

Refuerzo de la subrasante con geotextil tejido drenante en la repavimentación del circuito de la UDLAP

R. Reyes-Ramírez, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México

RESUMEN

En 2015, se realizó la rehabilitación del pavimento del circuito de la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) que en casi toda su extensión requería una sobrecarpeta pues la estructura era eficiente, solo la carpeta estaba fatigada, sin embargo se encontró una zona de 200 metros de longitud con grandes deformaciones donde por tratarse de una zona arqueológica no es posible hacer caja y estabilizar el terreno natural, el desafío entonces consistía en realizar un refuerzo que mitigara esas deformaciones sin estabilizar el terreno de cimentación, en este trabajo se comentarán los detalles de la problemática del terreno natural y la propuesta de solución que se implementó reforzando la subrasante con geotextiles tejidos.

Palabras Clave: Refuerzo, Estabilización, Geotextil tejido

ABSTRACT

In 2015, the pavement rehabilitation of the circuit of the University of the Americas Puebla (UDLAP) was carried out, which in almost all its extension required an overlayer because the structure was efficient, only the HMA was fatigued, however an area of 200 m. with large deformations where, since it is an archeological zone, it is not possible stabilize the natural terrain, the challenge then was to make a reinforcement that mitigates these deformations without stabilizing the foundation ground, in this work the details of the natural terrain problem will be discussed and the proposed solution that was implemented by reinforcing the subgrade with woven geotextiles.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Circuito de la Universidad de las Américas Puebla

El circuito de la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) fue construido en 1968 cuando inició operaciones en la Ex Hacienda Santa Catarina Mártir en Cholula, Puebla, tiene una longitud de 2.17 km. (Figura 1). Por supuesto, después de 47 años de servicio su vida útil llegó a su fin hace muchos años en los que se han realizado trabajos de conservación, esencialmente bacheo y renivelaciones, sin embargo, el estado general del circuito es de un deterioro superficial muy importante como se puede observar en la figura 2.



Figura 1. Circuito vial de la Universidad de las Américas Puebla.



a) Piel de cocodrilo



b) Bacheo y deformaciones

Figura 2. Deterioros en el pavimento.

Este deterioro superficial parecía ser consecuencia del envejecimiento de la carpeta, pero no necesariamente un deterioro en la estructura del pavimento, salvo en la zona del 1+300 al 1+6000 donde las deformaciones (ondulaciones longitudinales) son muy severas, por esta razón se recomendó realizar un estudio de las condiciones generales del pavimento y sondeos que indiquen las condiciones de la estructura.

Cabe aclarar que la ex hacienda Santa Catarina Mártir se encuentra ubicada en el municipio de San Andrés Chula Puebla, muy cerca de una gran pirámide y toda la región fue el asentamiento prehispánico de Cholula por lo tanto hay vestigios arqueológicos, por ello, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) han declarado la zona de la Ex Hacienda como zona arqueológica lo que implica que no estén permitidos sondeos a profundidades mayores a 60 cm a menos que se cuente con la presencia de un representante del INAH y en caso de encontrar algún vestigio se detiene la excavación, lo que implicaba ya un acotamiento en los alcances de los sondeos y limitaciones en el programa de evaluación.

1.2 Evaluación del Circuito

Con la finalidad de implementar la estrategia más adecuada para la realización de todos y cada uno de los trabajos de exploración, tanto de los materiales del terreno natural y de la estructura existente se programó en primera instancia una visita al sitio, por personal técnico especializado en geotecnia. Por tratarse de una vialidad pavimentada, en operación, se programó la realización de 7 sondeos de tipo Pozo a Cielo Abierto (PCA) a una profundidad de 90 cm. debido a las restricciones del INAH, dichos sondeos se realizaron en el terreno natural sobre la zona del trazo del proyecto; tratando de ubicarlos de forma estratégica (Figura 3), con la finalidad de obtener información representativa y localizados a la orilla de la vialidad existente para no interferir en su operación y así obtener los datos requeridos de todas las capas de los materiales explorados. Como se mencionó anteriormente en primera instancia se realizaron 7 sondeos de exploración superficial para determinar espesores y calidades de los materiales que conforman la estructura del pavimento existente, sin embargo, hay un tramo denominado "zona de deformaciones" del km 1+300 al km 1+650, donde a diferencia del resto del circuito si hay deformaciones importantes (ondulaciones longitudinales), consecuencia de un terreno natural muy fino donde se consideró necesario llevar a cabo 2 sondeos de exploración profunda mediante sondeos de penetración estándar a 9 m. de profundidad (Figura 3)

1.2.1 Sondeos superficiales

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados en las muestras obtenidas en los 8 sondeos superficiales en la zona regular del circuito, que va del km 0+000 al km 1+300 y del km 1+600 al km 2+170, arrojaron los siguientes resultados:

El terreno natural está constituido por suelos que se clasifican como arenas arcillosas (SC), con VRS estándar saturado de 18% a 23%, Límite Líquido de 32.0% a 37.0%, e Índice Plástico de 9.0 a 12.0%, materiales que en la gran mayoría de los casos cumplen con los parámetros de calidad para capa subrasante, probablemente con un tratamiento de estabilización pueda utilizarse como subrasante.

La capa de subrasante tiene un espesor es de 0.08 a 0.32 m, VRS saturados al 100% que varía de 20 a 22%, expansiones de 0.4 a 0.5 %, clasificado el material como arenas arcillosas de baja plasticidad (SC); con estos resultados podemos deducir que este material encontrado es aceptable para su empleo en esta capa.

La capa de base hidráulica tiene un espesor de 0.05 a 0.17 m, VRS saturados al 100% que varía de 62 a 64%, expansiones de 0.2 %, clasificado el material como gravas arcillosas de baja plasticidad (GC), en todas las muestras analizadas de esta capa la granulometría que presenta no es la adecuada debido a que los tamaños no son uniformes; es decir que contienen exceso de finos, además la plasticidad y el desgaste de los ángeles son excesivos, el equivalente de arena es escaso, por lo que necesariamente deberá ser sustituido por material de banco ya que no cumple con los requisitos de calidad exigidos por la normativa.

Finalmente, la carpeta asfáltica de 5.0 a 10 cm. de espesor, como se mostró en la figura 2, está completamente fatigada e invariablemente se desechará.

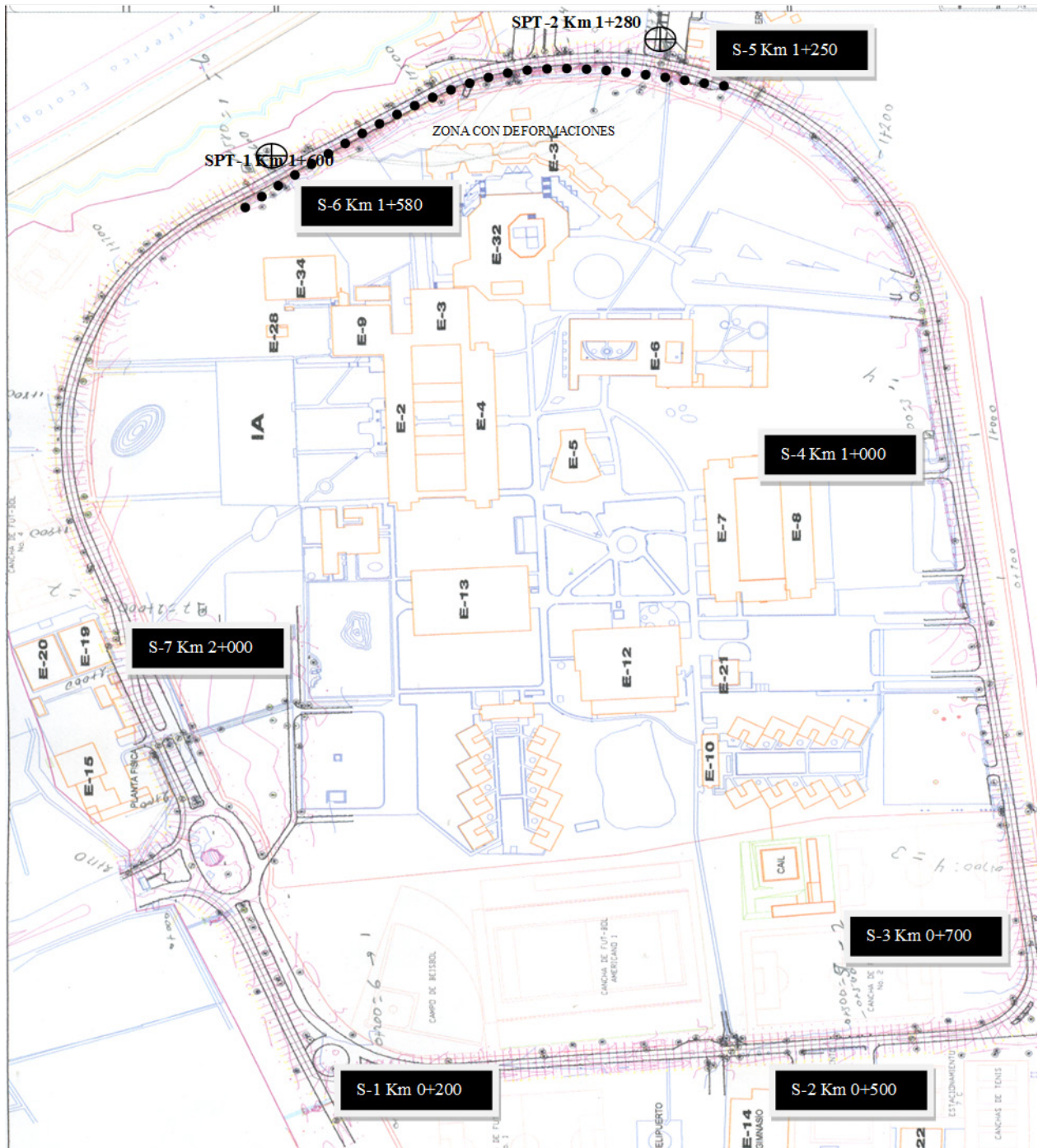


Figure 3. Distribución de los sondeos a cielo abierto (PCA) y sondeos SPT.

1.2.2 *Sondeos de penetración standard*

Los sondeos de penetración estándar ubicados en el km 1+280 y 1+600 muestran que de un 1.6 m. hasta los 6 m. de profundidad se encuentran limos y arcillas orgánicas con resistencia a la penetración de 3 a 6 golpes, pues esta zona es la zona natural del escurrimiento subterráneo que va de la zona nor-poniente (zona del lago) en la UDLAP hacia el Río Rabanillo que corre paralelo a la cabecera sur-oriente, siendo la zona de deformaciones la zona de depósito de sedimentos (suelos finos) de estos escurrimientos

Así que los estudios muestran a priori que en la zona regular del circuito hay que reconstruir la estructura del pavimento mejorando la subrasante y hacer un diseño quizá considerando solo base hidráulica y una carpeta asfáltica de granulometría densa y la zona de deformaciones requiere un tratamiento de mejoramiento del terreno natural para poder desplantar la estructura del pavimento

2. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El circuito de la universidad tiene un aforo de 6000 vehículos diarios de lunes a viernes en un 99% de vehículos ligeros (automóviles) dando un número de ejes equivalentes de 1.9 millones para un periodo de 15 años, adicionalmente se realizaron evaluaciones estructurales del pavimento con Viga Benkelman y deflectómetro de impacto encontrándose que en la zona regular la estructura era deficiente y lógicamente en la zona de deformaciones la condición estructural era nula, y se procedió a hacer una propuesta de diseño que de acuerdo a la normativa requería un mejoramiento general de la capa subrasante en la zona regular una base cementada (con material de recuperación) de 30 cm y una carpeta asfáltica de 5 cm, para poder respetar esta misma estructura en la zona de deformaciones se propuso un mejoramiento en el terreno natural y estabilizar hasta un espesor de 70 cm debajo de la estructura propuesta para el resto del circuito.

Sin embargo, la realidad nos alcanzó y el costo de estos trabajos de reconstrucción rebasaban por mucho el presupuesto de la UDLAP para realizar estos trabajos, adicionalmente las restricciones del INAH no permitían hacer una intervención a más de 60 cm de profundidad y el tiempo de ejecución era muy grande considerando que solo se contaba con el periodo vacacional pues el circuito es la única vialidad del campus universitario y no se podía extender el tiempo de los trabajos.

3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO CON GEOTEXTILES.

Después de analizar algunas propuestas convencionales, ninguna resultaba factible para rehabilitar el circuito por lo que se decidió hacer una sobrecarpeta en la zona regular y mejorar en la medida de lo posible la zona de deformaciones y reconstruir en ese tramo mejorando solo la subrasante con cemento portland y colocar una base hidráulica y una carpeta de 5 cm (sin diseño), esta propuesta fue tomada prácticamente por cuestión presupuestal y de tiempo de ejecución de los trabajos por lo que el Departamento de Ingeniería Civil ante la inminencia de la decisión tomada propuso que en la zona de deformaciones se utilizaran: un geotextil tejido para reforzar la subrasante y un geotextil no tejido de repavimentación para la sobrecarpeta.

3.1 *Zona de deformaciones.*

Como se mencionó anteriormente debido a todas las restricciones presupuestales, legales y de tiempo se buscó una solución que fuese más acorde con estas restricciones entendiendo las condiciones del pavimento en la zona de deformaciones.

Se realizó un diseño considerando que no se podía excavar más de 60 cm, por lo tanto, la sección propuesta fue hacer caja, conformar el terreno natural y compactarlo, colocar un geotextil tejido, colocar una subrasante de 40 cm, una base hidráulica de 20 cm y una carpeta de 5 cm con un módulo elástico de 2500 Mpa.

3.1.1 *Los geotextiles tejidos*

Cabe mencionar que el uso del geotextil se autorizó porque encontramos un patrocinador quien nos regaló 3 rollos de diferentes tipos de geotextiles de refuerzo de 50 metros cada uno, con la finalidad de observar cual nos daría un mejor resultado, decidiendo colocarlos en los kilómetros 1+450, 1+500 y 1+550 respectivamente, esto dejaba el tramo del km 1+300 al km 1+450 con una estabilización con cemento como lo habían considera en un inicio, a continuación se describen los geotextiles tejidos utilizados.

- Geotextil tejido multifilamento: Es conformado por fibras de polipropileno multifilamento cuyo entretejido proporciona funciones de separación, filtración y refuerzo. Esta gama de geotextiles tejidos multifilamentos brinda mayores propiedades de módulo a tensión al 2% y al 5%, además, debido a la interacción por fricción que tiene con las diversas granulometrías de suelo, es capaz de proporcionar un excelente confinamiento de materiales, lo cual conlleva a una mayor distribución de cargas.
- Geotextil tejido integral: Dentro de la gama de geotextiles tejidos, son desarrollados los geotextiles tejidos integrales, los cuales brindan las 5 funciones principales de un geosintético: separación, filtración, drenaje,

refuerzo y confinamiento. Este tipo de geotextil cuenta con un tejido multifilamento de polipropileno lo cual permite mantener las altas propiedades de módulo a tensión al 2% y 5% de un multifilamento de refuerzo común al igual que una buena interacción con los suelos de relleno para su correcto confinamiento y distribución de cargas, aunado a esto, es adicionado un filamento transversal color naranja que además de identificar al producto, brinda un patrón de hilados mixto el cual proporciona una amplia gama de tamaños de poro para una excelente separación, una filtración superior y características de flujo similar a la de un filtro de suelo bien graduado.

- Geotextil tejido integral-capilar: Este geotextil tejido integral cuenta con fibras de polipropileno multifilamento y fibras especiales 4DGTM, higroscópicas e hidrofílicas que proveen una acción drenante a través del plano horizontal del geosintético sin necesidad de tener un gradiente hidráulico e incluso en pendientes negativas. Este geotextil cuenta con altas resistencias a la tensión al 2% y al 5% y brinda un excelente confinamiento de suelo lo que resulta en una mayor redistribución de esfuerzos. La conformación de filamentos de este geotextil proporciona también una amplia gama de tamaños de poro para brindar una excelente separación y una filtración superior.

3.1.2 Descripción de la construcción

Se hizo la caja en la zona de deformaciones se conformó el terreno natural y cuando se quiso compactar el suelo se deformaba con el vibrocompactador, por lo que la compactación se hizo sin accionar la vibración del compactador, una vez compactada la cama del corte de la caja se colocó el geotextil tejido, enseguida se colocó la primera capa de subrasante y cuando entro el vibrocompactador pudo hacer su trabajo de manera regular, esto llamo la atención del constructor y tomaron la decisión de utilizar también el geotextil tejido en el tramo del km 1+300 al km 1+450. Terminaron de construir la subrasante, colocaron la base hidráulica y la carpeta.

3.2 Zona regular.

Sabiendo que de acuerdo a las restricciones de tiempo y presupuesto la instrucción administrativa fue fresar y colocar una sobrecarpeta, solicitaron alguna recomendación de refuerzo con geosintéticos, por lo que se hizo una propuesta con un geotextil no tejido de repavimentación, aunque la evaluación estructural sugería que era deficiente a pesar que esta zona del circuito aun no presentaba deformaciones se mantuvo la decisión de colocar una sobrecarpeta pues en realidad el pavimento solo presentaba un grave deterioro de la superficie de rodamiento así que la propuesta final fue, hacer un fresado de 5 cm, reparaciones (bacheo y sellado de grietas) colocar un geotextil no tejido de repavimentación y un carpeta de 5 cm de mezcla en caliente de granulometría densa.

4. RESULTADO FINAL

Los trabajos se realizaron en de la segunda quincena de diciembre de 2015 a la primera quincena de 2016 y el comportamiento general del circuito es hay todavía satisfactorio en la zona de sobrecarpeta y en la zona de deformaciones como se puede observar en la figura 4 es muy buena solo en el km 1+450 se observa un aligera deformación que dadas las condiciones de trabajo y las restricciones podemos calificar como satisfactoria.



Figure 4. Tramo de deformaciones en la actualidad (octubre de 2019).

CONCLUSIONES

Aunque la recomendación general indicaba una intervención más grande en el terreno de cimentación y una sección más robusta en la estructura del pavimento en la zona de deformaciones se tenía la certeza que el refuerzo de los geotextiles tejidos ayudaría en el refuerzo y atenuaría las deformaciones plásticas del suelo de cimentación sin embargo los resultados hasta hoy observados son mejores que los esperados.

La sobrecarpeta y el refuerzo con el geotextil no tejido de repavimentación también han tenido un desempeño destacable.

Se observa que en general los geosintéticos cumplen con su función, pero también es importante que el criterio, la observación y quizá el sentido común se empleen al momento de hacer recomendaciones y cálculos.