ALCALDÍA DE SINCELEJO

Sincelejo
Unidos transformamos más

DISEÑO DE PAVIMENTO

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
ALCALDIA MUNICIPAL DE SINCELEJO

PROYECTO:

REPOSICIÓN DE LOSAS DE PAVIMENTO RIGIDO EN VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE SINCELEJO

ESTUDIOS Y DISEÑOS NECESARIOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE SINCELEJO.

SINCELEJO – SUCRE
2023

Contenido

1. GENERALIDADES. 3
1.1. INTRODUCCIÓN. 3
1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO. 3
1.3. OBJETIVO GENERAL - PROPÓSITO. 3
2. INFORME TECNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS. 3
2.1. DAÑOS EN LOS PAVIMENTOS. 3
2.1.1 FISURACIÓN TRANSVERSAL. 3
2.1.2 FISURACIÓN LONGITUDINAL. 4
2.1.3 ROTURAS DE ESQUINA. 5
2.1.4 EROSIÓN POR BOMBEO. 6
2.1.5 LEVANTAMIENTO DE LOSAS. 7
2.1.6 DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS. 7
2.1.7 PIEL DE COCODRILO. 8
2.1.8 LOSAS SUBDIVIDIDAS. 9
2.1.9 DISLOCAMIENTO. 10
2.1.10 HUNDIMIENTO. 10
2.1.11 DESCASCARAMIENTO Y FISURAS CAPILARES. 11
2.1.12 PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE. 12
2.1.13 PELADURAS. 12
2.1.14 BACHES. 13
2.2. ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS. 14
2.3. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL. 15
2.3.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO. 15
2.3.2 SOBRECAPA ASFÁLTICA SOBRE PAVIMENTO RÍGIDO. 16
2.3.3 BACHEO Y/O PARCHEO. 18
3. ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO. 19
3.1. ANALISIS DEL TRÁNSITO. 19
3.2. ANÁLISIS DE LA SUBRASANTE. 20
3.2.1 CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN (K). 20
3.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO. 21
3.3.1 UNIDAD DE DISEÑO 1. 21

1. GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El municipio de Sincelejo (Sucre) a través de la secretaria de infraestructura ha adelantado los estudios y diseños para el mejoramiento y rehabilitación de la malla vial del municipio con el fin de mejorar la serviciabilidad de las mismas.

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vía. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc., que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

En el presente documento se encuentran los estudios y diseños necesarios para la rehabilitación de la malla vial del municipio de Sincelejo.

1.2. ALCANCE DEL ESTUDIO.

El estudio comprende un informe técnico del estado actual de las vías, las alternativas propuestas para su rehabilitación, especificaciones técnicas y procedimientos constructivos recomendados, programa de adaptación de la guía de manejo ambiental y presupuesto y cronogramas estimados.

1.3. OBJETIVO GENERAL - PROPÓSITO.

Rehabilitar la malla vial del Municipio de Sincelejo a través de la repavimentación de sus principales vías urbanas para garantizar la movilidad y mejorar el nivel de serviciabilidad.

2. INFORME TECNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS.

Los pavimentos (rígido y flexible) pueden fallar debido a varias causas, a continuación, se describen las patologías más comunes para luego ilustrar los daños encontrados en cada una de las vías estudiadas del municipio de Sincelejo.

2.1. DAÑOS EN LOS PAVIMENTOS.

2.1.1 FISURACIÓN TRANSVERSAL.

Son fisuras con orientación predominante perpendicular al eje de la calzada. (Tolano, 2012)

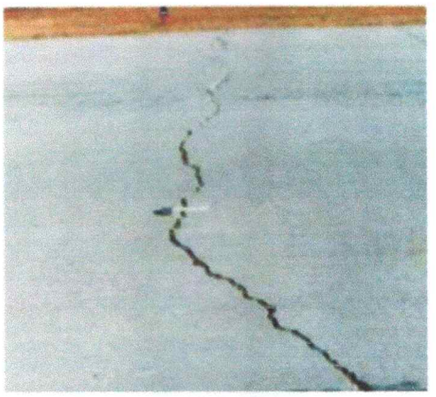


Figura 11. *Fisuración transversal.*

Causas posibles:

a) Fisuración temprana por aserrado tardío.
b) Fisuración por fatiga: espesor de calzada insuficiente y/o separación de juntas excesivas para las solicitaciones impuestas (cargas de tránsito y medio ambientales).
c) Pérdida de soporte por erosión.
d) Reflexión de fisuras de capas inferiores o de losas adyacentes.

Como evitarlas:

a) Selección de espesores de calzada adecuados a las solicitaciones impuestas.
b) Diseño adecuado de juntas.

Reparación:

a) Para niveles de severidad baja y media, sellar.
b) Para niveles de severidad alta, recarpetear con un espesor adecuado o reconstruir completamente la carpeta.

2.1.2 FISURACIÓN LONGITUDINAL.

Son fisuras con orientación predominante paralela al eje del pavimento. (Tolano, 2012)



Figura 2. *Fisuración longitudinal.*

Causas posibles:

a) Fisuración temprana por aserrado tardío.
b) Fisuración por fatiga: espesor de calzada insuficiente y/o separación de juntas excesivas para las solicitaciones impuestas (cargas de tránsito y medio ambientales).
c) Asentamientos diferenciales.
d) Reflexión de fisuras de capas inferiores o de losas adyacentes.

Como evitarlas:

a) Diseño adecuado de juntas.
b) Control de heterogeneidades en la subrasante.

Reparación:

a) Para niveles de severidad baja y media, sellar.
b) Para niveles de severidad alta, recarpetear con un espesor adecuado o reconstruir completamente la carpeta.

2.1.3 ROTURAS DE ESQUINA.

Son fisuras que intersecta una junta transversal con una junta longitudinal o borde de calzada orientada en general a 45° del eje del pavimento. (Tolano, 2012)

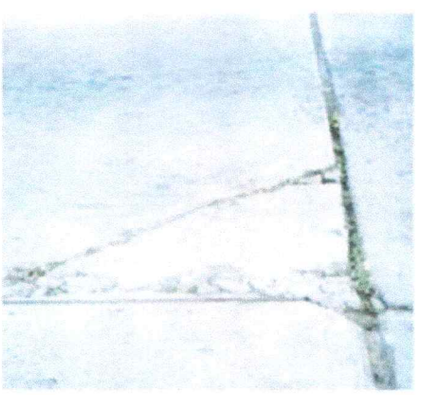


Figura 3. *Roturas de esquina.*

Causas posibles:

a) Pobre transferencia de carga.
b) Losas con ángulos agudos.
c) Alabeo térmico.
d) Sobrecarga en las esquinas.
e) Pérdida de soporte por erosión.

Como evitarlas:

a) Transferencia de carga adecuada en tránsito pesado.
b) Diseño de juntas en superficies de geometría irregular.
c) Provisión de una subbase resistente a la erosión bajo el tránsito.

Reparación:

a) Para niveles de severidad baja y media, sellar.
b) Para niveles de severidad alta, recarpetear con un espesor adecuado o reconstruir completamente la carpeta.

2.1.4 EROSIÓN POR BOMBEO.

El movimiento del agua (con material de suspensión) ubicado debajo de la losa o su eyección hacia la superficie como resultado de la presión generada por la acción de cargas. (Tolano, 2012)



Figura 3. *Erosión por bombeo.*

Causas posibles (deben coexistir los siguientes factores):

a) Material fino capaz de entrar en suspensión (arenas finas y limos)
b) Disponibilidad de agua en las capas inferiores al pavimento.
c) Deflexiones excesivas en los bordes y esquinas.

Como evitarlas:

a) Provisión de una subbase resistente a la erosión bajo el tránsito. (Ej: suelo-cemento).

b) Evitar el ingreso de agua y/o facilitar su pronta remoción (Ej: sellado de juntas).

2.1.5 LEVANTAMIENTO DE LOSAS.

Movimiento localizado hacia arriba de la superficie de pavimento en zona de juntas o fisuras, por lo general acompañado de una defragmentación. (Tolano, 2012)



Figura 5. *Levantamiento de losas.*

Causas posibles:

a) Entrada de materiales incomprensibles en la zona de junta. Expansiones térmicas excesivas.
b) Inadecuado diseño de juntas en intersecciones y contra estructuras fijas.
c) Expansiones por reacción álcali – sílice.

Como evitarlas:

a) Diseño adecuando de juntas en intersecciones.
b) Especificar materiales de sellos adecuados que prevengan la filtración de agua y materiales incomprensibles.

2.1.6 DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS.

Desfragmentación localizada en los labios de las juntas o fisuras. (Tolano, 2012)

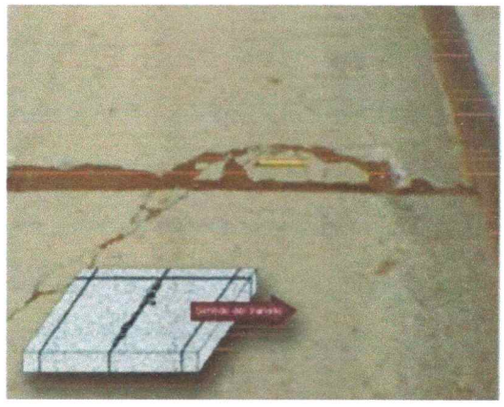


Figura 6. *Desportillamiento de juntas.*

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

Causas posibles:

a) Entrada de materiales incomprensibles en las juntas o fisuras.
b) Concreto debilitado por falta de compactación, de durabilidad o por aserrado prematuro o por retiro de moldes en juntas de construcción, impactos excesivos al momento de retirar la formaleta.

Como evitarlas:

a) Especificar materiales de sellos adecuados que prevengan la filtración de agua y materiales incomprensibles.
b) Uso de desmoldantes para prevenir impactos sobre la formaleta que afecten los labios de la junta.

2.1.7 PIEL DE COCODRILO.

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. Este deterioro comienza en la parte inferior de la capa de rodadura donde los esfuerzos y deformaciones son mayores bajo la acción de las cargas. (Tolano, 2012)

Este tipo de daño no es común en capas de material asfaltico colocadas sobre placas de concreto rígido.



Figura 7. *Piel de cocodrilo.*

Causas posibles:

a) Fatiga de las capas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible.
b) Espesor de estructura insuficiente.
c) Condiciones de soporte deficientes.
d) Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares

Como evitarla:

a) Elaborar un buen diseño estructural.

b) Emplear materiales de bases no erodables.
c) Compactar la subrasante de acuerdo a las especificaciones.
d) Empleo de drenajes para evitar infiltraciones.

Como repararla:

a) Se remueve la superficie del pavimento y la base hasta la profundidad que sea necesaria para alcanzar un apoyo firme, fuera del área fisurada. Esto significa que parte del material de la subrasante tendría que ser también removido.
b) Realizar un parchado con concreto hidráulico.
c) Reemplazar una losa nueva.

2.1.8 LOSAS SUBDIVIDIDAS.

Movimiento localizado hacia arriba de la superficie en zona de juntas o de fisuras, por lo general acompañado de una defragmentación. (Tolano, 2012)



Figura 8. *Losas subdivididas.*

Causas posibles:

a) Entrada de materiales incomprensibles en la zona de la junta. Expansiones térmicas excesivas.
b) Inadecuado diseño de juntas en intersecciones y contra estructuras fijas.
e) Expansiones por reacción álcali – sílice.

Como evitarla:

a) Diseño adecuado de juntas de intersecciones.
b) Especificar materiales de sellos adecuados que prevengan la filtración de agua y materiales incomprensibles.

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

2.1.9 DISLOCAMIENTO.

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras. (Tolano, 2012)

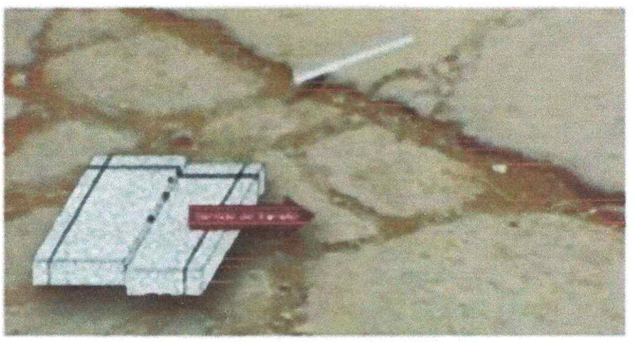


Figura 9. *Dislocamiento.*

Causas posibles:

a) Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, a disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

Como evitarla:

a) Mantenimiento preventivo de juntas.
b) Colocación adecuada del acero de transferencia.
c) Buena compactación del material de soporte.
d) Empleo de drenajes para evitar infiltraciones de aguas subterráneas que afecten los materiales de soporte. Losas no erodables.

2.1.10 HUNDIMIENTO.

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañada de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento. (Tolano, 2012)



Figura 4. *Hundimiento.*

Causas posibles:

a) Asentamiento o consolidación de la subrasante.
b) Zonas contiguas a estructuras de drenaje o retención.
c) Deficiente compactación inicial.
d) Asentamientos diferenciales.
e) Deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.

Como evitarla:

a) Buena compactación a los materiales de soporte.
b) Abatimiento del nivel freático cercano a la estructura.
c) Correcto proceso constructivo. Empleo de drenajes.

2.1.11 DESCASCARAMIENTO Y FISURAS CAPILARES.

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120 °. (Tolano, 2012)



Figura 5. *Descascaramiento y fisuras capilares.*

Causas posibles:

a) Exceso de acabado del concreto fresco.
b) Exudación de mortero y agua, debilitando el concreto frente a la retracción.
c) Armaduras de acero muy próximas a la superficie.

Como evitarla:

a) Buenos procesos constructivos.
b) Espesores de recubrimientos en losas reforzadas acordes a las especificaciones.

2.1.12 PULIMIENTO DE LA SUPERFICIE.

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.



Figura 12. *Pulimiento de la superficie.*

Causas posibles:

a) Exposición de placas de concreto a tránsito prematuro.
b) Calidad pobre del concreto.
c) Agregados de naturaleza degradable.

Como evitarla:

a) Apertura al tránsito de acuerdo a las especificaciones técnicas de los concretos utilizados según su resistencia de diseño.
b) Buena calidad en el concreto.

2.1.13 PELADURAS.

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por perdida de material fino desprendido de matriz arena cemento de concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades. (Tolano, 2012)



Figura 13. *Peladuras.*

Causas posibles:

a) Efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría).
b) Deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.)

Como evitaria:

a) Calidad en el concreto.
b) Buenos procesos constructivos (tiempos de vibrado, curados).

2.1.14 BACHES.

Descomposición o desintegración de la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares. (Tolano, 2012)



Figura 14 *Baches.*

Causas posibles:

a) Fundaciones y capas inferiores inestables.
b) Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
c) Defectos constructivos.
d) Retención de agua en zonas fisuradas.

e) Acción abrasiva del tránsito provocando fisuras en bloque que posteriormente originan los baches.

Como evitarla:

a) Mantenimiento preventivo a losas de concreto.
b) Buena compactación de las capas de soporte.
c) Excelentes procesos constructivos.
d) Manejo de aguas superficiales y drenaje efectivo.

Como repararla:

a) Se mueve la superficie del pavimento y la base hasta la profundidad que sea necesaria para alcanzar apoyo firme, fuera del área fisurada.
b) Parchado con concreto hidráulico.
c) Reemplazar una losa nueva.

2.2. ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS.

La malla vial del Municipio de Sincelejo presenta un avanzado estado de deterioro que afecta la serviciabilidad de las mismas, y por ende al usuario. En su gran mayoría la red estudiada está construido en pavimento rígido el cual presenta pulimiento acelerado en su superficie, peladuras, fisuras longitudinales y transversales, subdivisiones y en casos extremos fracturación total de la placa.

En algunas de las vías en estudio se observa la presencia de intervenciones anteriores con el ánimo de utilizar la capacidad portante presente aún en el pavimento rígido y dar servicio en el menor tiempo posible a la vía a través de una repavimentación, a esto se le suma la presencia de servidumbres debajo del pavimento existente que dificultarían el cambio total de la estructura de pavimento, a través del tiempo en estas intervenciones se ha producido la reflexión de las juntas en el pavimento flexible. La ausencia de cunetas para el confinamiento y evacuación de aguas superficiales, produjo desprendimiento de la carpeta asfáltica cercana a los bordillos.

De las vías en estudio se presenta la carrera 4 en un tramo de longitud de 4 Km desde la entrada a Sincelejo a la altura de la vía palmito hasta intersección el maizal en estas se presentan fisuras, piel de cocodrilo, baches, ahuellamiento las cuales se pretenden intervenir puntualmente.

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

2.3. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MALLA VIAL.

Como solución a la patología presente en la malla vial se recomienda la siguiente intervención:

- Reemplazo de la estructura de pavimento rígido en colapso total. Se considera que un pavimento de concreto simple con juntas, requiere mejoramiento estructural cuando el 10% o más de las losas del carril exterior presentan grietas estructurales. (Sanchez)
- En intersecciones se recomienda el uso de pavimento de concreto hidráulico exclusivamente, donde el flujo de agua atacaría perpendicularmente la carpeta de asfalto de llegarse a instalar, en caso de un flujo paralelo se recomienda el uso de cunetas.
- Repavimentación con mezcla asfáltica en el resto de la longitud de la vía, siempre y cuando la losa no presente colapso total, de ser así esta debe reemplazarse antes de aplicar la carpeta asfáltica.
- Se recomienda el uso de geotextil para repavimentación, parcheo y/o bacheo y así evitar el reflejo de juntas, grietas y/o fisuras de forma prematura en la carpeta asfáltica instalada.
- Evitar obstáculos que produzcan el desvío y turbulencia en corrientes de agua y que se dirijan hacia el centro de la vía o se desplacen relativamente en el borde, tales como las rampas para acceso de vehículos y motos.
- Las vías en estudio presentan un bombeo para la evacuación de las aguas superficiales con sus respectivos sistemas de captación, como lo son rejillas y cunetas, por lo tanto, se debe evitar interrumpir la escorrentía superficial con la carpeta asfáltica, este manejo se debe dar con el uso de cunetas en concreto hidráulico.

Para los daños mencionados anteriormente se sugieren tres intervenciones para rehabilitar la malla vial, las cuales se aplicarán de acuerdo al estado de los componentes de cada vía.

2.3.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO.

La estructura de pavimento hidráulico consiste en una capa de subbase granular estabilizada con cemento y una capa de concreto hidráulico que será construida en intersecciones (flujo de agua perpendicular a la carpeta), reemplazo de losas con fractura total para la repavimentación y cuando la placa trabaje en constante paso de agua o condición sumergida.

2.3.2 SOBRECAPA ASFÁLTICA SOBRE PAVIMENTO RÍGIDO.

Una alternativa muy usada en la rehabilitación de pavimentos rígidos es una sobrecapeta asfáltica, la cual se construye para:

- Mejorar la calidad de circulación y la fricción superficial.
- Incrementar la capacidad estructural del pavimento.

El refuerzo de concreto asfáltico presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Es de fácil y rápida aplicación.
- La interrupción del tráfico es mínima.
- Tiene un costo muy competitivo en comparación con otras técnicas de rehabilitación.

Desventajas

- Ahuellamientos en la superficie del pavimento.
- Presenta reflexión de fisuras, si es que no se ha colocado un dispositivo de control de éstas.
- No se utiliza en vías de alto volumen de tráfico pesado, porque se requiere un refuerzo de gran espesor, lo cual no es económico.
- En pasos a bajo nivel cuando las condiciones de gálibo no permiten colocar el refuerzo.

Sin embargo, cuando se aplica la sobrecapeta de mezcla asfáltica sobre el pavimento rígido, la sobrecapeta asfáltica con el tiempo tiende a reflejar las grietas y juntas del pavimento rígido, lo que se convierte en nuevas grietas. (Sanchez)

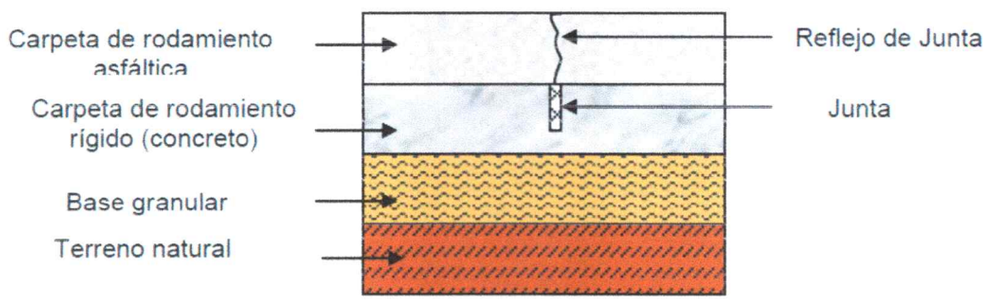


Figura 15. *Reflejo de grietas y juntas en la sobrecapa asfáltica.*

Para retardar el reflejo prematuro de grietas y juntas, la sobrecapa se suele complementar con algunas medidas previas de protección:

- Geosintéticos.
- Membranas absorbentes de esfuerzos (SAMI)
- Capas de alivio del reflejo de grietas.

Entonces, el *"PROYECTO DE REPOSICIÓN DE LOSAS DE PAVIMENTO RIGIDO EN VÌAS URBANAS DE LA CIUDAD DE SINCELEJO"* implementará geosintéticos en la

sobrecapeta asfáltica (en este caso geotextil), con el fin de incrementar la capacidad estructural del pavimento y evitar el reflejo de juntas.

Geotextiles.

Los geotextiles son materiales sintéticos tejidos o no tejidos, que proporcionan restricciones al pavimento ayudándole a resistir las deflexiones de grietas y juntas. (Sanchez)

Repavimentación con geotextil.

Las intercapas de geotextil son usadas para prevenir o reducir el calcado de grietas, la aparición de grietas del tipo de piel de cocodrilo y los fenómenos de ahuellamiento y corrugamiento. (Pavco-Mexichem, 2012)

Las dos funciones básicas que cumple el geotextil impregnado con asfalto para poder suministrar sus beneficios, son las de:

- **Barrera impermeabilizadora.**

A pesar que el concreto asfaltico ha sido sometido o a un proceso de compactación y que su relación de vacíos es muy baja, hay que considerársele como un elemento permeable, a través del cual se infiltrara un gran porcentaje del agua superficial que podrá llegar a las capas granulares y a la subrasante, ablandando estos suelos y afectando los parámetros de resistencia y deformabilidad. (Pavco-Mexichem, 2012)

Tal barrera deberá estar conformada por un geotextil no tejido, especial para aplicaciones de pavimentación y repavimentación, que servirá como medio para albergar una cantidad determinada de asfalto residual hasta lograr su saturación, además de una cantidad adicional para permitir la adhesión del geotextil a la superficie antigua (capa asfáltica inferior) y a la nueva capa de rodadura. (Pavco-Mexichem, 2012)

- **Membrana amortiguadora de esfuerzos.**

Al instalar un geotextil para repavimentación entre las capas de concreto asfaltico nuevas y viejas, se retarda el agrietamiento por reflexión, suministrando una capa flexible de espesor suficiente que absorbe parte de los esfuerzos entre la capa de pavimento antiguo y la capa de pavimento nuevo, permitiendo movimientos leves dentro de la intercapa del geotextil sin tensionar la capa de repavimentación en concreto asfaltico. (Pavco-Mexichem, 2012)

Al colocar una capa de repavimentación sin una intercapa de geotextil se está incrementando el espesor total de la estructura del pavimento, aumentándose los esfuerzos a tensión en la base del pavimento promoviendo el agrietamiento. Cuando se coloca una intercapa con geotextil se está generando un efecto de separación, permitiendo un desplazamiento relativo entre capas. Los esfuerzos de tensión generados, se podrán atribuir entonces al espesor individual de cada una de las capas, logrando disminuirlos. (Pavco-Mexichem, 2012)

De estudios realizados se ha concluido que las 2/3 partes del alivio de esfuerzos se debe al cemento asfaltico que satura el geotextil y el resto es por el geotextil que funciona como contenedor. (Pavco-Mexichem, 2012)

Características del geotextil a instalar.

El geotextil que se emplea en pavimentaciones y repavimentaciones debe ser del tipo no tejido punzonado con agujas, los cuales deberán tener la capacidad de absorber la cantidad suficiente de ligante asfáltico; dichos geotextiles pueden ser de polipropileno o poliéster.

Espesores mínimos de la capa de repavimentación cuando se usa geotextil de repavimentación.

Se considera que en cualquier procedimiento de repavimentación que el espesor mínimo constructivo de la nueva capa debe ser mínima 5 cm para pavimentos flexibles hasta una pendiente máxima del 4% en sentido longitudinal, mínima de 7 cm en pendientes longitudinales del 4% al 6%, por encima del 6% debe consultarse con el diseñador los espesores mínimos de carpeta asfáltica con el fin de evitar desplazamientos de sobrecarpeta. Cuando se trabaja sobre pavimentos rígidos el espesor mínima recomendado es de 7 cm. Para lograr un mayor beneficio cuando se rehabilite un pavimento rígido, dependiendo de su nivel de deterioro, nivelar y estabilizarlas placas en caso de ser necesario, instalando una capa de concreto asfáltico de gradación abierta y sobre esta el geotextil de repavimentación. (Pavco-Mexichem, 2012)

2.3.3 BACHEO Y/O PARCHEO.

Es una reparación localizada de deterioros debido a daños estructurales o a problemas de materiales constructivos (baches). (Sanchez)

Existen dos tipos de bacheo, que se caracterizan por la profundidad a la que se realiza la reparación de la estructura de pavimento:

Bacheo superficial o parcheo: Esta actividad solo involucra la reparación de la capa asfáltica.

Bacheo profundo (Bacheo): Esta actividad involucra la reparación hasta la parte subyacente de la carpeta asfáltica. La profundidad de reparación depende del estado de las capas granulares.

El bacheo con propósitos de rehabilitación hace parte de la preparación para el refuerzo del pavimento. (Sanchez)

3. ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

3.1. ANALISIS DEL TRÁNSITO.

El análisis de tránsito de todas las vías que van a ser intervenidas se realizó teniendo en cuenta el *MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VIAS CON BAJO, MEDIO Y ALTO VOLUMENES DE TRANSITO*, debido a que no se contaba con aforos realizados en dichos lugares.

La siguiente tabla presenta las características principales de las vías en estudio para su clasificación según el manual.

TRAMOS	PUNTO	
	LATITUD	LONGITUD
INTERSECCION CALLE 25 ENTRE CARRERA 36A Y 37 (PARAGUITAS)	9°18'24.59"N	75°22'50.07"O
CARRERA 29 ENTRE CARRERA 25B Y TRANVERSAL 31 (FRENTE GUACARI)	9°17'59.77"N	75°22'54.03"O
TRANVERSAL 32 ENTRE CARRERA 29 Y DIAGONAL 35	9°17'57.10"N	75°22'50.71"O
TRANVERSAL 33 ENTRE CARRERA 29 Y DIAGONAL 35	9°17'55.27"N	75°22'49.16"O
CARRERA 1I ENTRE CALLE 16 Y 18A	9°18'18.82"N	75°25'1.12"O
CARRERA 1I ENTRE CALLE 16 Y 18A TRAMO 2	9°18'20.62"N	75°25'1.09"O
CARRERA 12C ENTRA CALLE 22E Y 22A	9°17'58.09"N	75°24'18.04"O
INTERSECCION CALLE 30, CALLE 28 Y CARRERA 43	9°18'24.11"N	75°22'35.73"O
INTERSECCION CARRERA 8 CON CALLE 25D	9°17'33.26"N	75°24'35.10"O
INTERSECCION CALLE 41 Y CALLE 42C	9°17'6.96"N	75°23'5.82"O

Tabla 1. Características de las vías en estudio.

La tabla 3-1, del manual, muestra los ejes acumulados en un periodo de diseño de 20 años, teniendo en cuenta las características de la vía y el TPDs.

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
To	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
Vt: Vía terciaria	**M:** Medias
Vs: Vía secundaria	**A:** Anchas
Vp: Vía principal	**CC:** Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	**MC:** Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

***Figura 16**. Tabla 3-1: Ejes acumulados en un período de diseño de 20 años*

En su mayoría las vías en estudio, son vías secundarias de dos direcciones (Vs - CC), con ancho promedio de calzada de 6.00 m aproximadamente (ancho medio –M-). A partir de la tabla 3-1, se estima que el número de ejes equivalentes acumulados oscile entre 1'000.000 – 1'500.000 (categoría T1).

Se toma como tránsito de diseño 1'000.000 ejes equivalentes de 8.2 Ton, debido a que los vehículos livianos y las motos tienen mayor presencia en las vías urbanas de Sincelejo que los camiones y buses, por lo tanto el factor camión es muy pequeño si consideramos que los vehículos livianos ni las motos hacen daño al pavimento.

Para la rehabilitación de la carrera 4 no se efectuará diseño, solo se realizará parcheo y/o bacheo de acuerdo a la severidad del daño.

3.2. ANÁLISIS DE LA SUBRASANTE.

Se considerará un CBR natural de 5% el cual será único para todo proyecto.

3.2.1 CÁLCULO DEL MÓDULO DE REACCIÓN (K).

El módulo de reacción se calcula mediante las siguientes expresiones, teniendo en cuenta el valor del CBR:

1. $CBR \leq 10 \quad \rightarrow \quad K\left(\frac{Mpa}{m}\right) = 2{,}55 + 52{,}5\ log(CBR)$
2. $CBR > 10 \quad \rightarrow \quad K\left(\frac{Mpa}{m}\right) = 46 + 9{,}08\ (\log\ (CBR))^{4{,}34}$

El módulo de reacción del conjunto subrasante-subbase (K combinado), se calcula mediante la siguiente expresión:

$$K_{comb}\left(\frac{Mpa}{m}\right) = (1 + \left[\left(\frac{h_i}{38}\right)^2 * \left(\frac{Ki}{K_{i-1}}\right)^{2/3}\right]^{0,5}) * K_{i-1} \qquad \text{Donde: } h_i(cm) \text{ y } K\ (Mpa/m)$$

Subrasante: CBRdiseño = 5%, K = 144.82 pci.

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

Subbase: CBRdiseño = 25%, K = 313.14 pci.

El k combinado para el conjunto es 292.7 pci.

Se debe hacer una corrección al k combinado multiplicándolo por factor de corrección que normalmente es 0.6. Teniendo en cuenta eso el k combinado de diseño es 175.6 psi.

3.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

Se presentan dos unidades de diseño, de acuerdo a las exigencias de cada vía que va a ser intervenida. La primera es una estructura en pavimento rígido y la segunda es un diseño para la repavimentación asfáltica sobre concreto.

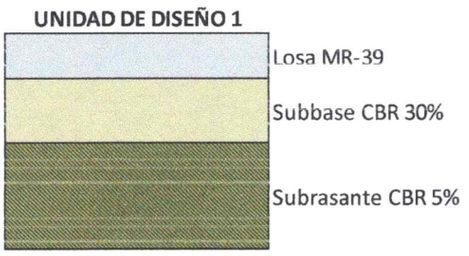


Figura 186. *Esquema: Unidad de diseño 1 y unidad de diseño 2*

3.3.1 UNIDAD DE DISEÑO 1.

Esta unidad de diseño va a ser ejecutada en los tramos de la vía intervenida que sea necesario reemplazar losas teniendo en cuenta su nivel de deterioro (colapso total), y consiste en una estructura en pavimento rígido. Se realizó un análisis por AASTHO 93 y por PCA.

CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO - MÉTODO AASTHO 93.

Consideraciones del diseño.

Periodo de diseño = 20 años.

Tránsito de diseño = 1'000.000 ejes estándar equivalentes.

Confiabilidad = 90%.

Pi = 4.5 – Pt = 2.

K del conjunto = 175.6 pci.

Concreto hidráulico MR – 42 (Módulo de rotura ≥ 4.2 Mpa).

Coeficiente de drenaje = 0.9 (se considera una calidad del drenaje aceptable).

Coeficiente de transmisión de carga = 2.8 (pavimento con juntas, concreto simple o concreto reforzado - anclada y de concreto cemento portland).

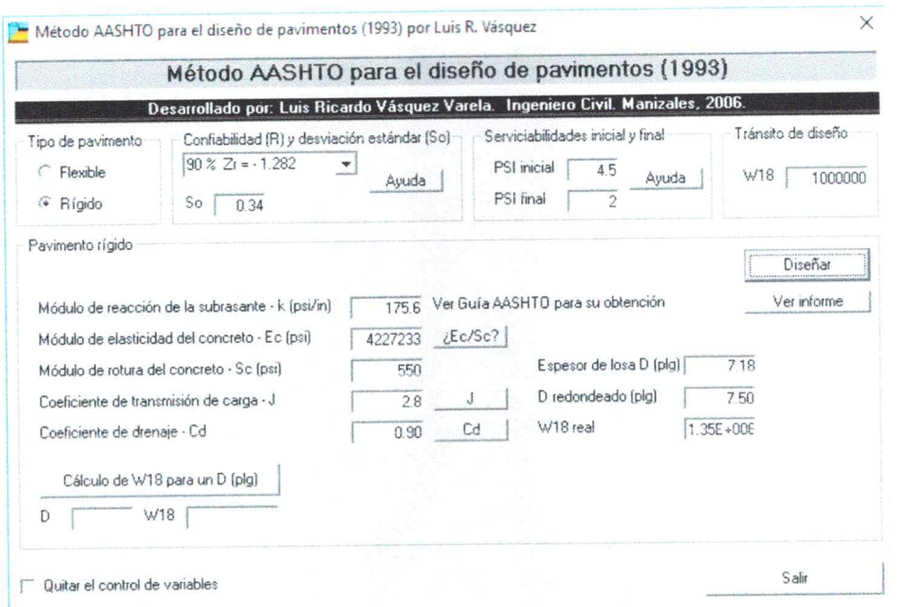


***Figura 19**. Diseño unidad 1 en AASTHO - 93*

```
GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, Colombia. 2005.

PAVIMENTO RÍGIDO

Confiabilidad                                    : 90 %  Zr = - 1.282
Desviación estándar (So)                         : 0.34
PSI inicial                                      : 4.50
PSI final                                        : 2.00
Tránsito de diseño (W18)                         : 1.000E+006

Módulo de reacción efectivo de la subrasante (k) -pci- : 1.756E+002

Módulo de elasticidad del concreto (Ec) -psi-    : 4.227E+006
Módulo de rotura del concreto (Sc) -psi-         : 5.500E+002

Coeficiente de transferencia de carga (J)        : 2.80
Coeficiente de drenaje (Cd)                      : 0.90

Espesor de la losa (D) -plg-                     : 7.18E+00
Espesor de la losa redondeado (D) -plg-          : 7.50E+00

Tránsito real para la estructura dispuesta       : 1.346E+006
```

***Figura 20**. Memoria de cálculo Unidad 1 - AASTHO 93*

La propuesta dada por el Método AASTHO 93 se muestra en la siguiente tabla:

Capa	Espesor (in)	Espesor (cm)
Losa de concreto	7.5	19
Subbase Granular	-	20

Tabla 2. Propuesta unidad de diseño 1.- AASTHO 93

CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO - MÉTODO PCA.

PCA considera dos criterios de diseño: análisis de fatiga y análisis de erosión, los cuales deben ser menores al 100%.

Consideraciones del diseño.

Periodo de diseño = 20 años.

Tránsito de diseño = 1'000.000 ejes estándar equivalentes de 8.2 Ton.

Factor de seguridad = 1.1.

Concreto hidráulico MR – 39.

CBR de la subrasante = 5%.

Dovelas SI – bermas NO.

Espesor subbase = 20 cm.

Ancho de carril ≅ 3.35 m.

Barras de anclaje: ½" – fy = 420 Mpa.

En la siguiente figurase muestra el diseño en PCA.

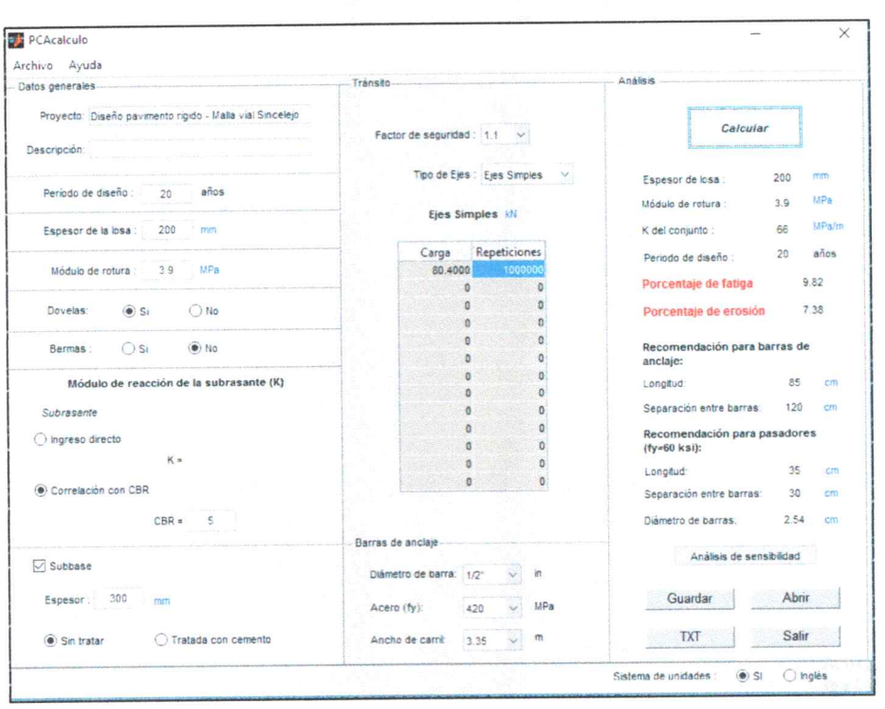


Figura 21. *Diseño Unidad 1 en PCA*

Calle 28 N.25A - 246 Sede Principal. Sincelejo - Sucre - Código Postal: 700003
Telefonos: (5) 2740241 - 2740242 - 2740245

A partir de los resultados obtenidos se plantea la siguiente estructura:

Capa	Espesor (cm)	Características
Losa de concreto	20	MR-39
Subbase Granular	20	CBR = 30%
% de fatiga	9.82%	
% de erosión	7.38%	

Tabla 3. Diseño final de pavimento rígido.

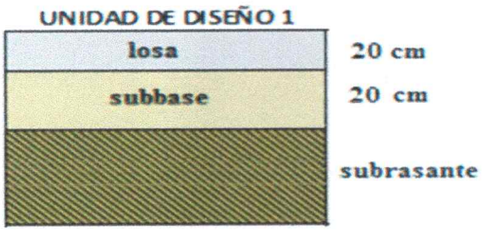


***Figura 22**. Diseño final - pavimento rígido.*

RECOMENDACIONES.

Se recomienda que la losa de concreto tenga un espesor mínimo de 20 cm y una resistencia mínima de 3.9 Mpa.

Acero de amarre y de transferencia.

Se recomienda barras de anclaje con diámetro de ½" y longitud de 85 cm cada 1.20 m de separación entre centros y barras de transferencia de 1" de 0.35 m de longitud con una separación entre centros de 0.30 m, colocadas a ½ del espesor de la placa.

El acero usado para el anclaje debe ser de 420 Mpa corrugadas y las barras de transferencias de 420 Mpa lisas engrasadas.

Diseño de juntas transversales.

Para la modulación de las losas se recomienda usar una relación de esbeltez (Longitud/ancho de calzada) de 1.0 – 1.3.

ERBERT ROSA MERCADO
INGENIERO CIVIL
SECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA
Alcaldía de Sincelejo

ELABORO: Álvaro Guevara Sánchez
Profesional Universitario
Alcaldía de Sincelejo

Aprobó: María Alejandra Cova
Directora de Estructuración de Proyecto
Alcaldía de Sincelejo

Reviso:

KEVIN ANDRES RODRIGUEZ PIZARRO
INGENIERO CIVIL
MP: 22202-366118 COR