

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 AL 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Cortesia: Diego Jaramillo

Organizan:



Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.



12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



Pavimentos de concreto en la ciudad de Bogotá

Diego Sánchez Fonseca
Instituto De Desarrollo Urbano
Bogotá - Colombia





1

Introducción

2

Selección de alternativas de pavimento

3

Pavimentos de concreto en Bogotá

4

Recomendaciones

5

Conclusiones

Introducción



Los tipos de pavimentos y materiales evaluados a través de los contratos de Consultoría y comúnmente empleados en calzadas para proyectos IDU son:

PAVIMENTO RIGIDO	
Capa	Material
Rodadura	Concreto hidráulico
Subbase	Subbase granular o tratada
Mejoramiento	Mejoramiento
Subrasante	Suelo natural

PAVIMENTO FLEXIBLE	
Capa	Material
Rodadura	Mezclas asfálticas
Base	Base granular
Subbase	Subbase granular
Mejoramiento	Mejoramiento
Subrasante	Suelo natural

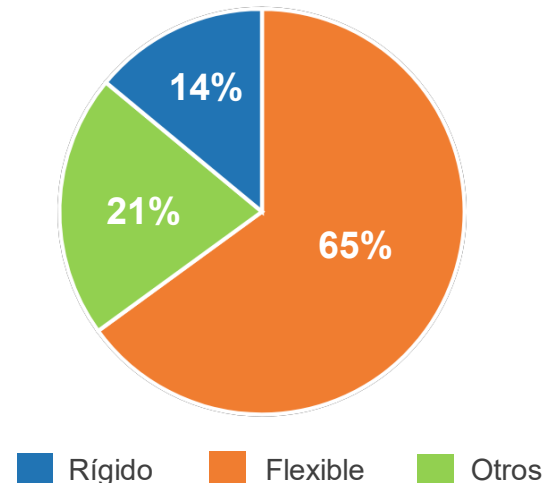
PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE	
Capa	Material
Rodadura	Mezclas asfálticas
Base	Base tratada con asfalto, cemento, etc
Subbase	Subbase granular
Mejoramiento	Mejoramiento
Subrasante	Suelo natural



Los tipos de pavimentos en Bogotá se distribuyen de la siguiente manera:

Parámetro	Cantidad (km-carril)
km totales de vía en Bogotá	14.559
Pavimento flexible	9.518 (65%)
Pavimento rígido	3.012 (21%)
Otros (articulado, afirmado)	2.028 (14%)

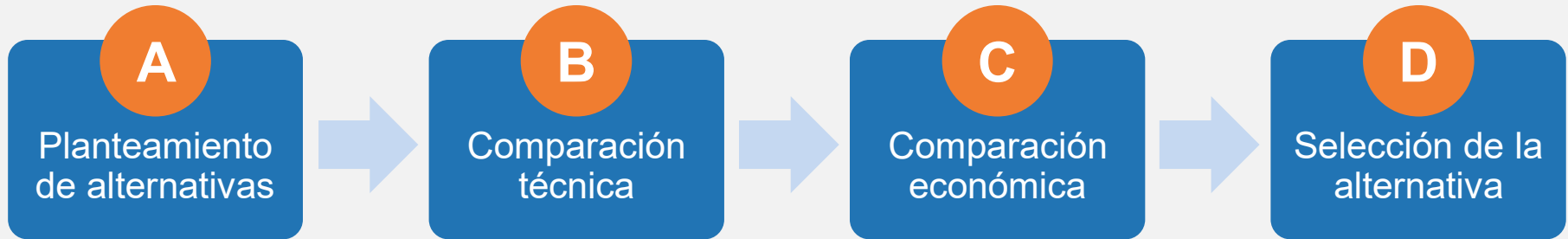
Tipo de pavimento en Bogotá



* La mayor parte de las calzadas exclusivas de las troncales están construidas en pavimento rígido.



El proceso de evaluación y selección de la alternativa de pavimento es el siguiente:



A. Planteamiento de alternativas



En los contratos de consultoría del IDU, el planteamiento de alternativas consiste en proponer diferentes tipologías de estructura de pavimentos en términos de rigidez de los materiales.

Actualmente, los anexos técnicos de los contratos de consultoría del IDU solicitan la evaluación mediante el análisis del ciclo de vida de al menos las siguientes tipologías:

**Pavimento
flexible**

**Pavimento
rígido**

**Reutilización parcial de la
estructura existente**



B. Comparación Técnica



Consiste en **plantear y evaluar criterios técnicos** relacionados con el proyecto y los materiales a emplear para el pavimento.

Algunos aspectos técnicos particulares relacionados con los proyectos son:

CRITERIOS TÉCNICOS PARTICULARES

Propuestas urbanísticas de color y/o texturizado superficial

Requerimientos topográficos o estructurales

Condiciones especiales de la subrasante o material de apoyo

Continuidad del material con respecto a las áreas adyacentes

Comparación de espesor de excavación requerido

Posibilidad de reutilización de materiales

C. Comparación Económica

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Consiste en **comparar los costos asociados al ciclo de vida** del pavimento (construcción, operación y conservación) de cada una de las tipologías.

Teniendo en cuenta que la vida útil de los materiales y requerimientos de mantenimiento de cada tipo de pavimento es diferente, con el fin de hacer comparables las tipologías, es necesario involucrar:



D. Selección de alternativa



La tipología seleccionada será la que demuestre ser **técnica y/o económicamente más conveniente** para las condiciones particulares del proyecto.





Lineamientos generales: Se debe dar cumplimiento a la normativa ambiental en cuanto a empleo de materiales RCD y GCR:

NORMATIVA AMBIENTAL

RCD
(Residuos de
Construcción y
Demolición)

Resoluciones 1257
de 2021 y 472 de
2017 del Ministerio
de Ambiente y
Desarrollo Sostenible

Contratos que finalicen a partir del 1 de enero del año 2023 deberán cumplir con una meta de aprovechamiento del 25% del total de RCD. A partir del año 2026 deberán cumplir con el 50% y a partir del 1 de enero de 2030 con el 75%.

GCR
(Grano de
Caucho
Reciclado)

Decretos 586 de
2015, 442 de 2015 y
265 de 2016 de la
Alcaldía Mayor de
Bogotá.

Mínimo el 25% del
volumen total de
mezcla asfáltica





Lineamientos Generales para pavimentos de concreto hidráulico: En contratos IDU, se deben tener en cuenta las Especificaciones Técnicas de Construcción IDU ET-IC-01. Para concreto hidráulico se tienen las secciones:

SECCIONES RELACIONADAS CON CONCRETO HIDRÁULICO

800-18	Pavimentos de concreto hidráulico
801-18	Instalación de concreto estampado para superficies de tránsito peatonal y vehicular
810-18	Concreto autocompactante
811-18	Concreto masivo
900-18	Sellado de fisuras y reposición de sello de juntas
910-18	Reposición total o parcial de losas de concreto hidráulico



Lineamientos para Diseño de pavimentos rígidos:

- Metodología de diseño a emplear: Desarrollada por la **PCA** (*Portland Cement Association*).
- Tener en cuenta los **parámetros operacionales** suministrados por el Sistema de Transporte Masivo.
- Metodología para la determinación del estado superficial del pavimento en servicio: **PCI** (Pavement Condition Index)





Lineamientos para Diseño de pavimentos rígidos:

Las Especificaciones Técnicas de Construcción IDU ET-IC-01 incluyen criterios, entre otros, para selección de:

ET-IC-01 – SECCIÓN 800 - 18

Módulo de rotura del concreto (MR)

Límite de fluencia del acero (fy)

Productos de curado

Productos para sellado de juntas

Materiales de capas inferiores





Lineamientos para Diseño de pavimentos rígidos:

- Para diseño de patios, establecer las cargas por eje teniendo en cuenta que el bus circula vacío.
- Para los demás casos, tener en cuenta las cargas máximas legales vigentes:

Tipo de vehículo	Normativa
Camiones	Resolución 4100 de 2004 (Ministerio de Transporte)
Autobuses convencionales	Norma Técnica Colombiana NTC 4901-03
Buses articulados	Norma Técnica Colombiana NTC 4901-01



Lineamientos para diseño de pavimentos rígidos:

- Se deben incluir planos de **modulación de losas**, incluyendo **detalles** constructivos para las juntas.
- Es necesario calcular y presentar las **especificaciones del acero** de juntas y refuerzo (diámetro, longitud, separación y límite de fluencia).
- Se deben calcular la totalidad de las **cantidades de obra** necesarias para su ejecución.





Lineamientos para construcción de pavimentos rígidos: Priman las Especificaciones Técnicas de Construcción IDU ET-IC-01 e incluyen disposiciones sobre:

Sección 800-18 – PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	
800.2	Materiales (agregados, cementante, agua, aditivos, etc.)
800.3	Diseño de mezclas y obtención de fórmula de trabajo
800.4	Equipos (producción, transporte, extendido y compactación, curado, acabado, etc.)
800.5	Ejecución de los trabajos (extendido, compactación, instalación de formaleta, curado, corte, sello, apertura al tránsito, etc)
800.6	Controles y recibo de los trabajos (ensayos de control de calidad en obra a materiales y producto terminado, tolerancias, etc.)



Lineamientos para conservación de pavimentos rígidos: Priman las Especificaciones Técnicas de Construcción IDU ET-IC-01 e incluyen disposiciones sobre actividades de conservación:

SECCIONES 900-18 Y 910-18 – SELLO DE FISURAS, REPOSICIÓN DE SELLO DE JUNTAS Y REPOSICIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

900.2 y 910.2	Materiales
900.3 y 910.3	Equipos
900.4 y 910.4	Ejecución de los trabajos
900.5 y 910.5	Controles y recibo de los trabajos



Requerimientos técnicos especiales: En algunos proyectos, se tienen requerimientos técnicos que hacen que prime una tipología o el empleo de un material específico sobre otros.

Debido a las experiencias favorables con las troncales en operación, los diseñadores usualmente proponen:

- En calzadas exclusivas del Sistema de Transporte Público Masivo, superficies en **concreto hidráulico**.
- De igual manera, se propone el empleo de **mezcla asfáltica densa en caliente (MDC)** de espesor mínimo 5 cm bajo las losas de concreto, como capa de control de erosión.

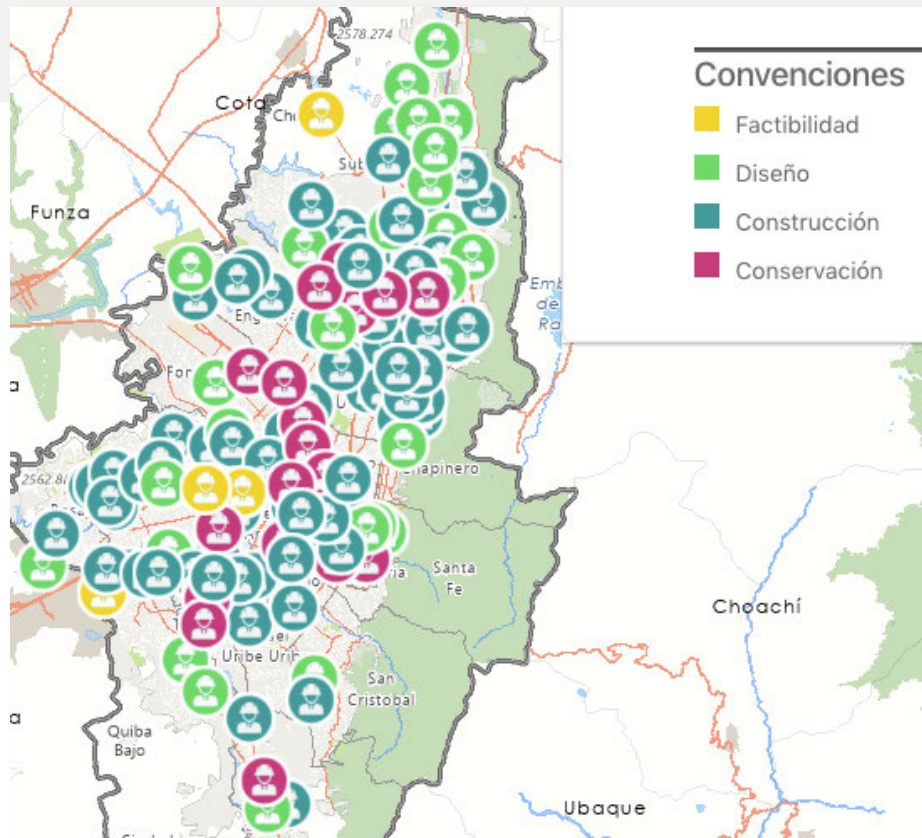




Troncales en estructuración y ejecución:

Actualmente, se encuentran en proceso licitatorio para construcción y en ejecución de obra proyectos de gran importancia que involucran el concreto hidráulico en la estructura de pavimento como:

- Corredor Verde (Carrera 7)
- Av. Congreso Eucarístico (Av. 68)
- Av. Ciudad de Cali – Tramo 1
- Av. Centenario (Calle 13)

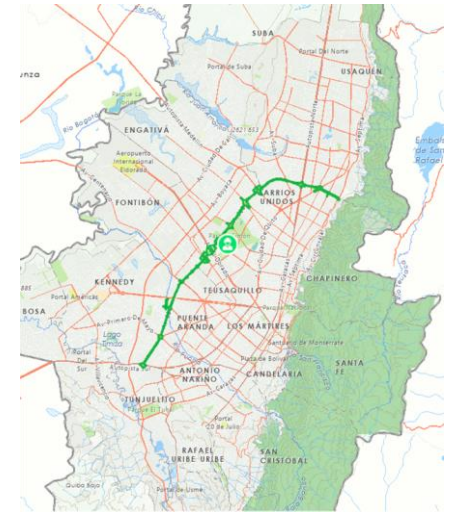


Av. Congreso Eucarístico (Av. 68)



Adecuación al sistema TRANSMILENIO de la Av. Congreso Eucarístico (carrera 68) desde la Autopista Sur hasta la Carrera 9.

Metas Físicas	Cantidad
km Troncal	17
km-carril malla vial arterial	121
Puentes vehiculares	6
Pasos deprimidos	8
Puentes peatonales	13
Estaciones	21
Patios Taller	1



Av. Congreso Eucarístico (Av. 68)

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



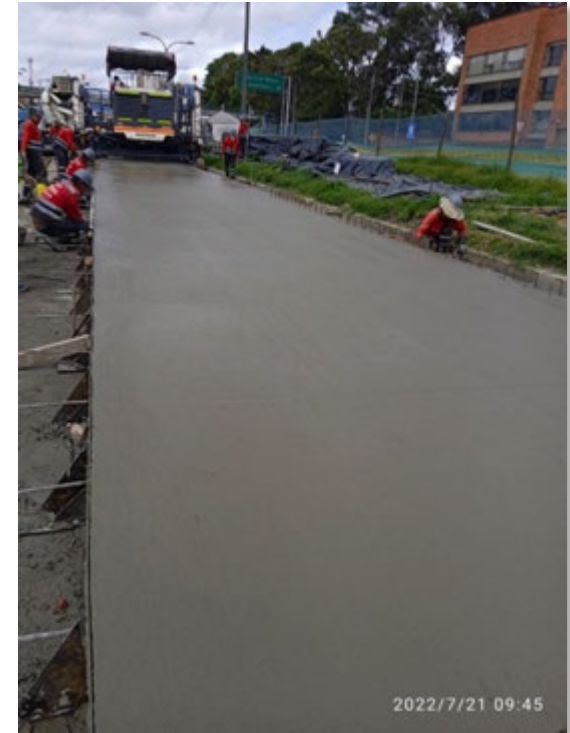
- La Av. 68 se encuentra en construcción con **calzadas exclusivas** en superficie de **concreto hidráulico sobre mezcla asfáltica densa en caliente**.
- Los espesores de losa son del orden de **30 cm** y 5 cm de mezcla asfáltica densa en caliente.
- Las **calzadas mixtas** se encuentran en construcción, principalmente con pavimentos **semi-flexibles**.





Equipos de extendido y compactación: En algunos sectores se emplea **pavimentadora de formaleta deslizante** para la construcción.

Se busca mejorar el perfil superficial de los pavimentos del sistema BRT.





Equipos de extendido y compactación: Se emplean también, equipos de **rodillos vibratorios** sobre formaletas fijas.



Av. Ciudad de Cali – Tramo

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Adecuación al sistema TRANSMILENIO de la Av. Ciudad de Cali – Tramo 1, desde la Av. Circunvariar del Sur hasta la Av. Manuel Cepeda Vargas.

Metas Físicas	Cantidad
km Troncal	7.4
Km-carril malla vial arterial	31
Glorietas	1
Puentes peatonales	1
Estaciones	8



Av. Ciudad de Cali – Tramo

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



- Para la Troncal avenida Ciudad de Cali, el diseñador seleccionó la alternativa en pavimento rígido para el Sistema de Transporte Público Masivo.
- Se plantearon losas de concreto con espesores que **varían entre 29 y 32 cm**, sobre 5 cm de mezcla asfáltica densa en caliente.
- También, se seleccionó pavimento semi-flexible para las calzadas mixtas.



Volúmenes concreto M3



AVENIDA CARRERA 68

GRUPO 1	10.985	m3
GRUPO 2	7.133	m3
GRUPO 3	4.152	m3
GRUPO 4	7.200	m3
GRUPO 5	3.698	m3
GRUPO 6	7.322	m3
GRUPO 7	11.146	m3
GRUPO 8	4.500	m3
GRUPO 9	6.954	m3
TOTAL	63.090	m3

AVENIDA CIUDAD DE CALI

GRUPO 1	9.735	m3
GRUPO 2	10.739	m3
GRUPO 3	7.716	m3
GRUPO 4	2.777	m3
TOTAL	30.967	m3

TOTAL: 94.057 M3

Av. Centenario (Calle 13)



Adecuación de la Nueva Calle 13 al Sistema de Transporte Público Masivo, desde el límite occidental del Distrito hasta la conexión con la intersección de Puente Aranda.

Metas Físicas	Cantidad
Km Troncal	11,4
Carriles mixtos	4 por sentido
Carriles exclusivos	2
Estaciones	14
Patios taller	1



Av. Centenario (Calle 13)



Se planteó, tanto para las **calzadas exclusivas**, como para las de **tráfico mixto**, pavimento en concreto hidráulico sobre mezcla asfáltica densa en caliente de 5 cm de espesor.

Las losas de concreto hidráulico están diseñadas con espesores que varían así:

Calzada	Espesor (cm)
Sistema de Transporte Masivo	30 a 32
Mixta	25 a 29



Corredor Verde Carrera 7

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Debido a **requerimientos** de sostenibilidad, señalización, urbanísticos, etc, se plantean superficies de diferentes colores y texturas, lo que **favorece el empleo de concreto hidráulico** en algunas áreas.



Corredor Verde Carrera 7

12^o Congreso Iberoamericano de
Pavimentos de Concreto
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE
LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Para el Corredor Verde se plantea:

Ubicación	Tipología
Calzadas mixtas y exclusivas	Concreto hidráulico
Pompeyanos y vías compartidas	Concreto hidráulico estampado y coloreado
Ciclorutas	Concreto hidráulico coloreado
Espacio público	Concreto hidráulico estampado y coloreado





Se han identificado algunos aspectos o criterios comunes por parte de los diseñadores:

- En zonas como rampas de **accesos a puentes**, usualmente se proponen pavimentos **flexibles o semi-flexibles**.
- Para vías con **subrasantes naturales muy blandas** o materiales de apoyo altamente **deformables**, los consultores generalmente plantean pavimentos **flexibles**.





- En proyectos con **pendientes muy elevadas**, los consultores usualmente recomiendan el empleo de pavimentos **rígidos**.
- Cuando se trata de **intervenciones puntuales** se tiende a **restituir** el pavimento con material de la misma tipología existente.





Para zonas o vías especiales:

- En **vías pacificadas y pompeyanos** usualmente se emplea superficie en concreto hidráulico **estampado** con o sin color.
- En **accesos vehiculares a predios comerciales** de alto tráfico vehicular tipo camión (como estaciones de servicio) se tiende a proponer **concreto hidráulico**.





Como materiales u obras complementarias a la estructura de pavimento se han propuesto:

- **Av. Santa Bárbara, Av. Jorge Uribe Botero y Av. Guayacanes:** Se propuso el uso de geoceldas y otros geosintéticos.
- **Patio Gaco y Puente vehicular Calle 153:** Se diseñaron empleando **cenizas volantes** como material de relleno aligerado para alcanzar la cota de rasante requerida, reduciendo asentamientos por consolidación de las arcillas blandas de fundación.





- **Av. Contador:** Confinamiento con pantallas pre-excavadas en zonas adyacentes al canal.
- **Av. Santa Bárbara, Av. Jorge Uribe Botero, Av. Boyacá y Av. San Antonio:** Bajo la estructura del pavimento, terraplén o redes, se plantearon **pilotes de madera** en algunos sectores con presencia de suelos muy blandos, para reducir asentamientos (inserciones de módulo controlado).





Para la evaluación, selección y diseño de los pavimentos se recomienda: Tener en cuenta las consideraciones de diseño de los **demás componentes** involucrados en el proyecto, como mínimo:

Componentes a tener en cuenta

Diseño geométrico (planta, perfil y secciones)

Diseño urbanístico (textura/color)

Tránsito (tipo y magnitud)

Geotecnia (suelos especiales)

Forestal (especies arbóreas)

Redes hidrosanitarias (alcance de la intervención)

Ambiental (aprovechamiento de RCD y GCR)





También se recomienda para los diseños, construcción y conservación de pavimentos tener en cuenta:

- Los **cuerpos de agua cercanos** (vallados, canales, ríos, quebradas, etc) y posición del nivel freático.
- Presencia de **zonas verdes adyacentes**.
- Diseñar de manera particular los **detalles** que pueden provocar fallas de pavimento como: juntas, zonas de pozos, zonas especiales de construcción, etc.
- Adecuados **controles** de calidad durante la construcción y ejecución de actividades de conservación.





De lo anterior se concluye que:

- Los contratos IDU establecen el requerimiento de plantear y evaluar técnica y económicamente diferentes alternativas de pavimento.
- Para contratos IDU se deben seguir, principalmente, los lineamientos dados por las Especificaciones Técnicas de Construcción ET-IC-01.
- Algunos proyectos pueden tener requerimientos técnicos que condicionen el tipo de pavimento a emplear. Cuando se requiere dar texturas o colores especiales, generalmente, se emplea concreto hidráulico.
- En Troncales, se han obtenido buenos resultados del empleo de concreto hidráulico sobre mezcla densa en caliente.



El IDU, en su trayectoria de coordinador del desarrollo físico de la ciudad busca:

- Mejorar las técnicas constructivas con el propósito de obtener vías más durables y de mejor calidad, así como cada día más amigables para los ciudadanos
- Modernizar sus especificaciones, adaptándolas a las condiciones y materiales disponibles, caracterizado por la presencia de subrasantes muy blandas, materiales con limitaciones de comportamiento, climas adversos y tráfico muy intenso.
- Optimizar las inversiones de manera que sea posible multiplicar los recursos e incentivar el desarrollo.

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 AL 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



Gracias

www.idu.gov.co

