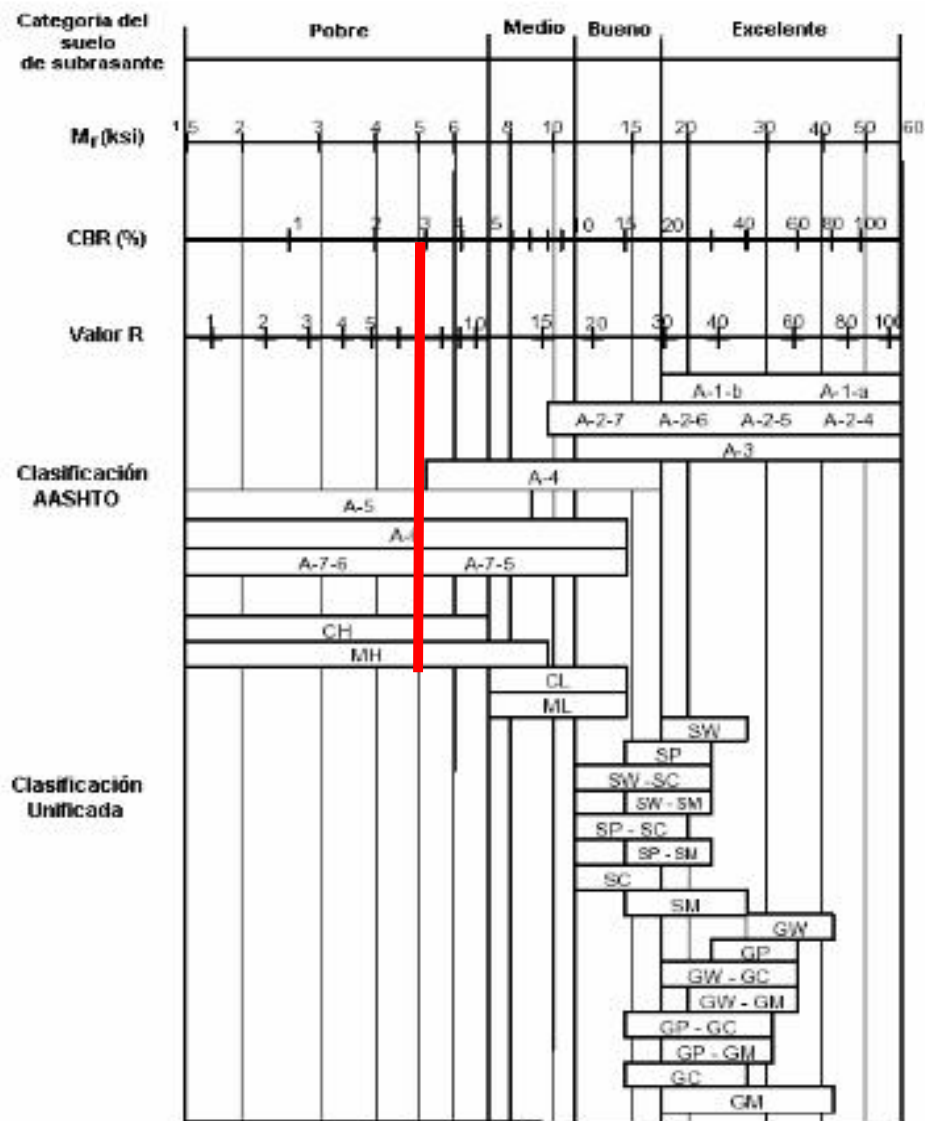


Figura 6 Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación del suelo

Fuente: AASTHO,1993.

Donde:

Tabla 12 Parámetros para el cálculo del Módulo Combinado

| VARIABLE | VALOR ADOPTADO | JUSTIFICACIÓN |
|---|--|--|
| E1-2: Módulo ponderado de las capas (Kg/cm ²) | Valor a calcular | |
| E2: Módulo de la capa inferior | 882,599 Kn/m ² = 9000 Kg/cm ² | Se selecciona el módulo elástico o resiliente de la tubería el recomendado por la EAAB en la NS-035, de la que se selecciona el sugerido para tuberías en PE Polietileno siendo la de menor módulo |
| E1: Módulo de la capa superior | 5161 PSI = 362,85 Kg/cm ² | Correspondiente al calculado para un CBR de 3% |
| H1: Espesor de la capa superior | 30 cm | Según modelo de cimentación 1 seleccionado |
| 2ª = 30,44 cm ² | 30,44 cm ² | Constante de la ecuación |

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo en la ecuación se tiene:

$$n = \frac{362,85 \frac{Kg}{cm^2}}{9000 \frac{Kg}{cm^2}}^{\frac{1}{2,5}}$$

$$n = 0,2768$$

$$E_{1-2} = \frac{9000}{1 - \frac{2}{\pi} \frac{1}{1 - \frac{1}{0,2768^{3,5}} \tan^{-1} 0,2768} \frac{30}{30,44}}$$

Por lo anterior se obtiene un módulo combinado de:

$$E_{1-2} = 561,97 \frac{Kg}{cm^2} = 7993,1 PSI$$

Definidas las variables de la ecuación general del método ASSTHO 93, se estima el número de repeticiones de ejes de 8,2 Ton en el periodo de diseño, con el que el IDU propone su estructura de pavimento en el anexo técnico, así:

Tabla 13 Variables para el cálculo de repeticiones de ejes de 8,2 Ton

| Variable | Valor |
|--------------------------------|-------------|
| Número Estructural (Sn) | 6,32 |
| Confiabilidad (R) | 99,99% |
| Desviación Estandar (Zr) | -3,75 |
| Error estándar (So) | 0,47 |
| Serviciabilidad inicial (Si) | 4,2 |
| Serviciabilidad inicial (Sf) | 2,0 |
| CBR Sub rasante | 3,00% |
| Modulo Sub rasante (combinado) | 7.993,1 PSI |

Fuente: Elaboración propia

Adoptando la ecuación:

$$\log N = Z_r S_0 + 9,36 \log(Sn + 1) - 0,20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{Sn + 1}^{5,19}} + 2,32 \log Mr - 8,07$$

Donde:

N: Tránsito ($N_{8,2 \text{ Ton}}$)

Δ PSI: Si-Sf Serviciosabilidad

R: Confiabilidad

Zr: Error estándar

Mr: Módulo resiliente de la sub rasante

Sn: Número estructural

Reemplazando en la ecuación, se tiene:

$$\log N = -3,75 * 0,47 + 9,36 * \log 6,32 + 1 - 0,20 + \frac{\log \frac{4,2 - 2,0}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{6,32 + 1}^{5,19}} + 2,32 * \log 7993,1 - 8,07$$

$N = 8'118.419$ Ejes Equivalentes de 8,2 Ton

3.2 Cálculo del Número de Ejes Equivalentes De 8,2 Ton Tomando como Referencia Estaciones Semaforizadas en las Localidades de Usaqué y Chapinero

Para el cálculo de ejes equivalentes de 8,2 Ton se tomaron como referencia 30 estaciones semaforizadas de 296 con la que se cuenta información, evaluadas dentro de los programas de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C adelantados entre los años 2008 a 2017, por la Secretaría de Movilidad. De esta información se seleccionaron las estaciones que se ajustaran a las condiciones de tránsito requeridas por el IDU en la sección 107 para el nivel de tránsito T2 y las secciones viales según su geometría, establecidas en el decreto 364 de 2013 de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

De estas, es importante indicar que al momento de la selección de las intersecciones semaforizadas, se buscó en primera medida que las vías tuviesen un volumen de buses y camiones y cuyo tráfico se ajustará entre los 50 y 150 VPDo según la clasificación del IDU para una categoría de tránsito T2. Sin embargo, este aspecto y condición es bastante difícil de enmarcar, razón por la que se tomaron datos cercanos o intermedios que se ajustaran a los valores requeridos. Seguidamente se realizó la clasificación según su geometría es decir que cumplieran con las secciones transversales en particular en cuanto al ancho de vía, aspecto que también se evaluó tomando datos cercanos que estuviesen entre los 5,00 y 8,00 m.

En siguiente tabla se presenta las 30 vías seleccionadas y con sus correspondientes volúmenes de tráfico según su categoría Autos, buses y camiones.

Tabla 14 Vías Seleccionadas para el muestreo

| ID | INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA | LOCALIDAD | VÍA EN ANÁLISIS | MOV. | VOLUMEN TOTAL | AUT. | BUS | CAMION |
|----|---|-----------|-----------------|------|---------------|-------|------|--------|
| 1 | 1191_KR_9_X_CL_78_1203 27_VDPL | Usaquén | Cra. 9 | 2 | 20227 | 18900 | 1054 | 273 |
| 2 | 1879_1015_AC_183_X_KR_16_121113_VDPL | Usaquén | Cra. 16 | 2 | 966 | 808 | 69 | 89 |
| 3 | 3674_1619_KR_20_X_AC_170_140317_VDPL | Usaquén | Cra. 20 | 2 | 6644 | 4304 | 1724 | 616 |
| 4 | 3821_1026_AC_170_X_KR_17A_110616_VDPL | Usaquén | Cra. 17 A | 92 | 2659 | 2402 | 143 | 114 |
| 5 | 4394_1606_KR_21_X_CL_166_150415_VDPL_VI | Usaquén | Cra. 21 | 1 | 7390 | 5562 | 1205 | 623 |
| 6 | 5978_1618_KR_21_X_AC_161_120907_VDPL | Usaquén | Cra.21 | 1 | 7508 | 5778 | 1320 | 410 |
| 7 | 6355_1617_KR_16C_X_AC_161_121026_VDPL | Usaquén | Cra. 16 | 2 | 546 | 516 | 16 | 14 |
| 8 | 7059_1027_AK_15_X_CL_159_140317_VDPL | Usaquén | Cra. 15 | 2 | 2950 | 2738 | 103 | 109 |
| 9 | 8694_1016_AK_9_X_AC_153_130424_VDPL | Usaquén | Calle 153 | 4 | 10268 | 8880 | 1102 | 286 |
| 10 | 9811_1173_KR_12_X_CL_146_120517_VDPL | Usaquén | Calle 147 | 1 | 2300 | 1956 | 277 | 67 |
| 11 | 11094_1628_KR_13_X_CL_140_120517_VDPL | Usaquén | Calle 140 | 1 | 3332 | 3122 | 153 | 57 |
| 12 | 090728_OT016_1614_K19X_C151_VDS_VI | Usaquén | Cra. 19 | 1 | 4017 | 3780 | 130 | 107 |
| ID | INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA | LOCALIDAD | VÍA EN ANÁLISIS | MOV. | VOLUMEN TOTAL | AUT. | BUS | CAMION |

| | | | | | | | | |
|----|---|-----------|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------|------|-----|
| 13 | 090728_OT016_1620_K19X C152_VDS_V1 | Usaquén | Calle 152 | 3 | 2096 | 2051 | 24 | 21 |
| 14 | 090728_OT016_1636_K15X C142_VDS_V1 | Usaquén | Cra. 15 | 2 | 4527 | 4383 | 102 | 42 |
| 15 | 23339_1269_KR_9_X_CL_7 6_120327_VDPL | Chapinero | Cra. 9 | 2 | 20320 | 18229 | 1582 | 509 |
| 16 | 23940_1775_AK_20_X_AC _82_130503_VDPL | Chapinero | Calle 82 | 5A + 2 + 2A Orient e | 34563 | 33863 | 220 | 480 |
| 17 | 24396_1117_KR_12_X_AC _82_130421_VDPL | Chapinero | Aforo realizado el día domingo | | | | | |
| 18 | 24396_1117_KR_12_X_AC _82_130425_VDPL | Chapinero | Cra. 12 - Jueves | 2 | 4930 | 4742 | 31 | 157 |
| 19 | 24396_1117_KR_12_X_AC _82_130503_VDPL | Chapinero | Cra. 12 - Viernes | 2 | 5328 | 5197 | 0 | 131 |
| 20 | 25298_1193_AK_15_X_CL _76_130521_VDPL | Chapinero | Calle 76 | 4 | 16017 | 15020 | 604 | 393 |
| 21 | 25392_1808_AK_1_X_CL_8 3_140328_VDPL | Chapinero | Calle 83 | 4 | 2307 | 2128 | 69 | 110 |
| 22 | 25671_1008_AK_7_X_CL_7 5_120327_VDPL | Chapinero | Calle 75 | 94 | 7478 | 7132 | 149 | 197 |
| 23 | 26380_1002_AK_11_X_CL _67_130425_VDPL | Chapinero | Calle 67 | 3 | 5473 | 5280 | 58 | 135 |
| 24 | 27645_2053_KR_9_X_CL_6 0_120507_VDPL | Chapinero | Calle 60 | 4 | 8109 | 6510 | 1435 | 164 |
| 25 | 28196_2054_KR_13_X_CL _57_140604_VDPL | Chapinero | Cra. 57 | 4 | 3325 | 3177 | 34 | 114 |
| 26 | 29376_2014_KR_9_X_AC_5 3_140505_VDPL_V2 | Chapinero | Cra. 9 | 2B | 8456 | 7790 | 433 | 233 |
| 27 | 30565_2420_AK_3_X_CL_5 1_120504_VDPL | Chapinero | Calle 51 | 3 | 1660 | 1443 | 147 | 70 |
| 28 | 31208_2260_AK_7_X_CL_4 7_140407_VDPL | Chapinero | Calle 47 | 4 | 8072 | 7726 | 74 | 272 |
| 29 | 35411_2081_AV_CARACA S_X_AC_34_120502_VDPL | Chapinero | Calle 34 | 3 | 14771 | 13686 | 789 | 296 |
| 30 | 37763_2083_AK_14_X_DG _30_140512_VDPL | Chapinero | Dg. 30 | 4 | 4852 | 4632 | 93 | 127 |

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se tiene que las intersecciones resaltadas en amarillo corresponden a las que serán objeto de análisis del número de ejes equivalentes de 8,2 Ton, y que se listan en la siguiente tabla, con las que se calcula el promedio de distribución del tránsito:

Tabla 15 Promedio de distribución del tránsito de 8 vías depuradas del muestreo

| ID | INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA | LOCALIDAD | VÍA EN ANÁLISIS | MO V. | VOLUMEN TOTAL | AUT. | BUS | CAMION |
|-----------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|-------|---------------|-------------|-----------|------------|
| 1 | 1879_1015_AC_183_X_KR_16_121113_VDPL | Usaquén | Cra. 16 | 2 | 966 | 808 | 69 | 89 |
| 2 | 090728_OT016_1620_K19X_C152_VDS_V1 | Usaquén | Calle 152 | 3 | 2096 | 2051 | 24 | 21 |
| 3 | 090728_OT016_1636_K15_XC142_VDS_V1 | Usaquén | Cra. 15 | 2 | 4527 | 4383 | 102 | 42 |
| 18 | 24396_1117_KR_12_X_AC_82_130425_VDPL | Chapinero | Cra. 12 - Jueves | 2 | 4930 | 4742 | 31 | 157 |
| 19 | 24396_1117_KR_12_X_AC_82_130503_VDPL | Chapinero | Cra. 12 - Viernes | 2 | 5328 | 5197 | 0 | 131 |
| 21 | 25392_1808_AK_1_X_CL_83_140328_VDPL | Chapinero | Calle 83 | 4 | 2307 | 2128 | 69 | 110 |
| 23 | 26380_1002_AK_11_X_CL_67_130425_VDPL | Chapinero | Calle 67 | 3 | 5473 | 5280 | 58 | 135 |
| 25 | 28196_2054_KR_13_X_CL_57_140604_VDPL | Chapinero | Cra. 57 | 4 | 3325 | 3177 | 34 | 114 |
| PROMEDIO | | | | | 3619 | 3471 | 48 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

Es de aclarar que los volúmenes vehiculares fueron medidos de 6:am a 8:00 pm, por lo que se puede estimar que el volumen de autos, buses y camiones, corresponde al TPD en un día, esto dado que los aforos se realizaron desde las primeras horas de la mañana, pasando por las horas de mayor demanda. De igual manera se considera que el volumen buses y camiones disminuye a partir de las 6:45 pm, como se evidencia en los registros de las estaciones de las cuales se anexa copia al finalizar el presente trabajo.

3.2.1 Distribución de Tránsito en camiones

Con el objeto de determinar la composición del tránsito, se considera lo indicado en la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C del Instituto de Desarrollo Urbano, en la que se estima que vehículos que pasan por las vías locales son de tipo 2 y 3, puesto que vehículos pesados de una mayor clasificación necesitaran de condiciones geométricas amplias difíciles de encontrar en este tipo de vías.

Ahora bien, y dado que en la guía del IDU no indica la distribución porcentual de dichos camiones y que en los aforos de referencia en el presente trabajo, no se contempló tal composición, se tendrá en cuenta la distribución porcentual de lo indicado por Sánchez y Campagnoli en su texto Pavimentos Asfálticos de Carreteras en el que indican la siguiente composición de acuerdo al crecimiento real de la red vial nacional para el año 2007, basados en los reportes del INVIAS y que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16 Composición de la flota de camiones circulante por la red vial nacional

| CAMIÓN | PROPORCIÓN CIRCULANTE (%) |
|--------|---------------------------|
| | 2007 |
| 2 | 56,5 |
| 3 | 11,8 |
| 3S2 | 9,4 |
| 3S3 | 22,1 |
| Otros | 0,2 |

Fuente: Sánchez y Campagnoli Pavimentos Asfálticos de Carreteras – 2016

Dado lo anterior, y considerando que en las vías en evaluación solo transitan vehículos tipo 2 y 3 según lo indica la Guía del IDU, se adelanta una reasignación de los porcentajes de los camiones 3S2, 3S3 y otros a los que circulan en las vías locales (2 y 3), de acuerdo a su capacidad de carga, quedando como se indica en siguiente tabla:

Tabla 17 Composición estimada de la flota de camiones en vías locales

| CAMIÓN | PROPORCIÓN CIRCULANTE (%) |
|--------|---------------------------|
| | 2007 |
| 2 | 65,9 |
| 3 | 34,1 |

Fuente: Elaboración propia

Según los análisis realizados en los anteriores párrafos se tiene entonces que la composición del tránsito de una vía local con un alto volumen de tráfico, es la que se indica en la siguiente tabla:

Tabla 18 Composición típica del tránsito en vías locales

| TIPO DE VEHICULO | AUTOS | BUSES | CAMIONES | | TOTAL |
|------------------------------------|--------|-------|----------|-------|-------|
| | | | C-2 | C-3 | |
| VOLUMEN | 3471 | 48 | 66 | 34 | 3619 |
| PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN | 95,90% | 1,34% | 1,82% | 0,94% | 100% |

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la composición del tránsito en las vías locales se procede con el cálculo del número de ejes equivalentes con conteos en el año en el periodo de diseño, mediante la aplicación de las ecuaciones citadas en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte y el INVIAS:

$$N_{\text{Ejes 8,2 Ton carril de diseño en el periodo de diseño (Transito Normal)}} = N_0 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Es la tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales

n: Número de años del periodo de diseño

No: Número de ejes equivalentes de 8,2 Ton que circulan en el carril de diseño en el año base y está definido por la siguiente ecuación:

$$N_0_{\text{Ejes 8,2 Ton carril de diseño en el año base (Transito Normal)}} = 365 \times \sum_{i=1}^k \text{Vehículos Comerciales} \frac{\text{día}}{\text{ambas direcciones}} \times \%Vk \times Fd_k \times Fd$$

En la que:

Vk: El porcentaje de participación de los vehículos comerciales

Fdk: Factor daño por tipo de vehículo (Definidos en la tabla 19)

Fd: Factor direccional por carril o factor distribución según el ancho de calzada (Definidos en la tabla 20)

Tabla 19 Factor daño por tipo de vehículo (Fdk)

| TIPO DE VEHICULO | FACTOR DE DAÑO (FD) | |
|------------------|---------------------|---------|
| | VACIO | CARGADO |
| Autos | | 0,0 |
| Bus Grande | | 1,0 |
| C2p | 0,01 | 1,01 |
| C2g | 0,08 | 2,72 |
| C3-C4 | 0,24 | 3,72 |
| C5 | 0,25 | 4,88 |
| >C5 | 0,26 | 5,23 |

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Transito del Ministerio de Transporte

Tabla 20 Factor Direccional (Fd)

| ANCHO DE CALZADA | DE | TRANSITO DE DISEÑO | Fd |
|-----------------------------------|----|---------------------------------|------|
| Menos de 5 m | | Total en los dos sentidos | 1,0 |
| Igual o mayor de 5 m y menor de 6 | | ¾ del total en los dos sentidos | 0,75 |
| Igual o mayor de 6 m | | ½ del total en los dos sentidos | 0,50 |

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Transito del Ministerio de Transporte

Dado lo anterior se tienen los siguientes valores adoptados justificados que aplicarán para el desarrollo de la ecuación del cálculo de número de ejes equivalentes en el periodo de diseño.

Tabla 21 Valores adoptados con la justificación para el cálculo de ejes equivalentes de 8,2 T en el periodo de diseño

| VARIABLE | VALOR ADOPTADO | JUSTIFICACIÓN |
|--|---|---|
| Periodo de diseño | 10 Años | Según recomendación de la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales del IDU |
| Tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales | 3,0 | Recomendado por el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte para vías con un número de ejes hasta 500.000 Ejes Equivalentes, según su clasificación que se enmarca en la tipología del IDU |
| Factor daño por tipo de vehículo (Fdk) | Bus Grande: 1,0 Camión C2g : 2,72 Camión C3: 3,72 | Recomendado por el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte |
| Factor Direccional (Fd) | 0,5 | Recomendado por el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte este se encuentra en vías con de 6,00 m más, geometría que es predominante en las vías aforadas. |

Fuente: Elaboración propia

Desarrollando las ecuaciones a continuación en la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 22 Cálculo del número de Ejes Equivalentes de 8,2 Ton en el año base y en el periodo de diseño

| VEHICULOS | % DE PARTICIPACIÓN | No. DE VEHICULOS DÍA | FACTOR DAÑO (Fdk) | FACTOR DIRECCIONAL (Fd) | No Ejes de 8,2 Ton en el año base | N Ejes de 8,2 Ton en el periodo de diseño |
|--------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|
| Autos | 95,90% | 3.471 | - | 0,50 | - | - |
| Buses | 1,34% | 48 | 1,00 | 0,50 | 8.828 | 21.949 |
| Camiones | | | | | | |
| C2G | 1,82% | 66 | 2,72 | 0,50 | 32.672 | 81.231 |
| C3 | 0,94% | 34 | 3,72 | 0,50 | 23.122 | 57.487 |
| TOTAL | 100,00% | 3.619 | | | 64.622 | 160.667 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, se tiene que el número de ejes equivalentes de 8,2 Ton en el periodo de diseño, en las vías que cuentan con la información de aforos realizadas en intersecciones

semaforizadas por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C relacionadas con anterioridad, presentan un valor de:

$$N = 160.667 \text{ Ejes Equivalentes de } 8,2 \text{ Ton en el periodo de diseño}$$

Realizando el ajuste del número de ejes el nivel de confiabilidad se tiene:

$$N^* = N \times 10^{0,05Z_r}$$

$$N^* = 160.667 \times 10^{0,05|-3,75|}$$

$$N^* = 247.415 \text{ Ejes de } 8,2 \text{ Ton en periodo de diseño}$$

3.3 Análisis de los Resultados Obtenidos

Una vez calculados el número de ejes equivalentes en el periodo de diseño (10 años) por el método AASTHO y con aforos vehiculares conocidos en intersecciones semaforizadas para vías que se ajustan a la geometría de las secciones típicas para vías locales. Se evidencia, que el número de ejes equivalentes considerados para el diseño de la estructura superan a los calculados con las mediciones realizadas en las intersecciones tomadas como se evidencia en el siguiente resumen.

Tabla 23 Comparativo de ejes equivalentes calculados

| No. EJES 8,2 TON AASTHO | No. EJES 8,2 TON AFOROS | DIFERENCIA | COMP. % |
|-------------------------|-------------------------|------------|---------|
| 8.118.419 | 247.415 | 7.871.004 | 3181% |

Fuente: Elaboración propia

De la anterior tabla se evidencia el porcentaje de ejes equivalentes considerado por el método AASTHO supera en 3181% al calculado con los aforos de estaciones semaforizadas.

Por consiguiente, a continuación se elaborará un diseño en el que se sugiere una estructura de pavimento para vías de pavimentos locales y de cabeceras Municipales en Colombia.

3.4 Validación del Número de Ejes Equivalente de 8,2 Ton Recomendando un Sistema Multicapa, Mediante Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C

Para la ejecución del siguiente diseño se tendrán en cuenta los parámetros citados con anterioridad por el método AASTHO y lo indicado en la Guía de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C, cuyos valores se resumen a continuación:

Tabla 24 Parámetros para el diseño de la estructura de pavimento afectadas por la intervención para la instalación de redes hidráulicas

| PARÁMETRO | VALOR ADOPTADO | REFERENCIA |
|--|--|---|
| Coeficiente estructural a_i | Mezclas Asfálticas densas en caliente : 0,44 | AASHTO (1993) |
| | Bases Granulares: 0,14 | |
| | Subbases granulares: 0,11 | |
| Coeficiente de drenaje m_i | 0,95 | Recomendado para clima Húmedo por el Manual del INVIAS 2012 |
| Confiabilidad (R) | 99,99% | AASHTO (1993) se adopta considerando que el diseño no debe presentar fallas |
| Desviación Estándar (Z_r) | -3,750 | De acuerdo a la confiabilidad se tiene que AASTHO (1993) recomienda este valor |
| Error Estándar (S_o) | 0,47 | Se adopta este valor dado que se desconoce la calidad de los materiales y procesos constructivos |
| Servicialidad Inicial (S_i) | 4,2 | Se asumen estos valores dado que la servicialidad de la vía debe mantenerse y conservar la movilidad |
| Servicialidad Inicial (S_f) | 2,0 | |
| Módulo de la Subrasante (E) | 7993,1 PSI = 562 Kg/cm ² | Modulo conjunto del material por encima del lomo de la tubería (CBR=3%) y el de la tubería calculados en el presente trabajo |
| Módulo de la Sub base Granular (E_{SB}) | 1070 Kg/cm ² | Valor mínimo exigido por la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C |
| Módulo de la Base Granular (E_B) | 2040 Kg/cm ² | |
| Módulo del Concreto Asfáltico ($E_{ASF.}$) | 28.000 Kg/cm ² | Valor mínimo exigido para para mezclas MD 12 y MD 20 recomendadas en vías locales según la Guía de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para Bogotá D.C |
| Espesor Sub Base Granular (e_{SBG}) | $e_{SBG}=25 \text{ cm}=9,84 \text{ Pulg}$ | Valor asumido |
| Espesor Base Granular (e_{BG}) | $e_{BG}=25 \text{ cm} = 9,84 \text{ Pulg}$ | |
| Espesor Concreto Asfáltico ($e_{C.ASF.}$) | $e_{C.ASF.}=10 \text{ cm} = 3,94 \text{ Pulg}$ | |

Fuente: Elaboración propia

Con la anterior información se procede con el cálculo del número estructural del conjunto (SN), aplicando la siguiente ecuación se tiene:

$$SN_{Coniunto} = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 + a_4 * D_4 * m_4$$

Donde:

SN: Número Estructural

ai: Coeficiente estructural

Di: Espesor de asfalto (Pulg)

mi: Coeficiente de Drenaje

$$SN_{Coniunto} = 0,44 \times 3,94 + 0,14 \times 9,84 \times 0,95 + 0,11 \times 9,84 \times 0,95$$

$$SN_{Conjunto} = 4,07$$

Una vez obtenido el número estructural, se procede con la selección de variables requeridas para aplicar el algoritmo propuesto por la AASHTO 1993.

Adoptando la ecuación:

$$\log N = Z_r S_0 + 9,36 \log(Sn + 1) - 0,20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{Sn + 1}^{5,19}} + 2,32 \log Mr - 8,07$$

Donde:

N: Tránsito ($N_{8,2 \text{ Ton}}$)

Δ PSI: Si-Sf Serviciabilidad

R: Confiabilidad

Zr: Error estándar

Mr: Módulo resiliente de la sub rasante

Sn: Número estructural

Reemplazando en la ecuación, se tiene:

$$\log N = -3,75 * 0,47 + 9,36 * \log 4,07 + 1 - 0,20 + \frac{\log \frac{4,2 - 2,0}{4,2 - 1,5}}{0,4 + \frac{1094}{4,07 + 1}^{5,19}} + 2,32 * \log 7993,1 - 8,07$$

$$N = 303.166 \text{ Ejes Equivalentes de } 8,2 \text{ Ton en el periodo de diseño}$$

Comparándolo con el calculado con el tránsito de las intersecciones semaforizadas se tiene:

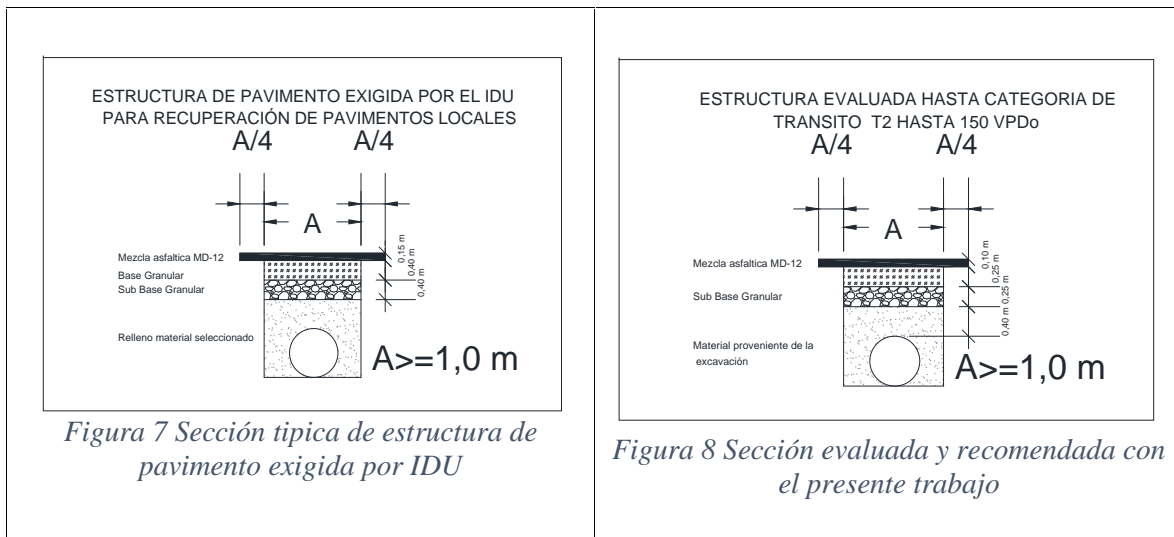
$$N_{Ejes\ de\ 8,2\ Ton} \equiv 303.166 > 247.415$$

De lo anterior, se tiene que el número de ejes que pueden llegar a pasar por la estructura de pavimento flexible supera los máximos estimados de las vías de referencia que cuentan con aforos de volúmenes.

Cabe resaltar que se podría adelantar un diseño con espesores mas bajos, pero es necesario considerar las siguientes premisas:

- La estructura sugerida por el IDU para pavimentos flexibles para vías de bajos volúmenes de tránsito y vías locales con $VDPO < 50$ y $NEE < 615.000$ es de 61 cm, siendo la más robusta.
- El recubrimiento mínimo sobre las tuberías comprendido entre el lomo y la rasante es de 1,00 m para redes de distribución y alcantarillado pluvial, según se indica en la NS – 035 de la EAAB para alcantarillado pluvial.
- De las dos anteriores premisas, se tiene que si se cuenta con una estructura de pavimento de 60 cm, y 30 cm de material proveniente de la excavación, estos suman 90 cm, por lo que se tiene que se pueden instalar 10 cm adicionales del material proveniente de la excavación o un material de limpieza como un recebo o un afirmado.

3.5 Comparativo de las Estructuras de Pavimento Flexible



4 Análisis de Costos Asociados a los Perfiles de Restitución de Pavimento Flexible Según Anexo 100 IDU

Para los cálculos de costos de los rellenos en zanjas tendremos en cuenta algunos datos promedios y algunos supuestos como son :

- Ancho de zanja de 1 mts
- Ubicación de plantas de asfalto bogota: tomamos alguna de las principales plantas de asfalto de la ciudad y las pudimos referenciar en un radio de influencia medio de 10 km, esta distancia se usará en los cálculos.

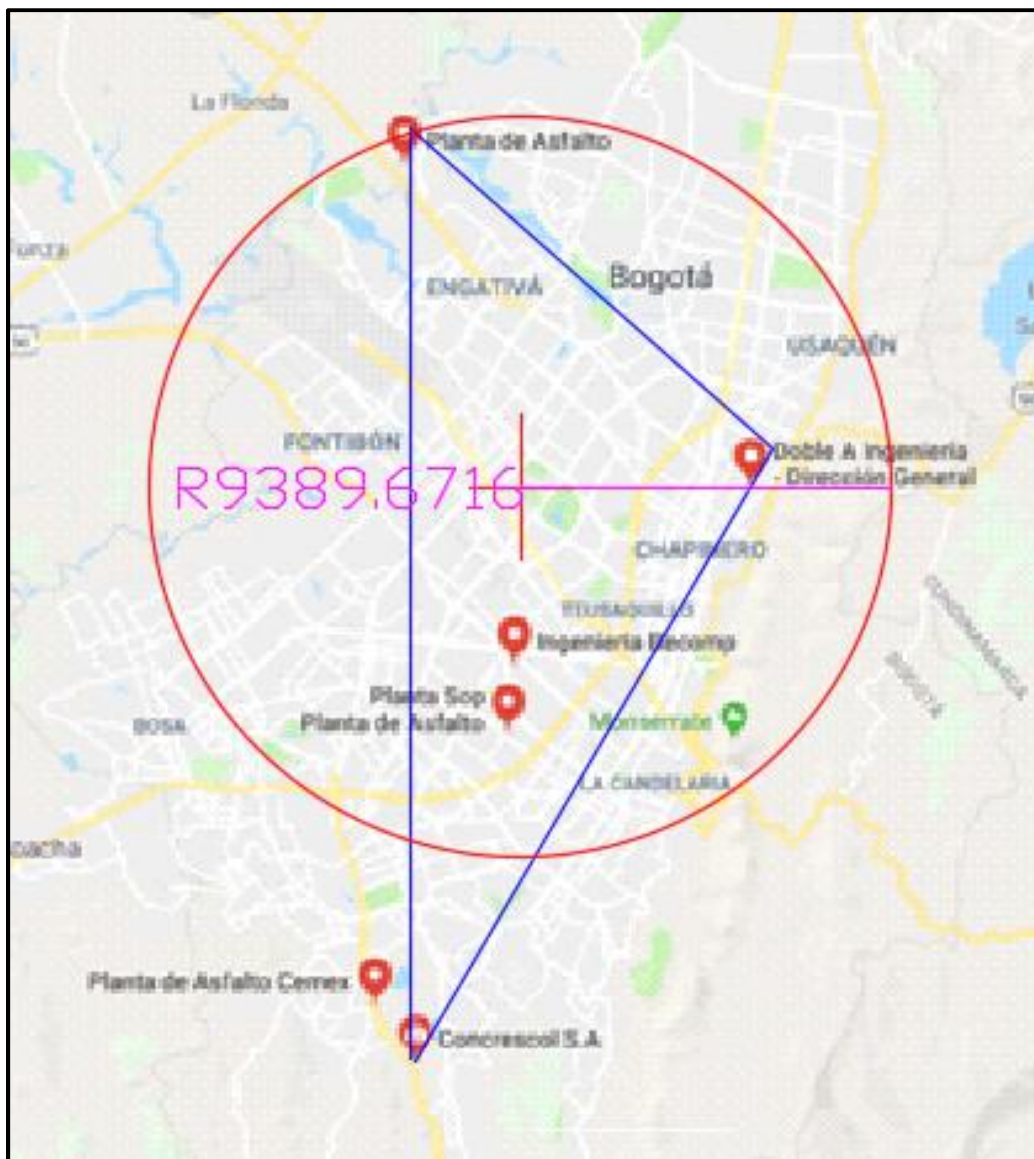


Figura 9 Ubicación de plantas en la ciudad de Bogotá D.C con radio de influencia de 10 Km

- Ubicación de canteras bogota: para este item tomamos las canteras a las afuera de soacha las pudimos referenciar en un radio de influencia medio de 22 km, esta distancia se usara en los calculos.

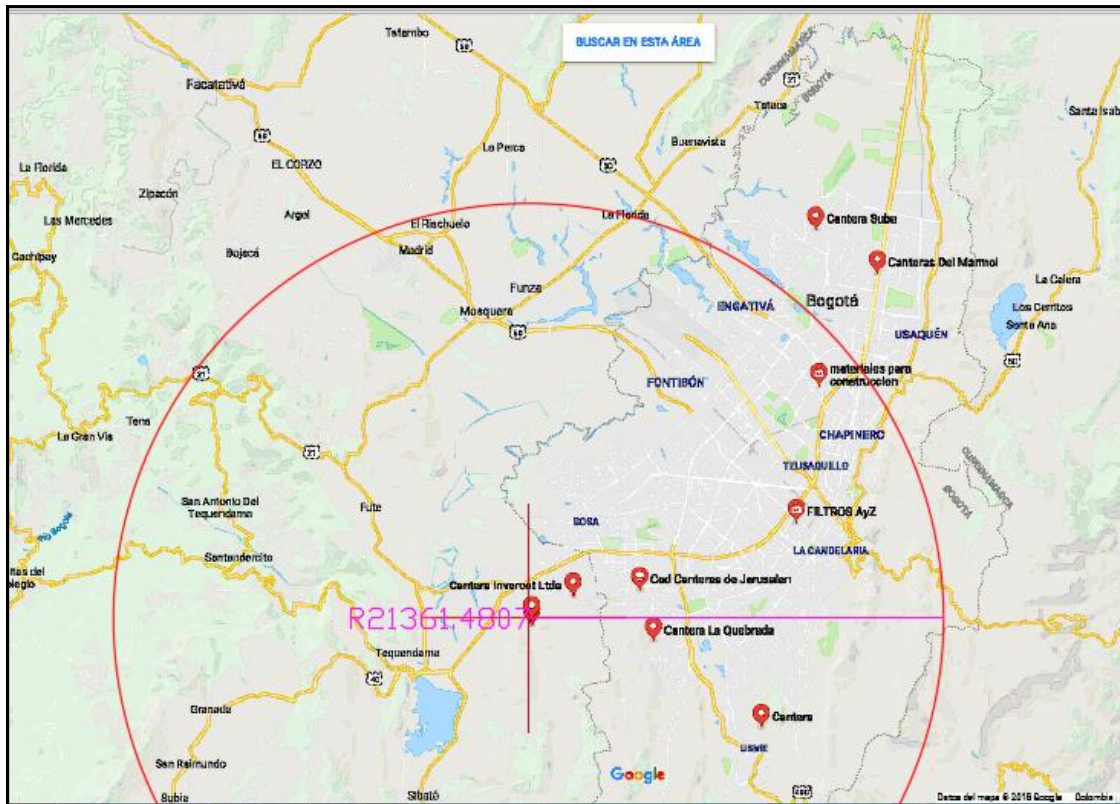


Figura 10 Ubicación de canteras con radio de influencia de 22 Km

Usando la base de datos del IDU y tomando los perfiles requeridos por esta entidad y los propuestos en el presente trabajo, indicados el numeral 5.5, se obtienen los siguientes costos por kilómetro de red a construir, en referente a la estructura del pavimento.

Tabla 25 Costos de recuperación de estructura de pavimento en un kilómetro de longitud considerando la estructura exigida por el IDU

| COD. | ITEM | UNID. | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VALOR TOTAL PESOS |
|------|---|-------|----------|--------------|-------------------|
| 1 | MATERIAL SELECCIONADO | M3 | 50,00 | 9.520,0 | 476.000 |
| 2 | SUBBASE GRANULAR CLASE B (SBG_B) | M3 | 400,00 | 51.170,0 | 20.468.000 |
| 3 | BASE GRANULAR CLASE B (BG_B) | M3 | 400,00 | 63.070,0 | 25.228.000 |
| 4 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD12 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 200,00 | 388.654,0 | 77.730.800 |

| COD. | ITEM | UNID. | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VALOR TOTAL PESOS |
|--------------|---|--------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| 5 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD10 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 100,00 | 444.822,0 | 44.482.200 |
| 6 | TRANSPORTE DE BASES ASFALTICAS | M3 | 3.000,00 | 1.481,0 | 4.443.000 |
| 7 | TRANSPORTE DE PETREOS | M3 | 17.600,00 | 830,0 | 14.608.000 |
| 8 | RETIRO MATERIAL DE EXCAVACION | M3 | 27.170,00 | 830,0 | 22.551.100 |
| TOTAL | | | | | 209.987.100 |

| | | | |
|--|----------------------------|----------|-----------|
| | ANCHO DE EXCAVACION | 1 | mt |
|--|----------------------------|----------|-----------|

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Costos de recuperación de estructura de pavimento en un kilómetro de longitud considerando la estructura de pavimento sugerida en el presente trabajo

| ID | ITEM | UNID. | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VALOR TOTAL PESOS |
|--------------|---|--------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| 1 | MATERIAL SELECCIONADO | M3 | 400,00 | 9.520,0 | 3.808.000 |
| 2 | SUBBASE GRANULAR CLASE B (SBG_B) | M3 | 250,00 | 51.170,0 | 12.792.500 |
| 3 | BASE GRANULAR CLASE B (BG_B) | M3 | 250,00 | 63.070,0 | 15.767.500 |
| 4 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD12 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 120,00 | 388.654,0 | 46.638.480 |
| 5 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD10 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 80,00 | 444.822,0 | 35.585.760 |
| 6 | TRANSPORTE DE BASES ASFALTICAS | M3 | 2.000,00 | 1.481,0 | 2.962.000 |
| 7 | TRANSPORTE DE PETREOS | M3-KM | 11.000,00 | 830,0 | 9.130.000 |
| 8 | RETIRO MATERIAL DE EXCAVACION | M3-KM | 17.160,00 | 830,0 | 14.242.800 |
| TOTAL | | | | | 140.927.040 |

| | | | |
|--|----------------------------|----------|-----------|
| | ANCHO DE EXCAVACION | 1 | mt |
|--|----------------------------|----------|-----------|

Fuente: Elaboración propia

Al hacer un comparativo de los valores obtenidos se tiene:

Tabla 27 Comparativo de costos de las Alternativas evaluadas

| COSTO ALTERNATIVA (Pesos 2018) | | Diferencia | VAR.% |
|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------|
| Estructura IDU | Estructura sugerida | | |
| \$209.987.100 | \$140.927.040 | \$69.060.060 | 49% |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa se tiene una reducción de costos del 49%, entre las estructuras evaluadas, generando una economía importante para las inversiones que se puedan realizar en vías locales o Municipales colectoras.

5 Cálculo de Huella de Carbono por Uso de Estructura Propuesta por IDU

Para este cálculo nos basamos en la metodología y Base de Datos Oficial del MAGRAMA Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España para el cálculo de la huella de carbono de obras públicas España

5.1 Base Metodológica del Cálculo

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde:

F: El dato de actividad, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh de gas natural). *f*

El factor de emisión (FE) supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate.

Por ejemplo, en relación a la actividad descrita anteriormente (consumo de gas natural para la calefacción), el factor de emisión sería 0,202 kg CO₂ eq/kWh de gas natural. Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq).

EJEMPLO Para un medio de transporte cualquiera: Emisiones = Combustible consumido x FE
Emisiones = litros combustible x FE (CO₂eq/litro).

| | |
|----------------|--|
| EJEMPLO | Para un medio de transporte cualquiera: Emisión = Combustible consumido x FE Emisiones= Litros combustible x FE (CO ₂ eq/litro) |
|----------------|--|

Las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad de que se disponga. En esta guía se expondrán los factores de emisión referidos a las unidades que, con mayor frecuencia, definen los datos de las actividades en cada caso.

Por otro lado, cabe destacar a qué hace referencia el término CO₂eq, unidad utilizada para exponer los resultados en cuanto a emisiones de GEI. Los gases que se indican en el Protocolo de Kioto como máximos responsables del efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y, desde la COP 181 celebrada en Doha a finales de 2012, el trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Sin embargo, el CO₂ es el GEI que influye en mayor medida al calentamiento

del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La t CO₂eq es la unidad universal de medida que indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global (PCG)² de cada uno de estos GEI, expresado en términos del PCG de una unidad de CO₂.

Tabla 28 Tabla de referencia de la Base de datos del MAGRAMA

| Código | Categoría | Unidad | Denominación | Factor de Emisión | Unidades | Grado de certidumbre |
|-------------|-----------|----------------|--|-------------------|--|----------------------|
| HUE.MQ.8.1 | MQ | h | Planta de clasificación de áridos 50 t/h | 2,224 | kg CO ₂ eq / h | 3 |
| HUE.MQ.8.16 | MQ | h | Planta asfáltica en caliente 120 t/h | 1,919,659 | kg CO ₂ eq / h | 3 |
| HUE.MT.1.1 | MT | m ³ | Zahorra natural | 12,800 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,25 |
| HUE.MT.01.2 | MT | m ³ | Zahorra artificial | 11,2 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,25 |
| HUE.MT.01.3 | MT | t | Agregados (general) | 3,7 | kg CO ₂ eq / t | 1 |
| HUE.MT.8.6 | MT | t | Mezcla Bituminosa en caliente (con filler de aportación: 2% cemento) | 73,166 | kg CO ₂ eq / t | 1 |
| HUE.MT.8.7 | MT | t | Mezcla Bituminosa en caliente (con filler de aportación: 2% cal) | 80,432 | kg CO ₂ eq / t | 1 |
| HUE.T.1.1 | T | t.km | Camión de transporte general | 0,122 | kg CO ₂ eq / t.km | 1,25 |

Fuente: Base de datos del MAGRAMA

Tabla 29 Cálculos de Co2 equivalente para las actividades de estudio

| COD. | ITEM | UND. | Cantidad. | DENSIDAD TN/M3 | FACTOR DE EMISION | UNIDADES | Grado de certidumb | kg CO ₂ eq |
|---|---|-------|-----------|----------------|-------------------|--|--------------------|-----------------------|
| 1 | SUBBASE GRANULAR CLASE B (SBG_B) | M3 | 150,00 | 1,80 | 12,8 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,3 | 2.400 |
| 2 | BASE GRANULAR CLASE B (BG_B) | M3 | 150,00 | 1,80 | 12,8 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,3 | 2.400 |
| 3 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD12 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 80,00 | 2,30 | 80,4 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,0 | 6.432 |
| 4 | MEZCLA ASFÁLTICA DENSA EN CALIENTE MD10 CON CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 | M3 | 20,00 | 2,30 | 80,4 | kg CO ₂ eq / m ³ | 1,0 | 1.608 |
| 5 | TRANSPORTE DE BASES ASFALTICAS | M3 | 1.000,00 | 2,30 | 0,122 | kg CO ₂ eq / t.km | 1,3 | 351 |
| 6 | TRANSPORTE DE PETREOS | M3-KM | 6.600,00 | 1,80 | 0,122 | kg CO ₂ eq / t.km | 1,3 | 1.812 |
| 7 | RETIRO MATERIAL DE EXCAVACION | M3-KM | 10.010,00 | 1,50 | 0,122 | kg CO ₂ eq / t.km | 1,3 | 2.290 |
| TOTAL CANTIDAD DE CO2 EQUIVALENTE KG | | | | | | | | 17.292 |
| ANCHO DE EXCAVACION | | | | | | | 1 | mt |

Fuente: Elaboración propia

6 Discusión Técnica de lo Establecido en la “Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 Estructuras Viales Numeral 7,1 Pavimento Flexible”

Una vez analizado y revisados los documentos técnicos disponibles para adelantar los análisis del presente trabajo, citados en el marco teórico o estado del arte, se evidencia que la condición estándar en normas internacionales requieren como mínimo la recuperación de la estructura del pavimento en las condiciones identificadas in situ, pero se desconoce los criterios considerados para tal evaluación. Por lo que este es respetable, sin embargo, se requerirá un análisis más detallado que podrá ser objeto de otro proyecto en el que se analicen tales condiciones.

En lo referente a la discusión técnica de lo establecido en la Guía Anexo Técnico para la recuperación de espacio público intervenida bajo licencia de excavación del IDU Capítulo 7 numeral 7.1 Pavimento Flexible, queda comprobado con el presente trabajo que la estructura exigida en dicho anexo es demasiado robustas para vías locales colectoras con nivel de tránsito T3 según clasificación del IDU.

En este sentido, es recomendable aplicar para la recuperación de pavimentos afectados por obras de construcción, renovación o restitución de redes hidráulicas, el diseño obtenido en el presente trabajo, dando cumplimiento a los valores de las variables, propiedades mecánicas y calidad de materiales considerados exigidos por la normatividad de diseño del IDU y el INVIAS.

De igual manera, y con el objeto de dimensionar los valores obtenidos, se puede establecer el análisis de los resultados obtenidos agrupándolos en 3 aspectos relevantes:

Aspecto Ambiental

Impacto ambiental de lo requerido en la Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Bajo Licencias de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano, es de conocimiento público que la construcción es uno de los renglones más contaminantes de la industria, toda vez que realiza grandes transformaciones de la materia prima que usa al producto final que entrega, la producción de cemento y acero requiere grandes cantidades de energía, así como también los productos de cantera y asfaltos, sin embargo, muchos de estos procesos son susceptibles de compensaciones por las mismas obras que se realizan con estos materiales, como por ejemplo la construcción o mantenimiento de una vía, la cual requiere generar gigantescas cantidades de Co2 durante su construcción, pero esta se mitiga o incluso se compensa con las emisiones que se evitan por efecto de los trancones que se evitaron al mejorar la vía o el menor tiempo de millones de motores encendidos por ocasión del aumento de la velocidad media en una red vial nueva.

En el caso que nos ocupa no existe esta mitigación, dado que cualquier efecto mitigable se produciría usando cualquiera de los perfiles evaluados, el propuesto por la guía o el propuesto por este trabajo, por tanto, la única compensación posible sería externa. La legislación colombiana no prevé estudios ambientales para la construcción de vías o su rehabilitación, pero conocemos que el impacto existe, es medible y cuantificable, como se demostró en los anteriores capítulos.

Existen renglones de la economía como la minería que si están obligados a cuantificar sus emisiones de GEI (gases efecto invernadero) y formular planes de mitigación y compensaciones, para lo cual auspician investigaciones como las de los ingenieros Sandra Ximena Díaz Fonseca y Miguel Ángel Molano Morales “Cuantificación y valoración económica de la captura CO2 por plantaciones de

género Eucaliptus establecidas por el PRECA en las cuencas carboníferas de Cesar, Valle del Cauca y altiplano Cundiboyacense.” Donde logran determinar que la máxima fijación de CO₂ en plantaciones de Eucalyptus es de 21-24 ton Co₂/ha/año (Colombia Forestal, 2001-12-00 vol:7 nro:14 pág:87-101) y a partir de estos datos logran articular un programa de compensación ambiental, en nuestro caso de estudio logramos determinar que un kilómetro de intervención con la guía IDU genera aproximadamente 17.2 Ton CO₂ más que con la propuesta del presente trabajo, la compensación de este sobre diseño entonces implica asumir costos de mantenimiento de un cultivo de una hectárea de Eucaliptus por un año por cada km de intervención.

Aspecto Técnico

El alcance técnico de la Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Bajo Licencias de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano, la guía está enmarcada en todo el territorio de la ciudad de Bogotá D.C y que está vigente desde el año 2012. En este trabajo logramos determinar que incluso en las condiciones más genéricas la estructura propuesta en la guía resistiría un paso de 8 mlls de ejes equivalentes de 8.2 ton durante el periodo de diseño de 10 años, un tránsito alto, este tránsito se enmarca dentro de la categoría T3, la máxima categoría de tránsito previsto por el INVIAS para las carreteras colombianas; en Bogotá D.C podríamos esperar tal tránsito en los accesos a la ciudad como: calle 17, Auto Sur, Autopista Norte y Av Boyacá.

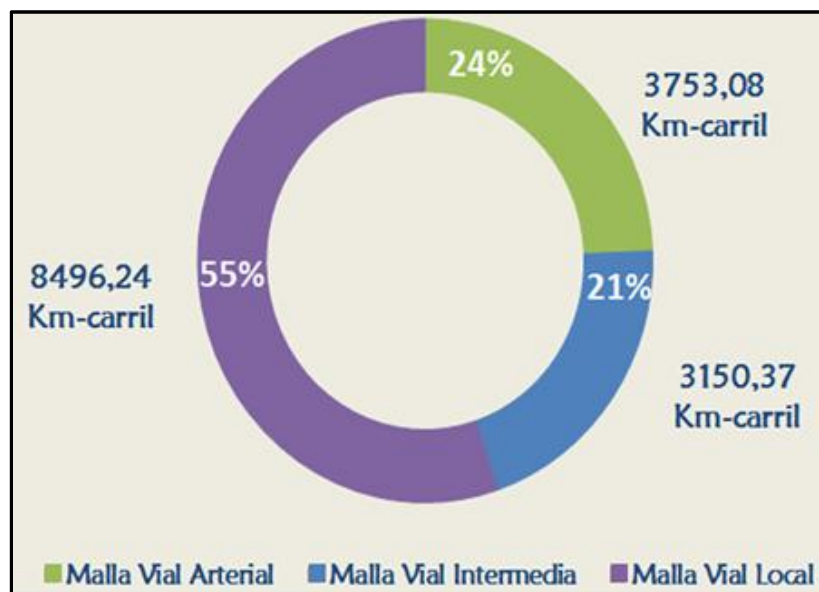


Figura 11 Distribución de la malla vial en Bogotá D.C

Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - Diciembre de 2013.

Sin embargo la mayoría de las vías de la ciudad no pertenecen a esta categoría; el inventario de la malla vial de la ciudad determina que el 24% de las vías se puede determinar como malla vial arterial, esto dado que solo ese porcentaje puede por geometría de la vía, recibir un tráfico alto, dejando en evidencia la estructura propuesta en la guía del IDU, ya que no se amolda a la demanda de tráfico de por lo menos en el 55% de los casos de intervención, como se evidencia en la anterior figura. Aspecto que ya se había evidenciado durante el procesamiento de las 296 intersecciones semaforizadas consideradas en el presente trabajo.

Aspecto Económico

El impacto económico de la Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Bajo Licencias de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano, en resumidas cuentas la principal consecuencia del uso de la guía del IDU son la construcción de mayores cantidades de obra para una misma actividad a realizar, por tanto un análisis aritmético, nos arroja unas diferencias importantes en los costos de la actividad, como se evidenció en el Capítulo 4 del presente trabajo.

Los costos de los espesores evaluados y el requerido por el IDU difieren en alrededor del 30%, una valor nada despreciable, que se magnifica si tenemos en cuenta los grandes rubros que la ciudad invierte en este sector de aguas, como el caso del Plan Maestro presentado por la Alcaldía Mayor en 2017 donde anunciaba inversiones por 3.3 billones de pesos en la modernización de 251 km de tubería en la ciudad, con el que podemos llegar a cifras importantes por la incidencia de la guía que nos ocupa este trabajo.

Tabla 30 Incidencia del Anexo Técnico en el Plan de Mantenimiento EAAB 2017 - 2019

| Inversión total (billones) | Inversión en redes viales | Vías existentes | Vías existentes en asfalto | Vías existentes en asfalto con tpd < 300mil | Incidencia del sobre diseño | Total sobre costo en millones de pesos |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|---|
| 3.3 | 70.00% | 70.00% | 40.00% | 60.00% | 30.00% | 116,424.00 |

Conclusiones

Es importante iniciar indicando que los criterios por medio de los cuales una institución tan responsable como el IDU adopta normas y guías para la ejecución de obras, que se encuentran fuera de los alcances de este trabajo, y nos limitamos únicamente a evaluar criterios básicos de diseño para llegar a las conclusiones que nos ocupa, en el caso de la “Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 ESTRUCTURAS VIALES numeral 7,1 Pavimento Flexible”.

Del anterior trabajo se tiene que las diferentes variables consideradas para la evaluación de los números de ejes equivalentes de 8,2 Ton, corresponden a las condiciones más exigentes, y a las recomendadas por el IDU, el INVIAS y diferentes autores especialista en Ingeniería de Pavimentos a Nivel Nacional e Internacional.

Una vez indicado lo anterior, se tiene que se cumplen los objetivos propuestos en los que se evidencian que el número de ejes equivalentes obtenidos de 8´118.419, mediante la verificación por el Método AASTHO, de la estructura requerida por el Instituto de Desarrollo Urbano en el Anexo Técnico, es elevado, ya que de acuerdo al número de ejes calculado considerando las estaciones semaforizadas en vías locales colectoras en Bogotá D.C y siguiendo el Manual de Diseño del IDU para el diseño de pavimentos de bajo tránsito y vías de orden local; se obtiene un número de ejes equivalentes de 8,2 Ton de 247.415. Confirmando que la estructura es robusta para soportar el tránsito proyectado en el periodo de diseño.

De otra parte y al hacer la verificación de una estructura sugerida por los autores del presente trabajo (10 cm de carpeta asfáltica, 25 cm de base, 25 cm de sub base y 40 cm de material seleccionado de la excavación), se tiene que está soporta un número de ejes equivalentes de 303.166 en el periodo de diseño. De este diseño se evidencia que no es necesario adelantar una estructura de pavimento tan robusta. Condición que puede ser aplicado para vías locales de bajo tránsito en Municipios a nivel nacional. Esto dado que con el presente trabajo no pretendemos debatir lo requerido por el IDU y que es de obligatorio cumplimiento para la ciudad de Bogotá D.C, ya que se desconocen las variables y los criterios de diseño.

Del desarrollo del proyecto, podemos concluir que el diseño de las estructuras adelantadas por el IDU sobrepasan proyecciones de los 8 millones de ejes equivalente de 8.2 toneladas, incluso en condiciones límite. Es así que, en el desarrollo de este informe se demostró que las vías de bajo tráfico el TPD está por del orden de 266 mil ejes de 8.2 toneladas y que el hecho de aplicar en todos los casos la estructura de la guía genera unas mayores cantidades de obra de las que realmente se necesitan, lo cual redundan en sobrecostos e impacto ambiental adicionales de las obras ejecutadas. Por lo que sería más eficiente adoptar un plan que permita flexibilizar las estructuras de pavimento propuestas de tal forma que se puedan evaluar 3 o 4 escenarios a fin de lograr clasificar las solicitudes reales de la malla vial intervenida.

Se deja constancia que en el presente trabajo no se realiza el análisis de deflexiones de tuberías ya que dentro del objeto se encuentra el sugerir una estructura que garantice la estabilidad de los pavimentos recuperados por los contratistas de redes, entes Municipales, Departamentales o Territoriales. Por lo que se deberá adelantar particularmente por los diseñadores de redes desde el

punto vista geotécnico todos los análisis de la cimentación y el comportamiento de las tuberías frente a las cargas ejercidas por el tránsito.

En lo referente al análisis económico se tiene que la reducción de costos es significativa para el tipo de intervenciones en el que se proyectan renovación o construcción de redes hidráulicas, ya que se evidencia una reducción de costos de hasta el 33%, generando la posibilidad de ejecutar una mayor cantidad de obra o disponer los recursos en otras actividades de importancia para los entes territoriales.

La administración pública se mueve en el delicado equilibrio entre la responsabilidad en la ejecución y la eficiencia en la inversión social, por tanto es entendible el rigor de las normas existentes, sin embargo creemos que esta norma que nos ocupa está en mora de una revisión que le permita al IDU determinar la conveniencia de continuar su aplicación y sopesar las implicaciones que se derivan de ella.




Es importante tener en cuenta que el presente proyecto no modifica la normatividad indicada en el Guía del anexo técnico del IDU para recuperación de pavimentos flexibles por intervención bajo licencia de excavación, establecidos para la ciudad de Bogotá D.C, ni procedimientos o procesos constructivos especificados por el INVIAS o el IDU.

Listado de Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, (2013) Decreto 364 de 2013.
- AASTHO,1993
- Campagnoli, M. Sandra Ximena, Sánchez, S. Fernando (2016) Pavimentos Asfálticos de Carreteras Guía Práctica para los estudios y diseños, 4.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado, (2004), Requerimientos para Cimentación de Tuberías en Redes de Acueducto y Alcantarillado Versión 3.1.
- Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de Salto del Guaira -Paraguay (2012).
- Instituto de Desarrollo Urbano, (2011) Guía Anexo Técnico para la Recuperación de Espacio Público Intervenido Bajo Licencia de Excavación del Instituto de Desarrollo Urbano en el Capítulo 7 ESTRUCTURAS VIALES numeral 7,1 Pavimento Flexible.
- Instituto de Desarrollo Urbano, (2013) Guía Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Tránsito y Vías locales para Bogotá D.C.
- Instituto de desarrollo Urbano, (2011) Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público, para Bogotá D.C, Sección 107.
- Instituto Nacional de Vías INVIAS (2012) Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles.
- Lizcano, R. Fredy Alberto & Rondón, Q. Hugo Alexander ((2016). Pavimentos, Materiales, construcción y diseño 13.
- Ministerio del Transporte & Instituto Nacional de Vías INVIAS (2007) Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Bajos Volúmenes de Tránsito.
- Norma ce.010 pavimentos urbanos Lima Perú (2010)
- Ordenanza 203. Reglamento para la Ejecución de Obras en áreas de Dominio Público para la municipalidad de Lima Metropolitana (1998).
- Secretaría de Movilidad de la Ciudad de Bogotá D.C (2008 – 2017), Programas de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C

Anexos

ANEXO 2 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 19 x Calle 152 Movimiento 3 (9 de Septiembre de 2009)

| HORA |  | | | | |  | | | | |  | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------|-----------|-----------|-------|---|----------|----------|----------|-------|---|-------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL |
| 5:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 19 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 13 |
| 6:15 | 22 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 6:30 | 28 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 1 | 0 | 0 | 18 |
| 6:45 | 60 | 18 | 2 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 7:00 | 94 | 21 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 | 0 | 1 | 2 | 73 |
| 7:15 | 73 | 16 | 2 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 1 | 0 | 0 | 53 |
| 7:30 | 51 | 19 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | 2 | 32 |
| 7:45 | 46 | 18 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 8:00 | 33 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 | 22 |
| 8:15 | 26 | 8 | 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 1 | 16 |
| 8:30 | 21 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 2 | 15 |
| 8:45 | 32 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 | 22 |
| 9:00 | 35 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 1 | 27 |
| 9:15 | 31 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 3 | 24 |
| 9:30 | 32 | 18 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 1 | 1 | 14 |
| 9:45 | 31 | 19 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| 10:00 | 36 | 6 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 1 | 30 |
| 10:15 | 36 | 5 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 2 | 3 | 30 |
| 10:30 | 43 | 9 | 1 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 1 | 3 | 32 |
| 10:45 | 38 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 1 | 3 | 30 |
| 11:00 | 36 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 4 | 30 |
| 11:15 | 38 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 4 | 32 |
| 11:30 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 1 | 3 | 20 |
| 11:45 | 35 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| 12:00 | 30 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 5 | 22 |
| 12:15 | 28 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 20 |
| 12:30 | 36 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 2 | 1 | 16 |
| 12:45 | 30 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 13:00 | 29 | 13 | 0 | 0 | 1 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 13:15 | 36 | 17 | 0 | 0 | 1 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 13:30 | 25 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 13:45 | 33 | 10 | 0 | 0 | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 | 3 | 1 | 22 |
| 14:00 | 28 | 12 | 0 | 0 | 1 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 14:15 | 26 | 12 | 0 | 0 | 2 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 14:30 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 1 | 1 | 20 |
| 14:45 | 40 | 14 | 1 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 3 | 24 |
| 15:00 | 62 | 21 | 0 | 0 | 1 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 4 | 0 | 1 | 41 |
| 15:15 | 49 | 16 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 3 | 0 | 33 |
| 15:30 | 50 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 1 | 2 | 44 |
| 15:45 | 39 | 5 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 1 | 0 | 1 | 32 |
| 16:00 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 1 | 0 | 20 |
| 16:15 | 45 | 14 | 2 | 0 | 2 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 2 | 0 | 2 | 26 |
| 16:30 | 32 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 1 | 0 | 2 | 23 |
| 16:45 | 53 | 16 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 2 | 36 |
| 17:00 | 59 | 21 | 0 | 0 | 3 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 | 1 | 1 | 1 | 36 |
| 17:15 | 42 | 16 | 0 | 0 | 3 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 1 | 25 |
| 17:30 | 53 | 21 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 3 | 32 |
| 17:45 | 59 | 24 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 18:00 | 41 | 17 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 1 | 0 | 0 | 24 |
| 18:15 | 63 | 27 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 18:30 | 33 | 18 | 0 | 0 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 18:45 | 35 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| 19:00 | 50 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 1 | 0 | 35 |
| 19:15 | 41 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 1 | 28 |
| 19:30 | 39 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 1 | 27 |
| 19:45 | 37 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 1 | 0 | 1 | 26 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO | | 735 | 10 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | | | 1316 | 14 | 21 | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO 3 | | 2051 | 24 | 21 | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Programa de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte y priorización de intersecciones a semaforizar de Bogotá D.C Contrato 105 de 2008

ANEXO 3 *Medición de volúmenes vehiculares Cra. 15 x Calle 142 Movimiento 2 (9 de Julio de 2009)*

| HORA | TOTAL | ← | | | | | ↑ | | | | | → | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL |
| 5:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6:00 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 3 | 0 | 0 | 23 | 5 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| 6:15 | 38 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 23 | 2 | 0 | 1 | 28 | 7 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 6:30 | 56 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 33 | 2 | 1 | 2 | 41 | 11 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| 6:45 | 44 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 27 | 2 | 0 | 1 | 32 | 8 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| 7:00 | 52 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 31 | 3 | 0 | 5 | 40 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 7:15 | 36 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 23 | 1 | 0 | 3 | 27 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 7:30 | 54 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 32 | 3 | 1 | 2 | 42 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 7:45 | 58 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 35 | 2 | 1 | 6 | 45 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 8:00 | 61 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 47 | 1 | 1 | 1 | 52 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 8:15 | 66 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 48 | 2 | 1 | 3 | 56 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 8:30 | 63 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 43 | 2 | 2 | 3 | 54 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 8:45 | 69 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 50 | 1 | 1 | 8 | 59 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 9:00 | 68 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 44 | 0 | 0 | 6 | 47 | 14 | 0 | 2 | 0 | 19 |
| 9:15 | 65 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 42 | 3 | 0 | 3 | 50 | 13 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 9:30 | 79 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 51 | 1 | 0 | 8 | 57 | 16 | 0 | 1 | 0 | 19 |
| 9:45 | 76 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 44 | 3 | 0 | 10 | 55 | 14 | 0 | 2 | 0 | 19 |
| 10:00 | 54 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 36 | 1 | 0 | 4 | 40 | 7 | 0 | 1 | 0 | 10 |
| 10:15 | 80 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 50 | 1 | 2 | 6 | 60 | 9 | 0 | 2 | 0 | 14 |
| 10:30 | 63 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 46 | 1 | 0 | 3 | 50 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 10:45 | 77 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 54 | 2 | 0 | 8 | 62 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 11:00 | 64 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 44 | 0 | 1 | 6 | 50 | 7 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 11:15 | 70 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 52 | 0 | 0 | 8 | 56 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 11:30 | 73 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 54 | 0 | 0 | 3 | 56 | 9 | 1 | 0 | 0 | 11 |
| 11:45 | 98 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 72 | 0 | 1 | 5 | 77 | 11 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| 12:00 | 84 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | 64 | 2 | 0 | 4 | 70 | 8 | 0 | 1 | 0 | 11 |
| 12:15 | 92 | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | 70 | 1 | 1 | 3 | 76 | 9 | 0 | 1 | 0 | 12 |
| 12:30 | 93 | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | 69 | 2 | 1 | 4 | 78 | 8 | 0 | 1 | 0 | 11 |
| 12:45 | 153 | 6 | 0 | 0 | 2 | 7 | 117 | 4 | 0 | 7 | 129 | 15 | 0 | 1 | 0 | 18 |
| 13:00 | 50 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 39 | 1 | 0 | 7 | 45 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 13:15 | 79 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 62 | 2 | 0 | 5 | 69 | 4 | 0 | 1 | 0 | 7 |
| 13:30 | 70 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 59 | 1 | 0 | 4 | 63 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 13:45 | 92 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 74 | 2 | 0 | 4 | 80 | 5 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| 14:00 | 85 | 3 | 0 | 1 | 0 | 6 | 63 | 0 | 0 | 3 | 65 | 14 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| 14:15 | 70 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 51 | 2 | 0 | 2 | 56 | 11 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| 14:30 | 83 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 63 | 0 | 0 | 5 | 66 | 14 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| 14:45 | 93 | 3 | 0 | 1 | 0 | 6 | 64 | 3 | 0 | 5 | 73 | 14 | 0 | 0 | 1 | 15 |
| 15:00 | 93 | 27 | 0 | 0 | 0 | 27 | 44 | 2 | 0 | 3 | 50 | 12 | 0 | 1 | 3 | 16 |
| 15:15 | 93 | 27 | 0 | 0 | 0 | 27 | 43 | 3 | 0 | 2 | 50 | 11 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 15:30 | 92 | 28 | 0 | 0 | 0 | 28 | 45 | 2 | 0 | 2 | 50 | 11 | 0 | 1 | 1 | 14 |
| 15:45 | 85 | 23 | 0 | 0 | 0 | 23 | 38 | 3 | 0 | 3 | 46 | 10 | 1 | 1 | 3 | 16 |
| 16:00 | 93 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 72 | 2 | 0 | 4 | 78 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 16:15 | 97 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 66 | 5 | 0 | 3 | 78 | 7 | 0 | 2 | 0 | 12 |
| 16:30 | 119 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 89 | 3 | 0 | 7 | 99 | 8 | 0 | 1 | 0 | 11 |
| 16:45 | 111 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 89 | 0 | 0 | 3 | 91 | 8 | 0 | 1 | 0 | 11 |
| 17:00 | 140 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 117 | 2 | 0 | 4 | 123 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 17:15 | 158 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 | 135 | 1 | 0 | 3 | 139 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 17:30 | 104 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 81 | 1 | 0 | 8 | 87 | 6 | 0 | 2 | 0 | 11 |
| 17:45 | 164 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 132 | 3 | 0 | 9 | 143 | 9 | 0 | 1 | 0 | 12 |
| 18:00 | 79 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 61 | 0 | 0 | 9 | 66 | 5 | 2 | 0 | 0 | 9 |
| 18:15 | 128 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 108 | 0 | 0 | 6 | 111 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 18:30 | 156 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 129 | 0 | 0 | 1 | 130 | 11 | 2 | 1 | 0 | 18 |
| 18:45 | 166 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | 138 | 0 | 0 | 7 | 142 | 13 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| 19:00 | 118 | 2 | 0 | 0 | 3 | 4 | 101 | 3 | 0 | 2 | 108 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 19:15 | 163 | 4 | 0 | 0 | 2 | 5 | 147 | 1 | 0 | 1 | 150 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 19:30 | 139 | 3 | 0 | 0 | 3 | 5 | 125 | 1 | 0 | 1 | 128 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 19:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO | | 370 | 0 | 2 | | | 3553 | 88 | 14 | | | 460 | 14 | 26 | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO 3 | | 4383 | 102 | 42 | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Programa de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte y priorización de intersecciones a semaforizar de Bogotá D.C Contrato 105 de 2008

ANEXO 4 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 12 x Calle 82 Movimiento 2 (Jueves) (25 de Abril de 2013)

| Consecu | FLUJO | HORA | TOTAL EN MIXTOS | ← | | | | | ↑ | | | | | → | | | | |
|-------------------------------|-------|----------|-----------------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | | | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL |
| 1 | 2 | 6:00:00 | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 5 | 7 | 5 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| 2 | 2 | 6:15:00 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| 3 | 2 | 6:30:00 | 13 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 | 6 | 5 | 0 | 0 | 5 | |
| 4 | 2 | 6:45:00 | 24 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 9 | 0 | 0 | 1 | 10 | 6 | 0 | 0 | 7 | |
| 5 | 2 | 7:00:00 | 47 | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 | 10 | 0 | 0 | 2 | 11 | 19 | 0 | 0 | 20 | |
| 6 | 2 | 7:15:00 | 50 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 12 | 0 | 0 | 6 | 15 | 12 | 0 | 1 | 18 | |
| 7 | 2 | 7:30:00 | 61 | 13 | 0 | 0 | 1 | 14 | 6 | 0 | 0 | 3 | 8 | 32 | 0 | 1 | 37 | |
| 8 | 2 | 7:45:00 | 52 | 9 | 0 | 1 | 2 | 13 | 13 | 0 | 0 | 3 | 15 | 18 | 0 | 4 | 30 | |
| 9 | 2 | 8:00:00 | 55 | 9 | 0 | 1 | 6 | 15 | 18 | 0 | 1 | 1 | 21 | 12 | 0 | 1 | 18 | |
| 10 | 2 | 8:15:00 | 44 | 9 | 0 | 4 | 4 | 21 | 9 | 0 | 1 | 4 | 14 | 9 | 0 | 2 | 16 | |
| 11 | 2 | 8:30:00 | 35 | 6 | 0 | 1 | 2 | 10 | 9 | 0 | 3 | 2 | 18 | 8 | 0 | 1 | 12 | |
| 12 | 2 | 8:45:00 | 38 | 6 | 0 | 3 | 3 | 15 | 6 | 0 | 1 | 2 | 10 | 12 | 0 | 3 | 21 | |
| 13 | 2 | 9:00:00 | 71 | 19 | 0 | 3 | 5 | 29 | 9 | 0 | 1 | 9 | 16 | 19 | 0 | 3 | 29 | |
| 14 | 2 | 9:15:00 | 51 | 14 | 0 | 3 | 9 | 26 | 3 | 0 | 0 | 3 | 5 | 14 | 0 | 3 | 23 | |
| 15 | 2 | 9:30:00 | 77 | 28 | 0 | 4 | 4 | 40 | 12 | 0 | 0 | 6 | 15 | 12 | 0 | 4 | 26 | |
| 16 | 2 | 9:45:00 | 68 | 16 | 0 | 2 | 5 | 24 | 5 | 0 | 1 | 11 | 13 | 11 | 0 | 11 | 41 | |
| 17 | 2 | 10:00:00 | 42 | 18 | 0 | 1 | 3 | 22 | 3 | 0 | 0 | 3 | 5 | 9 | 0 | 2 | 16 | |
| 18 | 2 | 10:15:00 | 57 | 15 | 0 | 1 | 4 | 20 | 15 | 0 | 2 | 4 | 22 | 8 | 0 | 6 | 24 | |
| 19 | 2 | 10:30:00 | 101 | 35 | 0 | 2 | 8 | 47 | 23 | 0 | 0 | 3 | 25 | 23 | 0 | 2 | 30 | |
| 20 | 2 | 10:45:00 | 111 | 35 | 0 | 2 | 7 | 44 | 9 | 0 | 0 | 7 | 13 | 31 | 0 | 2 | 16 | 44 |
| 21 | 2 | 11:00:00 | 100 | 35 | 0 | 1 | 2 | 39 | 13 | 0 | 0 | 2 | 14 | 42 | 0 | 1 | 4 | 47 |
| 22 | 2 | 11:15:00 | 123 | 46 | 0 | 1 | 8 | 55 | 16 | 0 | 0 | 11 | 22 | 35 | 0 | 5 | 3 | 47 |
| 23 | 2 | 11:30:00 | 120 | 45 | 0 | 1 | 5 | 50 | 13 | 0 | 0 | 8 | 17 | 38 | 0 | 1 | 10 | 46 |
| 24 | 2 | 11:45:00 | 161 | 53 | 0 | 1 | 18 | 65 | 36 | 0 | 1 | 4 | 40 | 39 | 0 | 1 | 11 | 47 |
| 25 | 2 | 12:00:00 | 149 | 46 | 0 | 3 | 6 | 57 | 28 | 0 | 1 | 8 | 35 | 56 | 0 | 0 | 3 | 58 |
| 26 | 2 | 12:15:00 | 219 | 57 | 0 | 4 | 12 | 73 | 61 | 0 | 4 | 16 | 79 | 61 | 0 | 0 | 4 | 63 |
| 27 | 2 | 12:30:00 | 165 | 47 | 0 | 8 | 3 | 69 | 38 | 1 | 1 | 7 | 46 | 58 | 0 | 0 | 3 | 60 |
| 28 | 2 | 12:45:00 | 126 | 56 | 0 | 2 | 5 | 64 | 9 | 1 | 0 | 10 | 16 | 41 | 0 | 0 | 2 | 42 |
| 29 | 2 | 13:00:00 | 137 | 40 | 0 | 2 | 10 | 50 | 22 | 4 | 0 | 6 | 33 | 46 | 0 | 0 | 4 | 50 |
| 30 | 2 | 13:15:00 | 125 | 42 | 0 | 1 | 3 | 46 | 16 | 1 | 1 | 13 | 27 | 42 | 1 | 1 | 5 | 49 |
| 31 | 2 | 13:30:00 | 130 | 43 | 0 | 1 | 3 | 47 | 9 | 1 | 3 | 14 | 26 | 48 | 1 | 3 | 6 | 61 |
| 32 | 2 | 13:45:00 | 138 | 47 | 0 | 0 | 4 | 49 | 25 | 0 | 0 | 8 | 29 | 49 | 2 | 0 | 2 | 54 |
| 33 | 2 | 14:00:00 | 157 | 53 | 1 | 2 | 5 | 63 | 29 | 0 | 0 | 2 | 30 | 53 | 0 | 0 | 10 | 58 |
| 34 | 2 | 14:15:00 | 150 | 62 | 2 | 0 | 5 | 69 | 20 | 0 | 0 | 5 | 23 | 50 | 0 | 0 | 5 | 53 |
| 35 | 2 | 14:30:00 | 137 | 42 | 2 | 0 | 6 | 49 | 13 | 2 | 0 | 4 | 19 | 66 | 0 | 0 | 2 | 67 |
| 36 | 2 | 14:45:00 | 136 | 30 | 1 | 0 | 5 | 35 | 46 | 0 | 0 | 7 | 50 | 41 | 0 | 0 | 5 | 44 |
| 37 | 2 | 15:00:00 | 136 | 40 | 1 | 0 | 5 | 45 | 38 | 1 | 0 | 5 | 43 | 43 | 0 | 1 | 3 | 47 |
| 38 | 2 | 15:15:00 | 128 | 46 | 3 | 0 | 6 | 55 | 9 | 0 | 0 | 6 | 12 | 43 | 0 | 3 | 14 | 58 |
| 39 | 2 | 15:30:00 | 120 | 33 | 0 | 0 | 2 | 34 | 35 | 0 | 0 | 6 | 38 | 37 | 0 | 0 | 4 | 39 |
| 40 | 2 | 15:45:00 | 129 | 27 | 1 | 1 | 2 | 33 | 40 | 0 | 1 | 8 | 47 | 46 | 0 | 1 | 3 | 52 |
| 41 | 2 | 16:00:00 | 120 | 47 | 0 | 4 | 3 | 59 | 27 | 0 | 4 | 8 | 41 | 23 | 0 | 0 | 4 | 25 |
| 42 | 2 | 16:15:00 | 123 | 38 | 0 | 1 | 3 | 42 | 38 | 0 | 1 | 3 | 42 | 35 | 0 | 0 | 3 | 37 |
| 43 | 2 | 16:30:00 | 121 | 26 | 0 | 1 | 5 | 31 | 37 | 0 | 1 | 5 | 42 | 39 | 0 | 0 | 8 | 43 |
| 44 | 2 | 16:45:00 | 103 | 28 | 0 | 0 | 6 | 31 | 28 | 0 | 0 | 6 | 31 | 28 | 0 | 0 | 8 | 32 |
| 45 | 2 | 17:00:00 | 130 | 43 | 0 | 0 | 5 | 46 | 32 | 0 | 0 | 2 | 33 | 43 | 0 | 0 | 5 | 46 |
| 46 | 2 | 17:15:00 | 132 | 40 | 0 | 0 | 3 | 42 | 29 | 0 | 0 | 9 | 34 | 46 | 0 | 0 | 6 | 49 |
| 47 | 2 | 17:30:00 | 115 | 47 | 0 | 0 | 2 | 48 | 23 | 0 | 0 | 2 | 24 | 38 | 0 | 0 | 2 | 39 |
| 48 | 2 | 17:45:00 | 111 | 37 | 0 | 0 | 3 | 39 | 34 | 0 | 0 | 8 | 38 | 24 | 0 | 0 | 5 | 27 |
| 49 | 2 | 18:00:00 | 110 | 39 | 0 | 0 | 4 | 41 | 28 | 0 | 0 | 4 | 30 | 32 | 0 | 0 | 2 | 33 |
| 50 | 2 | 18:15:00 | 113 | 41 | 0 | 0 | 2 | 42 | 32 | 0 | 0 | 2 | 33 | 29 | 0 | 0 | 7 | 33 |
| 51 | 2 | 18:30:00 | 132 | 37 | 0 | 0 | 10 | 42 | 32 | 0 | 0 | 5 | 35 | 44 | 0 | 0 | 5 | 47 |
| 52 | 2 | 18:45:00 | 121 | 27 | 0 | 0 | 8 | 31 | 35 | 0 | 0 | 3 | 37 | 40 | 0 | 3 | 5 | 50 |
| 53 | 2 | 19:00:00 | 122 | 46 | 0 | 0 | 5 | 49 | 39 | 0 | 0 | 2 | 40 | 21 | 0 | 0 | 9 | 26 |
| 54 | 2 | 19:15:00 | 118 | 30 | 0 | 0 | 4 | 32 | 40 | 1 | 0 | 3 | 44 | 35 | 0 | 1 | 5 | 40 |
| 55 | 2 | 19:30:00 | 120 | 53 | 0 | 0 | 3 | 55 | 28 | 1 | 0 | 6 | 33 | 28 | 0 | 0 | 3 | 30 |
| 56 | 2 | 19:45:00 | 118 | 33 | 0 | 0 | 3 | 35 | 45 | 3 | 0 | 3 | 53 | 30 | 0 | 0 | 3 | 32 |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO | | | | 1778 | 11 | 62 | | | 1224 | 16 | 28 | | | 1740 | 4 | 67 | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTOS A | | | | 4742 | 31 | 157 | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Programa de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte y priorización de intersecciones a semaforizar de Bogotá D.C Contrato 1720 de 2012

ANEXO 6 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 1 x Calle 83 Movimiento 4 (28 de Marzo de 2014)

| CONSECUTIVO | FLUJO | HORA | TOTAL EN MIXTOS | ← | | | | | ↑ | | | | | → | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|----------|-----------------|-------|-------|----------|-------|-----------|-------|-------|----------|-------|-----------|-------|-------|----------|-------|-----------|--|--|
| | | | | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | EQUIVALEN | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | EQUIVALEN | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | EQUIVALEN | | |
| 1 | 4 | 6:00:00 | 18 | 10 | 2 | 0 | 2 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 5 | | |
| 2 | 4 | 6:15:00 | 36 | 7 | 1 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 1 | 0 | 1 | 29 | | |
| 3 | 4 | 6:30:00 | 40 | 30 | 0 | 0 | 1 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | | |
| 4 | 4 | 6:45:00 | 52 | 34 | 0 | 0 | 3 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 2 | 0 | 2 | 17 | | |
| 5 | 4 | 7:00:00 | 50 | 38 | 0 | 0 | 2 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 1 | 11 | | |
| 6 | 4 | 7:15:00 | 47 | 28 | 0 | 0 | 3 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 | 0 | 3 | 16 | | |
| 7 | 4 | 7:30:00 | 43 | 26 | 0 | 0 | 2 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | 13 | | |
| 8 | 4 | 7:45:00 | 44 | 27 | 0 | 0 | 2 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 4 | 13 | | |
| 9 | 4 | 8:00:00 | 58 | 34 | 3 | 0 | 3 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 7 | 14 | | |
| 10 | 4 | 8:15:00 | 62 | 31 | 0 | 0 | 5 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 2 | 25 | | |
| 11 | 4 | 8:30:00 | 61 | 41 | 0 | 0 | 2 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 4 | 14 | | |
| 12 | 4 | 8:45:00 | 65 | 34 | 0 | 0 | 7 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 2 | 23 | | |
| 13 | 4 | 9:00:00 | 75 | 49 | 0 | 2 | 2 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 2 | 20 | | |
| 14 | 4 | 9:15:00 | 66 | 38 | 0 | 1 | 3 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 23 | | |
| 15 | 4 | 9:30:00 | 68 | 41 | 0 | 3 | 3 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 | 22 | | |
| 16 | 4 | 9:45:00 | 65 | 39 | 0 | 3 | 3 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 20 | | |
| 17 | 4 | 10:00:00 | 61 | 29 | 0 | 6 | 3 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 3 | 22 | | |
| 18 | 4 | 10:15:00 | 50 | 30 | 0 | 4 | 1 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 1 | 4 | 16 | | |
| 19 | 4 | 10:30:00 | 56 | 15 | 0 | 2 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 0 | 2 | 35 | | |
| 20 | 4 | 10:45:00 | 48 | 24 | 0 | 4 | 1 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 2 | 4 | 20 | | |
| 21 | 4 | 11:00:00 | 48 | 26 | 0 | 2 | 4 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 1 | 2 | 17 | | |
| 22 | 4 | 11:15:00 | 49 | 28 | 0 | 3 | 4 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 1 | 4 | 14 | | |
| 23 | 4 | 11:30:00 | 61 | 31 | 0 | 12 | 3 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 3 | 2 | 18 | | |
| 24 | 4 | 11:45:00 | 43 | 17 | 0 | 2 | 5 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 2 | 2 | 20 | | |
| 25 | 4 | 12:00:00 | 35 | 19 | 0 | 3 | 2 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 1 | 2 | 11 | | |
| 26 | 4 | 12:15:00 | 64 | 32 | 0 | 2 | 6 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 1 | 5 | 24 | | |
| 27 | 4 | 12:30:00 | 56 | 32 | 1 | 4 | 4 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | 13 | | |
| 28 | 4 | 12:45:00 | 57 | 32 | 2 | 1 | 10 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 3 | 12 | | |
| 29 | 4 | 13:00:00 | 44 | 23 | 2 | 0 | 4 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | | |
| 30 | 4 | 13:15:00 | 42 | 25 | 4 | 0 | 6 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 31 | 4 | 13:30:00 | 46 | 26 | 2 | 0 | 10 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | | |
| 32 | 4 | 13:45:00 | 54 | 35 | 1 | 1 | 9 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 9 | | |
| 33 | 4 | 14:00:00 | 44 | 23 | 0 | 2 | 3 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 1 | 0 | 1 | 18 | | |
| 34 | 4 | 14:15:00 | 53 | 29 | 0 | 5 | 5 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 1 | 0 | 2 | 14 | | |
| 35 | 4 | 14:30:00 | 52 | 32 | 0 | 2 | 4 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 0 | 2 | 18 | | |
| 36 | 4 | 14:45:00 | 44 | 30 | 0 | 2 | 2 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 2 | 10 | | |
| 37 | 4 | 15:00:00 | 46 | 14 | 1 | 3 | 8 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 1 | 1 | 5 | 21 | | |
| 38 | 4 | 15:15:00 | 56 | 42 | 1 | 1 | 6 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3 | 9 | | |
| 39 | 4 | 15:30:00 | 57 | 23 | 3 | 3 | 8 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 2 | 3 | 5 | 25 | | |
| 40 | 4 | 15:45:00 | 52 | 20 | 1 | 1 | 6 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 | 1 | 6 | 30 | | |
| 41 | 4 | 16:00:00 | 54 | 27 | 2 | 1 | 3 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 2 | 0 | 7 | 18 | | |
| 42 | 4 | 16:15:00 | 38 | 19 | 0 | 0 | 2 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 5 | 14 | | |
| 43 | 4 | 16:30:00 | 49 | 26 | 1 | 3 | 4 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1 | 1 | 3 | 16 | | |
| 44 | 4 | 16:45:00 | 53 | 20 | 0 | 0 | 9 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 2 | 7 | 22 | | |
| 45 | 4 | 17:00:00 | 41 | 25 | 2 | 1 | 3 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 2 | 1 | 2 | 14 | | |
| 46 | 4 | 17:15:00 | 42 | 26 | 0 | 0 | 2 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 2 | 14 | | |
| 47 | 4 | 17:30:00 | 39 | 16 | 1 | 3 | 8 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 3 | 3 | 18 | | |
| 48 | 4 | 17:45:00 | 42 | 21 | 0 | 1 | 11 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 5 | 10 | | |
| 49 | 4 | 18:00:00 | 38 | 10 | 0 | 0 | 12 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 18 | | |
| 50 | 4 | 18:15:00 | 31 | 11 | 0 | 0 | 4 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 11 | 12 | | |
| 51 | 4 | 18:30:00 | 35 | 20 | 0 | 0 | 5 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 3 | 11 | | |
| 52 | 4 | 18:45:00 | 32 | 12 | 0 | 0 | 3 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 7 | 14 | | |
| 53 | 4 | 19:00:00 | 28 | 12 | 0 | 0 | 5 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 3 | 9 | | |
| 54 | 4 | 19:15:00 | 45 | 26 | 0 | 0 | 7 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 3 | 11 | | |
| 55 | 4 | 19:30:00 | 50 | 29 | 0 | 0 | 5 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 3 | 15 | | |
| 56 | 4 | 19:45:00 | 43 | 19 | 0 | 0 | 9 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 4 | 13 | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO | | | | 1463 | 30 | 83 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 665 | 39 | 27 | | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO 4 | | | | 2128 | 69 | 110 | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Programa de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C Contrato 2072 de 2013

ANEXO 8 Medición de volúmenes vehiculares Cra. 13 x Calle 57 Movimiento 4 (04 de Junio de 2014)

| Consecutivo | FLUJO | HORA | TOTAL | ← | | | | | ↑ | | | | | → | | | | | |
|--------------------------------------|-------|----------|-------|--------|-------|----------|-------|--------------------|-------|--------|----------|-------|--------------------|-------|-------|----------|-------|--------------------|--|
| | | | | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL EQUIVALENTES | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL EQUIVALENTES | AUTOS | BUSES | CAMIONES | MOTOS | TOTAL EQUIVALENTES | |
| 1 | 4 | 6:00.00 | 29 | 2 | 0 | 1 | 9 | 9 | 13 | 2 | 0 | 2 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 4 | 6:15.00 | 44 | 6 | 0 | 2 | 2 | 12 | 26 | 4 | 0 | 4 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 4 | 6:30.00 | 57 | 8 | 0 | 1 | 4 | 13 | 38 | 2 | 0 | 5 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 4 | 6:45.00 | 56 | 13 | 0 | 0 | 4 | 15 | 33 | 2 | 0 | 3 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 4 | 7:00.00 | 74 | 3 | 0 | 1 | 3 | 7 | 63 | 1 | 2 | 3 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | 4 | 7:15.00 | 69 | 9 | 0 | 0 | 2 | 10 | 52 | 1 | 2 | 4 | 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 4 | 7:30.00 | 79 | 15 | 0 | 2 | 1 | 21 | 54 | 0 | 4 | 2 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 4 | 7:45.00 | 67 | 13 | 0 | 1 | 1 | 16 | 42 | 2 | 1 | 7 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 4 | 8:00.00 | 58 | 14 | 0 | 2 | 2 | 20 | 32 | 0 | 1 | 8 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 4 | 8:15.00 | 83 | 22 | 0 | 2 | 2 | 28 | 52 | 0 | 1 | 4 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 4 | 8:30.00 | 89 | 16 | 0 | 1 | 7 | 22 | 53 | 0 | 2 | 9 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 4 | 8:45.00 | 92 | 10 | 0 | 1 | 3 | 14 | 68 | 0 | 3 | 8 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 | 4 | 9:00.00 | 94 | 23 | 0 | 0 | 8 | 27 | 58 | 0 | 2 | 4 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14 | 4 | 9:15.00 | 91 | 14 | 0 | 0 | 5 | 17 | 59 | 0 | 1 | 12 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15 | 4 | 9:30.00 | 70 | 12 | 0 | 1 | 8 | 19 | 45 | 0 | 0 | 2 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16 | 4 | 9:45.00 | 72 | 15 | 0 | 2 | 4 | 22 | 45 | 0 | 0 | 6 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17 | 4 | 10:00.00 | 65 | 6 | 0 | 4 | 5 | 19 | 41 | 2 | 1 | 6 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18 | 4 | 10:15.00 | 59 | 18 | 0 | 1 | 7 | 24 | 26 | 0 | 2 | 5 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 19 | 4 | 10:30.00 | 68 | 14 | 0 | 1 | 2 | 18 | 43 | 0 | 2 | 6 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20 | 4 | 10:45.00 | 76 | 17 | 0 | 1 | 12 | 26 | 37 | 0 | 3 | 6 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 21 | 4 | 11:00.00 | 67 | 18 | 0 | 2 | 3 | 25 | 34 | 0 | 2 | 9 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 22 | 4 | 11:15.00 | 69 | 12 | 0 | 2 | 4 | 19 | 38 | 0 | 6 | 8 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 23 | 4 | 11:30.00 | 62 | 8 | 0 | 1 | 2 | 12 | 39 | 0 | 2 | 10 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 24 | 4 | 11:45.00 | 73 | 16 | 0 | 0 | 2 | 17 | 40 | 0 | 2 | 12 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 25 | 4 | 12:00.00 | 78 | 11 | 0 | 0 | 3 | 13 | 54 | 0 | 3 | 8 | 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 26 | 4 | 12:15.00 | 75 | 10 | 0 | 0 | 14 | 17 | 38 | 0 | 1 | 12 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 27 | 4 | 12:30.00 | 79 | 16 | 0 | 0 | 5 | 19 | 51 | 0 | 0 | 7 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 28 | 4 | 12:45.00 | 94 | 16 | 0 | 0 | 6 | 19 | 66 | 0 | 0 | 6 | 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 29 | 4 | 13:00.00 | 82 | 10 | 0 | 0 | 8 | 14 | 49 | 0 | 0 | 16 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 30 | 4 | 13:15.00 | 79 | 16 | 0 | 1 | 5 | 21 | 54 | 0 | 0 | 3 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 31 | 4 | 13:30.00 | 75 | 12 | 0 | 2 | 2 | 18 | 54 | 0 | 0 | 5 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 32 | 4 | 13:45.00 | 89 | 9 | 0 | 1 | 6 | 15 | 64 | 0 | 1 | 9 | 71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 33 | 4 | 14:00.00 | 96 | 17 | 0 | 1 | 12 | 26 | 48 | 0 | 2 | 17 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 34 | 4 | 14:15.00 | 77 | 20 | 0 | 2 | 7 | 29 | 40 | 0 | 0 | 7 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 35 | 4 | 14:30.00 | 84 | 2 | 0 | 1 | 14 | 12 | 50 | 0 | 1 | 14 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 36 | 4 | 14:45.00 | 91 | 14 | 0 | 4 | 11 | 30 | 57 | 1 | 1 | 4 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 37 | 4 | 15:00.00 | 68 | 4 | 0 | 4 | 2 | 15 | 41 | 0 | 2 | 13 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 38 | 4 | 15:15.00 | 75 | 14 | 0 | 4 | 4 | 26 | 41 | 2 | 2 | 8 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 39 | 4 | 15:30.00 | 66 | 12 | 0 | 2 | 12 | 23 | 30 | 1 | 1 | 9 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 40 | 4 | 15:45.00 | 69 | 16 | 0 | 1 | 2 | 20 | 37 | 1 | 0 | 12 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 41 | 4 | 16:00.00 | 71 | 14 | 0 | 0 | 6 | 17 | 40 | 3 | 1 | 9 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 42 | 4 | 16:15.00 | 85 | 21 | 0 | 0 | 5 | 24 | 47 | 1 | 1 | 10 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 43 | 4 | 16:30.00 | 81 | 10 | 0 | 0 | 2 | 11 | 54 | 2 | 2 | 10 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 44 | 4 | 16:45.00 | 85 | 11 | 0 | 0 | 4 | 13 | 55 | 0 | 0 | 13 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 45 | 4 | 17:00.00 | 87 | 17 | 0 | 0 | 2 | 18 | 57 | 0 | 0 | 10 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 46 | 4 | 17:15.00 | 89 | 22 | 0 | 0 | 3 | 24 | 46 | 0 | 0 | 19 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 47 | 4 | 17:30.00 | 76 | 3 | 0 | 0 | 3 | 5 | 61 | 0 | 0 | 10 | 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 48 | 4 | 17:45.00 | 78 | 11 | 0 | 0 | 4 | 13 | 40 | 0 | 0 | 22 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 49 | 4 | 18:00.00 | 69 | 14 | 0 | 0 | 3 | 16 | 41 | 0 | 0 | 10 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 50 | 4 | 18:15.00 | 66 | 11 | 0 | 0 | 3 | 13 | 46 | 0 | 0 | 6 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 51 | 4 | 18:30.00 | 49 | 10 | 1 | 0 | 6 | 15 | 29 | 0 | 0 | 3 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 52 | 4 | 18:45.00 | 49 | 5 | 0 | 0 | 4 | 7 | 37 | 0 | 0 | 2 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 53 | 4 | 19:00.00 | 36 | 4 | 4 | 0 | 6 | 15 | 18 | 0 | 1 | 4 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 54 | 4 | 19:15.00 | 69 | 21 | 0 | 0 | 14 | 28 | 28 | 0 | 2 | 3 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 55 | 4 | 19:30.00 | 55 | 12 | 1 | 0 | 3 | 16 | 36 | 0 | 1 | 3 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 56 | 4 | 19:45.00 | 60 | 5 | 1 | 0 | 2 | 8 | 43 | 0 | 1 | 9 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO | | | | 694,0 | 7,0 | 52,0 | | | | 2483,0 | 27,0 | 62,0 | | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | |
| TOTAL VEHICULOS MOVIMIENTO SA | | | | 3177,0 | 34,0 | 114,0 | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Programa de Monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C Contrato 2072 de 2013