CAPITULO 11.
PAVIMENTOS

REPUBLICA DE COLOMBIA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.
Instituto
DESARROLLO URBANO

CONCURSO DE MÉRITOS

ESTUDIOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACERAS Y CICLORRUTAS DEL COSTADO ORIENTAL DE LA AUTOPISTA NORTE ENTRE LA CALLE 80 Y LA CALLE 128B Y OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN BOGOTÁ D.C.

CAPÍTULO 11

COMPONENTE DE PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO

BOGOTÁ D.C.
SEPTIEMBRE DE 2019

CAPÍTULO 11
PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO

Responsable de la elaboración

Nombre	Cargo	Sigla del área	Firma
Didier Alexis Bellon	Contratista	DTP	Didier A. Bellon.

CONTENIDO

Pág.

11 PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO 5
11.1 NORMATIVIDAD Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES 5
11.2 MODIFICACIONES A LOS DISEÑOS EXISTENTES 6
11.3 PLAN DE MANEJO DEL TRÁFICO PARA EXPLORACIÓN Y ENSAYOS 6
11.4 CONDICIONES TÉCNICO AMBIENTALES ESPECIALES 6
11.4.1 Grano de Caucho Reciclado 7
11.4.2 Residuos de Construcción y Demolición 8
11.4.3 Nuevas Tecnologías 8
11.5 ANÁLISIS INTERDISCIPLINARIOS PREVIOS 9
11.6 ETAPA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS 9
11.6.1 Entregables Etapa de Diseño 10
11.6.2 Investigación, Recopilación y Análisis de Información Existente 11
11.6.3 Inventario y Diagnóstico Preliminar de la Infraestructura Existente 12
11.6.4 Evaluación y Diagnostico Funcional y Estructural de la Infraestructura Existente 12
11.6.4.1 Inventario de deterioros 12
11.6.4.2 Medición indirecta de espesores 13
11.6.4.3 Evaluación estructural 13
11.6.5 Estudio Geotécnico para Pavimentos y Espacio Público Asociado 13
11.6.5.1 Plan de investigación geotécnica complementaria 13
11.6.5.2 Frecuencia de exploración 14
11.6.5.3 Ensayos a ejecutar 15
11.6.6 Sectores Homogéneos de Diseño 16
11.6.7 Lineamientos Generales para Diseño de Detalle 16
11.6.7.1 Confiabilidad 16
11.6.7.2 Periodo de diseño 16
11.6.7.3 Información climática 17
11.6.7.4 Análisis de las cargas del tránsito 17
11.6.7.5 Subrasante 17
11.6.7.6 Rigidez de los materiales 18
11.6.7.7 Pavimentos flexibles 19
11.6.7.7.1 Dimensionamiento preliminar 19
11.6.7.7.2 Funciones de transferencia o leyes de fatiga 19
11.6.7.7.3 Diseño empírico–mecanicista 20
11.6.7.7.4 Espesores finales de diseño 20
11.6.7.7.5 Validación de los módulos resilientes 21
11.6.7.8 Pavimentos Rígidos 21
11.6.7.8.1 Metodología de diseño 21

11.6.7.8.2 Módulo de reacción de diseño 21
11.6.7.8.3 Capas anti-erosión 22
11.6.7.8.4 Diseño de juntas y refuerzo 22
11.6.8 Diseño de Rehabilitación 22
11.6.9 Mantenimiento 23
11.6.10 Evaluación de Alternativas 23
11.6.11 Espacio Público 23
11.6.12 Cantidades de Obra 24
11.6.13 Estudio de Fuentes de Materiales, Canteras y Plantas de Producción de Mezclas 24
11.6.14 Conclusiones y Recomendaciones 24
11.7 RUTAS DE DESVÍO DEL TRÁNSITO 25
11.8 ANEXOS 26
11.8.1 Configuración de la Flota Vehicular 27
11.8.2 Curvas Isotermas del Módulo Dinámico 28
11.8.3 Ejemplo Cálculo Espesores Pavimento Flexible 30
11.8.4 Ejemplo Cálculo Módulo Resiliente In-Situ 31

11 PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO

A continuación, se presentan los lineamientos técnicos mínimos para el componente de pavimentos y espacio público asociado que deberán implementarse por parte del Consultor, para desarrollar los **ESTUDIOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACERAS Y CICLORRUTAS DEL COSTADO ORIENTAL DE LA AUTOPISTA NORTE ENTRE LA CALLE 80 Y LA CALLE 128B Y OBRAS COMPLEMENTARIAS, EN BOGOTÁ D.C.**

En este documento se presentan los aspectos relacionados con los estudios geotécnicos, inventario y diagnóstico de pavimentos y espacio público asociado, la complementación de la investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarias para el diseño, construcción y conservación de las obras.

El consultor, a través de sus estudios y diseños, deberá lograr la integralidad y armonización con todos los proyectos que el Instituto se encuentre ejecutando, ya sea a nivel de factibilidad, estudios, diseños o de construcción y entrada en operación, para lo cual deberá coordinar la entrega de información por parte del Instituto, a través del supervisor del contrato y la interventoría respectiva.

El consultor deberá presentar la evaluación y diseño de pavimentos para calzadas, pacificaciones viales, pavimentos permeables, andenes, ciclorrutas, alamedas, pompeyanos, y demás estructuras que se requieran, y definir la estrategia de intervención en función del tipo de superficie de las estructuras existentes, efectuando los análisis de alternativas a que haya lugar, teniendo en cuenta toda la información existente. El consultor debe garantizar que la alternativa de diseño o intervención seleccionada es la necesaria y más beneficiosa para el proyecto y la ciudad, enmarcándose dentro del principio de economía.

El consultor deberá analizar la sección transversal y los alineamientos en planta y perfil para establecer los mecanismos de integración entre los pavimentos existentes y los proyectados. El producto de la consultoría no se limitará al cálculo de espesores, sino que será el resultado de la armonización con los demás componentes técnicos a que haya lugar.

Los materiales considerados en los diseños de pavimentos y espacio público asociado, deberán acogerse en su totalidad a las Especificaciones IDU-ET-2011 o su versión o actualización vigente. En caso contrario, será obligación del consultor elaborar las especificaciones particulares a que haya lugar con fundamente en ensayos de laboratorio, diseño de mezclas y comprobación de la fórmula de trabajo mediante ensayos de desempeño.

Los siguientes numerales contienen el marco para la elaboración de los estudios geotécnicos y los diseños de pavimentos, pero será responsabilidad del consultor realizar las actividades y análisis que permitan elaborar un estudio confiable.

11.1 NORMATIVIDAD Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES

Los estudios indicados en el presente capitulo deberán estar orientados de conformidad con la normatividad relacionada a continuación:

- Resolución 1115 de 2012 "Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico – Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital"
- Resolución 932 de 2015 "Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 1115 de 2012".
- Decreto 586 de 2015 "Por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en Bogotá D.C.".
- Decreto 442 de 2015 "Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones".
- Decreto 265 de 2016 "Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan

otras disposiciones".

- Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte, "Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional".
- Especificaciones Técnicas de Materiales y Construcción IDU-ET-2011, o las que se encuentren vigentes durante la ejecución de los diseños.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras (INVIAS, 2013), especificamente la normatividad para ejecución de ensayos de campo y laboratorio.

Del mismo modo, los estudios indicados en el presente capitulo deberán ser elaborados de conformidad con los documentes técnicos relacionados enseguida:

- Anexo Técnico de Diagnóstico para Conservación de Infraestructura Vial de Bogotá (IDU, 2017), o su versión vigente durante la ejecución de los diseños.
- Guía IDU "Toma de información técnica de inventario, diagnóstico y ensayos para la gestión de la infraestructura vial y espacio público de Bogotá D.C.", versión vigente.
- Instructivo "Toma de información de pre-diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público construido de Bogotá D.C. para la estructuración de los programas de conservación", versión vigente.
- Guía Alcance de los Entregables de Factibilidad, versión vigente.
- Guía Alcance de los Entregables en Etapa de Diseño, versión vigente.
- Guía IDU "Entrega de productos en formato digital de proyectos realizados en la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público", versión vigente.
- Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación en Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2008).
- Cartilla de Andenes de Bogotá (Secretaría Distrital de Planeación, 2018).
- Documento GU-GE-010. Guía para la estabilización del material producto de reciclaje en frio de pavimentos asfálticos (IDU, 2011).
- Documento GU-GE-011. Reciclaje de pavimento asfáltico In-situ estabilizado con aditivos bituminosos y/o hidráulicos (IDU, 2011).

11.2 MODIFICACIONES A LOS DISEÑOS EXISTENTES

Divergencias entre los lineamientos de los estudios y diseños existentes y los establecidos en el presente capitulo técnico, no serán causal de modificación de la alternativa, espesores y/o recomendaciones previamente definidos para la construcción. No obstante, de llegar a presentarse significativas e irrebatibles alteraciones en uno o varios de los parámetros de diseño inicialmente considerados (tránsito, materiales, etc.), aplican en su totalidad los requerimientos definidos en el Numeral 11.6 del presente.

11.3 PLAN DE MANEJO DEL TRÁFICO PARA EXPLORACIÓN Y ENSAYOS

Considerando que, para la ejecución de la exploración geotécnica para evaluación y diseño de pavimentos y la ejecución de ensayos no destructivos, se requiere interrumpir los flujos vehiculares, se hace necesario que el contratista elabore los planes de manejo de tráfico necesarios y tramite su aprobación ante la Secretaría Distrital de Movilidad, a fin de minimizar el impacto a la movilidad en la zona del proyecto.

11.4 CONDICIONES TÉCNICO AMBIENTALES ESPECIALES

11.4.1 Grano de Caucho Reciclado

Según el Decreto 442 de 2015 "Por medio del cual se crea el Programa de aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas en el Distrito Capital y se adoptan otras disposiciones":

Artículo 10.- Aprovechamiento de llantas usadas en obras de infraestructura del transporte en el Distrito Capital. *Desde el 1 de Julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llanta usada en las proporciones técnica que para el efecto exige el instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metros cuadrados de la mezcla asfáltica usada para la obra.*

Posteriormente, el Decreto 265 de 2016 "Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones", estableció entre otros:

Que según lo informado por la Secretaría Distrital de Ambiente el Instituto de Desarrollo Urbano elaboró un documento técnico denominado "CONCEPTO TÉCNICO PARA LOS LINEAMIENTOS DE USO Y UTILIZACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO GCR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ", en el que se concluye que:

1. No es viable la aplicación de mezcla asfáltica con GCR en el 100% del área a intervenir como lo plantea el artículo 10 del Decreto 442 de 2015.

2. Para cumplir con el aprovechamiento de llantas usadas en los porcentajes establecidos en la resolución 6981 de 2011, se considera apropiado continuar con la instalación de mezclas asfálticas con GCR en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local), en donde producto de un Estudio y de un Diseño la estrategia de intervención sea REHABILITACIÓN, RECONSTRUCCIÓN y CONSTRUCCIÓN.

Para el caso de la construcción o reconstrucción de ciclo-rutas, su utilización dependerá del comportamiento del precio en el mercado.

4. Las actuales mezclas por vía húmeda son muy costosas, se necesita impulsar otras alternativas como la vía seca para propiciar una disminución de precios, lo cual también se producirá si estas mezclas compiten en el mercado con otros productos y tecnologías que también producen mejoras similares e importantes. De no ser así y mantenerse el esquema de la vía húmeda, se reduce el logro de la meta física.

En consecuencia, el Decreto 265 de 2016 resolvió:

Artículo 4°.- Modifícase el artículo 10 del Decreto 442 de 2015, el cual queda así:

Artículo 10.- Aprovechamiento de llantas usadas en obras de infraestructura del transporte en el Distrito Capital. *Desde el 1 de julio de 2016, toda obra de infraestructura de transporte en el Distrito Capital que se ejecute y adelante en procesos constructivos con asfalto, deberá prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas en las proporciones técnicas que para el efecto exija el Instituto de Desarrollo Urbano, en la totalidad de metro cuadrado de la mezcla asfáltica usada para la obra en un porcentaje no menor al 25% de la totalidad del volumen de la mezcla asfáltica usada en vías vehiculares (Troncales de tráfico mixto, Malla Vial Arterial No Troncal, Malla Vial Intermedia y Malla Vial Local).*

Parágrafo 1.- El Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, establecerá los lineamientos técnicos para el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llanta usadas en procesos constructivos con asfalto.

Así las cosas, el consultor deberá asegurarse de que con sus diseños se permita la implementación del Decreto 265 de 2016 "Por medio del cual se modifica el Decreto Distrital 442 de 2015 y se adoptan otras disposiciones", o aquella normatividad ambiental que se encuentre vigente durante la ejecución de la etapa de estudios y diseños.

Para el caso en el que el diseño prevea varias capas asfálticas, al menos una de ellas deberá contener materiales provenientes del aprovechamiento de llantas usadas, con las especificaciones técnicas que determine el IDU.

El empleo de mezcla asfáltica mejorada con GCR se exceptúa para las siguientes actividades: mantenimiento rutinario, parcheos, bacheos, actividades puntuales de mantenimiento en estructuras (puentes, pontones, pasos deprimidos, edificaciones y obras de estabilización de taludes) y espacio público (andenes y ciclorrutas). Del mismo modo, buscando optimizar los recursos del Distrito, en aras de no reducir innecesariamente la meta física de los contratos de obra, no serán propuestas mezclas con GCR como capas anti-erosión en pavimentos rígidos ni como rodadura en ciclorrutas, considerando su alto costo y nulo beneficio técnico en dichas estructuras.

11.4.2 Residuos de Construcción y Demolición

Adicionalmente, el consultor deberá proponer el mecanismo que le permitirá implementar la utilización de los residuos de construcción y demolición (RCD) en todo el proyecto, con base en las resoluciones ambientales vigentes. Para tales efectos, al definir el tipo de estructura de pavimento a implementar, se deberán considerar los materiales provenientes de los RCD, ya sea in-situ, o en otros frentes de obra o contratos IDU.

El consultor deberá analizar las condiciones de calidad de los RCD, proponer las técnicas de estabilización física o química necesarias para adaptarlos a las especificaciones de construcción vigentes y definir el mejor uso posible de los materiales existentes, bien sea como capas estructurales, rellenos para reconformación de la subrasante o mejoramiento de ésta.

El contratista deberá optar como primera opción el empleo de materiales reciclados o de técnicas de reutilización, reciclaje y aprovechamiento in situ o en planta, utilizando los materiales existentes o los materiales provenientes de los patios de fresado y/o centros de aprovechamiento, pudiéndose emplear los materiales existentes de la siguiente manera:

a. Reutilización o reciclaje in situ o en planta con materiales provenientes del frente de obra o de otro frente del mismo proyecto, o de otros contratos IDU, o mediante el empleo de materiales provenientes del patio de fresado o centros de aprovechamiento, con o sin ajuste de pétreos, con o sin agentes estabilizantes.
b. Reutilización de los materiales existentes en el frente de obra, utilizándolos con el mismo tipo de uso o ubicación en que actualmente se encuentra la capa o material, con o sin ajuste de pétreos, con o sin agentes estabilizantes.
c. Reutilización de los materiales existentes en el frente de obra, con un uso y ubicación diferente al que actualmente se encuentra prestando la capa o material, pudiéndose emplear dicho material como relleno para redes de servicios públicos, rellenos para muros de contención, espacio público o sello para mejoramiento de subrasante.
d. Empleo de materiales convencionales, en el evento de que alguno de los tres (3) procedimientos descritos en los párrafos anteriores no pueda llevarse a cabo, caso en el cual esto debe ser demostrado técnicamente a través de ensayos de laboratorio, actividades que deberán ser llevadas a cabo por el contratista y verificadas por la interventoría. Cabe anotar que los materiales existentes de la Infraestructura vial existente y de espacio público siempre son aprovechables, a menos que este tenga contenidos de residuos contaminantes como lo son aceites, grasas, metales y residuos que puedan afectar el comportamiento de las estructuras proyectadas.

En el caso de que el material no cuente con especificación técnica dentro de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción IDU-ET, el contratista deberá elaborar la respectiva especificación particular, la cual deberá ser aprobada por el interventor y avalada por el IDU.

11.4.3 Nuevas Tecnologías

Se deberá acoger la normativa existente en el IDU, en lo referente a la utilización de nuevas tecnologías y/o materiales reciclados. En los contratos de consultoría u obra, la nueva tecnología deberá ser propuesta en la metodología, previo cumplimiento de los procedimientos que para tal fin determine la Dirección Técnica Estratégica del IDU.

El contratista deberá proponer técnicas de reutilización y estabilización de materiales de común aplicación en el medio local. En caso contrario, el contratista estará en la obligación de presentar experiencias que demuestren al IDU los beneficios técnicos y la disponibilidad en el mercado de diversidad de proveedores, fuentes o plantas de producción.

11.5 ANÁLISIS INTERDISCIPLINARIOS PREVIOS

Con anticipación al desarrollo de las actividades de factibilidad o diseño de pavimentos y espacio público asociado, el consultor deberá presentar un informe que como mínimo contenga las áreas y aspectos técnicos relacionados a continuación:

- **Geometría**. Análisis de los alineamientos en planta y perfil del proyecto, a partir de los cuales debe definirse la posibilidad de aprovechamiento de la infraestructura existente.
- **Urbanismo**. Describir en detalle el alcance urbanístico de los proyectos y su relación con el componente de pavimentos.
- **Redes hidrosanitarias**. Remplazo, traslado o construcción de alcantarillados pluviales/sanitarios, concluyendo a partir de ello la posibilidad de eludir actividades de diagnóstico para rehabilitación y proceder directamente al diseño de la reconstrucción.
- **Geotecnia.** Proyectos en los cuales el componente de geotecnia formule medidas de estabilización de la fundación, cuyo efecto conlleve también mejoramiento en la capacidad de soporte, o en aquellos donde las características orgánicas y/o de cambio volumétrico obliguen al remplazo de espesores mayores que el requerido para alcanzar el módulo de la subrasante mejorada, se tomará como valor de diseño aquel que resulte de las recomendaciones de dicho componente.
- **Forestal.** Se debe evaluar el deterioro de la infraestructura existente o proyectada como consecuencia de la succión de la vegetación y socializar el concepto técnico resultante con el componente forestal, buscando que aquel gestione las soluciones o recomendaciones a que haya lugar (bloqueos, traslados, podas radiculares u otros).
- Así mismo, debe presentarse un informe resultado de visitas de campo que incluya el registro fotográfico y la descripción y causas probables de los deterioros existentes, en aras de establecer los requerimientos de ensayos no destructivos para diagnóstico.

11.6 ETAPA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

La etapa de estudios y diseños de detalle, comprende las actividades de evaluación y diagnóstico funcional y estructural de la infraestructura existente, complementación e implementación del plan de exploración geotécnico y de ensayos de laboratorio, aprobado por la interventoría y con aval o no objeción de la Dirección Técnica de Proyectos del IDU, el diseño y análisis detallado de las estructuras de pavimento y espacio público definidas en la etapa de factibilidad en el marco del principio de la economía, de acuerdo con las especificaciones de construcción IDU vigentes y dando estricto cumplimiento a las consideraciones generales establecidas en el presente capítulo.

Para la etapa de diseños, el consultor deberá realizar los ajustes, actualizaciones, complementaciones y/o elaboración de los estudios y diseños completos y de detalle que permitan dar cumplimiento al objeto contractual de este proyecto, así como el diseño detallado de la estructura de pavimento y su espacio público asociado.

En forma general, la etapa de estudios y diseños definitivos, estará enfocada a definir el tipo de intervención requerida de acuerdo con las características de las estructuras existentes, realizar los estudios geotécnicos de la subrasante y demás materiales que integran la estructura de pavimento actual, elaborar de manera

detallada el diseño de la estructura pavimento y espacio público asociado, garantizando la normativa ambiental y la política institucional del IDU en lo referente a la utilización de RCD y GCR.

Deberán determinarse las condiciones de carga o condiciones especiales del proyecto que requieran diseños y/o recomendaciones particulares (accesos a predios comerciales, pompeyanos, intersecciones, intercambiadores, orejas, conectantes, orejas manzana, paraderos de transporte público, etc.) y dimensionar las intervenciones necesarias.

Losas de concreto en zonas de intersecciones viales a nivel o bajo consideraciones especiales (zonas de estaciones y parqueos), deberán diseñarse teniendo en cuenta la sumatoria de los volúmenes vehiculares y detalles particulares de juntas (construcción, contracción y de expansión, entre otras).

En el caso de vías nuevas, que no tienen Código de Identificación Vial (CIV), deberá realizarse el trámite requerido para la creación del CIV y su inclusión en el Servidor de Mapas del IDU.

11.6.1 Entregables Etapa de Diseño

El interventor estará en obligación de poner en conocimiento del IDU para análisis, formulación de observaciones o recomendaciones y concepto de aval o no objeción, los siguientes documentos:

No.	Entregable etapa de diseño
1	**Informe de recopilación de información, plan de exploración y metodología**
1.1	Análisis interdisciplinarios previos (Numeral 11.5).
1.2	Investigación, recopilación y análisis de información existente (Numeral 11.6.2).
1.3	Inventario y diagnóstico preliminar de la infraestructura existente (Numeral 11.6.3).
1.4	Plan de investigación geotécnica complementaria (Numeral 11.6.5.1).
1.5	Plan de inventario y diagnóstico de vías (Metodología y ensayos a ejecutar, etc.).
1.6	Plan de inventario y diagnóstico de espacio público (Metodología, ensayos a ejecutar, etc.).
1.7	Metodología (Numerales 11.6.7 a 11.6.11: fórmulas y procedimientos de cálculo, correlaciones, factores ajuste/corrección, funciones de transferencia y demás elementos de diseño; formulación y evaluación de alternativas).
2.	**Diseño de pavimentos de detalle**
2.1	Definición del alcance del estudio y diseño de pavimentos (Conclusiones del Numeral 11.5).
2.2	Informe de investigación, recopilación y análisis de información existente.
2.3	Resultados del inventario y diagnóstico preliminares de la infraestructura existente.
2.4	Resultados de la exploración geotécnica existente y complementaria (Registros de campo, registro fotográfico, resultados de ensayos de laboratorio firmados, cuadro consolidado, perfiles estratigráficos y planos de localización).
2.5	Definición de sectores homogéneos de diseño.
2.6	Análisis de las cargas del tránsito.
2.7	Análisis de la subrasante (Resistencia mecánica, módulo resiliente, mejoramientos, potencial de expansión, etc.).
2.8	Definición de módulos dinámicos/resilientes de los materiales propuestos (Resultado de la consulta de fuentes de materiales y/o de la información recopilada por el IDU).
2.9	Diseño de pavimentos (Vías, orejas, conectantes, conexiones operacionales, etc.).
2.10	Diseño de espacio público (Andenes, ciclorrutas, pompeyanos y rampas).
2.11	Dimensionamiento preliminar de pavimentos flexibles (Método AASHTO/1993).
2.12	Diseño empírico-mecanicista de pavimentos flexibles (Cálculo de respuestas críticas, repeticiones admisibles y del daño relativo acumulado).
2.13	Diseño de pavimentos rígidos (Método PCA/1984).
2.14	Cálculo de esfuerzos y deflexiones en pavimentos rígidos.
2.15	Diseño de juntas, modulación de losas y detalles constructivos.
2.16	Evaluación de alternativas (Comparación técnica y económica que involucre costos de mantenimiento y definición de la recomendada).
2.17	Cantidades de obra para la alternativa recomendada (En función de las áreas de espacio público y diseño geométrico).

No.	Entregable etapa de diseño
2.18	Memorias de cálculo.
2.19	Plano de localización de los sectores de diseño definidos en el alcance.
2.20	Etapa de mantenimiento (Actividades, cantidades y costos discriminados anualmente durante los primeros cinco años de operación).
2.21	Análisis de canteras de fuentes de materiales.
2.22	Análisis de riesgos.
2.23	Recomendaciones técnicas y constructivas.
2.24	Concepto técnico que contenga el análisis del potencial de reutilización de materiales reciclados y recomendaciones de implementación de residuos de construcción y demolición (RCD), considerando los literales del Numeral 11.4.2.
2.25	Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial
2.26	Especificaciones particulares.
2.27	Proceso constructivo.
2.28	Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado.
2.29	Conclusiones.
2.30	Informe final con sus respectivos anexos en medio magnético (*.xlsx. *:docx, *.dwg, crudos de memorias de cálculo y modelaciones).
2.31	Hoja de firmas, control de cambios y revisiones.

El Consultor debe generar al comienzo de los trabajos una metodología de diseño particular basada en este documento con las precisiones a que haya lugar. Dicha metodología deberá ser aprobada por la interventoría, sometida a visto bueno del IDU y será la carta de navegación en el proceso para disminuir las discusiones técnicas durante el desarrollo de los contratos de consultoría y permitirá mantener la integralidad de la información de insumos y salidas parciales entre especialistas y la Entidad.

Adicionalmente, deberá presentar el plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado, en concordancia con los artículos de la Especificación IDU ET vigente que corresponden a las actividades de obra relacionadas con la alternativa de pavimento recomendada.

Los productos deberán ser remitidos para concepto de no objeción por parte de la Dirección Técnica de Proyectos del IDU, una vez aprobados por la Interventoría y de conformidad con el cronograma de actividades.

Para el pago de los análisis de precios unitarios correspondientes a las exploraciones geotécnicas y ensayos de laboratorio, se deberá presentar un informe que contenga: cuadro resumen de cantidades ejecutadas y precios contractuales, reporte de los trabajos de campo realizados, reportes de ensayos de laboratorio firmados por el laboratorista y jefe de laboratorio, certificados de calibración de equipos de laboratorio, protocolo de manejo, transporte, ensayo y conservación de muestras de campo y registro fotográfico y comunicación de concepto de conformidad del plan de exploración del subsuelo por parte de la Dirección Técnica de Proyectos del IDU.

11.6.2 Investigación, Recopilación y Análisis de Información Existente

La búsqueda, recopilación y análisis de información secundaria, deberá contemplar aspectos como: antecedentes de estudios de suelos, evaluaciones y diagnósticos de pavimentos, tránsito y en general todos aquellos aspectos que permitan tener un adecuado conocimiento del proyecto, con el propósito de optimizar en la medida de lo posible la exploración y ensayos a ejecutar para factibilidad y diseño.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el Diagnóstico Básico e Índice de Condición de Estado del Espacio Público y Ciclorrutas, cuya información debe ser solicitada al IDU, como mínimo lo disponible en la dirección https://www.idu.gov.co/page/siipviales/geomatica/portafolio.

El Consultor deberá revisar la información existente correspondiente a la investigación del subsuelo

recopilada en otros contratos y que corresponda a los sectores analizados mediante este estudio, la cual puede ser consultada en el centro de Documentación del IDU o a través del Repositorio Institucional en la página Web del IDU, y determinar las complementaciones o verificaciones que resulten necesarias, a efectos del planteamiento del plan de exploración geotécnico a ser ejecutado.

La información primaria incluye aquella específica del sitio, no solo del contrato en ejecución. Los estudios y diseños existentes deben ser utilizados y como máximo verificados. Como mínimo, para el diseño de espacio público, deberá ser considerada la exploración y ensayos del **Contrato IDU-190-1999 – Estudios y Diseños de la Ampliación del Acceso a Santafé de Bogotá por Autopista Norte**.

11.6.3 Inventario y Diagnóstico Preliminar de la Infraestructura Existente

El contratista deberá aplicar las versiones vigentes de los documentos Guía IDU "Toma de información técnica de inventario, diagnóstico y ensayos para la gestión de la infraestructura vial y espacio público de Bogotá D.C." e Instructivo "Toma de información de pre-diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público construido de Bogotá D.C. para la estructuración de los programas de conservación".

Deberá presentarse un informe resultado de visitas de campo que incluya el registro fotográfico y la descripción de los deterioros existentes, en aras de establecer los requerimientos de ensayos no destructivos (deflectómetro, georradar e índice de condición PCI).

11.6.4 Evaluación y Diagnostico Funcional y Estructural de la Infraestructura Existente

Las actividades de evaluación y diagnóstico para determinar el estado funcional y estructural de las estructuras de pavimento existentes, deberán ser ejecutadas de conformidad con lo establecido en la versión más reciente del Anexo Técnico de Diagnóstico para Conservación de Infraestructura Vial Para Bogotá (DTE-IDU, 2017).

La medición de deflexiones únicamente será aceptada en caso que el diseño de la rehabilitación del pavimento se lleve a efecto para las condiciones de humedad natural de la subrasante; en caso que el consultor considere conveniente adoptar el escenario crítico de humedad (inmersión en ensayo CBR), los ensayos no destructivos perderían utilidad y su costo no será reconocido por la Entidad.

La ejecución de ensayos no destructivos (georradar y deflectometría) y el inventario de deterioros deben ser descartados en segmentos cuya geometría en planta y perfil se vea drásticamente modificada e impida conservar los materiales existentes, en el caso de pacificaciones viales que obliguen al cambio de la superficie de rodamiento y en proyectos que requieran excavaciones profundas para la construcción de obras hidráulicas o de estabilización geotécnica. Segmentos con evidencia de presencia de escombros u otro tipo de contaminación en sus capas no deben ser objeto de ensayos no destructivos.

Con anticipación de la ejecución de cualquier otra medición, el contratista elaborará el inventario de la infraestructura existente. Posteriormente, el Interventor, con aval del IDU, definirá la necesidad de ejecutar los demás ensayos requeridos para la elaboración del diagnóstico. Segmentos con evidencia de patologías relacionadas con fallas en las redes de alcantarillado pluvial o sanitario, deben ser evaluados por el área de redes hidro-sanitarias con anticipación a la ejecución de las demás etapas de diagnóstico estructural del pavimento.

11.6.4.1 Inventario de deterioros

Además del cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI, en inglés) se debe reportar el porcentaje de área afectada con deterioros estructurales (piel de cocodrilo, baches, parches, etc.).

En el caso de la rehabilitación de pavimentos rígidos, se debe presentar la clasificación en función del PCI por unidad de muestreo (20± 8 losas), de modo que se establezca la posibilidad de remplazo puntual de losas o en algunas unidades particulares.

11.6.4.2 Medición indirecta de espesores

Con anticipación a su ejecución, la medición indirecta con georradar debe ser aprobada por el interventor y no objetada por el IDU, tal como se menciona en el numeral 11.6.5.1. Producto de la determinación indirecta de espesores, se debe entregar el radargrama o perfil del georradar (GPR) y los perfiles estratigráficos obtenidos con las dos técnicas (apiques y GPR).

11.6.4.3 Evaluación estructural

Con anticipación a su ejecución, la medición de deflexiones debe ser aprobada por el interventor y no objetada por el IDU, tal como se menciona en el numeral 11.6.5.1.

Teniendo en cuenta que el número estructural (SN, en inglés) es un buen indicador de la suficiencia del conjunto de las capas para controlar la deformación permanente en la subrasante, pero también se requiere evaluar criterios como el agrietamiento por fatiga o la deformación permanente, se debe complementar la evaluación estructural con métodos de cálculo directo y/o inverso, que permitan establecer los módulos de las capas asfálticas y de las granulares por separado.

Los módulos característicos de cada sección de diseño deberán ser validados calculando en función de ellos el módulo ponderado (Ep) y el número estructural (SN), resultados que deberán coincidir en orden de magnitud con los obtenidos según AASHTO/1993. Dicha verificación deberá ser presentada junto con la comparación de la deflexión máxima característica con respecto a la teórica calculada en función de la carga de referencia (P= 40 kN, a= 0.15 m) y los módulos adoptados por el consultor.

Se debe calcular la vida residual del pavimento a partir del desempeño, esto es, con el uso de funciones de transferencia que relacionen las deformaciones críticas con las repeticiones admisibles y utilizar el criterio del daño relativo (relación entre las repeticiones de diseño y las admisibles, Dr= Ndis/Nadm) para establecer la clasificación por condición estructural. El Contratista definirá entre el índice estructural y el daño relativo el criterio de decisión para establecer la necesidad de rehabilitar el pavimento existente.

El cálculo de vida residual por método empírico–mecanicista deberá llevarse a efecto aplicando los lineamientos definidos en el Numeral 11.6.7.7.3.

En caso que el espesor total de la estructura sea limitado (es común que se haga a 0.7 u 0.8 m), se debe considerar el efecto del granular existente a partir de dicha profundidad como mejoramiento. En ese caso, debe utilizarse un factor de ajuste (C) del módulo resiliente de la subrasante (Mr) mayor que el utilizado para los suelos finos (C> 0.33).

11.6.5 Estudio Geotécnico para Pavimentos y Espacio Público Asociado

Su objetivo es la toma de muestras y la ejecución de ensayos que permitan determinar las principales características de los suelos de subrasante y de las capas que conforman la estructura del pavimento, cuando éstas existan; en caso contrario, bastará solamente con la subrasante.

11.6.5.1 Plan de investigación geotécnica complementaria

Para la investigación del subsuelo, deberá tenerse en cuenta la información desarrollada durante los estudios y diseños anteriores, si la hay, y siempre y cuando esta información corresponda a información primaria y haya sido tomada en el sitio del proyecto, de tal manera que se complemente la exploración geotécnica, más no se repita en los puntos en que ya se realizó.

Con base en el diagnostico preliminar y la información recopilada en estudios existentes, para la etapa de diseño se deberá proyectar un plan de exploración complementario.

La exploración adicional que plantee el Consultor únicamente será ejecutada en sitios donde no exista información primaria, donde esta sea insuficiente o se requiera corroborar información específica.

Con anticipación a la ejecución de los trabajos de campo, los planes complementarios de investigación del subsuelo en cada una de las etapas del proyecto deberán ser aprobados por la interventoría y ser presentados a la Dirección Técnica de Proyectos del IDU para su revisión y no objeción.

Los planes de investigación geotécnica deberán presentarse debidamente justificados desde el punto de vista técnico, soportado con el plano de localización de apiques existentes y adicionales, información que deberá ser referenciada en cuanto a coordenadas, cotas y abscisado se refiere. El plan de exploración del subsuelo deberá tener en cuenta la información de redes existentes de las empresas de servicios públicos, dado que todos los daños causados durante el proceso de exploración deberán ser asumidos por el consultor.

En caso que el consultor considere necesarios exploraciones o ensayos adicionales a los establecidos en el Numerales 11.6.5.2 y 11.6.5.3, deberá someterlos a aprobación de la interventoría y no objeción del IDU con anticipación a su ejecución. En caso de ejecutarse exploración o ensayos sin sustento técnico, o en caso que se repitan los existentes en estudios previos, el consultor asumirá su costo.

11.6.5.2 Frecuencia de exploración

En caso de no existir información primaria en la zona de implantación del proyecto, la frecuencia de ejecución de exploraciones para el desarrollo del ajuste de los diseños previos, será establecida de acuerdo con los siguientes criterios:

Tipo apique	Localización	Ensayos a ejecutar
▲	Calzada existente	Clasificación Humedad Capacidad de soporte (profundidad 1.5 m mín.) Factores de contracción de los suelos Potencial de cambio volumétrico

Nota: los ensayos de contracción y expansión, serán ejecutados cada 225 m, con independencia del tipo de proyecto (construcción, rehabilitación o mejoramiento).

El plan de exploración deberá considerar los esquemas de localización de apiques recomendados enseguida, en aras de ejecutar la exploración estrictamente necesaria y, con base en ella, particularizar análisis complementarios.

Construcción nueva: Calzada sencilla



Los apiques ejecutados deberán ser referenciados a la nomenclatura urbana, por coordenadas y por abscisas. La profundidad de las exploraciones deberá ser de 1.5 m o hasta que se encuentre la subrasante en forma alterna (tresbolillo).

Se entiende por apique una excavación cuyas dimensiones permitan la identificación y caracterización de las capas de pavimento existente y la toma de muestras para la caracterización de la subrasante, aclarando además que luego de cualquier intervención efectuada durante las actividades de campo, se deberán restituir las condiciones originales con el fin de garantizar la movilidad y seguridad en las zonas intervenidas, sin ninguna clase de costo adicional para el IDU. Será responsabilidad exclusiva del Contratista los daños causados a terceros en el evento de que se presenta un accidente a un vehículo o peatón por causa de la ejecución de las exploraciones anteriormente descritas. Es indispensable además presentar dentro de los informes respectivos, un cuidadoso registro fotográfico de estos trabajos, en donde se evidencie el sector de toma de exploración y cada una de las capas identificadas en el apique.

Además, para la exploración geotécnica de pavimentos, se debe tener en cuenta la base de datos que maneja la Dirección Técnica Estratégica del IDU, con la finalidad de poder utilizar la información por CIV que ya tiene registrada la Entidad de la ciudad.

11.6.5.3 Ensayos a ejecutar

Dependiendo del tipo de apique (ver numeral 11.6.5.2), se recuperarán muestras para la ejecución de los siguientes ensayos:

Norma INVIAS	Descripción	Aplicable a
E-122	Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado	Por capa/estrato
E-123	Determinación del tamaño de las partículas de los suelos	Por capa/estrato
E-126	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	Por capa/estrato
E-125	Determinación del límite líquido de los suelos	Por capa/estrato
E-181	Sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería	Por capa/estrato
E-180	Clasificación de suelos y de mezclas de suelos y agregados con fines de construcción de carreteras (Sistema AASHTO)	Por capa/estrato
E-148	CBR de los suelos sobre muestra inalterada	Subrasante
E-127	Determinación de los factores de contracción de los suelos	Subrasante
E-120	Determinación del potencial de cambio volumétrico de un suelo empleando el aparato de Lambe	Subrasante
E-148	CBR de los suelos compactados en laboratorio	Granular
E-156	Módulo resiliente de suelos y agregados (Subrasante)	Por sector (1)
E-156	Módulo resiliente de suelos y agregados (Bases)	Por fuente (2)
E-156	Módulo resiliente de suelos y agregados (Subbases)	Por fuente (2)

Nota: (1) el módulo resiliente en subrasante se ejecutará por sector o en un mínimo de tres puntos por proyecto de longitud mayor que 500 m en segmentos viales adyacentes, previa aprobación y no objeción; (2) para bases y subbases, se ejecutará el ensayo en un mínimo de dos fuentes.

Para la evaluación de pavimentos en servicio, la ejecución de ensayos de capacidad de soporte en capas granulares estará sujeta a los resultados de los ensayos de granulometría y plasticidad. En caso que, con base en la clasificación de los materiales, concluya la consultoría que las capas estructurales no pueden ser reutilizadas, recicladas o estabilizadas, dichas pruebas no serán ejecutadas ni su costo reconocido.

De llegar a encontrarse suelos de subrasante tipo arena o grava, en los cuales no sea posible hincar el molde para ensayo inalterado, se procederá con muestra compactada en laboratorio para los niveles de densidad del ensayo Proctor. El CBR de diseño será establecido para la humedad de equilibrio del suelo.

En caso de utilizar el deflectómetro liviano (LWD), el reporte de ensayo en cada punto de medición debe incluir registro fotográfico y especificar la profundidad a la cual corresponde el módulo medido. Para fines de diseño, el contratista debe analizar la correspondencia entre la carga de ensayo y el nivel de esfuerzos esperado en el conjunto de las capas estructurales; preferiblemente, el ensayo debería ser ejecutado para tres niveles de esfuerzo.

El contratista deberá presentar el plan de calidad específico para el proyecto, en donde se evidencie la forma en que se dará cumplimiento a los requisitos establecidos por su sistema de gestión de calidad, en especial, lo referente al numeral de equipos de inspección, medición y ensayo, al igual que los planes de calibración y ajuste correspondientes. En tal sentido, los equipos utilizados para la verificación de características geotécnicas en etapa de diseño, deberán estar calibrados en un laboratorio acreditado para tal fin, los certificados de calibración de dichos equipos, deben ser entregados para su aprobación al Interventor, antes de que el equipo sea utilizado.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que se requiere la ejecución de ensayos, éstos deberán realizarse en laboratorios acreditados por el organismo competente, como la ONAC, o laboratorios idóneos certificados con las normas ISO/IEC 17025:2005 o ISO 9001:2008, o versiones más recientes, que aseguren la adecuada medición e identificación de los atributos técnicos objeto de evaluación. Los certificados de acreditación o de idoneidad, deberán ser entregados al interventor antes de la realización de los ensayos, esto con la finalidad de que la Interventoría tenga aprobado el laboratorio de suelos y pavimentos previo al inicio del desarrollo del proyecto.

11.6.6 Sectores Homogéneos de Diseño

Con base en el análisis de variabilidad de los parámetros físicos y mecánicos de la subrasante, tránsito, sección transversal, etc., se deberá presentar la definición de secciones de comportamiento homogéneo e identificarse las condiciones especiales del subsuelo que deban ser analizadas de manera independiente en cada caso particular.

11.6.7 Lineamientos Generales para Diseño de Detalle

Con base en la información obtenida de la investigación geotécnica y de materiales para pavimentos y espacio público asociado, la documentación técnica que soporta el presente proyecto, la magnitud y composición del tráfico resultante de los estudios de tránsito aprobados por la SDM para este proyecto, los resultados de la evaluación y diagnóstico de los segmentos viales, en donde se debe determinar cuál es la capacidad estructural y de soporte actual de la estructura de pavimento existente, así como también de la subrasante y demás capas que la integran, se deberá dimensionar y diseñar en detalle la estructura de pavimento que se implementará en etapa de obra.

El Contratista deberá proponer técnicas de reutilización y estabilización de materiales de común aplicación en el medio local. En caso contrario, el Contratista estará en la obligación de presentar experiencias que demuestren al IDU los beneficios técnicos y la disponibilidad en el mercado de diversidad de proveedores, fuentes o plantas de producción.

Para el diseño de estas alternativas se deberán tener en cuenta todas las consideraciones ambientales que puedan afectar la durabilidad de las obras, tales como climatología, precipitación, ubicación del nivel freático, obras de drenaje y de sub-drenaje.

A continuación se presentan las consideraciones generales establecidas para la elaboración del diseño de pavimento, sin que con esto se exima al contratista de elaborar un estudio apropiado y confiable y acorde con las necesidades del proyecto.

11.6.7.1 Confiabilidad

La confiabilidad del diseño debe coincidir con la establecida en Anexo técnico de diagnóstico para conservación de infraestructura vial para Bogotá (DTE-IDU), en su versión más reciente. Esto es:

- Troncales: 95 %
- Malla vial arterial: 90 %
- Malla vial intermedia: 85 %
- Malla vial local: 80 %

11.6.7.2 Periodo de diseño

El consultor deberá considerar el periodo de tiempo transcurrido desde el inicio del contrato de consultoría, el necesario para la estructuración del contrato de obra y el de ejecución de las obras, a fin de establecer el año de inicio de la etapa de operación de la estructura de pavimento. El periodo de diseño a considerar en etapa de estudios y diseños, en función del tipo de superficie, debe ser:

- Pavimentos rígidos: 20 años
- Pavimentos flexibles: 10 años

11.6.7.3 Información climática

El contratista está en la obligación de consultar ante el IDEAM, como mínimo, datos históricos de temperatura y precipitación. En el primer caso, se determinará la temperatura media ponderada del aire y, en función de ella, la temperatura de trabajo de la mezcla. La precipitación media anual será utilizada para determinar los coeficientes de drenaje del método AASHTO.

11.6.7.4 Análisis de las cargas del tránsito

El tránsito promedio diario por tipo de vehículo y la proyección anual del mismo deben ser el resultado del estudio de tránsito específico del proyecto, cuyas aprobaciones por parte de la interventoría y de la Secretaría Distrital de Movilidad (si aplica) deben ser incluidas en el anexo de tránsito del capítulo de diseño de pavimentos. En el caso de los proyectos Transmilenio, se debe incluir la comunicación o parámetros operacionales a partir de los cuales se determinan y proyectan las frecuencias y tipo de buses del sistema.

Se deberá adjuntar el cálculo del Número de Ejes Simples Equivalentes (NESE), para el caso de pavimentos flexibles, o el número de repeticiones esperadas de carga, para el caso de pavimentos rígidos, cálculo que deberá obedecer a los resultados de la estimación del tránsito promedio diario (TPD) y su proyección durante el periodo de diseño, previo concepto de este último por parte de la Dirección Técnica de Proyectos del IDU.

Las sumatorias de los pesos por eje de los vehículos del Sistema Integrado de Transporte Público deberán ser similares a la capacidad total máxima consultada en fichas técnicas de cada tipología (alimentador, urbano, complementario y especial).

La configuración y pesos por eje de la flota vehicular para análisis, evaluación y diseño, serán los establecidos en el ANEXO 11.8.1.

11.6.7.5 Subrasante

En el caso de proyectos de construcción, el módulo de la subrasante característico adoptado para el diseño, deberá ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California (CBR), norma de ensayo INV E-148. Posteriormente, para cada sector homogéneo en función del tipo de subrasante, se validará la correlación empírica con la ejecución de un ensayo de módulo resiliente (norma de ensayo INV E-156-13) en un sitio donde se haya medido un valor de CBR igual o cercano al estadístico representativo del sector. La relación humedad-densidad para la elaboración del ensayo de módulo resiliente, será definida a partir de análisis de los resultados de CBR en condición inalterada después de inmersión.

El método utilizado para el cálculo de mejoramientos de la subrasante, por efecto de granulares remanentes más profundos o nuevas capas de relleno, deberá entregar como salida el módulo equivalente. En función del número de ejes simples equivalentes se determinará el módulo resiliente mínimo de la subrasante mejorada, dando cumplimiento al siguiente criterio:

Ejes simples equivalentes (NESE)	Módulo resiliente de la subrasante mejorada
$\leq 1x10^7$	30 MPa
$> 1x10^7$	50 MPa

De lo anterior se excluyen aquellos proyectos en los cuales el componente de geotecnia formule medidas de estabilización de la fundación, cuyo efecto conlleve también mejoramiento en la capacidad de soporte. En tales casos, o en aquellos donde las características orgánicas y/o de cambio volumétrico obliguen al remplazo de espesores mayores que el requerido para alcanzar el módulo de la subrasante mejorada, se tomará como valor de diseño aquel que resulte de las recomendaciones del componente geotécnico.

El consultor deberá identificar sectores con presencia de suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos a fin de establecer el tratamiento puntual para los mismos. Así mismo, donde aplique, deberá comprobar que el potencial de cambio volumétrico de los suelos puede presentarse incluso con la aplicación de las recomendaciones de drenaje, mejoramiento y/o relleno formuladas. Para tal fin, deberá respetarse lo estipulado en la sección 310 de las IDU ET-2011 o su versión/actualización vigente.

11.6.7.6 Rigidez de los materiales

Los materiales considerados en los diseños de pavimentos y espacio público asociado, deberán acogerse en su totalidad a las Especificaciones IDU-ET-2011 o su versión o actualización vigente. En caso contrario, será obligación del consultor elaborar las especificaciones particulares a que haya lugar con fundamente en ensayos de laboratorio, diseño de mezclas y comprobación de la fórmula de trabajo mediante ensayos de desempeño.

En concordancia con el artículo 510.3.6 de las IDU ET-2011, su versión o actualización vigentes, se deberá consultar información que permita determinar el módulo dinámico/resiliente de las mezclas asfálticas para las condiciones de frecuencia y temperatura del proyecto laboratorio del módulo resiliente/dinámico de las mezclas asfálticas con el método de ensayo de la norma INV E-754-13, como mínimo con tres temperaturas (5, 20 y 35 °C) y tres frecuencias de cargas (1, 5 y 10 Hz). Cualquier predicción debe realizarse con un método que involucre la viscosidad, parámetro mejor relacionado con el desempeño que la penetración.

Los módulos dinámicos de los materiales ligados con asfalto en caliente deberán ser seleccionados para la frecuencia acorde con la velocidad de operación promedio establecida por el estudio de tránsito y la temperatura de trabajo calculada en función de la media ponderada del ambiente en Bogotá. En caso que el consultor justifique utilizar parámetros diferentes a los mencionados, deberá proponer diseños específicos sectorizando en función de la velocidad y variaciones de los parámetros climáticos en periodos de tiempo inferiores al de diseño (anual, mensual u horario), según sea el caso.

Como lo indica la recopilación de ensayos de laboratorio incluida en el ANEXO 11.8.2, el 90 % de las mezclas asfálticas en caliente analizadas supera los 5,000 MPa a 20 °C. Por tal razón, consultor e interventor deberán concertar la metodología para la obtención del coeficiente de aporte de las mezclas asfálticas, cuyo módulo en Bogotá supera el máximo de 3,000 MPa de la Figura II-2.5 de la guía AASHTO 1993. Para tal fin, deben ser consultados los documentos *Guide for design of pavement structures, Volume 2, Appendix GG (AASHTO, 1993), Recalibration of the asphalt layer coefficient (NCAT Report 09-03, 2009) y Pavement analysis (Ullidtz, Per, 1987).*

Según la recopilación de ensayos de laboratorio incluida en el ANEXO 11.8.2, el módulo dinámico de las mezclas con grano de caucho reciclado tiende a ser inferior al de las mezclas con asfalto convencional. Será obligación del consultor analizar dicha información, y aquella recopilada en cumplimiento del numeral 11.6.13, para determinar la posición ideal de las mezclas con GCR en el conjunto de las capas asfálticas (base, intermedia o rodadura), e involucrar también en el análisis la posibilidad de que dichas mezclas no puedan ser objeto de un nuevo proceso de reciclaje en caliente.

En el caso de los materiales estabilizados con asfalto en caliente, cuya mezcla debe ser diseñada por método Marshall (IDU ET-2011, artículo 422.3.1), el módulo dinámico debe ser analizado con las mismas condiciones de ensayo de las mezclas asfálticas.

En caso de ser necesario, el contratista elaborará la curva maestra del módulo dinámico de los materiales ligados con cemento asfáltico en caliente con base en los resultados de laboratorio, en aras de establecer la rigidez del material para las condiciones de operación del proyecto.

En cuanto a las bases y subbases granulares, debe darse cumplimiento a la IDU ET-2011, artículo 400.2.4, con la medición del módulo resiliente según norma INV E-156-13, en condiciones de humedad óptima y densidad máxima. En ausencia de ensayo de laboratorio, no se aceptará correlación entre el CBR mínimo de especificación y el módulo resiliente, el módulo de la capa puede ser estimado mediante correlaciones en función de su espesor y del módulo de la subyacente, para tal fin se sugiere *Dormon & Metcalf (1965), Izatt, Lettier, y Taylor (1967) o M-E Pavement design manual (CDOT, 2019).*

En ausencia de módulos dinámicos de laboratorio para los materiales estabilizados con asfalto en frio (emulsión o asfalto espumado) o con cemento hidráulico, la rigidez a considerar en el diseño podrá ser obtenida mediante correlaciones con las resistencias a la tracción indirecta y/o a la compresión simple mínimas establecidas en los artículos correspondientes de las IDU ET vigentes.

El módulo de rotura del concreto hidráulico será seleccionado de acuerdo con el numeral 600.3.4 de las IDU ET-2011, su versión o actualización vigentes.

En el Numeral 11.1 se encuentran relacionados documentos técnicos IDU que pueden servir como fuente de consulta en la selección de los valores de rigidez de los materiales reciclados y/o estabilizados.

11.6.7.7 Pavimentos flexibles

11.6.7.7.1 Dimensionamiento preliminar

Se efectuará un dimensionamiento preliminar del pavimento aplicando el método empírico (*Guide for design of pavement structures AASHTO 1993, Parte II, Figura 3.2*), garantizando que el espesor de cada capa sea igual que el mínimo requerido sobre el módulo de la subyacente y que el número estructural total sea mayor que el requerido sobre la subrasante.

Los coeficientes de aporte estructural deberán ser obtenidos con la utilización de las figuras relacionadas a continuación, en función del módulo adoptado para cada material (no al contrario).

Material	Figura (AASHTO, 1993)	Artículo IDU ET-2011
Concreto asfáltico	2.5 pág. II-18	510
Base o granular estabilizado con asfalto en caliente	2.5 pág. II-18	422
Base granular	2.6 pág. II-19	400
Subbase granular	2.7 pág. II-21	400
Granulares remanentes	2.7 pág. II-21	No aplica
Base o granular estabilizado con cemento	2.8 pág. II-23	420, 454
Base o granular estabilizado en frio con emulsión asfáltica	Ver nota	440, 450
Base o granular estabilizado con asfalto espumado	Ver nota	451

Nota: para granulares estabilizados con asfalto en frío, consultor e interventor, con aval del IDU, definirán el uso de la Figura 2.5 o la 2.9 de la guía AASHTO/1993.

Para la definición del coeficiente de drenaje de los granulares no ligados, se utilizará la tabla 8.2 del Manual de diseño de pavimentos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS, 1998), o versión vigente, en función de la precipitación.

11.6.7.7.2 Funciones de transferencia o leyes de fatiga

En vista de la ausencia de calibración local de modelos de fatiga para la determinación de los factores de desplazamiento campo/laboratorio, para fines de diseño estructural únicamente se utilizará alguna de las leyes desarrolladas por organismos internacionales relacionadas a continuación, sin combinar métodos para evaluar los criterios de desempeño en un mismo diseño. Las constantes para los modelos $Nfat=a*\varepsilon t^{-b}*E^{-c}$ y $Ndef=a*\varepsilon z^{-b}$, son:

Fuente	Fatiga (Nfat)			Ahuellamiento (Ndef)	
	a	b	c	a	b
Shell Bitumen	(0.856*Vb+1.08)	5	1.8	$1.94x10^{-7}$ (R=85) $1.05x10^{-7}$ (R=95)	4
Instituto del Asfalto	$1.135x10^{-3}$	3.291	0.854	$1.365x10^{-9}$	4.477
TRRL	$1.66x10^{-10}$	4.32	-	$6.18x10^{-8}$	3.95
CRR Bélgica	$4.92x10^{-14}$	4.76	-	$3.05x10^{-9}$	4.35

Fuente	Fatiga (Nfat)			Ahuellamiento (Ndef)	
	a	b	c	a	b
Universidad de Nothingham	$8.888x10^{-13}$	4.902	-	$1.126x10^{-6}$	3.571

Entre los métodos antes descritos, únicamente se conoce factor de desplazamiento campo/laboratorio para los dos primeros: 10 para Shell (confiabilidad R= 50 %) y 18.4 para el del Instituto norteamericano del asfalto. En caso de utilizar el primero de ellos, deberá aplicarse la actualización que para la confiabilidad se encuentra en AUSTROADS (*Technical basis of Austroads pavement design guide*, Publication No. AP-T33/04, 2004).

En caso que las funciones de transferencia adoptadas involucren confiabilidad, se utilizará la establecida en el Numeral 11.6.7.2.

El porcentaje de asfalto en volumen (Vb) deberá fundamentarse en los resultados del entregable de que trata el Numeral 11.6.13.

11.6.7.7.3 Diseño empírico–mecanicista

Los espesores y módulos resultantes del dimensionamiento preliminar deberán ser evaluados y ajustados según criterios mecanicistas para calcular la respuesta, relacionarla mediante el uso de modelos empíricos (funciones de transferencia) con las repeticiones admisibles y establecer el daño relativo acumulado al final del periodo de diseño.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

a. Cálculo de esfuerzos y deformaciones críticas (máximos entre los obtenidas en medio de las ruedas, bajo una rueda o en el borde de ella) según teoría lineal elástica. Para tal fin se utilizará una presión de inflado de 690 kPa (100 psi), cada uno de los pesos por eje que componen los vehículos pesados y el eje de referencia (simple de rueda doble y 8.2 ton de peso).
b. Cálculo de las repeticiones admisibles (Nadm) por fatiga en las capas asfálticas, en las bases estabilizadas con asfalto en caliente y/o en las capas ligadas con cemento, en función de los esfuerzos o deformaciones críticos calculados para cada uno de los ejes del espectro y para el eje de referencia.
c. Cálculo de las repeticiones admisibles (Nadm) por deformación permanente en la subrasante, en función de los esfuerzos o deformaciones críticos calculados para cada uno de los ejes del espectro y para el eje de referencia.
d. Cálculo del daño relativo acumulado (Dr= Ndis/Nadm) o sumatoria de los daños individuales producidos por cada eje y por el eje de referencia. Es decir, relación entre las repeticiones por eje de diseño (Ndis) y el Nadm correspondiente a cada eje y criterio de diseño (agrietamiento o ahuellamiento).

Como parte de las memorias de cálculo establecidas en el Numeral 11.6.1, el consultor deberá incluir un resumen de resultados que contenga la información descrita en el ANEXO 11.8.3.

Para el análisis de los ejes tándem y trídem, se debe aplicar el método incluido en Pavement design and analysis (Huang, 2004, p. 97).

11.6.7.7.4 Espesores finales de diseño

Los espesores finales de diseño deben garantizar un índice estructural (Ie = SN efectivo/ SN requerido) mayor que 1 y menor que 1.05 ($1< Ie\leq 1.15$) y un daño relativo acumulado para el criterio de fatiga en las capas asfálticas, bases estabilizadas en caliente o con cemento mayor que 0.75 y menor que 1 ($0.75< Dr\leq 1$). Dicho daño relativo debe ser calculado con la sumatoria de los individuales obtenidos para cada uno de los ejes (eje por eje) y para el eje de referencia (ejes equivalentes).

En función del número de ejes simples equivalentes, acumulado al final del periodo de diseño de cada sector, se establecerá el criterio de análisis del daño relativo (eje por eje o por ejes equivalentes) con base en el cual determinar los espesores finales de diseño, dando cumplimiento a lo siguiente:

Ejes simples equivalentes (NESE)	Criterio de análisis del daño relativo para selección de los espesores de diseño
$\leq 1x10^7$	Ejes equivalentes
$> 1x10^7$	Eje por eje

11.6.7.7.5 Validación de los módulos resilientes

Adicionalmente, para cada sector y alternativa, deberá presentarse validación de los módulos de las capas granulares y de la subrasante (cálculo de la invariante de esfuerzos a ⅓ del espesor de la capa y del esfuerzo desviador in-situ a 0.15 m de profundidad, respectivamente), en función de los espesores finales de diseño, los resultados de los ensayos de laboratorio y la carga estándar (carga de 9,000 lb o 40 kN y presión de inflado de 100 psi). Los módulos resilientes, obtenidos según ANEXO 11.8.4, no deberán exceder en ± 5 % los valores utilizados para el dimensionamiento preliminar y el diseño empírico mecanicista.

11.6.7.8 Pavimentos Rígidos

11.6.7.8.1 Metodología de diseño

La metodología para diseño de pavimentos rígidos es la incluida en el *documento Thickness design for concrete highway and street pavements (PCA, 1984).*

De acuerdo con las metodologías de diseño, las capas intermedias en pavimentos rígidos únicamente buscan proveer un soporte homogéneo para las losas de concreto y pueden, en algunos casos, ser construidas en espesores mínimos. Por lo tanto, el consultor deberá presentar un análisis de sensibilidad del espesor de la losa de concreto en función del espesor de las capas intermedias y un comparativo económico resultante de incrementar estas últimas para reducir el espesor de las primeras.

Se deberá efectuar un análisis mecanicista de las respuestas críticas (esfuerzos, deformaciones, deflexiones) del pavimento y relacionarlas mediante el uso de modelos empíricos (se sugiere las leyes formuladas por PCA, 1984) con las repeticiones admisibles.

Los consumos por fatiga y erosión máximos serán del 100 %.

Factor de seguridad de carga (FSC): 1.2 para calzada Transmilenio; 1.0 para calzadas mixtas, teniendo en cuenta que estas últimas se encuentran diseñadas para las cargas máximas legales. No se aceptará aplicación de factor de seguridad por repeticiones de carga, criterio no considerado por la metodología.

En el caso de efectuarse el diseño con efecto berma, el contratista debe garantizar el mecanismo. Estos mecanismos deberán estar soportados de forma técnica mediante modelos de transferencia y disipación de esfuerzos en el borde de las losas.

Las dovelas, la trabazón de agregados y la presencia de bermas de concreto, todos tienen efecto sobre la transferencia de cargas. Por tal razón, el uso de pasadores en las juntas transversales de pavimentos de bajo tráfico, únicamente será recomendado en caso que influya sobre el espesor de la losa, aspecto a sustentar mediante análisis de sensibilidad.

11.6.7.8.2 Módulo de reacción de diseño

Con el módulo de reacción de la subrasante, definido según procedimiento descrito en el numeral 11.6.7.8.2, se calculará el módulo de reacción combinado o de diseño. En caso que la base sea granular o estabilizada con cemento, se utilizarán las tablas 1 y 2 del documento *Thickness design for concrete highway and street pavements (PCA, 1984)*; en caso de considerar granulares estabilizados con asfalto en

frío o en caliente, se utilizará la Figura 3.3, Parte II de la Guía AASHTO 1993; en caso de utilizar dos o más materiales, se utilizará también el método AASHTO 1993 con un módulo ponderado de las capas intermedias o la aplicación disponible en http://apps.acpa.org/applibrary/KValue/.

11.6.7.8.3 Capas anti-erosión

La recomendación de mezclas asfálticas bajo las losas de concreto hidráulico, no deberá ser considerada con efecto estructural, sino únicamente como capa anti-erosión. En consecuencia, no serán aceptadas mezclas asfálticas con gránulo de caucho como capa anti-erosión.

Para categorías de tránsito T0-T1 no se propondrán capas anti-erosión, en concordancia con las tablas 400.1, 420.1 y 440.1 de las IDU ET-2011.

En caso de proponer granulares estabilizados en caliente con cemento asfáltico, como capa intermedia en los pavimentos rígidos para categorías de tránsito T2-T3 y T4-T5, no será necesario incluir mezcla densa en caliente como capa anti-erosión.

En cualquier caso, no se aceptará el uso de capas anti-erosión en pavimentos rígidos cuya falla no esté controlada por erosión en las juntas transversales.

11.6.7.8.4 Diseño de juntas y refuerzo

La modulación de las losas con relaciones de esbeltez mayor a 1.3 o aquellas con interferencia de pozos, alcantarillados o cajas de servicios públicos deberán aparecer en un capítulo independiente dentro de las memorias de cálculo donde se especifiquen las consideraciones de diseño y los detalles constructivos (planos y esquemas).

Losas de concreto en zonas de intersecciones viales a nivel o bajo consideraciones especiales (zonas de estaciones y parqueos), deberán diseñarse teniendo en cuenta la variable tránsito (diferente al resto del corredor vial) y detalles particulares de juntas (construcción, contracción y de expansión, entre otras).

Las juntas deberán diseñarse tomando en consideración la modulación de las losas, las características del concreto a emplear y las condiciones ambientales específicas del área del proyecto.

Se realizará el diseño de las barras de amarre y de transferencia para los pavimentos rígidos de manera que garanticen un adecuado desempeño estructural.

El diseño de la modulación de las losas debe estar en total acuerdo con los análisis de esfuerzos y deformaciones causados por gradientes térmicos en cuanto a fenómenos de alabeo. Se deberá presentar un capítulo especial con el análisis de alabeo de las losas en función de la separación de las juntas y la modulación de las losas.

11.6.8 Diseño de Rehabilitación

En el caso de proyectos de mantenimiento, la medición de deflexiones únicamente será aceptada en caso que el diseño de la rehabilitación se lleve a efecto para las condiciones de humedad natural de la subrasante; en caso que el consultor considere conveniente adoptar el escenario crítico de humedad (inmersión en ensayo CBR), los ensayos no destructivos perderían utilidad y su costo no será reconocido por la Entidad. En tal caso, en remplazo de los ensayos no destructivos, se ejecutará un estudio geotécnico enfocado a conocer los espesores y características de los materiales existentes para establecer la posibilidad de su reutilización.

Con independencia del tipo de contrato (consultoría u obra) y en caso de ser aplicable el diagnóstico del pavimento (ver numeral 11.6.4), la interventoría debe asegurarse de que el contratista efectúe el cálculo de la vida residual del pavimento y, en función de ella, determine la necesidad de refuerzo buscando aprovechar al máximo la estructura existente. Un contrato de construcción no obliga al remplazo total del pavimento, a menos que existan argumentos técnicos irrebatibles.

En caso de aplicar el método de los componentes para el cálculo del SN efectivo, los coeficientes de aporte de las capas asfálticas y granulares únicamente serán calculados en función de los módulos obtenidos por cálculo directo o inverso.

El diseño de rehabilitación de pavimentos flexibles deberá dar estricto cumplimiento al procedimiento descrito en el Numeral 11.6.7.7 del presente capítulo.

Tanto para pavimentos flexibles como rígidos, debe evaluarse la posibilidad de aplicar sobrecapas como estrategia de refuerzo. En caso que dicha técnica sea inviable por las consecuencias de elevar la rasante, nivelar pozos y sumideros en vías urbanas, aquella no será considerada como alternativa de diseño válida.

En el caso de la rehabilitación de pavimentos rígidos, se debe presentar la clasificación en función del PCI por unidad de muestreo (20± 8 losas), de modo que se establezca la posibilidad de remplazo puntual de losas o en algunas unidades particulares.

11.6.9 Mantenimiento

El consultor estará en obligación de cuantificar las actividades y cantidades de conservación, desde el año de recibo de la obra hasta el final de la etapa de mantenimiento, periodos a definir por el IDU para cada contrato.

11.6.10 Evaluación de Alternativas

Para fines del presente capítulo, se entienden por alternativas aquellas que involucran materiales diferentes en términos de rigidez y/o diseño de mezcla. La alternativa finalmente seleccionada será aquella en la cual se demuestre técnica y económicamente como la más conveniente para las condiciones particulares de cada sector de diseño.

Dependiendo del tipo de contrato, el número mínimo de alternativas a considerar por el consultor será el definido a continuación:

Objeto del contrato	Alternativas a analizar en cada etapa	
	Factibilidad	Diseño
Factibilidad y diseño	Dos en rígido y dos en flexible	La seleccionada en factibilidad
Actualización/ajuste	No aplica	Dos en rígido y dos en flexible
Diseño y construcción	No aplica	Dos en rígido y dos en flexible

Los lineamientos de diseño de cada una de las alternativas de estructuras de pavimento, deben ceñirse a lo establecido en el numeral 11.6.7.

El periodo de diseño correspondiente a cada etapa se encuentra en el numeral 11.6.7.2.

11.6.11 Espacio Público

Las estructuras para espacio público, por encontrarse definidas en la Cartilla de Andenes de Bogotá (SDP, 2018), no serán objeto de análisis de alternativas. Al respecto, deberá darse estricto cumplimiento a los criterios y conclusiones de dicha Cartilla, entre otros, el tipo de mejoramiento a implementar (en función de la compresibilidad de la subrasante) y el espesor y tipo de mezcla asfáltica a utilizar en ciclorrutas (según tabla 510.5 de las IDU ET-2011).

La frecuencia de exploración para estructuras de andenes, ciclorrutas, accesos a predios comerciales o habitacionales, está excluida de lo establecido en el numeral 11.6.5.1 del presente capítulo. La campaña de exploración para definición de la resistencia mecánica de la subrasante deberá enfocarse bajo el criterio de unidad o eje vial de diseño, no al de segmento vial (CIV) y mucho menos ejecutarse por costado de un mismo eje. En caso que el proyecto involucre, además de diseño de espacio público, el de las calzadas vehiculares, únicamente se ejecutará exploración y ensayos en estas últimas.

En el caso de los pompeyanos y las rampas de acceso a predios comerciales, deberá analizarse el número diario de vehículos pesados. En caso de ser superado el número de camiones considerado por la Cartilla de Andenes, deberá realizarse el diseño con base los criterios del numeral 11.6.7.8.

A criterio del consultor, con soporte técnico en el inventario y diagnóstico preliminares, previa aprobación de la interventoría y no objeción del IDU, podría plantearse una campaña de exploración mediante sondeos o barrenos (menor diámetro, sin ensayos) para conocer los materiales existentes en andenes con posibilidad de aprovechamiento. En caso de ejecutarse exploración o ensayos sin sustento técnico, o en caso que se repitan los existentes en estudios previos, el consultor asumirá su costo.

Para las actividades de espacio público asociado, en donde se lleven acciones de mantenimiento, no es necesario realizar exploración geotécnica. Cuando no exista estructura o se encuentre en muy mal estado, bastará con caracterizar mecánicamente la subrasante. El inventario y diagnóstico del espacio público, deberá ser ejecutado aplicando el documento Guía IDU "Toma de información técnica de inventario, diagnóstico y ensayos para la gestión de la infraestructura vial y espacio público de Bogotá D.C.", versión vigente.

Aquellas calzadas vehiculares cuya intervención consista en la pacificación y texturizado superficial, no se ejecutará diagnóstico de pavimentos. Considerando que dicha intervención se encuentra definida por el componente de urbanismo y es ajena al de pavimentos, el remplazo de al menos la superficie de rodadura conlleva una rehabilitación con independencia del estado superficial actual, motivo por el cual, es innecesaria la ejecución del inventario de deterioros del pavimento. La medición de deflexiones únicamente será aceptada en caso que el diseño de la rehabilitación del pavimento se lleve a efecto para las condiciones de humedad natural de la subrasante; en caso que el consultor considere conveniente adoptar el escenario crítico de humedad (inmersión en ensayo CBR), los ensayos no destructivos perderían utilidad y su costo no será reconocido por la Entidad. En remplazo de los ensayos no destructivos, se ejecutará un estudio geotécnico enfocado a conocer los espesores y características de los materiales existentes para establecer la posibilidad de su reutilización.

11.6.12 Cantidades de Obra

Con el propósito de determinar el costo asociado a la implementación de las obras propuestas en cada una de las alternativas analizadas, el consultor deberá presentar los respectivos cuadros de estimación de cantidades de obra, los cuales deben estar soportados en las memorias de cálculo correspondientes.

Se deben calcular las cantidades de obra para cada una de las vías que componen el alcance del proyecto. Las memorias de soporte de cantidades del componente deben incluir longitud, ancho, áreas y abscisas de cada sector de diseño, a fin de posibilitar cualquier verificación de parte del IDU.

11.6.13 Estudio de Fuentes de Materiales, Canteras y Plantas de Producción de Mezclas

El contratista deberá garantizar que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales empleados en el diseño de pavimentos, cumplan con lo establecido en las Especificaciones Técnicas IDU-ET-2011, su versión o actualización vigente, para la modelación de la estructura de pavimento y puedan ser suministrados por los proveedores adscritos en la base de datos vigente en la página web del IDU, para lo cual, deberá realizarse el correspondiente análisis de fuentes de suministro de materiales y mezclas asfálticas y/o hidráulicas, con las cuales se pretende cumplir con el diseño recomendado.

Para fines de diseño, el análisis de fuentes de materiales, canteras y plantas de producción de mezclas debe concluir sobre la resistencia mecánica o la rigidez a utilizar en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

11.6.14 Conclusiones y Recomendaciones

El contratista debe de forma coordinada con el área hidráulica determinar los parámetros geotécnicos para diseño del drenaje subsuperficial (subdrenes), que permita mantener un adecuado comportamiento estructural de las capas del pavimento y su subrasante durante la vida útil del proyecto.

Así mismo, el contratista deberá efectuar las recomendaciones en cuanto a aspectos relevantes a considerar en la etapa de construcción.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica realizada para el diseño de pavimentos, el contratista deberá identificar, diagnosticar y formular soluciones para condiciones especiales del subsuelo como suelos colapsables, con potencial de cambio volumétrico, o efectos de la vegetación que puedan afectar las estructuras de pavimento o espacio público asociado.

El consultor debe presentar en forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, antes, durante la construcción, y durante la etapa de operación.

Deberán incluirse planos o esquemas de las secciones típicas, de las diferentes secciones transversales del pavimento, indicándose las características más importantes, así como situaciones particulares. Los dibujos pueden hacerse a escala o indicando claramente las dimensiones, de todos los elementos de cada sección transversal.

El plano de localización de los sectores de diseño definidos en el alcance, deberá contener los espesores de la estructura de pavimento resultante del comparativo técnico-económico de alternativas.

11.7 RUTAS DE DESVÍO DEL TRÁNSITO

Como se indica en el diagrama de flujo contenido en el presente numeral, únicamente serán consideradas como rutas de desvío los corredores que hagan parte de la malla vial local. Los especialistas en tránsito de los contratos de consultoría e interventoría deberán discriminar el tipo de malla al cual pertenecen las vías que conforman el plan de manejo del tránsito aprobado por la Secretaría Distrital de Movilidad.

La consultoría, con acompañamiento y supervisión de la interventoría, gestionarán ante la Dirección Técnica Estratégica (DTE) y el Repositorio Institucional del IDU la información de estudios, inventarios y/o diagnósticos existentes en las rutas de desvío que hagan parte de la malla vial local, así como la priorización de intervención por parte de otras entidades distritales.

En caso de existir información, se efectuará una inspección visual preliminar para constatar que la condición superficial actual coincide con el inventario de deterioros y el índice de condición determinados en los estudios y/o diseños previos. Si las vías se encuentran en peor condición, se actualizarán los ensayos a que haya lugar; si la condición es igual, se procederá a aplicar el Anexo Técnico de Diagnóstico; si la condición es mejor (hubo alguna intervención posterior), se calculará la vida residual para el escenario de tráfico propio de la ruta de desvío.

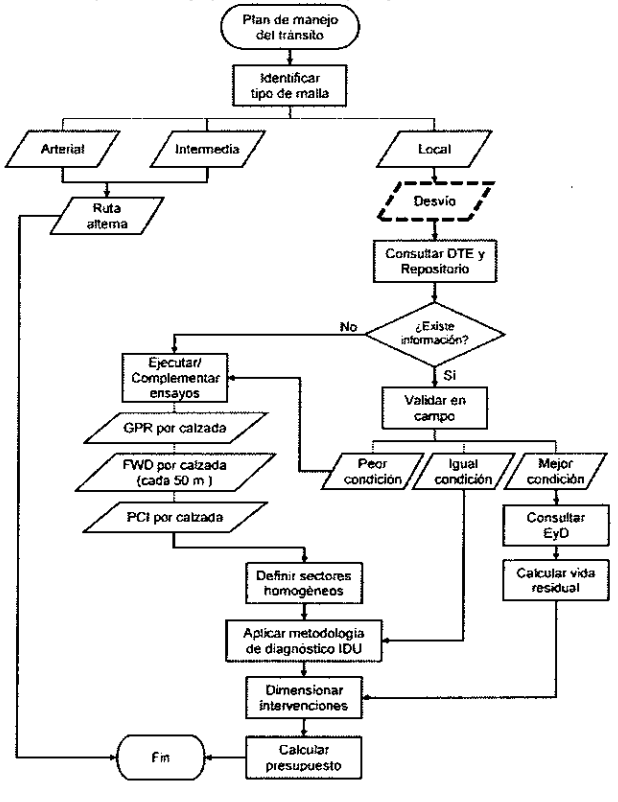
En caso de no existir información, o en caso de requerirse actualización de algunos de ellos, la consultoría presentará un plan de inventario y diagnóstico de rutas de desvío para aprobación de la interventoría y no objeción de la DTP. Dado que la evaluación de desvíos no hace parte de los programas de conservación de la malla vial, sino que se trata de adecuaciones temporales para la ejecución de obras, los ensayos no destructivos necesarios para la evaluación y diagnóstico serán ejecutados como sigue:

- Determinación de espesores con georradar (GPR): medición por calzada, solo en uno de los carriles.
- Mínimo número de sondeos en función de la longitud de la ruta.
- Deflectometría de impacto: un punto cada 50 m por calzada y ruta de desvío.
- Índice de condición (PCI): unidades de 230±93 m2 o 20±8 losas, según corresponda (norma ASTM D 6433).

Al no aplicar el concepto de CIV, se determinarán sectores homogéneos en función de los parámetros estructurales, la condición superficial y el volumen de tránsito proyectado para cada ruta de desvío. El diagnóstico y eventual diseño de rehabilitación serán elaborados para el número de ejes simples equivalentes acumulado durante la fase de obra más dos años, con inicio en el año de evaluación y el de puesta en operación, respectivamente. Por lo demás, serán aplicados la metodología establecida en el Anexo Técnico de Diagnóstico (DTE-IDU, 2017) y el capítulo 8 de los pliegos.

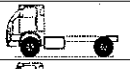
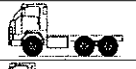
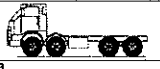
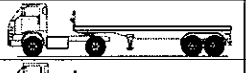
En lo referente al volumen de tránsito para diagnóstico y diseño, únicamente se considerará el volumen desviado, el cual se espera sea proporcionalmente mayor que el propio de las vías locales a utilizar como desvíos.

Diagrama de flujo para evaluación y diagnóstico de desvíos



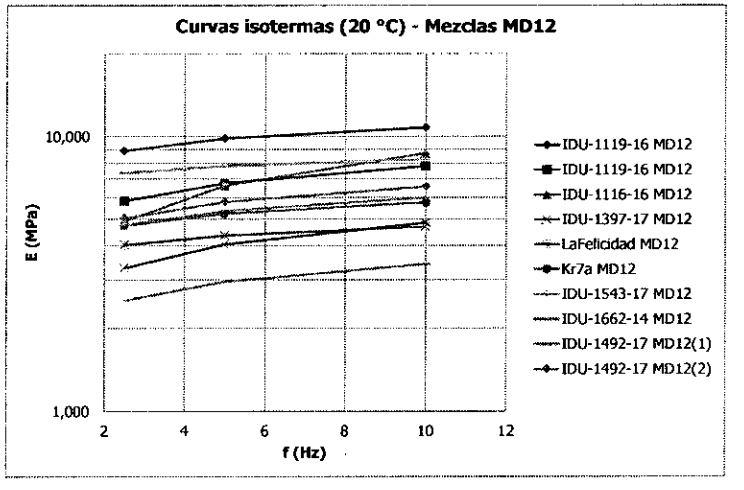
11.8 ANEXOS

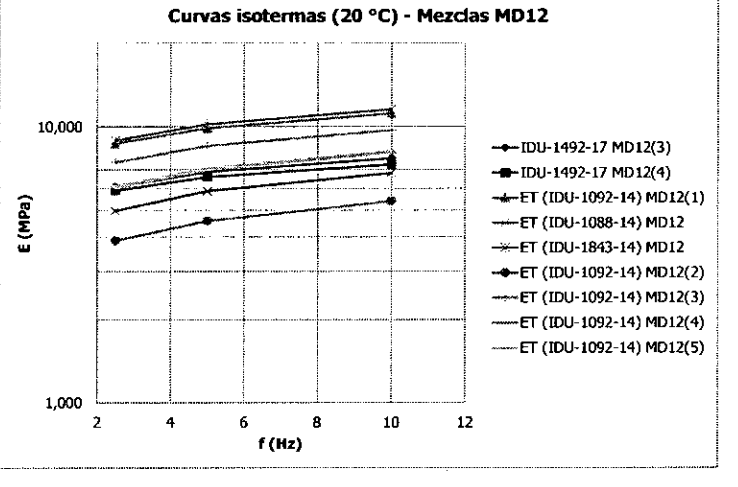
11.8.1 Configuración de la Flota Vehicular

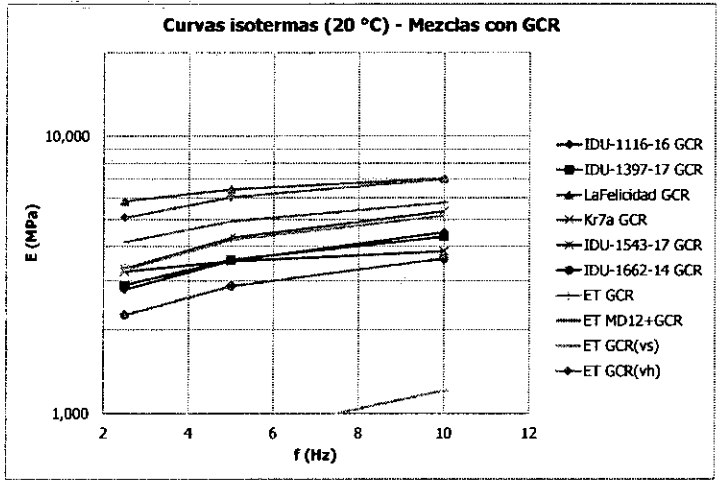
Configuración		Peso Máximo por eje (ton)			Peso Máximo Bruto (ton)
		1	2	3	
B		5	11		-
AL		7.5	12.5		-
2P		5	8.2		-
2G		5	11		16
C3		6	22		28
4		14	22		36
2-S1		5	11	11	27
2-S2		5	10	17	32
2-S3		6	11	23.5	40.5
3-S1		5	14	10	29
3-S2		5	21.5	21.5	48
3-S3		6	22	24	52

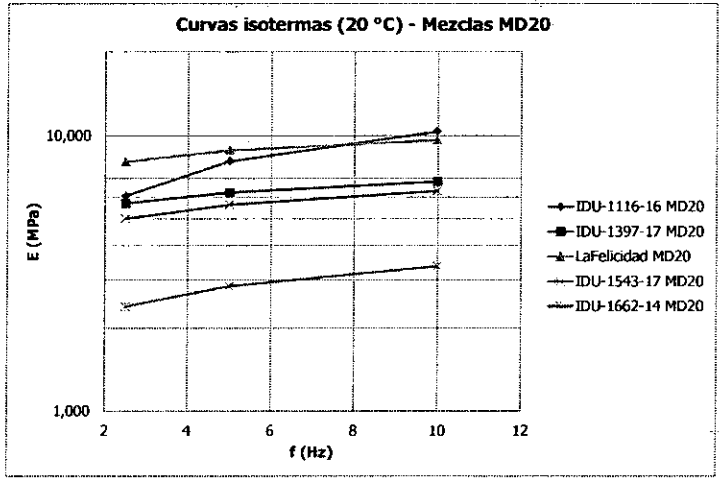
Tipo	Peso, Pi (t)	Carga de referencia, Pr (t)		Factor de equivalencia, FEC		Vehiculo											
		Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	B	AL	2P	2G	3	4	2-S1	2-S2	2-S3	3-S1	3-S2	3-S3
1.1	5	6.6	6.6	0.33	0.29	1		1	1			1	1		1	1	
1.1	6	6.6	6.6	0.58	0.65					1				1			1
1.1	7.5	6.6	6.6	1.67	1.78		1										
1.2	8.2	8.2	8.2	1	1			1									
1.2	10	8.2	8.2	2.21	2.44								1		1		
1.2	11	8.2	8.2	3.24	3.75	1			1			2		1			
1.2	12.5	8.2	8.2	5.4	6.67		1										
2	14	15	13.6	0.76	1.14						1				1		
2	17	15	13.6	1.65	2.73								1				
2	21.5	15	13.6	4.22	7.65											2	
2	22	15	13.6	4.63	8.71					1	1						1
3	23.5	23	18.2	1.09	3.16									1			
3	24	23	18.2	1.19	3.47												1
				∑FEC	Flexible	3.67	7.07	1.33	3.67	5.31	8.39	6.81	4.19	5.01	3.3	8.77	6.5
					Rígido	4.04	8.46	1.29	4.04	9.56	9.85	7.79	6.46	7.56	3.87	15.89	12.83

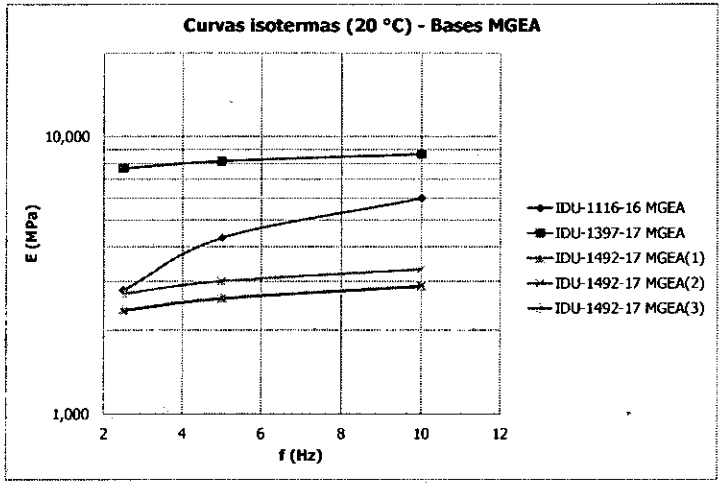
11.8.2 Curvas isotermas del Módulo Dinámico











11.8.3 Ejemplo Cálculo Espesores Pavimento Flexible

DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR - AASHTO/93

D_{res} (in)	DI (in)	DI (cm)	ai	ani	SN_{ef}	SN_{req}	
6.50	6.69	17	0.49	1	3.28		3.28
3.00	7.87	20	0.12	1	0.94	2.98	4.22
6.50	7.87	20	0.11	1	0.87	3.62	5.09
				Σ	5.09	4.89	Ie= 1.04

DISEÑO EMPÍRICO-MECANICISTA

Capa	h (cm)	E (Mpa)	μi
1	210	4,000	0.35
2	200	175	0.4
3	200	105	0.4
4	0	45	0.45

Configuración del Eje							-	Respuesta				N Admisible				D. Relativo	
Eje	Ruedas	Lx (Tons)	P (kN)	a (m)	3a	1.5a	n_i	εt_a	εz_a	εt_b	εz_b	Fat_a	Def_a	Fat_b	Def_b	D_f	D_d
1.1	2	5	24.52	0.1064	-	-	1.176	100	171			16.8	99.1			0.07	0.01
1.1	2	6	29.42	0.1155	-	-	0.245	115	205			10.3	44.6			0.02	0.01
1.1	2	7.5	36.77	0.1303	-	-	0.377	199	458			1.7	1.2			0.22	0.31
1.2	4	8.2	20.10	0.0963	0.2890	0.1445	0.185	132	266			6.6	13.9			0.03	0.01
1.2	4	10	24.52	0.1064	0.3192	0.1596	0.131	152	319			4.2	6.2			0.03	0.02
1.2	4	11	26.97	0.1116	0.3347	0.1674	1.030	162	347			3.4	4.2			0.30	0.25
1.2	4	12.5	30.65	0.1189	0.3568	0.1784	0.377	176	390			2.6	2.5			0.15	0.15
2	8	14	17.16	0.0890	0.2670	0.1335	-	108	243	51	190	12.9	20.7	106.8	18190	0.00	0.00
2	8	17	20.84	0.0981	0.2943	0.1471	0.131	124	291	61	229	8.3	9.3	77.2	9076	0.02	0.01
2	8	21.5	26.36	0.1103	0.3309	0.1655	0.031	144	360	75	285	5.0	3.6	54.5	4071	0.01	0.01
2	8	22	26.97	0.1116	0.3347	0.1674	0.245	146	368	76	292	4.7	3.2	52.8	3774	0.06	0.08
3	12	23.5	19.20	0.0942	0.2825	0.1412	-	117	270	57	211	9.9	13.0	88.1	12119	0.00	0.00
3	12	24	19.61	0.0952	0.2855	0.1427	0.050	119	275	58	216	9.5	11.9	85.1	11243	0.01	0.00
															Σ [Dr]	0.93	0.86
1.2	4	8.2	20.02	0.0961	0.2884	0.1442	8.568	132	266			6.6	13.9			1.29	0.62

11.8.4 Ejemplo Cálculo Módulo Resiliente In-Situ

a. Resultados de laboratorio

Capa	k1	k2
Base	8,000	0.6
Subbase	7,000	0.5
Subrasante	10,500	-0.7

b. Estructura de pavimento supuesta

Capa	hi (in)	Ei (psi)	μi	Yi (pcf)
1	8	580,000	0.35	140
2	8	36,000	0.4	135
3	8	22,000	0.4	135
4	-	6,500	0.45	120

c. Coeficiente de presión de tierras

Suelos cohesivos: $k_o=\frac{\mu}{1-\mu}$

Suelos no cohesivos: $k_o=1-\text{sen}\phi$

Base y subbase:

$$k_o=1-\text{sen}40=0.36$$

Subrasante:

$$k_o=\frac{0.45}{0.55}=0.82$$

d. Esfuerzo horizontal

Peso unitario de las capas

Para los granulares se calcula el módulo a 1/2h; para la subrasante a 0.5 ft (6 in, 0.15 m).

Base:

$$Y_p=\frac{140*0.67+135*0.67/2}{0.67+0.67/2}=138.33\ \text{pcf}$$

Subbase:

$$Y_p=\frac{140*0.67+135*0.67+135*0.67/2}{0.67+0.67+0.67/2}=137\ \text{pcf}$$

Subrasante:

$$Y_p=\frac{140*0.67+135*0.67+135*0.67+120*0.5}{0.67+0.67+0.67+0.5}=133.33\ \text{pcf}$$

e. Esfuerzo horizontal debido al pavimento

Base:

$$\sigma_{3pav}=k_o\cdot Y_p(h_1+h_2/2)=0.36*138.33*(0.67+0.67/2)=49.41\ \text{psf}=0.34\ \text{psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{3pav}=0.36*137*(0.67+0.67+0.67/2)=48.94\ \text{psf}=0.57\ \text{psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{3pav}=0.82*133.33*(0.67+0.67+0.67+0.5)=72.73\ \text{psf}=1.89\ \text{psi}$$

f. Esfuerzo horizontal por carga

Memorias del cálculo de esfuerzos en el programa PITRAPAVE:

Capas de la estructura de pavimento

Introduzca las propiedades de las capas:

Número: 4

#	Módulo E (psi)	Poisson ν (1)	Espesor h (in)	Descripción
1	580000	0.35	8	
2	36000	0.4	8	
3	22000	0.4	8	
4	6500	0.45		

Cargas sobre el pavimento

Introduzca las propiedades de las cargas circulares:

Número: 1

#	Carga P (lb)	Presión q (psi)	X (in)	Y (in)
1	9000	80	0	0

Puntos de medición en el pavimento

Introduzca las propiedades de los puntos:

Número: 3

#	X (in)	Y (in)	Z (in)	Capa #
1	0	0	12	2
2	0	0	20	3
3	0	0	30	4

Resultados del modelo en los puntos especificados:

Esfuerzos | Deformaciones | Deflexiones

#	Sxx (psi)	Syy (psi)	Szz (psi)	Sxy (psi)	Sxz (psi)	Syz (psi)
1	-2,2159e+00	-2,2159e+00	6,1605e+00	0,0000e+00	0,0000e+00	0,0000e+00
2	-2,1890e+00	-2,1890e+00	2,4630e+00	0,0000e+00	0,0000e+00	0,0000e+00
3	5,0571e-02	5,0571e-02	1,3980e+00	0,0000e+00	0,0000e+00	0,0000e+00

Base:

$$\sigma_{3load}=2.22\ \text{psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{3load}=2.19\ \text{psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{3load}=0.05\ \text{psi}$$

g. Esfuerzo horizontal total

$$\sigma_{3total}=\sigma_{3pav}+\sigma_{3load}$$

Base:

$$\sigma_{3total}=0.34+2.22=2.56\ \text{psi}$$

Subbase:

σ_{3total}= 0.57+2.19 = 2.76 psi

Subrasante:

σ_{3total}= 1.89-0.05 = 1.94 psi

h. Esfuerzo desviador por carga

Según el diagrama de esfuerzos del ensayo de módulo resiliente (figura 2):

$$\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$$

$$\sigma_{dload} = \sigma_{1load} - \sigma_{3load}$$

Memorias del cálculo de esfuerzos en el programa PITRAPAVE:

Resultados del modelo en los puntos especificados:

Esfuerzos | Deformaciones | Deflexiones

#	Sxx (psi)	Syy (psi)	Szz (psi)	Sxy (psi)	Sxz (psi)	Syz (psi)
1	-2.2159e+00	-2.2159e+00	6.1605e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	-2.1890e+00	-2.1890e+00	2.4630e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
3	5.0571e-02	5.0571e-02	1.3980e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

$$\sigma_{dload} = \sigma_{1load} - \sigma_{3load}$$

Base:

σ_{dload}= 6.16-2.22 = 3.94 psi

Subbase:

σ_{dload}= 2.46-2.19 = 0.27 psi

Subrasante:

σ_{dload}= 1.4+0.05 = 1.45 psi

i. Esfuerzo vertical debido al pavimento

Base:

σ_{1pav}= 0.34/0.36= 0.94 psi

Subbase:

σ_{1pav}= 0.57/0.36= 1.58 psi

Subrasante:

σ_{1pav}= 1.89/0.82= 2.3 psi

j. Esfuerzo desviador debido al pavimento

$$\sigma_{dpav} = \sigma_{1pav} - \sigma_{3pav}$$

Base:

σ_{dpav}= 0.94-0.34 = 0.6 psi

Subbase:

σ_{dpav}= 1.58-0.57= 1.01 psi

Subrasante:

σ_{dpav}= 2.3-1.89= 0.41 psi

k. Esfuerzo desviador total

$$\sigma_{dtotal} = \sigma_{dpav} + \sigma_{dload}$$

Base:

σ_{dtotal}= 3.94+0.6= 4.54 psi

Subbase:

σ_{dtotal}= 0.27+1.01= 1.28 psi

Subrasante:

σ_{dtotal}= 1.45+0.41= 1.86 psi

l. Esfuerzo Bulk en la estructura

$$\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_1 + 2\sigma_3$$

$$\theta = (\sigma_{1pav} + \sigma_{1load}) + 2(\sigma_{3pav} + \sigma_{3load})$$

Base:

θ= (0.94+6.16)+2*2.56= 12.22 psi

Subbase:

θ= (1.58+2.46)+2*2.76= 9.56 psi

m. Módulo resiliente

Base y subbase:

$$Mr = k_1 * \theta^{k_2}$$

Mr= 8,000*12.22$^{0.6}$= 35,920 psi

Mr= 7,000*9.56$^{0.5}$= 21,643 psi

Subrasante:

$$Mr = k_1 * \sigma_d^{k_2}$$

Mr= 10,500*1.86$^{-0.7}$= 6,800 psi