**REPUBLICA DE COLOMBIA**

**ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.**

ALCALDIA MAYOR
BOGOTA D.C.
Instituto
DESARROLLO URBANO

**CONCURSO DE MÉRITOS**

# "ACTUALIZACIÓN Y/O AJUSTES Y/O COMPLEMENTACIÓN Y/O ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA LOS SANTOS DE LA VEREDA EL VERJÓN, LOCALIDAD DE CHAPINERO, EN BOGOTÁ D.C. EN CUMPLIMIENTO DE LA ACCIÓN POPULAR AP 2015-000761"

# CAPÍTULO 11

# COMPONENTE DE PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO

**BOGOTÁ D.C.**
**OCTUBRE DE 2023**

**CONTENIDO**

**Pág.**

11 PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO ..... 4
11.1 NORMATIVIDAD Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES ..... 5
11.2 CONDICIONES TÉCNICO AMBIENTALES ESPECIALES ..... 6
11.2.1 Grano de Caucho Reciclado ..... 6
11.2.2 Residuos de Construcción y Demolición ..... 7
11.2.3 Nuevas Tecnologías ..... 9
11.3 ETAPA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS ..... 9
11.3.1 Entregables Etapa de Diseño ..... 9
11.3.2 Introducción, antecedentes y justificación, objetivos del componente, localización, descripción general del proyecto, relación de información obtenida. ..... 11
11.3.3 Análisis Interdisciplinarios Previos ..... 11
11.3.4 Recopilación de Información, Inventario y Diagnóstico Preliminares ..... 12
11.3.4.1 Investigación, Recopilación y Análisis de Información Existente ..... 12
11.3.4.2 Inventario y Diagnóstico Preliminar de la Infraestructura Existente ..... 13
11.3.5 Estudio Geotécnico para Pavimentos y Espacio Público Asociado ..... 13
11.3.5.1 Plan de investigación geotécnica complementaria ..... 13
11.3.5.2 Frecuencia de exploración ..... 15
11.3.5.3 Ensayos a ejecutar ..... 15
11.3.5.4 Resultados de la exploración geotécnica existente y complementaria ..... 16
11.3.6 Metodología de diseño de detalle ..... 16
11.3.7 Lineamientos Generales para Diseño de Detalle ..... 16
11.3.7.1 Confiabilidad ..... 17
11.3.7.2 Periodo de diseño ..... 17
11.3.7.3 Análisis de las Cargas del Tránsito ..... 17
11.3.7.3.1 Tránsito promedio diario ..... 17
11.3.7.3.2 Configuración vehicular ..... 17
11.3.7.3.3 Información de referencia para la determinación de cargas por eje ..... 19
11.3.7.3.4 Factores de equivalencia de carga por eje y vehículo ..... 19
11.3.7.4 Información climática ..... 20
11.3.7.5 Subrasante ..... 20
11.3.7.5.1 Refuerzo de subrasantes con geosintéticos ..... 21
11.3.7.5.2 Identificación de sectores con suelos expansivos, orgánicos y/o rellenos antrópicos 21
11.3.7.6 Sectores Homogéneos de Diseño ..... 22
11.3.7.7 Rigidez de los materiales ..... 22
11.3.7.8 Pavimentos flexibles ..... 26
11.3.7.8.1 Dimensionamiento preliminar ..... 26

11.3.7.8.2 Funciones de transferencia o leyes de fatiga ..... 26
11.3.7.8.3 Diseño mecánico–empírico ..... 27
11.3.7.8.4 Espesores finales de diseño ..... 28
11.3.7.8.5 Validación de los módulos resilientes ..... 28
11.3.7.9 Pavimentos rígidos ..... 28
11.3.7.9.1 Metodología de diseño ..... 28
11.3.7.9.2 Módulo de reacción de diseño ..... 29
11.3.7.9.3 Capas anti-erosión ..... 29
11.3.7.9.4 Esfuerzos y deflexiones ..... 29
11.3.7.9.5 Diseño de juntas y refuerzo ..... 29
11.3.8 Evaluación de Tipologías de pavimento ..... 30
11.3.9 Espacio Público ..... 30
11.3.9.1 Plano de localización de los Sectores de Diseño ..... 31
11.3.10 Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial ..... 31
11.3.11 Análisis del potencial de reutilización de materiales reciclados y recomendaciones de implementación de residuos de construcción y demolición (RCD) ..... 31
11.3.12 Especificaciones generales y particulares ..... 31
11.3.13 Estudio de Fuentes de Materiales, Canteras y Plantas de Producción de Mezclas ..... 31
11.3.14 Proceso constructivo ..... 31
11.3.15 Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado ..... 31
11.3.16 Etapa de mantenimiento ..... 32
11.3.17 Cantidades de Obra ..... 32
11.3.18 Análisis de riesgos ..... 33
11.3.19 Conclusiones y Recomendaciones ..... 33
11.4 RUTAS DE DESVÍO DEL TRÁNSITO ..... 33
11.5 ACCESOS A PUENTES VEHICULARES ..... 35
11.6 ASPECTOS DE FORMA DE LOS PRODUCTOS O INFORMES, ANEXOS Y PLANOS ..... 35
11.7 EJEMPLOS ..... 36
11.7.1 Verificación de Módulos Resilientes ..... 36
11.7.2 Ejemplo Cálculo Espesores Pavimento Flexible ..... 41

# 11 PAVIMENTOS Y ESPACIO PÚBLICO ASOCIADO

Considerando que las estructuras de pavimento que hacen parte de los accesos al Puente El Verjón del proyecto: "**ACTUALIZACIÓN Y/O AJUSTES Y/O COMPLEMENTACIÓN Y/O ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA LOS SANTOS DE LA VEREDA EL VERJÓN, LOCALIDAD DE CHAPINERO, EN BOGOTÁ D.C. EN CUMPLIMIENTO DE LA ACCIÓN POPULAR AP 2015-000761"**, cuentan con Estudios y Diseños realizados mediante el contrato IDU 1667-2015 y actualización y ajustes de los mismos, elaborados la Dirección Técnica de Proyectos del Instituto de Desarrollo Urbano IDU del año 2021, el contratista deberá realizar, de ser necesario, el ajuste, actualización y/o complementación de los diseños existentes de pavimentos y espacio público asociado que se requieran para lograr el objeto contractual, motivados por las modificaciones que surjan de parte de los demás componentes del proyecto que afecten o influyan en el componente de pavimentos y espacio público asociado, para lo cual, el contratista deberá seguir los lineamientos descritos a continuación:

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.

A través de los estudios y diseños, se deberá lograr la integralidad y armonización dentro de los diferentes componentes del proyecto y 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.

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

Se 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 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 siguientes numerales contienen los lineamientos mínimos para la elaboración de los estudios geotécnicos y el diseño de pavimentos; sin embargo, los mismos no eximen la responsabilidad del consultor/contratista para realizar las actividades y análisis que permitan elaborar un estudio técnico confiable.

Se define para el componente de pavimentos como tipologías: las posibles estructuras de pavimento que podrían emplearse y como alternativas de proyecto: las diferentes soluciones a nivel general o de proyecto que recogen o integran los planteamientos de los demás componentes, tales como geometría, urbanismo, etc.

**CONSIDERACIONES ESPECIALES DEL PROYECTO**

Considerando que se cuenta con estudios y diseños para el componente de pavimentos, el alcance del componente de pavimentos incluye la revisión de dichos estudios y diseños, determinar y conceptuar sobre la viabilidad para su materialización o construcción y/o efectuar el ajuste, actualización y/o complementaciones que se requieran, incluyendo la actualización de especificaciones de los materiales de diseños a las especificaciones vigentes de construcción del IDU.

## 11.1 NORMATIVIDAD Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES

Los estudios indicados en el presente documento deberán estar orientados de conformidad con la normatividad relacionada a continuación y los decretos o resoluciones vigentes que los modifiquen o sustituyan:

- 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.”.
- Resolución 472 de 2017 "Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones".
- Resolución 1257 de 2021 "Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones".
- 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”.
- Documento ET-IC-01 “Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C.” del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU o versión vigente.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras (INVIAS, 2013), específicamente la normatividad para ejecución de ensayos de campo y laboratorio o versión vigente.

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

- Guía IDU-IC-06 “Entrega de productos en formato digital de proyectos realizados en la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-09 “Presentación y reporte de especificaciones técnicas particulares”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-10. "Guía Presentación y reportes de información de ensayos de campo y laboratorio y sus formatos asociados".
- Guía IDU-IC-13 “Diagnóstico de pavimentos de la malla vial urbana y rural de Bogotá D.C.”, o versión vigente.
- Guía GU-IC-15 "Metodología de diagnóstico y determinación del estado de los pavimentos y otros elementos del espacio público de Bogotá D.C.", o versión vigente.
- Guía GU-IC-16 "Metodología de diagnóstico y determinación del estado de los pavimentos y otros elementos de las ciclorutas de Bogotá D.C.", o versión vigente.
- Cartilla de Andenes de Bogotá (Secretaría Distrital de Planeación, 2018), o versión vigente.

- Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación en Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2008).
- Estudio de la resistencia a la erosión de materiales empleados como bases en pavimentos de concreto hidráulico (Universidad de Los Andes, 2010).
- 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 CONDICIONES TÉCNICO AMBIENTALES ESPECIALES

### 11.2.1 Grano de Caucho Reciclado

El decreto 442 de 2015 define lo siguiente:

> ***"GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR):*** *Producto obtenido del proceso de trituración de llantas usadas y de llantas no conformes, compuesto fundamentalmente por caucho natural y sintético, que no contiene materiales ferromagnéticos, textiles, o elementos contaminantes."*

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°. - Modificase 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.*
>
> *Parágrafo 2. - En el caso de vías con intervenciones de mantenimiento (reparcheo) no será obligatorio el uso de asfalto modificado, siendo potestativo del IDU decidir sobre la conveniencia de la aplicación del mismo conforme a lo expuesto en la parte motiva del presente acto administrativo"*

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. Únicamente cuando la tipología seleccionada sea rígida, contemple capa antierosión (según sus requerimientos de tránsito) y sea la única mezcla asfáltica planteada en el proyecto, se deberá dar cumplimiento al decreto 265 de 2016, empleando como máximo el 25% (o el mínimo requerido en el decreto vigente) del volumen de mezcla asfáltica.

### 11.2.2 Residuos de Construcción y Demolición

La resolución 1115 de 2012 presenta las siguientes definiciones:

> ***"Residuos de construcción y demolición - RCD:** se refiere a los residuos de construcción y demolición que se generan durante el desarrollo de un proyecto constructivo, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes tipos:*
>
> ***Residuos de construcción y demolición - RCD - susceptibles de aprovechamiento:***
> *- Productos de excavación, nivelaciones y sobrantes de la adecuación del terreno: tierras y materiales pétreos no contaminados productos de la excavación, entre otros.*
> *(...)*
> *- Pétreos: hormigón, arenas, gravas, gravillas, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas sobrantes de mezcla de cementos y concretos, entre otros."*

*(...)*

La resolución 1257 de 2021 "Por la cual se modifica la Resolución 0472 de 2017 sobre la gestión integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones" señala:

Artículo 9. Modificar el artículo 19 de la Resolución 0472 de 2017, el cual quedará así:

> ***Artículo 19. Metas de aprovechamiento de RCD****. Los grandes generadores deberán aprovechar efectivamente un porcentaje en peso del total de los residuos de construcción y demolición - RCD generados en la obra, conforme a la categoría del municipio donde esta se localice, según lo dispuesto en la siguiente tabla:*
>
> | *Categoría especial* | *Categoría 1, 2, 3* | *Categoría 4, 5, 6* | *Cumplimiento de meta* |
> |---|---|---|---|
> | *25%* | *15%* | *5%* | *1 de enero de 2023* |
> | *50%* | *30%* | *20%* | *1 de enero de 2026* |
> | *75%* | *60%* | *40%* | *1 de enero de 2030* |
>
> *La meta de aprovechamiento es de obligatorio cumplimiento para todos los grandes generadores y* ***se calculará para el año de terminación del proyecto*** *sin tener en cuenta los productos de excavación y sobrantes de la adecuación de terreno, cuya definición se encuentra en el artículo 2 de la presente resolución. Lo anterior no exime al generador de la obligación de gestionar la totalidad de sus residuos y de realizar el máximo aprovechamiento posible sin perjuicio del cumplimiento de las metas de aprovechamiento. (Negrilla y subrayado fuera de texto)*

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 consultor 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:

- 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.
- 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.
- 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.
- 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. 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 un material no cuente con especificación en el Documento ET-IC-01, se deberá elaborar la respectiva especificación particular en la etapa de estudios y diseños, de acuerdo con el procedimiento definido en la Guía GU-IC-09 “Presentación y reporte de especificaciones técnicas particulares”.

### 11.2.3 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 de Inteligencia de Negocio e Innovación del IDU.

Se deberán proponer técnicas de reutilización y estabilización de materiales de común aplicación en el medio local. En caso contrario, se 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.

## 11.3 ETAPA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

La Etapa de estudios y diseños de detalle, comprende la revisión y actualización del diseño existente y el análisis detallado de las estructuras de pavimento y espacio público definidas 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 documento.

Para la etapa de diseños, se deberán realizar los ajustes, actualizaciones, complementaciones de los estudios y diseños completos y de pavimentos de detalle que permitan dar cumplimiento al objeto contractual de este proyecto.

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.

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.

### 11.3.1 Entregables Etapa de Diseño

Los siguientes documentos deberán ser remitidos al IDU con previa revisión, verificación y aprobación de la interventoría:

**Documento o producto Entregable 1:** "Informe de recopilación de información, plan de exploración y metodología".

**Documento o producto Entregable 2:** "Informe de revisión, actualización, ajuste y/o complementación al diseño de pavimentos".

El contenido mínimo de los anteriores documentos o productos entregables es el siguiente y la descripción de cada numeral se presenta en las secciones posteriores del presente documento:

***Tabla 1. Contenido de los productos entregables de la Etapa***

| No. | Entregables etapas de diseño |
|---|---|
| **1** | **Informe de recopilación de información, plan de exploración y metodología** |
| 1.1 | Introducción, antecedentes y justificación, objetivos del componente, localización, descripción general del proyecto, relación de información obtenida. |
| 1.2 | Análisis interdisciplinarios previos. |
| 1.3 | Investigación, recopilación y análisis de información existente. |
| 1.4 | Inventario y diagnóstico preliminar de la infraestructura existente. |
| 1.5 | Plan de investigación geotécnica complementaria. |
| 1.6 | Metodología de diseño: fórmulas y procedimientos de cálculo, correlaciones, factores ajuste/corrección, funciones de transferencia y demás elementos de diseño; formulación y evaluación de tipologías. |
| 1.7 | Hoja de firmas, control de cambios y revisiones. |
| **2.** | **Informe de revisión, actualización, ajuste y/o complementación al diseño de pavimentos** |
| 2.1 | Introducción, antecedentes y justificación, objetivos del componente, localización, descripción general del proyecto, relación de información obtenida. |
| 2.2 | Definición del alcance del estudio y diseño de pavimentos (Teniendo en cuenta un análisis interdisciplinario integral del proyecto). |
| 2.3 | Resumen del Informe de Investigación, recopilación y análisis de información existente. |
| 2.4 | Resultados del inventario y diagnóstico preliminar de la infraestructura existente. |
| 2.5 | 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). |
| 2.6 | Análisis de la subrasante (Resistencia mecánica, módulo resiliente, mejoramientos, potencial de expansión, recomendaciones de estabilización, diseño de mezclas para estabilización química). |
| 2.7 | Análisis de las cargas del tránsito (Repeticiones por eje y Ejes equivalentes de 8.2 y 13 t). |
| 2.8 | Definición de sectores homogéneos de diseño. |
| 2.9 | 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). |
| 2.10 | Diseño de pavimentos (Vías, orejas, conectantes, conexiones operacionales, etc.). |
| 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 tipologías |
| 2.17 | Diseño de espacio público (Andenes, ciclorrutas, pompeyanos y rampas). |
| 2.18 | Memorias de cálculo. |
| 2.19 | Plano de localización de los sectores de diseño. |
| 2.20 | Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial. |
| 2.21 | 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 11.2.2. |
| 2.22 | Especificaciones generales y particulares. |
| 2.23 | Análisis de canteras y fuentes de materiales. |
| 2.24 | Proceso constructivo. |
| 2.25 | Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado. |
| 2.26 | Rutas de desvío del tránsito |
| 2.27 | Etapa de mantenimiento (Actividades, cantidades y costos discriminados anualmente durante los primeros cinco años de operación). |
| 2.28 | Cantidades de obra para la tipología recomendada (En función de las áreas de espacio público y diseño geométrico). |
| 2.29 | Análisis de riesgos. |

| No. | Entregables etapas de diseño |
|---|---|
| 2.30 | Recomendaciones técnicas y constructivas. |
| 2.31 | Conclusiones. |
| 2.32 | Informe final con sus respectivos anexos en medio magnético (*.xlsx. *:docx, *.dwg, crudos de memorias de cálculo y modelaciones). |
| 2.33 | Hoja de firmas, control de cambios y revisiones. |

A continuación, se describe detalladamente el contenido de los diferentes aspectos que conforman los productos entregables:

### 11.3.2 Introducción, antecedentes y justificación, objetivos del componente, localización, descripción general del proyecto, relación de información obtenida.

- Introducción: Información general sobre el contrato.
- Antecedentes y justificación: Información general sobre contratos anteriores o problemática que da lugar al proyecto, deberá basarse como mínimo en los estudios previos o el anexo técnico contractual.
- Objetivos del componente: descripción de los objetivos que se pretende cumplir con el producto.
- Localización: Plano o esquema y descripción de la ubicación general del proyecto.
- Descripción general del proyecto: Deberá incluir esquemas o imágenes con la implantación del proyecto en planta y secciones transversales típicas dentro del cuerpo del informe y una breve descripción.
- Relación de información obtenida: Listado de los contratos, convenios, etc, cuya información fue consultada para el desarrollo del producto.

### 11.3.3 Análisis Interdisciplinarios Previos

Consiste en la recopilación y análisis de la información de los demás componentes que intervienen en el proyecto y que pueden tener incidencia sobre el alcance de la intervención de la infraestructura de pavimentos existente o proyectada, con el fin de armonizar el diseño con los demás componentes y definir de manera óptima la exploración de campo complementaria en caso de requerirse. El análisis interdisciplinario previo NO se limitará a la transcripción de los productos de los demás componentes y únicamente se anexarán planos de otros componentes cuando se pretenda mostrar algún tipo de análisis, que deberá encontrarse debidamente descrito dentro del cuerpo del producto entregable y con la correspondiente referencia al plano adjunto.

El análisis interdisciplinario previo deberá tener en cuenta los resultados de los estudios y diseños de referncia con respecto a los demás componentes. Con anticipación al desarrollo de las actividades del diseño de pavimentos y espacio público asociado, se deberá presentar un análisis que como mínimo contenga las áreas y aspectos técnicos relacionados a continuación:

- **Geometría**. Análisis de los alineamientos en planta y perfil del proyecto y con respecto a la línea de intervención.
- **Urbanismo**. Describir en detalle el alcance urbanístico de los proyectos y su relación con el componente de pavimentos.
- **Redes hidrosanitarias**. Análisis sobre el remplazo, traslado o construcción de alcantarillados pluviales/sanitarios con respecto a la intervención de la estructura de pavimento proyectada.
- **Geotecnia.** Análisis de la propuesta del componente de geotecnia, teniendo en cuenta que se cuenta taludes y rellenos en la zona del puente vehicular y los materiales con los cuales se proponen.
- **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).

Se deberá presentar la conclusión del análisis con respecto a la intervención del pavimento existente y los aspectos a tener en cuenta para el planteamiento del plan de exploración.

Debido a que el "Análisis interdisciplinario previo" (Numeral 1.2 de la tabla de contenido de los productos entregables de la etapa) de que trata el documento entregable 1 se efectúa al inicio de la ejecución de la etapa, se efectuará la "Definición del alcance del estudio diseño de pavimentos" (Numeral 2.2 del entregable 2 de la tabla de contenido de los productos entregables de la etapa) con base en la actualización del análisis interdisciplinario para efectuar los diseños y de estudios y diseños correspondientes al entregable 2.

### 11.3.4 Recopilación de Información, Inventario y Diagnóstico Preliminares

El fin de la investigación, recopilación y análisis de información existente, así como la ejecución del inventario y diagnóstico preliminar de la estructura existente es analizar y concluir sobre el alcance de la intervención de la infraestructura existente y la definición de aspectos a tener en cuenta para el planteamiento del plan de exploración. En consecuencia, el producto entregable deberá presentar claramente dicho análisis y definición aspectos y NO podrá limitarse únicamente a la transcripción de la información recopilada.

#### 11.3.4.1 Investigación, Recopilación y Análisis de Información Existente

Consiste en la búsqueda o investigación, recopilación y posterior análisis de información relacionada con el proyecto. Puede tratarse de información de contratos anteriores de la misma zona o zonas cercanas, información de otras entidades, información de empresas privadas o públicas, etc, que permita establecer parámetros o criterios para el diseño del proyecto. El objetivo es llevar a cabo su análisis con respecto al componente de pavimentos, de manera que sea posible establecer aspectos para el planteamiento de la exploración de campo y criterios de diseño.

Por lo anterior, se deberá presentar claramente el análisis de la información recopilada y las conclusiones que se derivan, teniendo como mínimo que dar claridad (con las debidas justificaciones y soportes) sobre los siguientes aspectos:

- Descripción general de la información obtenida: Descripción del tipo de información obtenida (informe, plano, ficha, etc), datos generales del contrato (número, objeto, etc).
- Ubicación de la información recopilada con respecto al proyecto: Relacionar si la información se encuentra ubicada en la misma área del proyecto o cercana y ubicación en un plano (planta) del área que abarca la información recopilada con respecto al proyecto.
- Suficiencia de la información: Analizar si la información se encuentra completa o no y detallar la razón con sus debidos soportes.
- Aplicabilidad de la información: Definir si la información obtenida es aplicable al proyecto y al componente y su justificación.
- Necesidad de ser complementada: Determinar si la información requiere ser complementada con miras al desarrollo del proyecto en ejecución y su justificación.
- Anexos: Cuando la información no provenga del Repositorio Institucional del IDU, se deberá adjuntar de manera organizada y depurada únicamente la aplicable al componente de pavimentos. Cuando sea resultado de consulta en el Repositorio, se deberá incluir únicamente un listado que relacione el enlace de acceso generado por el Repositorio a los documentos empleados, el número del contrato al que pertenece y el aspecto consultado en ese enlace.
- Análisis con respecto a los disñeos existentes y del anexo técnico general contractual: Establecer si se presenta o no información de campo y si la información requiere ser complementada.
- Análisis con respecto al plan de exploración: Evaluar si la información de campo obtenida requiere ser complementada o verificada y su justificación y plano (planta) con la ubicación de la información de campo recopilada.

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 diseño.

Se deberá revisar la información existente correspondiente a la investigación del subsuelo recopilada en otros contratos y que corresponda a los sectores analizados, la cual puede ser consultada en el Centro de Documentación del IDU o a través del Repositorio Institucional del IDU en el siguiente enlace: https://webidu.idu.gov.co/jspui/.

Como mínimo, pero sin limitarse a ello, se debe consultar la información que se indique en el Anexo técnico contractual y en específico los siguientes documentos:

- Documento de Geotecnia y Pavimentos del Contrato IDU 1667-2015
- Documento Técnico de Soporte, DTS de Pavimentos de los diseños elaborados la Dirección Técnica de Proyectos del Instituto de Desarrollo Urbano - IDU del año 2021
- Reportes laboratorio Contrato 1616-2019, Sector El Verjón.

**Debido a que se cuenta con Estudios y diseños existentes, la información debe ser utilizada y como máximo verificada.**

La información primaria incluye aquella específica del sitio de proyecto, no solo del contrato en ejecución.

#### 11.3.4.2 Inventario y Diagnóstico Preliminar de la Infraestructura Existente

El objetivo del inventario y diagnóstico preliminar de la infraestructura existente en la etapa de Estudios y Diseños es determinar la necesidad o no de diagnóstico de la vía.

Consiste en llevar a cabo una visita de campo (que puede ser la visita inicial) durante la cual se observe (y registre fotográficamente) de manera general y preliminar el tipo y condición general del pavimento y espacio público asociado.

El inventario y diagnóstico preliminar a presentar deberá incluir como mínimo la siguiente información:

- Registro fotográfico: El registro deberá incluir la ubicación de la fotografía y breve descripción de lo que se pretende mostrar.
- Estado general del pavimento.
- Tipo de daños que se presentan (Ver procedimiento posterior).
- Posibles causas de los daños.
- Elementos adicionales que puedan afectar el pavimento: zonas verdes, árboles, taludes, estructuras (box culvert, accesos a puentes), zonas de rellenos, escombros, ubicación de sumideros, etc.
- Tipo de tráfico observado durante la visita: motos, automóviles, buses de servicio público, camiones, etc.

### 11.3.5 Estudio Geotécnico para Pavimentos y Espacio Público Asociado

En caso de efectuarse trabajos de campo o ensayos de laboratorio, es obligación de la interventoría y del consultor/contratista dar cumplimiento a los lineamientos para la selección, validación y seguimiento de los laboratorios de ensayos, según Documento ET-IC-01, Especificación 103-18.

#### 11.3.5.1 Plan de investigación geotécnica complementaria

Con base en el diagnostico preliminar y la información secundaria recopilada, para la etapa de estudios y diseños, **si se requiere**, se proyectará un plan de exploración complementario. El plan de exploración consiste en la determinación de los trabajos de campo y ensayos de campo y laboratorio necesarios para

la obtención de los parámetros requeridos para el diseño. Dicho plan de investigación deberá contener como mínimo la siguiente información (que se detalla en los párrafos posteriores):

- Aspectos del "análisis interdisciplinario previo", "investigación, recopilación y análisis de información existente" e "inventario y diagnóstico preliminar de la infraestructura existente", tenidos en cuenta para plantear la exploración.
- Plano en planta con la ubicación (discriminada) de los trabajos de campo a realizar y los obtenidos a partir de la recopilación de información existente. La planta corresponderá a la superposición de la topografía con la planta geométrica proyectada con el fin de validar la ubicación de la exploración propuesta.
- Tabla de ensayos propuesta: deberá contener como mínimo el nombre del ensayo, norma de ensayo, parámetro que arroja el ensayo, parámetro de diseño que se obtiene.
- Balance financiero.

En caso que el consultor/contratista considere necesarios exploraciones o ensayos adicionales a los establecidos en presente documento (Numerales 11.3.5.2 y 11.3.5.3), deberá someterlos a aprobación de la interventoría 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/contratista asumirá su costo.

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

En caso que aplique, 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 para aprobación de la interventoría previo a su ejecución.

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/contratista.

El Balance financiero deberá indicar (según aplique contractualmente: de la propuesta o del listado de precios del IDU, etc.) el código de ítem, descripción, cantidad, unidad de medida, valor unitario, valores totales, subtotal y balance con respecto a la bolsa destinada para ensayos. Adicionalmente, deberá indicar la procedencia del ítem (oferta económica, listado de precios IDU con fecha de consulta, No previsto, etc.). El visor “Precios Unitarios de Referencia (Visor Base de precios vigente) puede consultarse en la página de la Entidad, en el enlace: https://www.idu.gov.co/page/siipviales/economico/portafolio. Se deberán anexar las capturas de pantalla del listado de precios que incluyan la fecha de consulta y la información incluida en el balance financiero.

El Consultor/contratista deberá revisar en conjunto con el interventor, con base en el contrato, si alguno de los ensayos requeridos corresponde a un "Ítem No Previsto", y manifestarlo claramente dentro del plan de exploración. En caso afirmativo se deberá seguir el procedimiento previsto en el mismo contrato y en el Manual de Interventoría para la inclusión contractual de dicho ítem, **previo a su ejecución**. Cuando se sobrepase el valor total de la bolsa destinada para ensayos, se deberá tramitar la adición correspondiente **previo a la ejecución de las actividades**.

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 consultor/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.

**Informe de Cobro de Trabajos de Campo y Ensayos de Laboratorio**

Posteriormente, 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 incluyendo: unidad, código de ítem, descripción y precios contractuales (con fecha de consulta en el visor si esto aplica).
- Soporte de los ítems que se pretende cobrar, tales como: reporte de los trabajos de campo realizados, reportes de ensayos de laboratorio firmados por el laboratorista y jefe de laboratorio, etc.
- Certificados de calibración de equipos de laboratorio, protocolo de manejo, transporte, ensayo y conservación de muestras de campo y registro fotográfico.
- Comunicación de concepto de conformidad del plan de exploración del subsuelo por parte de la interventoría.

#### 11.3.5.2 Frecuencia de exploración

Teniendo en cuenta que ya se cuenta con exploración, únicamente se ejecutará la exploración estrictamente necesaria. Los apiques ejecutados deberán ser referenciados por coordenadas y por abscisas.

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. Serán responsabilidad exclusiva del Consultor/Contratista los daños causados a terceros en el evento de que se presente 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 de Inteligencia de Negocio e Innovación del IDU, con la finalidad de poder utilizar la información por CIV que ya tiene registrada la Entidad de la ciudad.

#### 11.3.5.3 Ensayos a ejecutar

En caso que se plantee exploración y ejecución de ensayos, se deberá presentar para cada ensayo propuesto: su nombre, norma de ensayo, parámetro que arroja y parámetro que se empleará en el diseño. De igual manera, será necesario justificar técnicamente su necesidad indicando además de los requisitos anteriores, su relevancia para el proyecto y en el diseño.

Se 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, los ensayos a realizar deberán contar con la acreditación del organismo competente, como la ONAC, o 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.

Es obligación de la interventoría y del consultor/contratista dar cumplimiento a los lineamientos para la selección, validación y seguimiento de los laboratorios de ensayos, según Documento ET-IC-01, Especificación 103-18.

#### 11.3.5.4 Resultados de la exploración geotécnica existente y complementaria

La información geotécnica deberá ser consolidada en perfiles estratigráficos, incluyendo las propiedades físicas y mecánicas de cada una de las capas/estratos identificados durante los trabajos de campo.

Los resultados de los ensayos de laboratorio (existentes y complementarios) deberán consolidarse en una tabla resumen (Formato: "Recopilación resultados ensayos de exploración geotécnica pavimentos", código FO-IC-40), incluyendo como mínimo y sin limitarse a ello: número de apique y muestra, abscisa, coordenadas, CIV, profundidad, descripción, clasificación (USCS y AASHTO), humedad, granulometría, límites de Atterberg, CBR inalterado natural y sumergido, expansión, etc. Deberá presentarse en formato editable y no editable firmado.

Los registros de campo y de resultados de ensayos deberán presentarse en su totalidad en un anexo debidamente organizados y firmados por los responsables de su elaboración. Se deben incluir en el anexo los certificados de calibración de los equipos de laboratorio.

Se debe incluir el registro fotográfico que evidencie la ejecución de las exploraciones. Se debe presentar el plano de ubicación final de los trabajos de campo ejecutados y existentes (diferenciándolos mediante convenciones). El plano en planta donde se ubiquen los trabajos de campo corresponderá a la superposición de la topografía con la planta geométrica proyectada.

### 11.3.6 Metodología de diseño de detalle

Consiste en la descripción de las metodologías y criterios que se emplearán para el análisis del diseño existente y los ajustes y/o complementaciones que se requieran. De acuerdo con lo anterior, NO se considerará como metodología la transcripción de los lineamientos de diseño dados en el presente documento sino su análisis, evaluación y definición.

Los parámetros que se deberán plantear incluyen: criterios de diseño, fórmulas o ecuaciones de cálculo de parámetros de mejoramiento, procedimientos y metodologías de cálculo, funciones de transferencia a emplear, factores de ajuste/corrección, correlaciones (por ejemplo, entre CBR y módulo), tipologías de pavimento y criterios para su evaluación y demás elementos de diseño que se pretenda emplear.

### 11.3.7 Lineamientos Generales para Diseño de Detalle

En caso de determinarse la necesidad, se ajustará y/o complementará el diseño de pavimentos existente 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.

Para el diseño de estas tipologías se deberán tener en cuenta todas las variables hidráulicas que puedan afectar la durabilidad de las obras, tales como 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 consultor/contratista de elaborar un estudio apropiado y confiable y acorde con las necesidades del proyecto.

#### 11.3.7.1 Confiabilidad

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la Guía AASHTO 1993, numeral 2.1.3 Confiabilidad, la confiabilidad del diseño debe coincidir con la establecida a continuación:

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

El tipo de vía puede consultarse en el Sistema de Información Geográfica del IDU - SIGIDU (https://geoportal-idu.hub.arcgis.com/)

#### 11.3.7.2 Periodo de diseño

Se deberá considerar el periodo de tiempo transcurrido desde el final de la etapa de estudios y diseño, 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

#### 11.3.7.3 Análisis de las Cargas del Tránsito

11.3.7.3.1 Tránsito promedio diario

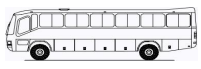
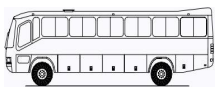
En caso de requerirse un ajuste y/o complementación del TPD y proyecciones de tránsito, su soporte o justificación deberá provenir del componente de tránsito y ser aprobado por la interventoría de ese componente El ajuste y/o complementación y su aprobación deberán anexarse en el producto de pavimentos.

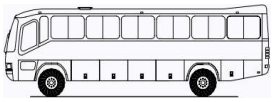
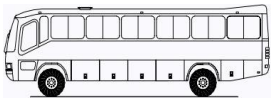
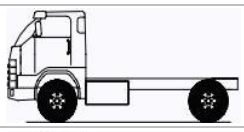
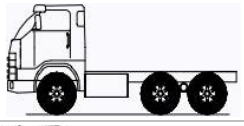
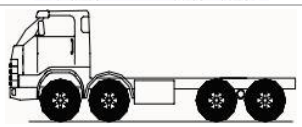
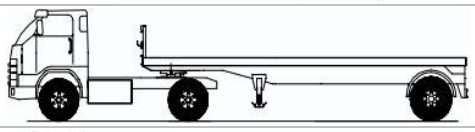
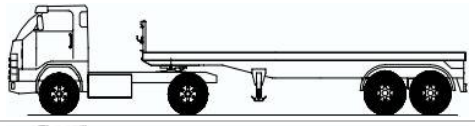
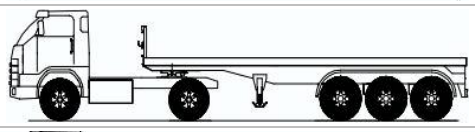
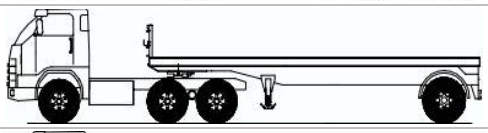
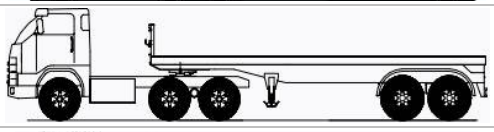
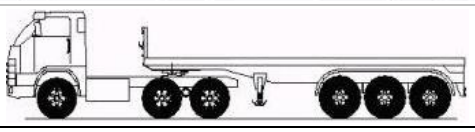
En caso de requerirse ajuste y/o complementación, se deberá entregar el cálculo del Número de Ejes Simples Equivalentes (NESE), para el caso de pavimentos flexibles, o el número de repeticiones esperadas de carga, para el caso de pavimentos rígidos, cálculo que deberá obedecer a los resultados de la estimación del tránsito promedio diario (TPD) y su proyección durante el periodo de diseño. La configuración y pesos por eje de la flota vehicular para diagnóstico, evaluación y diseño, serán los establecidos en los numerales siguientes.

11.3.7.3.2 Configuración vehicular

La configuración a utilizar para el diseño y evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, será la ilustrada en la Tabla 2, que se encuentra en concordancia con la normatividad legal vigente en el país:

***Tabla 2. Configuración vehicular a utilizar para diagnóstico y diseño***

| Configuración | | | Peso Máximo por eje (ton) | | | Peso Máximo Bruto (ton) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| Colectivo y Buseta (C, BT) |  |  | 2.5 | 5 | | - |
| Bus, bus especial e inter/pal (B, ESP, INT) |  |  | 3.5 | 7.5 | | - |

| Configuración | | | Peso Máximo por eje (ton) | | | Peso Máximo Bruto (ton) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| Alimentador, Padrón Convencional (AL) |  |  | 6 | 11 | | - |
| Alimentador, Padrón Eléctrico (AL EL) |  |  | 7.5 | 12.5 | | - |
| 2P |  |  | 2.5 | 6 | | - |
| 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 |

**NOTA:** En caso que se identifiquen categorías especiales o relevantes de vehículos comerciales también se deberán discriminar. Caso en el cual, para buses, puede emplearse para el cálculo de los factores de equivalencia de carga, la información de referencia contenida en la Tabla 3 o para buses y camiones pueden consultarse las fichas técnicas de los buses que se espera transiten por la vía.

11.3.7.3.3 Información de referencia para la determinación de cargas por eje

Los pesos por eje adoptados para los buses y camiones del numeral anterior, se encuentran fundamentados en la información de referencia incluida en la Tabla 3:

***Tabla 3. Información de referencia para buses y camiones pequeños***

| Marca | Peso bruto máx. (t) | Peso por eje máx. (t) | | | FEC | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Simple rueda simple | Simple rueda doble | Tándem | Flexible | Rígido |
| **Busetas entre 5.5 y 8.5 t** | | | | | | |
| CHEVROLET NKR EURO IV | 5.6 | 2.1 | 3.5 | - | 0.04 | 0.03 |
| HYUNDAI COUNTY | 6.7 | 2.6 | 4.1 | - | 0.09 | 0.06 |
| JAC HK 6750 | 6.8 | 2.4 | 4.4 | - | 0.1 | 0.07 |
| CHEVROLET NPR | 7.5 | 2.4 | 5.1 | - | 0.17 | 0.13 |
| JAC HK 6756 | 7.8 | 2.7 | 5.1 | - | 0.18 | 0.14 |
| **Buses de 2 ejes entre 8 y 11 t** | | | | | | |
| CHEVROLET NQR EURO IV | 8.5 | 2.7 | 5.8 | - | 0.28 | 0.23 |
| MERCEDES BENZ LO 910 | 9.1 | 3.2 | 5.9 | - | 0.32 | 0.27 |
| JAC 6900 | 9.5 | 3.2 | 6.3 | - | 0.4 | 0.34 |
| CHEVROLET FRR | 10.4 | 3.3 | 7.1 | - | 0.62 | 0.57 |
| ESCANIA TRANSCARIBE | 11 | 3.5 | 7.5 | - | 0.78 | 0.73 |
| **Buses de 2 ejes entre 12 y 14.5 t** | | | | | | |
| MERCEDES BENZ ALIMENTADOR TRANSMILENIO | 12.4 | 4.3 | 8.1 | - | 1.13 | 1.09 |
| YUTONG ZK6858H9 | 13.7 | 4.2 | 9.5 | - | 1.97 | 2.07 |
| JAC 6108 | 14.5 | 5.0 | 9.5 | - | 2.13 | 2.23 |
| **Buses de 3 ejes entre 17.5 y 20.5 t** | | | | | | |
| MERCEDES BENZ BUSSCAR 360 | 17.8 | 6.2 | - | 11.6 | 1.14 | 1.07 |
| SCANIA 410 IB | 19 | 5.7 | - | 13.3 | 1.17 | 1.1 |
| **Camiones pequeños de 2 ejes entre 5.5 y 8.5 t** | | | | | | |
| CHEVROLET NMR | 5.6 | 2.1 | 3.5 | - | 0.04 | 0.03 |
| FOTON AUMARK BJ1049 | 6 | 2.3 | 3.7 | - | 0.06 | 0.04 |
| CHEVROLET NNR | 6.3 | 2.3 | 4.0 | - | 0.07 | 0.05 |
| HYUNDAI HD65 | 6.5 | 2.3 | 4.2 | - | 0.08 | 0.06 |
| FOTON AUMARK BJ1051 | 7.4 | 2.6 | 4.8 | - | 0.14 | 0.1 |
| CHEVROLET NPR | 7.5 | 2.5 | 5.0 | - | 0.16 | 0.12 |
| FORD CARGO 318 | 7.7 | 2.5 | 5.2 | - | 0.18 | 0.14 |
| HYUNDAI HD 78 | 7.8 | 2.6 | 5.2 | - | 0.19 | 0.14 |
| CHEVROLET NQR | 8.5 | 2.5 | 6.0 | - | 0.31 | 0.26 |

Para la definición de las cargas por eje del bus tipo Alimentador se empleó el documento "*Determinación del peso por eje de los buses articulados y buses alimentadores del sistema Transmilenio"*, elaborado por la Universidad de los Andes en el marco del Convenio de Cooperación 034 de 2004 y para el bus tipo Alimentador Eléctrico se emplearon las cargas máximas por eje establecidas en la NTC 4901-3.

En el caso de los buses del sistema de transporte masivo, se utilizaron las cargas máximas establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 4901-1.

Para los camiones, se emplearon las cargas máximas dadas por el MINTRANSPORTE en la Resolución 4100 de 2004.

11.3.7.3.4 Factores de equivalencia de carga por eje y vehículo

Los factores de equivalencia de cargas (FEC) a utilizar para diseño y evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, en términos del eje estándar de 8.2 t, serán los establecidos en la Tabla 4, los cuales se fundamentan en la configuración y cargas por eje determinadas en los numerales anteriores.

***Tabla 4. Factores de equivalencia de carga para diagnóstico y diseño***

| Tipo | Peso, Pi (t) | Carga de referencia, Pr (t) | | Factor de equivalencia, FEC | | Configuración del vehículo | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Flexible | Rígido | Flexible | Rígido | C, BT | B ESP INT | AL | AL (EL) | ART | BI ART | 2P | 2G | 3 | 4 | 2-S1 | 2-S2 | 2-S3 | 3-S1 | 3-S2 | 3-S3 |
| 1.1 | 2.5 | 6.6 | 6.6 | 0.02 | 0.01 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 1.1 | 3.5 | 6.6 | 6.6 | 0.08 | 0.06 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 5 | 6.6 | 6.6 | 0.33 | 0.29 | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | |
| 1.1 | 6 | 6.6 | 6.6 | 0.68 | 0.65 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| 1.1 | 7.5 | 6.6 | 6.6 | 1.67 | 1.78 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 5 | 8.2 | 8.2 | 0.14 | 0.11 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 6 | 8.2 | 8.2 | 0.29 | 0.25 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 1.2 | 7.5 | 8.2 | 8.2 | 0.7 | 0.67 | | 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 | 3 | | | | | | | | | | |
| 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 | 7.85 | | | | | | | | | | | | | | | 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 | | 0.16 | 0.78 | 3.92 | 7.07 | 12.5 | 17.9 | 0.31 | 3.57 | 5.31 | 5.39 | 6.81 | 4.19 | 5.01 | 3.3 | 8.77 | 6.5 |
| | | | | Rígido | | 0.12 | 0.73 | 4.4 | 8.44 | 15.1 | 21.8 | 0.26 | 4.04 | 9.36 | 9.85 | 7.79 | 5.46 | 7.56 | 3.87 | 16 | 12.8 |

#### 11.3.7.4 Información climática

Se debe consultar ante el IDEAM, como mínimo, datos históricos de temperatura y precipitación. A partir de la cual, 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.

#### 11.3.7.5 Subrasante

En el caso de proyectos de diseño y/o 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). En los proyectos que se haya ejecutado ensayo de módulo resiliente según los requisitos dados en el presente documento (numeral 11.3.5.3), 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 tabla siguiente relaciona los métodos más utilizados en el medio para el cálculo del módulo equivalente por efecto de rellenos, granulares existentes o mejoramientos sobre subrasantes blandas. Teniendo en cuenta las diferencias conceptuales entre métodos, únicamente serán aceptados aquellos desarrollados para vías pavimentadas y cuyo resultado sea el módulo equivalente.

***Tabla 5. Métodos de cálculo de módulo equivalente***

| Método | Parámetros de entrada | Parámetro de salida |
|---|---|---|
| Ivanov (1962) | Módulos de subrasante y mejoramiento, dimensiones de carga. | Módulo equivalente |
| Giroud y Han (2004) | Ahuellamiento admisible, CBR de subrasante y mejoramiento, dimensiones de carga, parámetros de capacidad portante y rigidez. | Espesor de granular |
| Británico (DMRB, HD25/95) | CBR de la subrasante y combinación de materiales (relleno, subbase o ambos). | Módulo equivalente (50 MPa sobre relleno, 100 MPa sobre relleno y subbase) |

En función del número de ejes simples equivalentes se determinará el módulo resiliente mínimo de la subrasante mejorada, dando cumplimiento al siguiente criterio:

***Tabla 6. Módulo resiliente mínimo según NESE del proyecto***

| Ejes simples equivalentes (NESE) | Módulo resiliente de la subrasante mejorada |
|---|---|
| ≤ $1x10^7$ | ≥ 30 MPa |
| > $1x10^7$ | ≥ 50 MPa |

El tipo de ligante para la estabilización o modificación de la subrasante se definirá según su aplicabilidad, de acuerdo con los criterios dados por las especificaciones ET-IC-01 en las secciones 420.3.1 (Tabla 420.1) y sección 421.3.2 (Tabla 421.1).

11.3.7.5.1 Refuerzo de subrasantes con geosintéticos

Propuestas de refuerzo de subrasantes con productos geosintéticos, deberán tener en cuenta el estado del arte; en particular: i) que el método original fue desarrollado para refuerzos planares con geotextiles o geomallas (Giroud y Han, 2004)); ii) que la posterior calibración para refuerzos tridimensionales (Pokharel, 2010) únicamente es válida para geoceldas de neopreno y; iii) que, según dichas fuentes, el espesor de relleno requerido al utilizar geotextiles es igual al demandado con geoceldas, y a su vez, el espesor necesario usando geoceldas es mayor que el resultante utilizando geomallas (ver Figura 1. Espesores de relleno sobre productos geosintéticos para refuerzo de subrasantes).

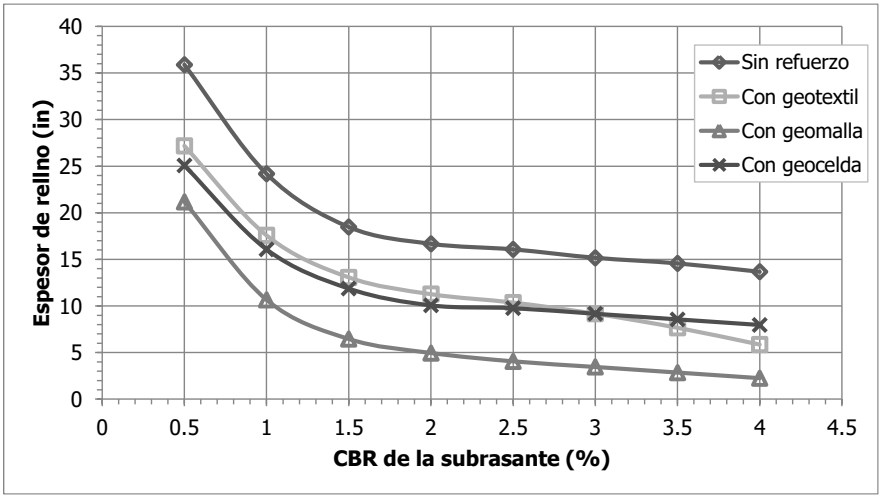



***Figura 1. Espesores de relleno sobre productos geosintéticos para refuerzo de subrasantes***
Fuentes: Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. I. Development of Design Method (J. P. Giroud, and Jie Han, 2004); Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads. II. Calibration and Applications (J. P. Giroud, and Jie Han, 2004); Experimental Study on Geocell-Reinforced Bases under Static and Dynamic Loading (Sanat Kumar Pokharel, 2010).

11.3.7.5.2 Identificación de sectores con suelos expansivos, orgánicos y/o rellenos antrópicos

Se debe analizar el potencial de cambio volumétrico de la subrasante. Se deberán identificar sectores con presencia de suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos con presencia de escombros y/o basuras, a fin de establecer el tratamiento puntual para los mismos. Para tal fin, deberá respetarse lo estipulado en la Especificación 300-18 del Documento ET-IC-01.

Así mismo, cuando se considere necesario plantear tratamientos para controlar cambios volumétricos, se deberá tener en cuenta el efecto que en este sentido proporcionan las recomendaciones de drenaje,

mejoramiento y/o remplazo formuladas como respuesta a la presencia de los suelos orgánicos y/o rellenos antrópicos con presencia de escombros y/o basuras.

#### 11.3.7.6 Sectores Homogéneos de Diseño

Si aplica, 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.

#### 11.3.7.7 Rigidez de los materiales

Los materiales considerados en los diseños de pavimentos y espacio público asociado, deberán acogerse en su totalidad al Documento ET-IC-01. En caso contrario, se deberán elaborar en la etapa de diseño las especificaciones particulares a que haya lugar con fundamento en ensayos de laboratorio, diseño de mezclas y comprobación de la fórmula de trabajo mediante ensayos de desempeño.

El módulo de rotura del concreto hidráulico será seleccionado de acuerdo con los criterios establecidos en el Documento ET-IC-01 Especificación 800-18 – Pavimentos de Concreto Hidráulico.

En contratos de consultoría, se deberá consultar información que permita determinar el módulo resiliente de las mezclas asfálticas para las condiciones de frecuencia y temperatura del proyecto con el método de ensayo de la norma INV E-749-13. Los contratos mixtos y de obra están en la obligación de elaborar sus diseños con información primaria, esto es, caracterización dinámica de laboratorio obtenida sobre los materiales a utilizar para la construcción.

Los módulos de las mezclas asfálticas y 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/contratista 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.

En el caso de los materiales estabilizados con asfalto en caliente, cuya mezcla debe ser diseñada por método Marshall, según Documento ET-IC-01, el módulo dinámico debe ser analizado con las mismas condiciones de ensayo de las mezclas asfálticas.

Cualquier predicción debe realizarse con un método que involucre la viscosidad, parámetro mejor relacionado con el desempeño que la penetración.

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 Especificaciones IDU ET 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.

En cuanto a las bases y subbases granulares, debe darse cumplimiento al Documento ET-IC-01 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 ME-PDG (AASHTO, 2008).* Los módulos estimados deberán validarse y ajustarse, si es necesario, según lo descrito en el numeral 11.3.7.8.5.

Los coeficientes de aporte estructural para dimensionamiento por método empírico (AASHTO, 1993), deberán ser obtenidos con la utilización de las figuras relacionadas a continuación, en función del módulo adoptado para cada material (no al contrario).

***Tabla 7. Lineamientos para determinación de los coeficientes estructurales***

| Material | Especifi-cación ET-IC-01 | Figura Guía AASHTO 1993 |
|---|---|---|
| **Materiales granulares (no ligados)** | | |
| Base granular para vías vehiculares<br>Base granular para vías vehiculares con agregados reciclados | 510-18<br>511-18 | 2.6 pág. II-19 |
| Subbase granular para vías vehiculares<br>Subbase granular para vías vehiculares con agregados reciclados | 510-18<br>511-18 | 2.7 pág. II-21 |
| **Materiales granulares ligados** | | |
| Base granular mejorada con cemento hidráulico<br>Subbase granular mejorada con cemento hidráulico | 520-18 | 2.8 pág. II-23 |
| Base granular mejorada con emulsión asfáltica<br>Subbase granular mejorada con emulsión asfáltica | 521-18 | Ver nota |
| Base granular mejorada con cemento asfaltico<br>Subbase granular mejorada con cemento asfaltico | 522-18 | 2.5 pág. II-18 |
| **Materiales granulares reciclados y ligados** | | |
| Base granular mejorada con MBR y cemento asfaltico<br>Subbase granular mejorada con MBR y cemento asfaltico | 530-18 | 2.5 pág. II-18 |
| Base granular mejorada con MBR y emulsión asfáltica en planta o en sitio<br>Subbase granular mejorada con MBR y emulsión asfáltica en planta o en sitio | 531-18 | Ver nota 1 |
| Base granular mejorada con MBR y asfalto espumado<br>Subbase granular mejorada con MBR y asfalto espumado | 532-18 | Ver nota 1 |
| Base granular mejorada con MBR y cemento hidráulico en planta o en sitio<br>Subbase granular mejorada con MBR y cemento hidráulico en planta o en sitio | 533-18 | 2.8 pág. II-23 |
| **Mezclas asfálticas** | | |
| Mezclas asfálticas en caliente densa, semidensa y gruesa<br>Mezclas asfálticas en caliente de alto modulo | 620-18<br>621-18 | 2.5 pág. II-18<br>Ver nota 2 |
| Mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado con caucho por vía húmeda<br>Mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado con caucho por vía seca | 625-18<br>626-18 | 2.5 pág. II-18<br>Ver nota 3 |
| **Materiales granulares remanentes (del sitio, no mejorados)** | No aplica | 2.7 pág. II-21 |

**Notas:**

1. Para granulares estabilizados con asfalto en frío (emulsión o espumado), consultor/contratista e interventor, definirán el uso de la Figura 2.5 o la 2.9 de la guía AASHTO/1993.

2. Como lo indica la recopilación de ensayos de laboratorio incluida en la Figura 2. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD12 (1) a Figura 4. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD20, el 90 % de las mezclas asfálticas en caliente analizadas supera los 5,000 MPa a 20 °C. Por tal razón, consultor/contratista 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).*

3. Según la recopilación de ensayos de laboratorio incluida en la Figura 6. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas con GCR, el módulo dinámico de las mezclas con grano de caucho reciclado (GCR) tiende a ser menor que el de las mezclas con asfalto convencional. De igual manera, las investigaciones de la Entidad indican que el GCR conlleva una mejora de la resistencia a fatiga.

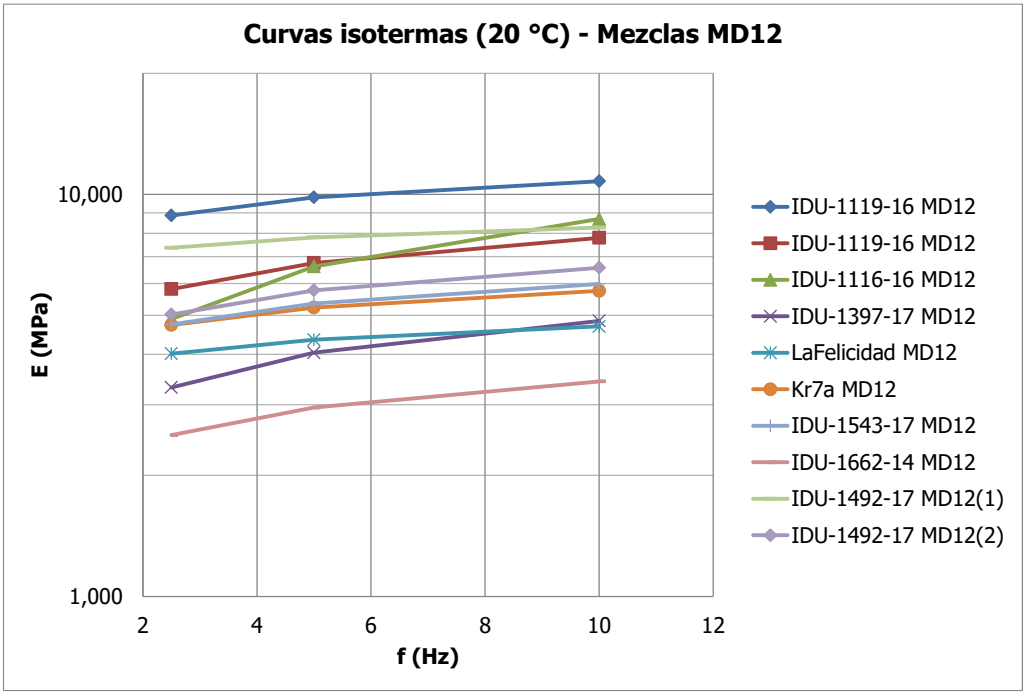



***Figura 2. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD12 (1)***
Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

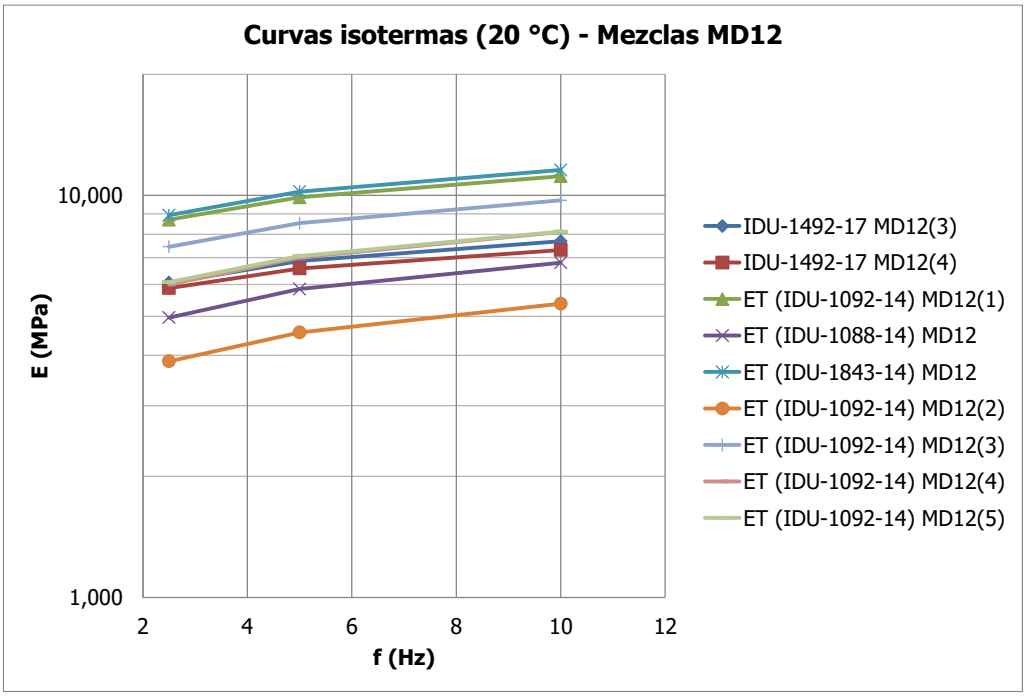



***Figura 3. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD12 (2)***
Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

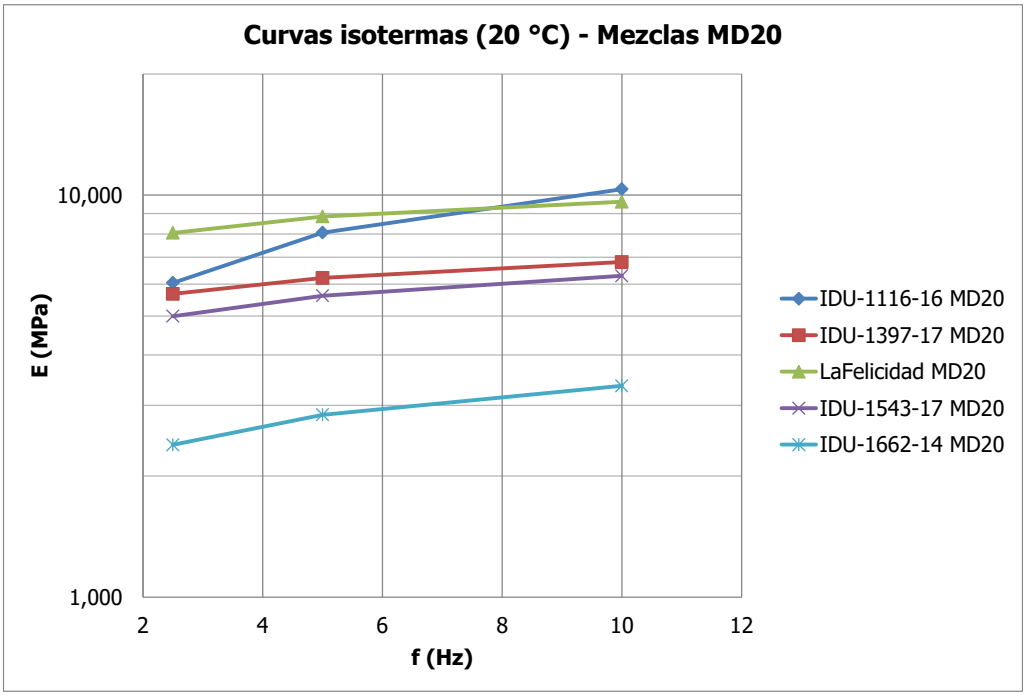



***Figura 4. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas MD20***
Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

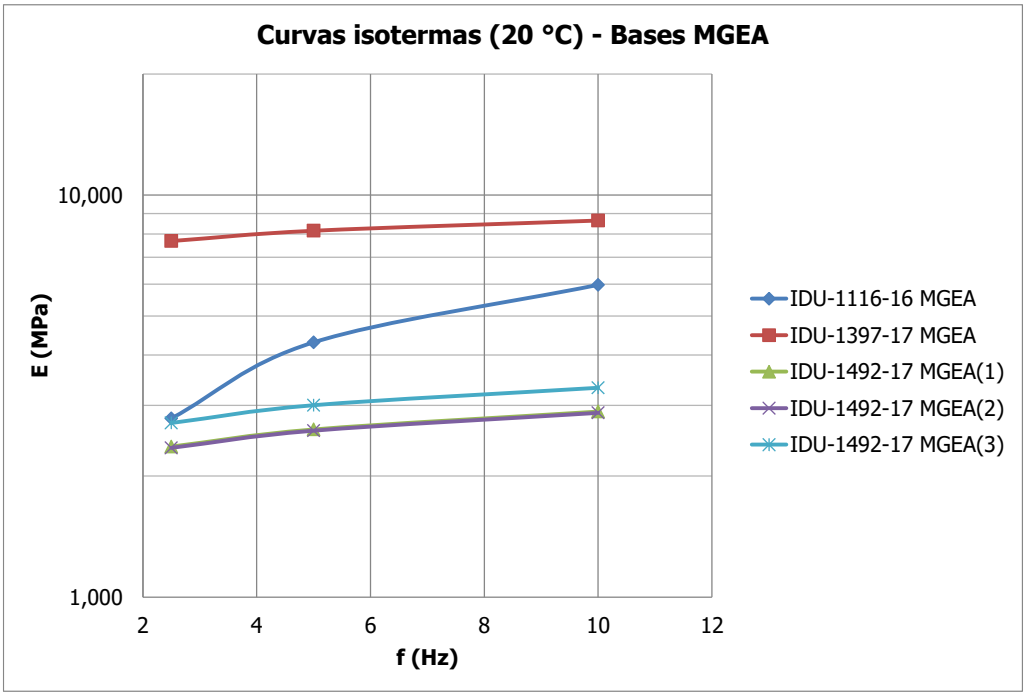



***Figura 5. Curvas isotermas del módulo dinámico – Bases en caliente***
Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

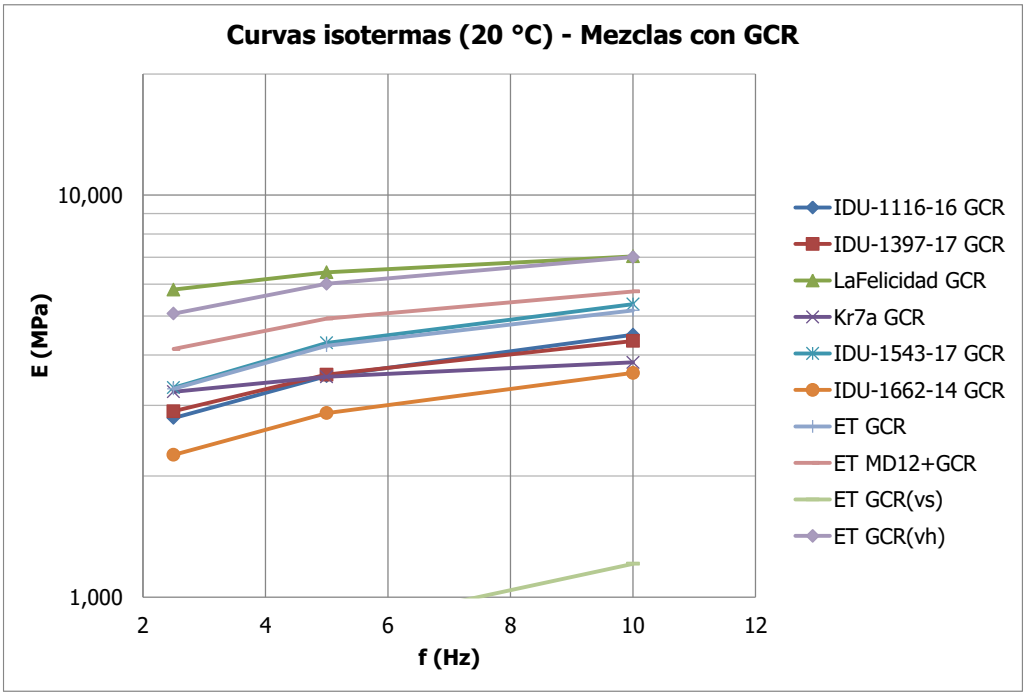



***Figura 6. Curvas isotermas del módulo dinámico – Mezclas con GCR***
Fuente: Recopilación DTP-IDU a partir de contratos de diseño.

### 11.3.7.8 Pavimentos flexibles

En caso de requerirse ajustes o complementaciones que involucren diseño de pavimentos flexibles, aplicarán los siguientes lineamientos:

11.3.7.8.1 Dimensionamiento preliminar

En caso de requerirse, 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.

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.

11.3.7.8.2 Funciones de transferencia o leyes de fatiga

En vista de la ausencia de calibración local de modelos de agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas 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.

***Tabla 8. Funciones de transferencia a emplear para diseño***

| Fuente | Agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas | Deformación vertical permanente en la subrasante |
|---|---|---|
| Shell Bitumen | $N= (0.856*Vb+1.08)^{5}*(10^{6}*E)^{-1.8}*\varepsilon t^{-5}$ | $N= 1.94*10^{-7}*\varepsilon z^{-4}$ (R=85)<br>$N= 1.05*10^{-7}*\varepsilon z^{-4}$ (R=95) |
| Instituto del Asfalto | $N= C*6.167*10^{-5}*\varepsilon t^{-3.291}*E^{-0.854}$<br>$C=10^{M}$ | $N= 1.365*10^{-9}*\varepsilon z^{-4.477}$ |

| Fuente | Agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas | Deformación vertical permanente en la subrasante |
|---|---|---|
| | M= 4.84*(Vb/(Va+Vb)-0.69) | |
| TRRL | $N= 1.66*10^{-10}*\varepsilon t^{-4.32}$ (R=85) | $N= 6.18*10^{-8}*\varepsilon z^{-3.95}$ (R=85) |
| Universidad de Nothingham | $N= 8.888*10^{-13}*\varepsilon t^{-4.902}$ | $N= 1.126*10^{-6}*\varepsilon z^{-3.571}$ |

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 el caso de las bases estabilizadas con asfalto en frio, en caliente o con cemento, en etapa de diseño, se deberá presentar el cálculo o predicción de la falla por fatiga. Para tal fin, se sugiere AUSTROADS (*Technical basis of Austroads pavement design guide*, Publication No. AP-T33/04, 2004), SAPEM (Chapter 10, Pavement Design) y ME-PDG (AASHTO, 2008).

En caso que las funciones de transferencia adoptadas involucren confiabilidad, se utilizará la establecida en la sección correspondiente del presente documento.

El porcentaje de asfalto en volumen (Vb) deberá fundamentarse en los resultados del estudio de fuentes de materiales, canteras y plantas de producción (Numeral 11.3.13).

11.3.7.8.3 Diseño mecánico–empírico

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:

- 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).
- 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.
- 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.
- 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 11.3.1, se deberá incluir un resumen de resultados que contenga la información descrita en el ANEXO 11.7.2.

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

11.3.7.8.4 Espesores finales de diseño

A menos que los documentos contractuales indiquen otra cosa, los espesores finales de diseño deben garantizar un índice estructural (Ie = SN efectivo/ SN requerido) mayor que 1 y menor que 1.15 (1< Ie≤ 1.15) y un daño relativo acumulado para el criterio de fatiga en las capas asfálticas, bases estabilizadas con asfalto en frio, en caliente o con cemento mayor que 0.60 y menor que 1 (0.60< Dr≤ 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:

***Tabla 9. Criterio de análisis del daño relativo para selección de los espesores***

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

11.3.7.8.5 Validación de los módulos resilientes

Adicionalmente, para cada sector y tipología, deberá presentarse validación de los módulos de las capas granulares (base y subbase granular) y de la subrasante (cálculo de la invariante de esfuerzos a ½ 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 11.7.1, no deberán exceder en ± 5 % los valores utilizados para el dimensionamiento preliminar y el diseño empírico mecanicista.

**11.3.7.9 Pavimentos rígidos**

En caso de requerirse ajustes o complementaciones que involucren diseño de pavimentos rígidos, aplicarán los siguientes lineamientos:

11.3.7.9.1 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, se 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.

En concordancia con el método, los consumos por fatiga y erosión máximos serán del 100 %.

Factor de seguridad de carga (FSC): 1.2 para calzada Transmilenio y 1 para calzadas mixtas, considerando que para el cálculo de repeticiones de carga por eje se tienen en cuenta 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, dicho diseño 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.

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).

11.3.7.9.2 Módulo de reacción de diseño

Con el módulo de reacción de la subrasante, definido según procedimiento descrito en el numeral 11.3.7.5 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 frio 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/.

11.3.7.9.3 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.

Únicamente cuando la tipología seleccionada sea rígida, contemple capa antierosión (según sus requerimientos de tránsito) y sea la única mezcla asfáltica planteada en el proyecto, se deberá dar cumplimiento al decreto 265 de 2016, empleando como máximo el 25% (o el mínimo requerido en el decreto) del volumen de mezcla asfáltica.

Para categorías de tránsito T1 (NAEE_80 < 2 millones), a menos que se compruebe objetivamente, con modelos numéricos, que existe potencial de falla por erosión en las juntas transversales, no se aceptará el uso de capas anti-erosión.

De acuerdo con las recomendaciones para potencial de erosión de materiales de base y subbase (PIARC 1987), las conclusiones de las investigaciones locales desarrolladas por el IDU (Universidad de Los Andes, contrato 089 de 2009) y experiencias locales, para el caso de troncales y malla vial arterial, el material a utilizar deberá ser clase A (materiales extremadamente resistentes a la erosión), es decir, mezcla asfáltica densa en caliente.

Para vías no troncales ni arteriales, en caso de proponer granulares estabilizados en caliente con cemento asfáltico, como capa intermedia en los pavimentos rígidos, no será necesario incluir mezcla densa en caliente como capa anti-erosión.

11.3.7.9.4 Esfuerzos y deflexiones

Se deben efectuar 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.

11.3.7.9.5 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). También deberán ser verificadas las dimensiones de las losas en función de la rigidez del apoyo, controlando que la longitud no supere 5 veces el radio de rigidez relativa.

Las juntas deberán diseñarse tomando en consideración la modulación de las losas, las características del concreto a emplear y las condiciones climáticas 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 del numeral anterior.

Se requerirá de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la losa.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.3.
- Losas de forma irregular (no rectangular).
- Losas con aberturas en su interior que alojen estructuras como pozos o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.

Serán incluidas las recomendaciones para transición entre pavimentos de diferente rigidez, tanto en juntas longitudinales como transversales.

### 11.3.8 Evaluación de Tipologías de pavimento

Para fines del presente documento, se entienden por tipologías aquellas que involucran materiales diferentes en términos de rigidez y/o diseño de mezcla.

Teniendo en cuenta que la intervención es puntual, se buscará darle continuidad al pavimento existente del sector del proyecto, en consecuencia, se presentarán dos tipologías de pavimento similar al existente.

Los lineamientos de diseño de cada una de las tipologías de estructuras de pavimento, deben ceñirse a lo establecido en el numeral 11.3.7.

El periodo de diseño correspondiente a cada etapa se encuentra en el numeral 11.3.7.2.

Se deberá presentar la comparación de tipologías de pavimento en términos del costo de ciclo de vida del proyecto durante el periodo de análisis, considerando como mínimo: Cálculo del presupuesto de obra o costo de construcción de cada tipología de pavimento; pronóstico de desempeño mediante modelos de deterioro durante el periodo de análisis establecido en los pliegos; estimativo de costos de conservación y mantenimiento de cada tipología.

Para la evaluación técnica se podrán emplear tablas comparativas de ventajas y desventajas de cada tipología o tablas de calificación tipo matriz multicriterio para diferentes aspectos, orientadas a obtener una evaluación cuantitativa. Dentro de los criterios que se podrán tener en cuenta están: Compatibilidad del acabado con los requisitos arquitectónicos/urbanísticos, complejidad constructiva (requisitos de personal y equipos), disponibilidad de materiales, espesores de excavación, tiempo de puesta en servicio, continuidad del pavimento adyacente (o del sector), posibilidad de empleo de materiales GCR y RCD, condiciones de geometría y operación (altas pendientes, baja velocidad, etc), comportamiento respecto a condiciones particulares o especiales del proyecto, entre otras.

La tipología finalmente seleccionada será aquella que demuestre técnica y económicamente ser la más conveniente para las condiciones particulares de cada sector de diseño.

Debido a que la definición de los acabados del espacio público responde a un diseño urbanístico, las estructuras para espacio público, en caso de que apliquen, tampoco serán objeto de análisis de tipologías.

### 11.3.9 Espacio Público

En caso de requerirse ajustes o complementaciones que involucren diseño de andenes, se aplicarán los siguientes lineamientos:

Para determinar las estructuras que soportan el espacio público y sus procesos constructivos se empleará como referencia el numeral 6 "Procesos Constructivos" de la Cartilla de Andenes de Bogotá (SDP, 2018), teniendo en cuenta que el Manual de Espacio Público vigente no contiene lineamientos específicos frente

este tipo de diseño, sin perjuicio de que con posterioridad la Secretaría Distrital de Planeación emita un pronunciamiento vinculante con respecto a ese numeral, caso en el cual, se deberá acoger dicho pronunciamiento.

Para los pompeyanos y las rampas de acceso a predios comerciales, en caso de ser superado el número de camiones considerado por la Cartilla de Andenes, deberá realizarse el diseño con base los criterios dados para diseño de pavimentos rígidos en el presente documento.

#### 11.3.9.1 Plano de localización de los Sectores de Diseño

Si aplica, se deberá presentar un "Plano de localización de los sectores de diseño" que muestre la implantación del proyecto, ubicando y nombrando las áreas correspondientes a cada sector diseño.

### 11.3.10 Recomendaciones de manejo de drenaje superficial y subsuperficial

Se deberán plantear las soluciones para el manejo de drenaje superficial y subsuperficial que apliquen según los requerimientos del proyecto. La solución debe incluir la definición de los materiales a emplear, su ubicación en planta y sección y un esquema o detalle de su configuración.

### 11.3.11 Análisis del potencial de reutilización de materiales reciclados y recomendaciones de implementación de residuos de construcción y demolición (RCD)

Se debe presentar el análisis para el empleo de materiales GCR y RCD según las disposiciones ambientales dadas en el numeral 11.2. Se debe indicar en cuáles capas es posible el empleo de dichos materiales y se debe incluir el cálculo que permita evidenciar que el diseño cumple con los requisitos mínimos dados en la normativa ambiental. De igual manera, las cantidades de obra deben incluir los materiales GCR y RCD.

### 11.3.12 Especificaciones generales y particulares

Se deberán indicar claramente las especificaciones generales y/o particulares de cada actividad o material requerido para la construcción del pavimento. Las especificaciones deben acogerse a lo indicado en el documento IDU- ET-IC-01 a menos que se requiera una especificación particular, la cual, deberá encontrarse debidamente justificada.

### 11.3.13 Estudio de Fuentes de Materiales, Canteras y Plantas de Producción de Mezclas

Se deberá realizar 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 verificando que los parámetros mecánicos de cada uno de los materiales propuestos cumplan con las especificaciones ET-IC-01 “Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público en Bogotá D.C.” del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

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.

### 11.3.14 Proceso constructivo

Se deberá describir la secuencia y recomendaciones que se requieran para la construcción de las estructuras de pavimento definidas.

### 11.3.15 Plan de ensayos para diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado

Se deberá presentar el cálculo de las cantidades de ensayos para el diseño de mezclas, control de calidad de materiales y/o sobre el producto terminado de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones ET-

IC-01, V4, sección "Condiciones de entrega para el recibo de los trabajos" de cada uno de los materiales que hacen parte del diseño.

### 11.3.16 Etapa de mantenimiento

Se deberán proyectar las actividades año a año requeridas para una etapa de mantenimiento de 5 años después de puesta en servicio de la obra (o el que se defina en los documentos particulares del contrato). Se debe presentar el cálculo de las cantidades de obra, teniendo en cuenta que los materiales y actividades deben cumplir con lo establecido en las Especificaciones ET-IC-01, o la versión vigente.

### 11.3.17 Cantidades de Obra

Con el propósito de determinar el costo asociado a la implementación de las obras propuestas, se deberán presentar los respectivos cuadros de estimación de cantidades de obra, los cuales deben estar soportados en las memorias de cálculo y planos 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: materiales, espesores, longitud, ancho, áreas y abscisas de cada sector de diseño, a fin de posibilitar cualquier verificación. Cuando el cálculo de los volúmenes sea ejecutado por el componente de diseño geométrico, se deberán anexar las carteras y se deberá verificar que los espesores empleados coincidan con los definidos en el diseño de pavimentos.

Las cantidades estimadas para el presupuesto deben incluir: código, descripción, unidad, cantidad, según el visor “Precios Unitarios de Referencia (Visor Base de precios vigente)”, que se encuentra disponible en el portal de la Entidad, al cual se puede acceder mediante el siguiente enlace: https://www.idu.gov.co/page/siipviales/economico/portafolio. Si el ítem requerido no se encuentra en la base de precios del IDU, en conjunto con el componente de presupuestos se deberá incorporar el ítem al presupuesto, siguiendo los requerimientos para la etapa de estudios y diseños de detalle dados por el componente de presupuestos.

Las cantidades de materiales RCD y GCR deben discriminarse en las cantidades y en el presupuesto, incluyendo sus respectivos: código, descripción, unidad, cantidad (También según visor IDU). Además, deberá presentarse el cálculo que valide el cumplimiento del porcentaje mínimo requerido por la normativa ambiental.

Las cantidades deben incluir la totalidad de los ítems requeridos para la ejecución de los diseños propuestos, tales como: activades preliminares (excavación, fresado, demolición, transporte y disposición, nivelación y compactación (cuando aplique la actividad), mezclas (asfálticas e hidráulicas), riegos (imprimación, liga), corte, sello, curado, aceros (dovelas, canastillas, amarre y refuerzo), mejoramientos (rajón, cal, cemento), sello, materiales granulares y estabilizados, filtros, subdrenes, geosintéticos y demás cantidades de materiales o actividades asociadas a las recomendaciones particulares del proyecto. De igual manera, se deben incluir los ítems y cantidades correspondientes a las actividades de la etapa de mantenimiento, dentro de las cuales pueden encontrarse: sellos de fisuras, sellos de juntas, parcheos, bacheos, etc.

Se deben incluir cantidades para rodaduras de puentes vehiculares (cuyos espesores deben estar acordes con los diseños del componente de estructuras), ciclorutas, materiales bajo la superficie de espacio público (materiales granulares o estabilizados de apoyo, mejoramientos, geosintéticos, etc), obras de desvíos.

Las cantidades calculadas e incluidas dentro del documento entregable del componente de pavimentos deben coincidir con las presentadas en los productos del componente de presupuestos y armonizadas con los demás componentes que las afecten, mencionen o incorporen, tales como: diseño geométrico, urbanismo, estructuras, etc.

### 11.3.18 Análisis de riesgos

Se deberán identificar y analizar los riesgos que pueden llegar a presentarse durante la ejecución de las obras e identificar aquellos aspectos del componente de pavimentos que puedan llegar a afectar el cronograma de obra que se defina para el proyecto, indicando la posible solución a dichos inconvenientes.

### 11.3.19 Conclusiones y Recomendaciones

Si se requirieron ajustes y/o complementaciones, en las conclusiones se deben resumir las consideraciones más relevantes que justifican dichos ajustes y/o complementaciones y el resumen de las estructuras derivadas de dichos ajustes y/o complementaciones.

Se 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, se deberán efectuar las recomendaciones en cuanto a aspectos relevantes a considerar en la etapa de construcción.

Deberán incluirse tablas, 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.

Se 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.

## 11.4 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.

En etapa de diseño, la consultoría, con acompañamiento y supervisión de la interventoría, gestionarán ante la Dirección Técnica de Inteligencia de Negocio e Innovación (DTINI) 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.

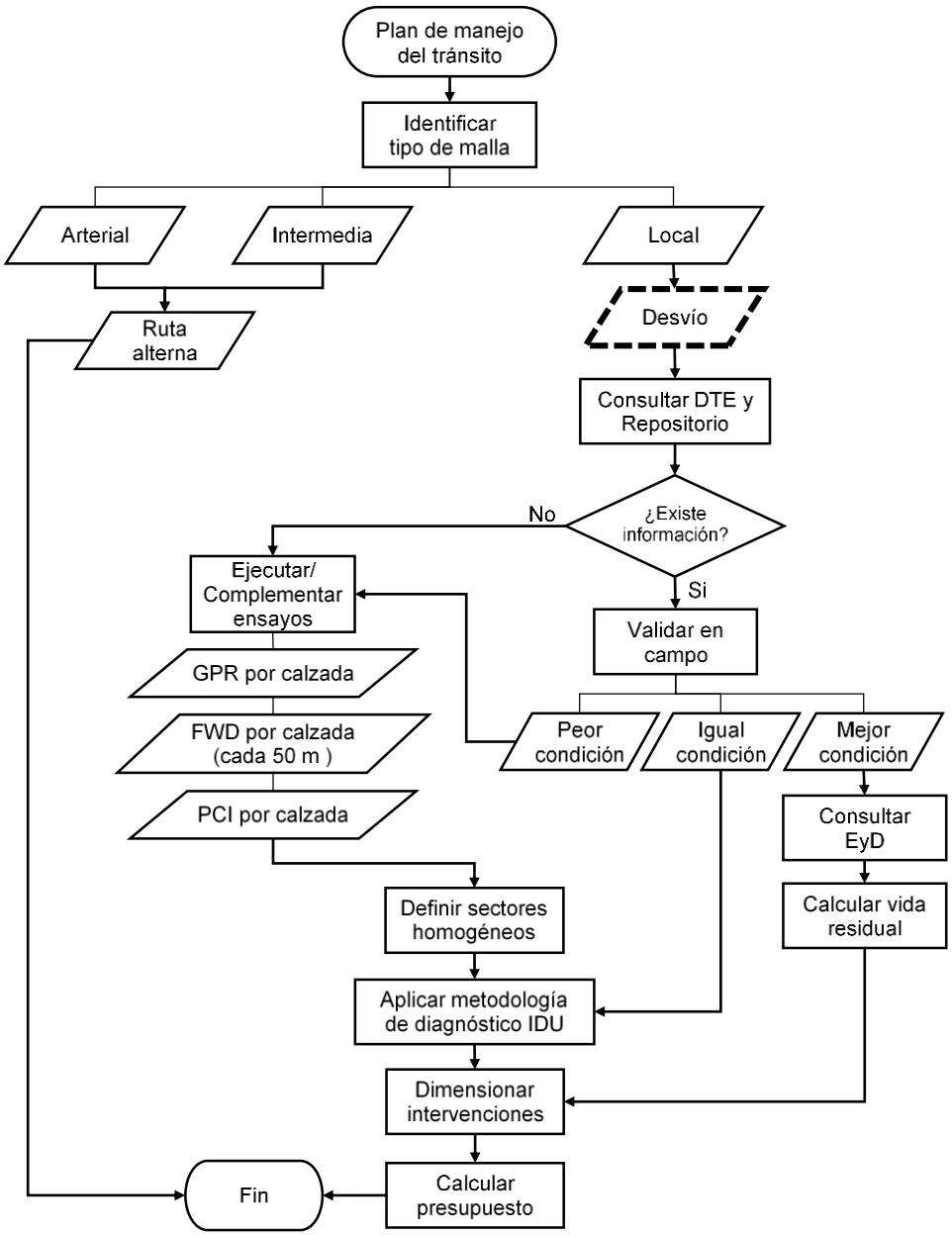
En caso de existir información, se efectuará una inspección visual preliminar para constatar que la condición superficial actual coincide con el inventario de deterioros y el índice de condición determinados en los estudios y/o diseños previos. Si las vías se encuentran en peor condición, se actualizarán 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, en etapa de diseño, la consultoría presentará un plan de inventario y diagnóstico de rutas de desvío para aprobación de la interventoría. 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).

***Diagrama de flujo para evaluación y diagnóstico de desvíos***




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 etapa 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 presente capítulo.

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.

## 11.5 ACCESOS A PUENTES VEHICULARES

En caso de requerirse ajustes o complementaciones en los diseños de los accesos al puente vehicular, se aplicarán los siguientes lineamientos:

La estructura del pavimento definida deberá tener en cuenta los materiales a emplear, los rellenos que componen los terraplenes de aproximación a los puentes y su comportamiento respecto a deformaciones o asentamientos. Además, se deberán tener en cuenta los lineamientos definidos en el presente documento.

## 11.6 ASPECTOS DE FORMA DE LOS PRODUCTOS O INFORMES, ANEXOS Y PLANOS

Los documentos (informe, anexos, planos, etc) deberán entregarse nombrados, firmados (cuando aplique), en formato editable y no editable, etc, según lo dispuesto en la guía IDU-IC-06 “Entrega de productos en formato digital de proyectos realizados en la infraestructura de los sistemas de movilidad y espacio público”, versión vigente.

Con el fin de que los documentos cuenten con uniformidad, coherencia y completitud, la estructura del informe, es decir los capítulos del producto (informe de diseño) corresponderán con los numerales de la tabla de Entregables de la etapa correspondiente.

Así mismo, los anexos deberán ser presentados en carpetas y subcarpetas y deberán incluir como mínimo el contenido que se describe en las viñetas dadas a continuación:

ANEXOS

Anexo 1 Registros de campo y ensayos de laboratorio
- Anexo 1-1 Planos de ubicación de los trabajos de campo (Editable y no editable firmado)
- Anexo 1-2 Exploración geotécnica
    - Registros de campo (No editable firmado)
    - Resultados de los ensayos de laboratorio (No editable firmado)
    - Registro fotográfico
    - Certificados de calibración
- Anexo 1-3 Diagnóstico
    - Resultados levantamiento de daños (Crudos, editables y no editables)
    - Resultados medición de deflexiones (Crudos, editables y no editables)
    - Patronamiento de equipos
    - Registro fotográfico

Anexo 2 Tránsito
- Informe de TPD (No editable firmado)
- Memorias de cálculo (Editable y no editable)
- Aprobación de la interventoría del informe de TPD

Anexo 3 Memorias de cálculo
- Memorias de cálculo (Editable y no editable)

Anexo 4 Cantidades de obra
- Planos (Editable y no editable)
- Memorias de cálculo (Editable y no editable)

Anexo 5 Fuentes de materiales
- Resultados de los ensayos de laboratorio (No editable firmado)

Anexo 6 Planos
- Planos generales (Editable y no editable firmado)
- Planos de detalle (Editable y no editable firmado)

Anexo 7 Especificaciones particulares

Los planos deben incluir como mínimo: norte, coordenadas, referenciación de calles, carreras o nombres de las vías, tabla de convenciones, así como la información general y de detalle que se requiera para la construcción o materialización de lo que se presenta en el plano. Así mismo, deben encontrarse firmados por los especialistas responsables de su elaboración y revisión.

## 11.7 EJEMPLOS

### 11.7.1 Verificación de Módulos Resilientes

**Descripción del procedimiento**

**Determinación del módulo resiliente de laboratorio**

Para establecer el módulo resiliente a partir del ensayo de laboratorio se puede seguir el siguiente procedimiento:

i. El módulo resiliente a partir de los ensayos de laboratorio se puede determinar mediante el modelo NCHRP 1-28A, (Guide for Mechanistic-Empirical Design, 2004, part 2, pág 2.2.66):

$$M_r = k_1 p_a \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{k_2} \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{k_3}$$

El esfuerzo octaédrico, $\tau_{oct}$ se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$\tau_{oct} = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}$$

En las cuales,
k1, k2 y k3, constantes obtenidas a partir de regresión múltiple.
Pa: presión atmosférica normalizada (101.3 MPa).
$\sigma 1$, $\sigma 2$ y $\sigma 3$: esfuerzos principales.
$\theta$: Primer invariante de esfuerzos o esfuerzo bulk.

ii. Las constantes k1, k2 y k3 corresponden a las constantes que se obtienen tras efectuar la regresión múltiple, ajustando los datos del ensayo a la ecuación, las variables son:
- Variable dependiente, y: $\text{Log}(Mr/Pa)$
- Variable independiente x1: $\text{Log}(\theta/Pa)$
- Variable independiente x2: $\text{Log}(\tau_{oct}/Pa+1)$

iii. Los resultados de la regresión corresponden a:
- Intercepto: log (k1)
- x1: k2
- x2: k3

De manera similar al procedimiento anterior, puede emplearse el siguiente modelo:

Base y subbase granulares (Guia AASHTO 93, pág II-20 a II-22):

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

Subrasante compuesta por suelos cohesivos (Pavimentos asfálticos de carreteras, Sánchez, Campagnoli):

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

En las cuales,
k1 y k2, parámetros obtenidos a partir de regresión con los datos del ensayo.
$\sigma d = (\sigma_1 - \sigma_3)$ esfuerzo desviador.
$\theta = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$. Primer invariante de esfuerzos.

**Verificación del módulo resiliente**

Para la verificación del módulo resiliente se puede efectuar el procedimiento que se describe a continuación:

i. Determinar las constantes k, procedentes del ensayo de módulo resiliente efectuado al material de la capa que se pretende evaluar.
ii. Establecer la estructura de pavimento a validar (módulos iniciales, espesores, relación de Poisson, etc.).
iii. Calcular los esfuerzos principales (horizontales y verticales) ocasionados por las cargas geostáticas (de cada capa de la estructura del pavimento)
iv. Determinar los incrementos en los esfuerzos producidos por la aplicación de las cargas vehiculares (Se obtienen mediante la modelación en programas de cálculo).
v. Calcular el esfuerzo desviador y/o el primer invariante de esfuerzos (Esfuerzo Bulk).
vi. Para los esfuerzos e invariante de esfuerzos y con base en los parámetros del ensayo de laboratorio, calcular el módulo resiliente.
vii. Comparar el módulo resiliente calculado con el módulo resiliente inicial de diseño, ajustar e iterar de ser necesario.

**Ejemplo de verificación del módulo resiliente**

**Resultados de laboratorio**

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

**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 |

**Coeficiente de presión de tierras**

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

Base y subbase:

$$k_o=1-sen40=0.36$$

Subrasante:

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

**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:

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

Subbase:

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

Subrasante:

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

**Esfuerzo horizontal debido al pavimento**

Base:

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

Subbase:

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

Subrasante:

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

**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 v (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:

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

**Esfuerzo horizontal total**

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

Base:

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

Subbase:

$$\sigma_{3total} = 0.57 + 2.19 = 2.76 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{3total} = 1.89\text{-}0.05 = 1.94 \text{ psi}$$

**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:

$$\sigma_{dload} = 6.16 - 2.22 = 3.94 \text{ psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{dload} = 2.46 - 2.19 = 0.27 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{dload} = 1.4 + 0.05 = 1.45 \text{ psi}$$

**Esfuerzo vertical debido al pavimento**

Base:

$$\sigma_{1pav} = 0.34/0.36 = 0.94 \text{ psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{1pav} = 0.57/0.36 = 1.58 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{1pav} = 1.89/0.82 = 2.3 \text{ psi}$$

**Esfuerzo desviador debido al pavimento**

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

Base:

$$\sigma_{dpav} = 0.94 - 0.34 = 0.6 \text{ psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{dpav} = 1.58 - 0.57 = 1.01 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{dpav} = 2.3 - 1.89 = 0.41 \text{ psi}$$

**Esfuerzo desviador total**

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

Base:

$$\sigma_{dtotal} = 3.94 + 0.6 = 4.54 \text{ psi}$$

Subbase:

$$\sigma_{dtotal} = 0.27 + 1.01 = 1.28 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$\sigma_{dtotal} = 1.45 + 0.41 = 1.86 \text{ psi}$$

**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:

$$\theta = (0.94+6.16)+2*2.56 = 12.22 \text{ psi}$$

Subbase:

$$\theta = (1.58+2.46)+2*2.76 = 9.56 \text{ psi}$$

**Módulo resiliente**

Base y subbase:

$$Mr = k_1 * \theta^{k_2}$$
$$Mr = 8{,}000 * 12.22^{0.6} = 35{,}920 \text{ psi}$$
$$Mr = 7{,}000 * 9.56^{0.5} = 21{,}643 \text{ psi}$$

Subrasante:

$$Mr = k_1 * \sigma_d^{k_2}$$
$$Mr = 10{,}500 * 1.86^{-0.7} = 6{,}800 \text{ psi}$$

### 11.7.2 Ejemplo Cálculo Espesores Pavimento Flexible

La verificación del diseño de pavimento flexible se debe efectuar para el espectro de cargas del proyecto siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

i. Llevar a cabo la predimensión del pavimento.
ii. Definir los espesores, módulos y relación de Poisson requeridos para la evaluación de los valores esperados de deformaciones y esfuerzos.
iii. Determinar las cargas por eje (Lx), con las cuales, se determina la carga por llanta (P).
iv. Establecer los radios de carga (a), con base en la presión de inflado y la carga por llanta (P).
v. Obtener las deformaciones máximas producidas por las cargas de tránsito, verificando como mínimo en las distancias 3a y 1.5a, medidas desde el centro de aplicación de la carga considerada. Las deformaciones máximas corresponden a las arrojadas por los programas de cálculo de cálculo de esfuerzos y deformaciones, ingresando los parámetros: módulos, espesores, relación de Poisson, etc.
vi. Calcular para cada tipo de eje, el número de ejes esperados, Ndis (columna ni).
vii. Para los esfuerzos y deformaciones máximos obtenidos, con base en la función de transferencia definida para diseño, calcular el número de ejes admisible Nadm.
viii. Para cada tipo de eje, calcular el Daño Relativo (Dr) como la relación entre número de ejes de diseño (esperados), Ndis y el número de ejes admisible, Nadm, es decir: Dr = Ndis/Nadm.
ix. Sumar o acumular los daños relativos de la totalidad de los tipos de ejes y comparar con los límites dados en el presente documento.

El ejemplo del procedimiento descrito es el siguiente:

**DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR - AASHTO/93**

| $D_{req}$ (in) | Di (in) | Di (cm) | ai | mi | $SN_{eff}$ | $SN_{req}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 (mm) | 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 (ton) | 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 | 0.1165 | - | - | 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]** | **0.91** | **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** |

Elaboró:

Loyda Marcela Rondón Vargas
Contratista – Especialista en Pavimentos
Dirección Técnica de Proyectos – DTP