

## **CAPITULO 4**

### **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO DE LA UDLAP.**

Debido a los daños y deformaciones que se encuentran en el circuito de la universidad, este se ha sido dividido en dos partes para su estudio: la primera parte es más crítica ya que presenta diferentes condiciones en el tramo que corresponde al cadenamiento 1+200 al 1+800; la segunda corresponde al tramo del 0+000 al 1+200 y del 1+800 al 2+200.

En este capítulo se presentaran una serie de propuestas para la rehabilitación del circuito tomando en cuenta la situación antes mencionada, por esta razón, el circuito se analizará en las dos partes mencionadas, el primero será el tramo del circuito con mejores características y el segundo, el tramo más dañado como el subsecuente.

#### **4.1. GENERALIDADES**

Las solicitudes actuales del tráfico actualmente exceden por mucho lo que hace casi 40 años un vehículo requería, esto debido a las velocidades de desplazamiento de las unidades; para cumplir con esto ha sido necesario realizar investigaciones que puedan ayudar a obtener vías de comunicación terrestres que garanticen facilidad de construcción, a fin de que el costo económico no se eleve, así como el confort y seguridad que esta vía brinde al usuario sea de gran calidad.

En cada construcción de una vía terrestre de comunicación se han de presentar diversos problemas con el tipo de suelo, estos deben ser solucionados a la brevedad a fin de no entorpecer ni retrasar las actividades ligadas a este. Entre los más comunes se

encuentran los suelos arcillosos, con baja capacidad de carga, suelos limosos, arenosos, etc. La gama es muy amplia y así también son sus soluciones pero cabe señalar que una solución puede resolver uno o más problemas, lo cual puede llegar a ser beneficioso, es decir, teniendo una alternativa de solución para cierta situación se puede al mismo tiempo, dar solución a diversos problemas que pudieran presentarse en un futuro y que no se tuvieron contemplados en el momento.

A continuación se muestran diferentes métodos de estabilización de suelos los cuales, en este trabajo serán una pieza clave para el desarrollo de las propuestas de rehabilitación del circuito.

#### **4.1.1. Estabilización con Cemento tipo Portland.**

La estabilización de suelos con cemento (Rico Rodríguez y del Castillo Mejía, 1978) es una de las más utilizadas en el momento presente. Las prácticas relativas a ella arrancan en 1917, cuando Amies patentó un primer procedimiento de mejoramiento de suelos a base de mezclarles proporciones variables de cemento tipo Portland.

Los fenómenos químicos que ocurren entre suelo y cemento cuando ambos se mezclan con el apropiado contenido de agua, aun no son comprendidos del todo, pero básicamente parece que consisten en reacciones de cemento con los componentes silicosos de los suelos que producen conglomerantes que ligan a las gravas, arenas y limos; este es el efecto básico en los suelos gruesos.

La reacción favorable suelo-cemento se ve muy impedida o nulificada cuando el primero contiene materia orgánica, pues los ácidos orgánicos poseen gran avidez por los iones del calcio que libera la reacción original del cemento y los captan, dificultando la acción aglutinante del propio cemento en los suelos gruesos o la estabilización de las partículas laminares en las arcillas. Por esta razón las especificaciones de casi todos los países exigen que el contenido de materia orgánica en un suelo no sobrepase 1-2% en peso, si ha de ser considerado apropiado para ser estabilizado con cemento.

El efecto del cemento en los suelos arcillosos resulta más complicado y peor comprendido que en los suelos más gruesos, por lo que pudiera resultar conveniente detallarlo algo más. Parece ser que en primer lugar se produce un efecto primario en el que la hidratación del cemento produce silicatos y aluminatos hidratados de calcio, hidróxido de calcio e iones de Ca, que elevan la concentración de electrolitos del agua intersticial, aumentando su PH. Viene a continuación un proceso secundario en dos fases. En la primera, se produce un intercambio iónico entre los iones de calcio y otros absorbidos por los minerales de arcilla, todo lo cual tiende a flocular a la propia arcilla. En la segunda fase tienen lugar reacciones químicas puzolánicas entre la cal y los elementos que componen los cristales de arcilla. Los elementos silícicos y aluminicos reaccionan con los compuestos cálcicos para formar elementos cementantes, el resultado final de esta reacción es la transformación de una estructura arcillosa originalmente floculada y vaporosa, en un agregado resistente. En esa segunda fase, el hidróxido de calcio que se va consumiendo puede reponerse por la cal que se libera durante el proceso primario de hidratación del cemento.

La resistencia a compresión simple (IMCYC, 2008) en las mezclas de Suelo-Cemento es un indicador del grado de reacción del suelo con el cemento y el agua. La resistencia a compresión simple aumenta progresivamente con el tiempo. Los valores obtenidos dependen de muchos factores , entre los que pueden destacarse: el contenido y tipo de cemento; la energía de compactación aplicada; la eficiencia lograda en el mezclado; el tipo y cantidad de materia orgánica, sales y materiales deletéreos existentes en el suelo; la cantidad y calidad del agua; el tiempo transcurrido después de realizado el mezclado y compactación; la duración y forma de hacer el curado; las características y eficacia de los aditivos o adiciones utilizadas y el tamaño y forma del espécimen del ensayo. Es importante mencionar que la resistencia a compresión simple aumenta apreciablemente con el tiempo. La resistencia a compresión simple aumenta considerablemente en los primeros 90 días, de una a tres veces más que a los 7 días, según el tipo de suelo, tipo y contenido de cemento, mientras que a edades posteriores se ha observado en general un crecimiento mucho más lento.

Las operaciones constructivas de una capa de suelo-cemento constan de las siguientes etapas:

- Escarificación, pulverización y pre humedecimiento del suelo si fuera necesario
- Dosificación y aspersión del cemento
- Aplicación del agua
- Mezclado de los materiales
- Compactación

- Acabado
- Curado

En los suelos arenosos el mezclado con el cemento puede hacerse casi en cualquier condición, pero en los arcillosos suele requerirse una humedad menor a la óptima.

#### **4.1.2. Estabilización con cal.**

Por otro lado la estabilización con cal (Rico Rodríguez y del Castillo Mejía, 1978) tiene un espectro de aplicación que se extiende mucho más hacia los materiales más arcillosos que el cemento y, en contrapartida, se extiende algo menos hacia el lado de los materiales granulares de naturaleza friccionante. En segundo lugar, está el uso cada día más extendido que se hace de la estabilización con cal como un pre-tratamiento, lo que da una fisonomía especial a muchos de los usos de la cal, pues en estos casos no necesariamente han de satisfacerse todos los requerimientos de una estabilización definitiva.

La forma más usual de la cal empleada en las estabilizaciones es la hidratada, óxidos o hidróxidos de calcio. Los carbonatos de calcio no tienen virtudes estabilizantes dignas de mención. El efecto básico de la cal es la constitución de silicatos de calcio que se forman por acción química de la cal sobre los minerales de arcilla para formar compuestos cementadores. La cal tiene poco efecto en suelos muy orgánicos o en suelos sin arcilla. Tiene su máximo efecto en las gravas-arcillosas, en las que puede producir mezclas inclusive más resistentes que las que se obtendrían con cemento. Ha obtenido su utilización

más frecuente en arcillas plásticas, a las que hace, adicionalmente, mas trabajables y fáciles de compactar, razón por la que se usa frecuentemente como pre-tratamiento, anterior a una estabilización con cemento, además de los muchos casos en que se usa como estabilizante definitivo.

En cuanto a plasticidad cabe señalar que la cal disminuye mucho el índice de plasticidad de los suelos muy plásticos (montmorilonitas, bentonitas, etc. tiene poca influencia en el índice plástico de los suelos de plasticidad media y puede aumentar el índice de plasticidad de los suelos finos menos plásticos.

La metodología de construcción del suelo-cal es en principio similar a la del suelo-cemento, al igual que lo son las pruebas de laboratorio que se utilizan actualmente para dar una idea de la calidad de los suelos obtenidos. Un buen criterio para preparar mezclas para estudio en el laboratorio es dar al suelo 1% de cal por cada 10% de fracción fina que contenga.

Los pasos constructivos para la estabilización de capas de pavimento con cal son los siguientes:

- Escarificación del material de apoyo
- Pulverización del suelo
- Regado de cal (en sacos o a máquina)
- Mezclado (a mano, con equipo o maquinas mezcladoras)}

- Incorporación del agua, si es necesaria para dar a la mezcla su humedad óptima de compactación.
- Compactación
- Conformación
- Curado mínimo de 5 días
- Colocación de una superficie protectora.

#### **4.1.3. Capa rompedora de capilaridad.**

El reducir a un mínimo los cambios de contenido de agua del suelo activo da magníficos resultados.

Cubrir arcillas expansivas con capas de material granular es eficiente para evitar cambios volumétricos, pues el material granular, especialmente cuando más grueso sea, preserva los meniscos del agua capilar en la parte superior de la arcilla, restringiendo la expansión. Cuando se trabaja con arcillas relativamente secas convendrá añadir agua, preferentemente hasta valores cercanos al límite plástico; el criterio anterior puede ser de aplicación práctica difícil si se intenta en el momento del tendido y compactación del material, pues entonces suele ser difícil aumentar el contenido de agua mas allá de un 2%; por el contrario, el contenido de agua puede elevarse con mucha mayor facilidad en el banco de préstamo.

La utilización de capas rompedoras de capilaridad (Rico Rodríguez y del Castillo Mejía, 1978) puede ser otra alternativa para preservar el cuerpo del terraplén de cambios importantes del contenido de agua. Una capa rompedora de capilaridad es una capa compuesta por material granular , es decir balastro con un tamaño máximo de 6 pulgadas(para este caso), el cual será transportado desde el banco de préstamo, ya sea mina o banco de material a cielo abierto, hasta el lugar de los trabajos, es recomendable que antes de descargar el balastro, una pata de cabra patee el terreno donde se desplantara el pedraplen para que una vez descargado el material se proceda a su tendido en el espesor que el proyecto indique ,de preferencia primero con una excavadora sobre orugas ya que, al mismo tiempo que lo tiende y da piso, bandeas el material garantizando así un buen acomodo y trabazón de las partículas desde el inferior del mismo. Posteriormente una motoniveladora puede “afinar” el material y con un compactador vibro compactar la capa para acomodar las partícula, inmediatamente después se suministrara material de banco sano el cual cubrirá todos los vacios existentes entre las partículas de la capa del pedraplen.

#### **4.1.4. Sustitución de material**

La sustitución de material consiste en retirar el material de mala calidad encontrado en el lugar de los trabajos y suministrar material de buena calidad en sustitución del material existente.

La parte correspondiente a los cadenamientos que se encuentran entre el 1+200 y el 1+800 son excelentes candidatos a este procedimiento.

Como se mostro en los sondeos de penetración estándar del apartado 3.2.2., se tiene un estrato de 1.40 y 1.20 m. de espesor respectivamente (sondeo 1 y 2) de un material de muy mala calidad y baja capacidad de carga, específicamente un limo orgánico; sin embargo, el retirar este material sería demasiado costoso debido a que las dimensiones de este cuerpo (largo, ancho y espesor) son demasiado grandes para este procedimiento lo cual, redundará en un gran volumen de material excavado; además, de que se debe contemplar el volumen de material sano que se deberá adquirir y compensar dentro de este cuerpo.

Por esta razón aunque esta parte del Circuito interno de la Universidad de las Américas Puebla sea, como ya se ha mencionado, un excelente candidato a la sustitución de material, la cuestión económica es el factor más importante que detendría el desarrollo de esta opción.

## **4.2 PROPUESTAS DE REHABILITACION**

### **4.2.1 PROPUESTA 1**

Como primera propuesta se ha contemplado en primera instancia la reconstrucción total del circuito entre los cadenamientos 1+200 al 1+800 (zona del Colegio Ignacio Bernal), esto debido a que el estado actual del pavimento es de extrema fatiga y con deformaciones muy importantes que son consecuencia de un mal suelo subyacente, así como de falta de acciones de conservación rutinaria.

Antes de proceder al retiro de la carpeta asfáltica para la reconstrucción del circuito en dicha zona de la Universidad, será necesario ubicar todas y cada una de las Obras

subterráneas que se encuentran bajo el mismo para evitar algún daño durante la reconstrucción. Deberá estar presente una persona del departamento de Planta Física para reconocer cada una de las obras existentes y además que tenga autoridad para decidir si la obra puede ser reubicada, demolida en su totalidad o se cancelara y se construirá una nueva instalación; se ubicaran todas en un plano para saber su ubicación exacta así como las referencias que se tienen y deberán para encontrarlas en campo posteriormente. Como ya se dijo, con esta medida se evitara causar algún daño a las instalaciones de la universidad que puedan repercutir en alguna incomodidad o falta de servicio para los estudiantes, docentes y planta laboral.

Será necesario retirar toda la estructura del pavimento debido a que no cumple con las características que la normativa SCT vigente solicita para un camino. Aunque el tráfico que circula sobre el circuito no representa demasiado peso y repetición de cargas, como ya se había mencionado, es necesario y recomendable tomar estas normas como base para garantizar la calidad del trabajo que se vaya a realizar.

Como primer paso será necesario remover la carpeta asfáltica por medio de una excavadora hidráulica o una motoniveladora en toda la longitud del circuito y que será retirada del lugar con camiones tipo volteo al banco de desperdicio establecido por la Universidad.

Posteriormente a través de los mismos medios se retirará el material de base que de igual manera está considerado como desecho debido a que no cumple con los requisitos establecidos por la normatividad SCT vigente (N-CMT-4-02-002/04 Características de los

Materiales – Materiales para Bases Hidráulicas), este material también será dispuesto en el banco de desperdicio destinado a tal fin.

Según los reportes de los sondeos realizados al circuito, el material encontrado en la capa sub-rasante si cumple con los requisitos para esta capa según lo estipulado en la norma(N-CMT-4-02-001/04 Características de los Materiales – Materiales para sub-bases), por lo cual será necesario excavar hasta la profundidad de dicha capa, y si efectivamente cumple con los requisitos para subrasante se podrá almacenar en el lugar que el departamento de Planta Física establezca para su posterior reutilización, en caso de que sea necesario se suministrará material con las mismas características para cumplir con el espesor para esta capa indicado en el proyecto; posteriormente se conformará una capa rompedora de capilaridad (Pedraplen) a base de balastro y con un espesor de capa de 30.00 cm, el cual se deberá extender uniformemente a lo largo de la longitud arriba mencionada y se bandeara por medio de una excavadora sobre orugas para garantizar el acomodo y trabazón de partículas, después de esto se desplantará la estructura antes mencionada según los procedimientos establecidos en el anexo 1 de este trabajo. En la figura 4.1 se puede apreciar el perfil de la estructura para esta sección.

Una vez concluido tanto el pedraplén como el suministro y tendido del material de subrasante respetando los niveles que el proyecto así lo indique, se procederá a la compactación del mismo por medio de un vibrocompactador de rodillo liso y se incorporará del agua necesaria para garantizar el grado de compactación que el proyecto indique. Cuando el grado de compactación se haya alcanzado será necesario realizar un afine de la

superficie para que sea recibida por laboratorio y liberada para desplantar sobre ella la capa de base correspondiente.

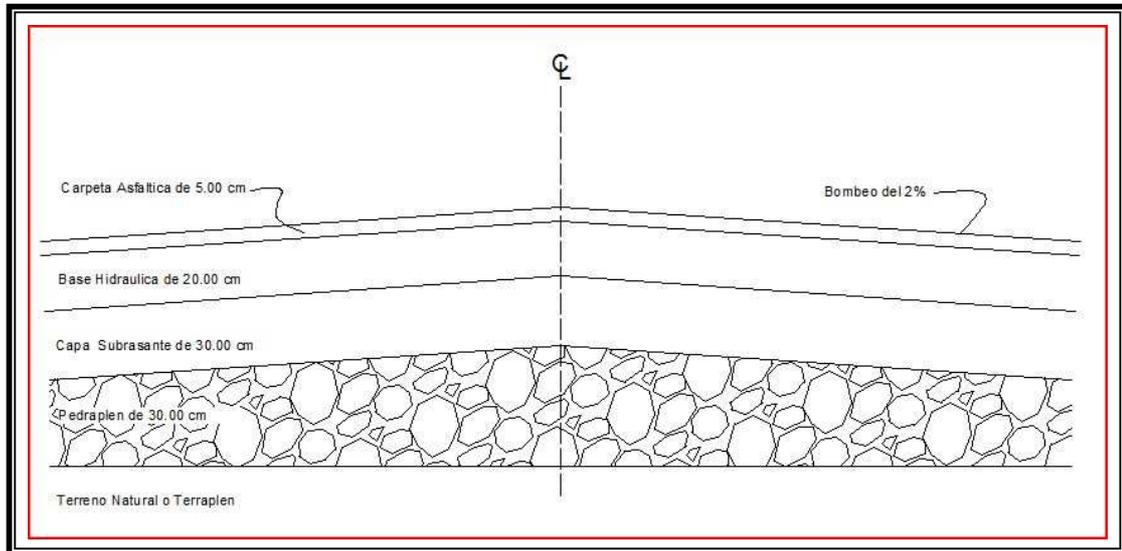


Fig. 4.1 Estructura propuesta para el circuito de la UDLAP en su parte más crítica.

Fuente: Elaboración Propia

Para la base será necesario adquirir material, este material deberá proceder de un banco de material debido a que el actual no cumple con los requisitos antes mencionados para base hidráulica; se deberá seguir lo estipulado en el Procedimiento para Sub-bases y Bases en la construcción de Carreteras.

Posterior a la conformación de la base será necesario aplicar un riego de impregnación para la protección de la superficie, en este caso la Base Hidráulica. Este riego deberá cumplir con lo estipulado en el Procedimiento para Riegos de Impregnación en la Construcción de Carreteras.

Una vez que se encuentre protegido el riego de impregnación y antes de colocar la carpeta de concreto asfáltica se colocará previamente un riego de liga para lo cual se requerirá que la superficie haya sido completamente barrida y esté exenta de grasas o cualquier tipo de materia ajena a este.

Con el riego de liga aplicado se seguirá lo que indica el Procedimiento para Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente en la construcción de Carreteras, para la colocación de dicha carpeta en la vialidad de la UDLAP. Se deberá cuidar el espesor de la misma a fin de garantizar lo estipulado en el proyecto.

El resto del circuito cuenta con una estructura que no es la adecuada para las funciones que un pavimento desempeña, y pese a los años de servicio se encuentra en buenas condiciones, razón por la cual se opta por fresar la carpeta se pueden presentar dos opciones:

La primera es que se considere como desecho y se retire al banco de desperdicio establecido por la universidad para que posteriormente se suministre una carpeta asfáltica en caliente y con las características que la normativa actual solicita siendo esta de un espesor de 5 cm compactos.

La segunda opción sería que se recupere la carpeta y se lleve a una planta de mezcla asfáltica en caliente donde se “reviva” esto es, que se caliente y se le incorpore material de la granulometría necesaria, así como la adición de emulsión que ésta requiera para cumplir la función de carpeta asfáltica, siendo de un espesor de 5cm compactos.

El señalamiento vertical y horizontal se aplicará una vez que la carpeta haya sido colocada en su totalidad; se deberá cuidar que los señalamientos queden a una distancia tal que el conductor tenga el tiempo suficiente para reaccionar ante cualquier eventualidad que se le pudiera presentar durante su trayecto dentro de la Universidad.

El eje del camino se delimitara por medio de pintura amarilla especial para tráfico siendo una línea continua en todas las curvas y punteada en las rectas donde se tenga gran visibilidad. Se deberán colocar vialetas reflejantes en el centro del camino así como en las hombros de cada carril, para este ultimo tanto las rayas como las vialetas que se apliquen deberán ser de color blanco.

#### **4.2.2. PROPUESTA 2**

##### **b). Sobre-carpetas de Concreto (Whitetopping)**

Los pavimentos denominados Whitetopping (CEMEX, México), corresponden a rehabilitaciones de pavimentos asfálticos deteriorados. El término aquí utilizado corresponde a rehabilitaciones con pavimentos de concreto convencional tomando como estructura de soporte el pavimento asfáltico que se tiene en el lugar. Los métodos de diseño toman en cuenta esta solución, considerando las características de soporte de la estructura existente que normalmente tiene capa de sub-base, base y asfalto.

Algunos de los trabajos preliminares que se deben considerar para la colocación del pavimento Whitetopping difieren de los que se aplican a los pavimentos convencionales.

Los aspectos que se evalúan en el diseño para la determinación de la factibilidad técnica de que un pavimento sea rehabilitado mediante la técnica de Whitetopping son:

- Daños estructurales
- Daños asociados con la fatiga de las capas asfálticas
- Daños asociados con la alteración del perfil por deformaciones plásticas acumuladas
- Daños asociados con la inestabilidad de la banca
- Daños superficiales
- Daños asociados con las deficiencias en el diseño o fabricación de la mezcla asfáltica
- Daños asociados con la calidad de los materiales

### **1. Superficie de Asfalto Existente**

Las fallas que se consideran en una superficie de asfalto son las siguientes:

#### **a). Huecos o baches abiertos**

Cavidades o depresiones producidas por desprendimiento de la carpeta asfáltica y de capas granulares. Se consideran 3 tipos de huecos:

- Superficiales: solo comprometen la capa de rodadura y su profundidad es menor a 3 cm.
- Medios: Comprometen parte o la totalidad de la carpeta asfáltica y su profundidad oscila entre 3 y 10 cm.
- Profundos: Profundidad superior a 10 cm, con expulsión de material y compromiso de la base granular.

#### **b). Fisuras longitudinales y transversales**

Son agrietamientos longitudinales y/o transversales que no constituyen una malla, sino que se presentan en forma aislada o continua y son producidas por deficiencia en las juntas de construcción, por contracción de la mezcla o desplazamiento de los bordes. Se consideran 3 tipos de fisuras:

- Longitudinales
- Transversales
- En bloque

**c) . Desgaste superficial**

Son las irregularidades que se observan en la superficie, en áreas aisladas o en forma generalizada y son el producto del desgaste de las partículas superficiales o el desprendimiento de alguna de ellas por acción del tránsito o inclemencias del tiempo. El desgaste se clasifica en:

- Ligero : Pérdida de textura uniforme, mostrando rugosidad e irregularidades hasta de 5 mm de profundidad
- Medio: Cuando las irregularidades están entre 5 mm y 15 mm de profundidad. Las partículas de agregado están expuestas y se siente vibración al circular.
- Severo: Desintegración superficial de la carpeta, con desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la vía.

#### **d). Piel de Cocodrilo**

Son agrietamientos en forma de malla que inicialmente se presenta en cuadros más o menos regulares con lados entre 25 y 30 cm, que presentan fracturamientos progresivos en forma de piel de cocodrilo. Posteriormente estas fisuras se ensanchan y profundizan ocasionando desprendimientos. Se consideran 3 tipos de fallas:

- Ligerio: Cuando los agrietamientos son muy delgados y el tamaño de los cuadros tienen dimensiones próximas a 25 cm por lado. No existe deformación superficial.
- Medio: Cuando los bloques se han reducido de tamaño y presentan aristas redondeadas por pérdida de partículas, las grietas que los separan son mayores de 1 cm, se advierten deformaciones y movimientos relativos y puede existir desprendimiento de algunos bloques.
- Severo: Cuando las deformaciones son grandes y se presenta pérdida del material asfáltico y se presenta aparición del material de base.

#### **e). Ondulaciones**

Son deformaciones grandes y notorias de la plataforma de la vía, que alteran su perfil longitudinal, por efecto de asentamientos del terraplén o por levantamientos causados por las raíces de arboles.

De acuerdo con los daños encontrados en la vía, así como la capacidad estructural residual del pavimento, se consideran desde la etapa de diseño algunas actividades correctivas.

## 2. Reparación de Fallas

Para garantizar la uniformidad en el soporte de la estructura asfáltica, se deben realizar correcciones en los sitios en donde se presenten las siguientes irregularidades, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Tipos de fallas y reparaciones requeridas

TIPO DE FALLA	REPARACIÓN REQUERIDA
Rodera menor a 50 mm	Ninguna
Rodera mayor a 50 mm	Fresado o Nivelación
Deformación plástica excesiva	Fresado
Baches	Cajear y Reparar
Fallas de sub-rasante	Remoción y preparación
Fisuras en general, fatiga en bloque, transversales y longitudinales	Ninguna
Exudación	Ninguna
Degradación superficial	Ninguna

Fuente: CEMEX MEXICO

Con base en la información anterior obtenida de la pagina de CEMEX México, se puede concluir que el circuito de la UDLAP es un buen candidato a la aplicación del Whitetopping debido a que en el estado actual en el que se encuentra, se puede observar la mayoría de las fallas aquí descritas y que abren una opción para reconstruirlo de una manera rápida y sencilla en cuanto a procedimiento constructivo se refiere. Es importante

señalar que en la parte que corresponde a la zona del Colegio Ignacio Bernal será necesario proceder a la renivelación para poder colocar el Whitetopping.

Tomando en cuenta tanto las deformaciones existentes como la estructura actual del pavimento de esta zona, será necesario recuperar la carpeta asfáltica existente, posteriormente suministrar material de banco que cumpla con las solicitudes del tráfico y con la normatividad vigente (N.CTR.CAR.1.01.013/00 S.C.T.) para terraplenar esta zona y con esto llegar a los niveles indicados de proyecto y de acuerdo al Procedimiento para sub-bases y bases en la construcción de carreteras N· CTR· CAR· 1· 04· 002/00 (ver anexo 2). Una vez que la sub-base y base se encuentren terminadas será necesario proteger la superficie con un riego de impregnación, mediante una petrolizadora y de acuerdo a lo indicado en el Procedimiento para riegos de impregnación en la construcción de carreteras N·CTR·CAR·1·04·004/00 (ver anexo 2).

La losa de concreto que se coloque sobre esta estructura será del mismo espesor y de la misma manera que la que se coloque en el resto del circuito, la única diferencia será que, las deformaciones y asentamientos fueron tratados previamente para poder obtener una superficie homogénea que proporcione seguridad y comodidad a los usuarios del mismo cumpliendo con las especificaciones respectivas y al mismo tiempo realizar un trabajo de calidad para tener una vialidad que de servicio por un tiempo considerable a partir de su reconstrucción y con bajos costos de mantenimiento.

Cabe señalar que durante la aplicación de este método se podrán realizar las modificaciones pertinentes a las obras de drenaje existente tales como: limpieza y desazolve, cancelación o

construcción de obras pluviales ya que en la actualidad las torrenciales lluvias que azotan la zona hacen que las líneas de desalajo resulten ineficientes para tal fin y teniendo consecuencia la inundación de algunas zonas del circuito.

### **4.2.3. PROPUESTA 3**

En esta propuesta se está contemplando como una posible solución el uso de carpetas de un riego, mejor conocidas como riego de sello. El riego de sello consiste en colocar una película delgada de asfalto (emulsión) y encima de ella una capa de material graduado. Fundamentalmente se utiliza para sellado de grietas, en especial cuando aparece agrietamiento generalizado, malla de gallinero o piel de cocodrilo; cuando existen problemas de pulimento en la superficie de rodamiento o cuando se presentan zonas con asfalto llorado. El objetivo principal es mejorar la textura de la superficie de rodamiento aplicando una capa con mejor índice de fricción entre llanta y pavimento (Instituto Mexicano del Transporte, publicaciones técnicas).

El riego de sello puede ser premezclado o no dependiendo de las especificaciones del proyecto. Para obtener el sello premezclado será necesario cumplir con lo establecido en el Sistema de Evaluación de Pavimentos 2.0. (Instituto Mexicano del Transporte, publicaciones técnicas), el cual describe el procedimiento para el tratamiento de premezclado al material pétreo que será ocupado para el riego de sello como se indica:

- a) El material pétreo se colocará en una plataforma de trabajo fuera de la superficie de rodamiento de la carretera y deberá estar en condiciones tales que no se

contamine con las maniobras de premezclado.

- b) El material pétreo será acamellonado de manera similar a como se elabora una mezcla asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar.
- c) La emulsión catiónica de rompimiento rápido se diluirá en proporciones en volumen 40% agua y 60% emulsión, cuidando que sea a la emulsión a la que se le incorpore el agua y no en forma inversa, el agua deberá estar exenta de contaminantes. Antes de aplicar al material pétreo la disolución obtenida, deberá tener una consistencia homogénea.
- d) Sobre el material pétreo se aplicará la disolución de emulsión-agua previamente calentada a una temperatura entre 30°C y 40°C en proporciones aproximadamente de 140 L/m<sup>3</sup> de material pétreo, cuidando que el residuo asfáltico de la mezcla sea de 2.5% en peso, o el que en su momento determine el laboratorio, se deberá observar el mezclado de manera que éste sea homogéneo.
- e) El mezclado deberá realizarse en forma rápida, antes de que ocurra el rompimiento de la emulsión.
- f) La aplicación del sello se hará conforme a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La norma N-CSV-CAR-3-02-002-00 (Carpetas de un riego) emitida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes también contempla como definición de carpeta de un riego lo arriba descrito, además dentro de la misma se encuentran las características que debe cumplir el equipo mencionado para tal fin, como:

- Una barredora autopropulsada
- Una pipa de agua
- Una petrolizadora
- Un esparcidor de sello
- Un rodillo tipo tándem
- Sello premezclado de 3/8"

Para poder proceder al riego de sello será necesario barrer la superficie con la barredora autopropulsada, previamente se requerirá retirar toda materia extraña (grasa, basura, combustibles, etc.) y de un riego de agua para evitar levantar demasiado polvo y no causar molestias a los peatones o conductores que circulen cerca de la vía, se deberán proteger con papel todas las estructuras (banquetas, guarniciones, camellones etc.) que se encuentren fuera del área correspondiente al riego de sello y por ende al riego de liga, posteriormente se dará un riego ligero con la pipa de agua para dar paso a la aplicación del riego de liga, este será de cubrimiento doble o triple según lo indique el proyecto. A continuación se detalla este último aspecto en la figura 4.2.

Para el tendido de sello se requerirá de un esparcidor de sello o de un camión tipo volteo con una tapa en la caja especial para el tendido del sello, el material pétreo en caso de ser premezclado, deberá llegar ya con estas características al lugar de la obra, es decir, se deberá mezclar previamente y su acarreo será desde el lugar de mezclado hasta la obra; una vez que el riego de liga se haya aplicado, inmediatamente se comenzará el tendido del sello para evitar que la emulsión rompa antes de tiempo y el sello no se adhiera.

Como siguiente actividad será necesario compactar con el rodillo tipo tándem o con el neumático la superficie esparcida con el sello para garantizar su adherencia.

Cabe señalar, como en las propuestas anteriores, que la zona del colegio Ignacio Bernal será necesario hacer reparaciones mayores para lograr una superficie uniforme ya que actualmente cuenta con una serie de asentamientos importantes que generan

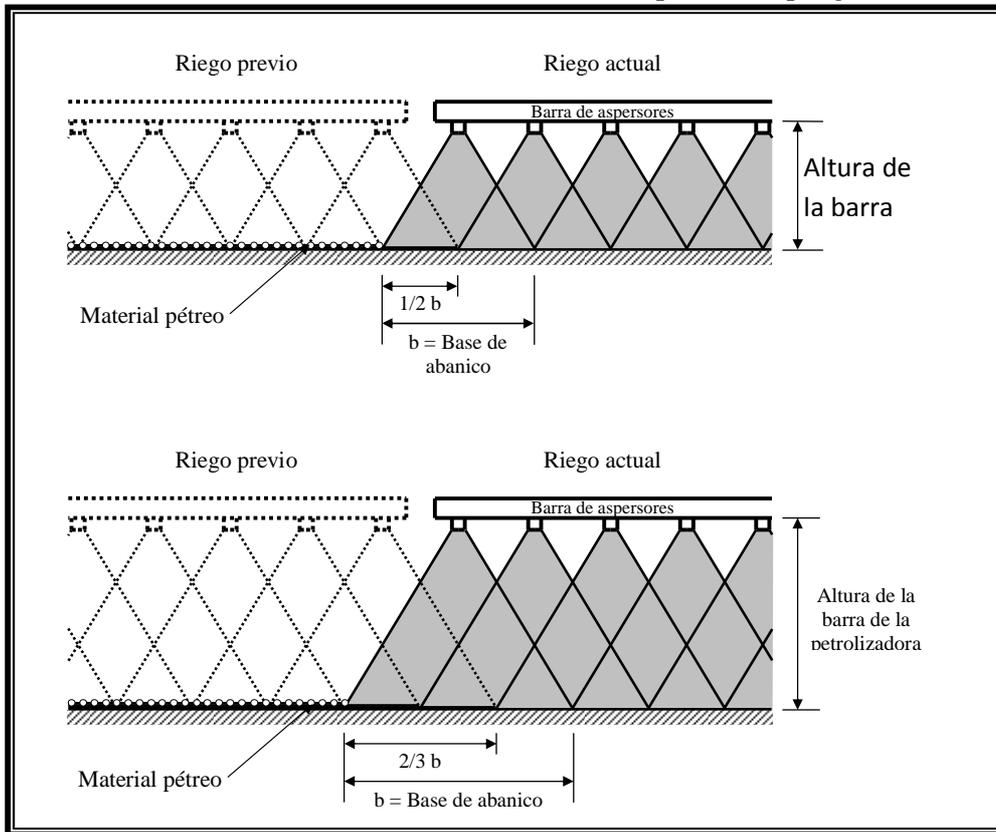


Fig. 4.2 aplicación de material asfáltico

Fuente: Norma N-CSV-CAR-3-02-002-00 (Carpetas de un riego)

incomodidad al usuario; para corregir estos asentamientos se requiere retirar la carpeta asfáltica existente y proceder a la nivelación del terreno mediante el suministro de materiales con características que cumplan con la normatividad y en los espesores que el tráfico así lo demande; para lo cual se deberán revisar los procedimientos respectivos que se describen en el anexo 2 basados en las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las cuales se enlistan a continuación:

-Procedimiento para cortes en la construcción de carreteras N.CTR.CAR.1.01.003/00

S.C.T.

-Procedimiento para acarreo en la construcción de carreteras N.CTR.CAR.1.01.013/00

S.C.T.

- Procedimiento para sub-bases y bases en la construcción de carreteras N-CTR-CAR-1-04-002/00

Procedimiento para riegos de impregnación en la construcción de carreteras N-CTR-CAR-1-04-004/00.

- Procedimiento para carpetas asfálticas con mezclas en frío en la construcción de carreteras N-CTR-CAR-1-04-007/00.

### **4.3. ELECCIÓN DE PROPUESTA MÁS VIABLE.**

Usando el programa DISPAV-5 del método de Ingeniería de la UNAM y con un TDPA de 9335 vehículos (A2 el 42.0%, A'2 el 38.0% B2 el 3.0%, C2 el 12.0%, C3 el 4.0% y T3-S3 el 1.0%), una tasa de crecimiento del 3% se considero como un camino tipo C, por tratarse de un camino de dos carriles el factor de distribución es de 0.5.

Una vez hecho el análisis, los resultados arrojan en primer lugar el numero de ejes equivalentes de 8.2 ton aplicadas y con un nivel de confianza del 70% ( $Q_u=0.7$ )

- Para Z= 0.00 cm            20, 447.485 ejes
- Para Z= 15.00 cm            8, 967.400 ejes
- Para Z= 30.00 cm            7, 205.986 ejes
- Para Z= 60.00 cm            7, 236.088 ejes

Con los resultados obtenidos arriba, se procedió al cálculo de los espesores los cuales nos arrojan:

- Sobre la base                0.00 cm de G.E.
- Sobre la subbase            24.50 cm de G.E.
- Sobre la subrasante        25.60 cm de G.E.
- Sobre las terracerías       26.60 cm de G.E.

Realizando la estructuración en espesores de Grava Equivalente (G.E.) obtenemos:

- Carpeta                      0.00 cm de G.E.
  - Base                         24.00 cm de G.E.
  - Subbase                    1.00 cm de G.E.
  - Sub-rasante                1.00 cm de G.E.
- SUMA                            26.00 cm de G.E.

De acuerdo a estos valores y aplicando los factores de equivalencia de esta metodología se obtienen los espesores requeridos para la nueva estructura del circuito de la UDLAP quedando de la siguiente manera y que se ilustra en la figura 4.3:

- **Carpeta de Concreto Asfáltico**      **5.00 cm**
- **Base**      **20.00 cm**
- **Sub-rasante**      **30.00 cm**
  
- SUMA**      **55.00 cm**

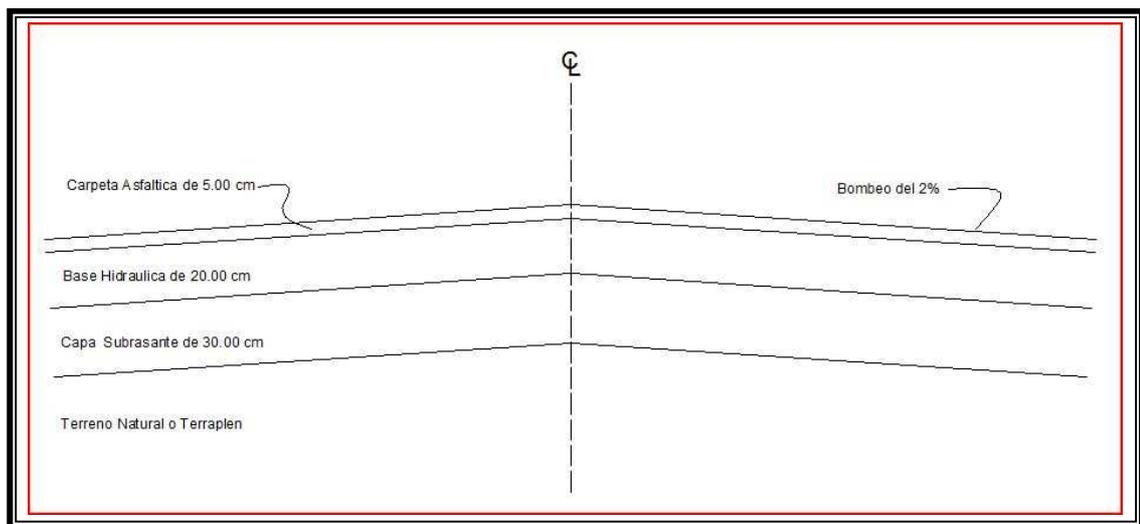


Fig. 4.3 Estructura de pavimento propuesta según método UNAM.

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis anterior fue realizado dentro del marco del Diplomado en Nuevas Tecnologías para Pavimentos, realizado por el equipo 3.

Con base en el análisis obtenido anteriormente y tomando en cuenta la durabilidad y la practicidad de los procedimientos de un riego de sello con la reconstrucción total y con una carpeta de Whitetopping, se toma la decisión de que la reconstrucción total será la más adecuada para el circuito de la Universidad de las Américas Puebla.

El riego de sello es una capa de protección para la estructura del pavimento que deberá estar en condiciones medias de uso y que además no debe presentar fallas graves ni deformaciones ni asentamientos; por el lado económico el riego de sello es el más económico de las tres propuestas, debido a su rapidez y sencillez de aplicación pero como ya se mencionó anteriormente, su durabilidad es mucho menor (aproximadamente 3 años de vida útil) comparada con cualquiera de las otras dos propuestas.

La sobre carpeta a base de la técnica Whitetopping es una muy buena opción para aplicar en el circuito, el cual también es un muy buen candidato a esta técnica, sin embargo, la complejidad en cuanto al tiempo que permanecerá cerrado al tráfico hasta que alcance su resistencia máxima será una incomodidad muy grande para los usuarios del circuito si toma en cuenta que es una vía de un carril por sentido.

La durabilidad de esta carpeta está garantizada para aproximadamente 25 a 30 años, los cuales son un margen muy amplio para recuperar tanto su inversión como para no requerir mantenimientos mayores en periodos muy cortos. Cabe señalar que habría que hacer un estudio de mecánica de suelos más detallado con la finalidad de saber la estratigrafía de todo el circuito para poder desplantar una carpeta de este tipo, porque no debemos olvidar que esta técnica trabaja en el entendido de que el pavimento existente ya

falló y que no habrá más deformaciones en un periodo considerable de tiempo; este supuesto es el que garantiza su vida útil y si esto no se cumple, entonces se tendrán fallas a lo largo de todo el circuito, fallas que vendrán desde el subsuelo y que tarde o temprano se reflejarán en la superficie afectando al concreto.

En cuanto a la reconstrucción después del análisis anterior total se opta por esta propuesta debido a que se sustituirá toda la estructura del pavimento por una con mejores características y regida bajo la normatividad vigente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Por otro lado será un trabajo que tendrá una vida útil de 10 a 15 años o quizá unos cuantos más con un adecuado mantenimiento, no solo en la vía sino también en el drenaje, este último es un factor clave en el diseño, construcción y mantenimiento de una vía ya que es el encargado de drenar el agua en el menor tiempo posible para evitar infiltraciones a la estructura del pavimento que puedan afectar su estabilidad.

Este es un procedimiento que es relativamente rápido, podríamos decir que su duración se encuentra a la mitad entre el riego de sello y el Whitetopping. Para poder empezar la reconstrucción y tener un avance que pueda ser visible, será necesario planear las actividades de inicio a fin para reconstruir tramos entre 100 y 200 m que muestren un avance visible en las obras, buscando la manera de no entorpecer la vialidad en lo posible.

Para tomar en cuenta la reconstrucción del circuito tomaremos la propuesta número 1 planteada al inicio de este capítulo.

Además será necesaria la construcción de cunetas a lo largo del circuito y en ambos hombros a fin de canalizar el agua producto de las lluvias o de algún escurrimiento provocado a las obras de drenaje destinadas para tal fin, garantizando así la vida útil proyectada para tal vía, asimismo será necesario realizar una conservación rutinaria para disminuir los costos de operación y los mantenimientos mayores a corto y largo plazo.