



**Nuevas tecnologías: mejoras en tiempo, costo y calidad para las vías en Colombia**

**Daniel Alejandro Castañeda Cárdenas**

**Director: Dra. Luz Mery Guevara Chacón**

**Universidad Militar Nueva Granada**

**Facultad de Ingeniería**

**Programa de Ingeniería Civil**

**Bogotá D.C., octubre 2020**

La construcción de vías ha significado y ha sido una de las pioneras en el desarrollo de la humanidad; desde el inicio del hombre, se ha visto la necesidad de construir medios de comunicación para las personas con el fin de mejorar sus condiciones de vida, economía, así como lograr el crecimiento de las poblaciones.

Según el Foro Mundial Económico (FEM, 2019), en su documento “Reporte de competitividad global”, en donde se miden los factores que impulsan a la productividad y proporcionan condiciones para el progreso del país, el segundo pilar más importante con el que se evidencia el crecimiento económico es el índice de infraestructura; la relación directa entre infraestructura y competitividad se ve reflejada en crecimiento económico, por lo tanto, el desarrollo del país incrementará considerablemente a medida que se aumente la capacidad vial y aumenten el número y calidad de construcciones que permitan mejorar la infraestructura.

A nivel global, Colombia se ubica actualmente en el puesto 57 entre 141 países (FEM, 2019) y es normal pues, aunque ha presentado grandes avances en el sector de transporte, aún presenta un atraso de aproximadamente 15 años en infraestructura (El País, 2019), atraso que le ha pasado factura en términos de competitividad. Es común ver documentos donde se menciona que es más barato transportar algún producto desde China hasta el puerto de Cartagena que transportar ese mismo producto desde Cartagena al interior del país (BBC MUNDO, 2015). Es por esto que la mejora o implementación de nuevas tecnologías juega un papel importante en mejorar la infraestructura nacional y por consiguiente la competitividad.

Teniendo como evidencia la importancia de las comunicaciones terrestres, el progreso de la construcción de vías se ha visto envuelto en constantes cambios y ha

permitido que día a día se desarrollen tecnologías para su implementación y mejora. Elaborar metodologías nuevas o la implementación de tecnologías ya existentes le permiten a la construcción de vías desarrollarse de manera eficiente y segura. De esta manera el Instituto Nacional de Vías en el año 2019, en busca de promover el emprendimiento, desarrollar y adoptar nuevas tecnologías en la infraestructura del transporte para el país, realizó la selección de 56 nuevas tecnologías que buscan revolucionar la infraestructura del país suministrando, métodos para que las vías presenten una mayor duración, se disminuyan sus costos, mejoren los tiempos de fabricación y su calidad se mantenga o de ser posible mejore, de manera que se garantice la buena práctica en la construcción de vías futuras y por ende su duración (INVIAS, 2019).

Esta implementación conlleva una serie de procesos, para lo cual, siguiendo algunos de los parámetros establecidos por el Project Management Institute (PMI), en su documento PMBOK (Project Management Body of Knowledge, 2017) versión 6, se establece que para abordar un proyecto, existen elementos que generan límites en su ejecución, límites que reciben el nombre de restricciones, en caso de las vías y la implementación de las nuevas tecnologías, se destacan como las más importantes el tiempo, el costo y la calidad.

Para el caso de este documento se ha tomado como base una de las 56 tecnologías en estudio del INVIAS que recibe por nombre Metodología ISSS (IN-SITU SOIL STABILIZATION); su finalidad es implementar un estabilizante químico en la subrasante o terreno natural del suelo, eliminando así una de las tres capas que componen la estructura de pavimento. Al implementarse, permite que se mejoren las condiciones iniciales del suelo, otorgándole una mayor resistencia y mejorando sus propiedades mecánicas; de esta

manera se planea que la construcción de carreteras disminuya costos, al necesitar menos materiales y tiempo ya que se optimizan los procesos constructivos sin disminuir los parámetros de calidad requeridos para las vías nacionales.

De acuerdo al PMBOK, uno de los soportes para apoyar la toma de decisiones es revisar los antecedentes del proyecto, su información histórica, así como las lecciones aprendidas al final de su ejecución. De esta manera, al remitirse a los antecedentes de las vías, se puede ubicar que como consecuencia de la industria del petróleo se comenzaron a implementar betunes asfálticos para su elaboración; del mismo modo se vio la necesidad de soportar esta capa asfáltica sobre otras capas de diferentes materiales y de esta manera, mejorar su comportamiento, así como aumentar su durabilidad. (Brown, 2017). De acuerdo a la definición de Kraemer & Del Val (citados por Sánchez Sabogal, 2009), una estructura de pavimento se define como un conjunto de capas superpuestas relativamente paralelas de un espesor determinado, constituido por materiales de diferentes características y que son adecuadamente compactados, los cuales son dispuestos sobre una subrasante que es obtenida por movimiento de tierras y que es la encargada de soportar las cargas de tránsito durante un periodo de tiempo determinado sin presentar deterioros que afecten la seguridad y comodidad del usuario o de la misma estructura.

Las estructuras de pavimentos son diseñadas con ciertos espesores de las capas de manera que se garantice su funcionalidad, el INVIAS en su manual "*Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2013*" establece que toda estructura de pavimento debe estar compuesta por una capa de rodadura que consiste en una mezcla de materiales granulares y asfálticos y se construye sobre las capas de base y subbase, sin

embargo, cuando el terreno natural o subrasante presenta buenas condiciones y su capacidad lo permite, no es necesaria la inclusión de la capa de subbase.

Este concepto de implementar las tres capas se ha manejado por mucho tiempo en la elaboración de las vías colombianas y se ha convertido en el método tradicional de construcción, sin embargo, la importancia de implementar nuevas tecnologías se ha vuelto una necesidad para mejorar las propiedades y comportamiento de la estructura, así como tratar de disminuir costos y tiempos en la ejecución. Los diseños de pavimentos nuevos se deben realizar teniendo en cuenta que las condiciones particulares varían año a año y se deben ofrecer vías que soporten las futuras cargas a las que estarán expuestas, así como garantizar su comodidad y durabilidad.

Por esta razón, el INVIAS, en la exploración de nuevas tecnologías y con el propósito de implementarlas en las obras viales del país, hace la selección de 56 tecnologías que se busca, pasen a la etapa de evaluación para poder ser aplicadas en la infraestructura del transporte, sin embargo, para su implementación se debe garantizar que presenten un desempeño similar o superior al de las soluciones tradicionales; por otra parte, teniendo en cuenta las restricciones particulares establecidas en el PMBOK se debe buscar que éstas garanticen objetivos de tiempo, costo, calidad y recursos, sin olvidar también la inclusión o el aporte al medio ambiente que tenga la tecnología.

En el caso de la tecnología de interés Metodología ISSS (IN-SITU SOIL STABILIZATION), o también conocido como *SOIL BINDER*, es una solución dirigida a la estabilización de suelos que consta de un producto químico cuya función es estabilizar la mayoría de suelos clasificados bajo el sistema AASHTO, al ser aplicado mejora la resistencia de los suelos, su susceptibilidad a la humedad y los problemas de agrietamiento

que puedan presentar. Como se mencionó en párrafos anteriores, la estructura del pavimento consta de tres capas: una capa de subbase, una capa de base y la capa de rodadura, generalmente, cuando las condiciones de terreno natural no presentan condiciones adecuadas para su trabajo, las capas de subbase y de base deben ser traídas de algunas canteras certificadas para su utilización y adecuación en el terreno. La gran ventaja que provee esta tecnología es permitir mejorar las condiciones del terreno sin necesidad de traer materiales; su función en el terreno es optimizar la capa de subrasante para que no sea necesaria la disposición de un material granular para la conformación de la capa de subbase.

La subrasante, de acuerdo a la definición que ofrece el INVIAS, es una “superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento”, si se desea obtener un correcto funcionamiento de un pavimento la subrasante debe cumplir con tres funciones principales: Soportar un limitado número de tránsito durante la construcción de la estructura vial, proporcionar una cimentación adecuada para la compactación de las capas granulares de la estructura de pavimento y soportar las cargas propias del tránsito vehicular durante la vida útil del pavimento (Rondón & Reyez, 2015)

El uso de ISSS (estabilización del suelo en sitio), permite mejorar las propiedades físicas y químicas de la subrasante, contribuyendo así a la durabilidad y a mejorar la resistencia mecánica que posee esta capa, por consiguiente, al implementar la tecnología de estabilización de suelos se estaría mejorando la capa de subrasante evitando la construcción de una capa de pavimento (capa de subbase). Al tener en cuenta las restricciones particulares de la construcción de vías es un factor bastante favorable, incluso en las consideraciones ambientales debido a que se estarían disminuyendo los costos de

construcción y recursos utilizados, mejorando la calidad y realizando las construcciones en un menor tiempo.

En cuanto a las limitaciones que establece el PMBOK y deben ser tenidas en cuenta para su ejecución; si se enfatiza primeramente en un análisis de costo, la implementación del ISSS permite que los materiales de apoyo para la estructura requeridos sean materiales ya ubicados en la zona del proyecto, la eliminación de una capa de materiales agregada y seleccionada para la constitución de la subbase granular, esto implica que su construcción no tenga que disponer de la compra y transporte de los materiales. Los métodos convencionales de construcción requieren excavación, remoción y eliminación de suelos, lo cual puede generar un costo demasiado elevado cuando se trata de una gran cantidad de material y la extensión de la vía es muy amplia, por lo tanto, al utilizar la capa de subrasante mejorada con el estabilizante químico se evita la construcción de la capa de subbase y, por ende, se eliminan estos costos adicionales. Por último, el presentar una subrasante de excelentes características, permite que las demás estructuras que se descargan sobre esta, no tengan la necesidad de ser tan robustas así que, la disminución en centímetros de espesor para cada capa en una vía implica la disminución en costos de adquisición y transporte de materias primas.

Ahora bien, en cuanto a las limitaciones y mejoras obtenidas en los tiempos de construcción, hay que remitirse inicialmente a un breve resumen sobre el proceso constructivo de las vías: primero, se debe realizar la preparación del suelo inicial que consiste en la escarificación, humectación, aireación y compactación por capas del material de la subrasante, una vez adecuada la capa de subrasante se procede a colocar y extender el material traído para la subbase, material que también debe pasar por un proceso de

compactación por capas, se debe verificar que tenga la humedad idónea para que el material se aglutine y de esta manera garantizar su calidad y comportamiento; después de realizar el procedimiento de la subbase y verificar que esté en condiciones adecuadas, por último se realiza el mismo procedimiento con la capa de base y con la capa de rodadura asfáltica (Bonnet, 2014).

La eliminación de la capa de subbase al mejorar la subrasante significa la optimización del proceso de ejecución de una vía, permitiendo así que sea necesario sólo el tratamiento de tres capas en lugar de cuatro; si se tiene en cuenta además que no es necesaria la espera de los materiales traídos de canteras para esta capa, los tiempos en construcción mejoran considerablemente. El procedimiento ahora comprende solamente mejorar las condiciones de la subrasante impregnando y compactando con el Soil Binder, inclusive, después de 4 pasadas de la máquina compactadora, se puede proceder inmediatamente a la colocación de la siguiente capa; considerando las magnitudes de los proyectos, entre más grande sea la vía a construir mayores beneficios de tiempo se verán reflejados en la ejecución del proyecto (Innovias, 2020).

Con relación a la calidad, más de 140,000 km de vías han sido construidas con métodos de estabilización en Norteamérica (Ramos, 2020), dato que evidencia el hecho de tener un fuerte respaldo investigativo y técnico con pruebas de laboratorio que determinen la capacidad y las condiciones finales del suelo al implementar estabilizantes; sin embargo, sólo estos datos no son suficientes para su implementación en Colombia. El INVIAS en el manual de carreteras del año 2013, establece los criterios que deben cumplir las subrasantes estabilizadas con el fin de cumplir los parámetros de calidad, los cuales son: reducción de humedad, reducción de plasticidad, reducción de expansión, aumento de la capacidad



portante del suelo y resistencia a la compresión inconfiada. Las pruebas realizadas al Soil Binder han determinado cumplir con los criterios y evidente mejoría en comparación con otros métodos de estabilización, garantizando así la calidad de la alternativa.

Para la puesta en marcha del proyecto la calidad se muestra como una limitante de gran importancia, por lo tanto, existe la necesidad de establecer una metodología para la identificación de indicadores de sostenibilidad y calidad desde el punto de vista de la gestión y construcción de proyectos (Fernández & Rodríguez, 2010); para esto, el PMBOK establece dentro de la gestión de la calidad unos indicadores y grupos de procesos para considerar en la ejecución, no obstante, realizar una gestión de calidad con todos los procesos que establece el PMBOK implica un aumento significativo en los recursos del proyecto, además, no todos los indicadores y procesos derivados de esta guía son aplicables a proyectos de ingeniería civil.

Lo recomendable sería realizar un proceso de clasificación y priorización de indicadores y procesos a desarrollar, de esta manera, se puede generar un primer acercamiento para la estandarización de indicadores en la calidad de proyectos de construcción relacionados con las nuevas tecnologías. En general, la finalidad de establecer estos indicadores permite realizar una gestión de la calidad organizada y limitada, de manera que se pueda planificar, gestionar y controlar de manera sencilla.

Resumiendo lo planteado, la implementación de la tecnología de estabilización de suelos con Soil Binder, permite una mejora en las etapas de la gerencia de proyectos desde su inicio hasta su cierre. Cabe resaltar que esta nueva tecnología aplicada a una obra de ingeniería civil aplicada a la ejecución va a optimizar las variables de tiempo y costos, manteniendo los estándares de calidad para los cuales son diseñadas las obras viales,

haciendo que se requieran menos mantenimientos y otorgando vías que cumplan con la vida útil para las cuales fueron diseñadas.

Reemplazar los procesos constructivos tradicionales, no es tarea fácil debido a que son metodologías que llevan muchos años siendo implementados en el país, cuando se implementa una nueva tecnología las empresas constructoras deben acoplarse a los sistemas constructivos de esta y en caso de ser necesario, deben obtener la maquinaria requerida para la ejecución; del mismo modo, los trabajadores vienen haciendo los procesos de construcción tradicional durante muchos años por tanto deben ser instruidos y capacitados con el fin de elaborar estas vías de manera eficiente.

La estabilización química trae una serie de beneficios técnicos en la construcción de vías tales como: aumento de capacidad portante del suelo, mejor comportamiento de las capas, durabilidad, impermeabilidad, entre otros. El Invias en el año 2013, dentro de su manual de construcción de carreteras, establece parámetros de desempeño técnico para la estabilización química con cal y cemento, los cuales conforman la metodología tradicional para estabilización de subrasantes. Si se realiza una comparación con parámetros evaluados para verificar la funcionalidad de la estabilización con Soil Binder, se puede tomar como base los mismos parámetros de desempeño técnico y de esta manera comprobar y evaluar las mejoras que aporta.

Según la descripción del estabilizante dada por Innovías la implementación de Soil binder no genera ningún daño o impacto al medio ambiente “es un producto líquido, incoloro, no es corrosivo, no es tóxico, no es inflamable y no daña la naturaleza” (2020). De igual modo, comparado con los métodos tradicionales de construcción el impacto ambiental se evidencia gran mejoría; la oportunidad de tener un menor volumen de

excavación y disposición de residuos, así como la eliminación del transporte de material de canteras certificadas para la capa de subbase se ve reflejado en menos emisiones a la atmósfera y también se ve que disminuye en gran medida la contaminación.

El PMI dentro del documento guía PMBOK versión 6, establece condiciones y brinda las herramientas necesarias para la adecuada organización y desarrollo de un proyecto; así mismo establece las limitaciones que se deben tener en cuenta para que el proyecto pueda ser llevado hasta la etapa de cierre de manera satisfactoria; es importante tener en cuenta que cada proyecto presenta limitaciones diferentes, por lo tanto se deben adoptar metodologías distintas para cumplir con los requerimientos propios del proyecto.

El país en busca de mejorar la competitividad debe desarrollar y hacer énfasis en tecnologías que minimicen la utilización de recursos, la disminución de tiempos de ejecución y aumente la durabilidad en las vías; esto se garantiza con sistemas de construcción eficaces y la implementación de métodos innovadores que han sido exitosos en sus lugares de aplicación.

## Referencias

- Álvarez, M. (2015). Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia (tesis de pregrado). Escuela de Ingeniería de Antioquia, Antioquia, Colombia
- BBC News. (20 de mayo de 2015). *Por qué es tres veces más barato mandar un contenedor de Colombia a China que dentro de Colombia*.  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425\\_colombia\\_economia\\_transporte\\_problemas\\_nc](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425_colombia_economia_transporte_problemas_nc)
- Bonnet, G.E. (2014). *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible*. Universidad Militar Nueva Granada
- BROWN, J. L. (Mayo 2013). *Rocky Road: The Story Of Asphalt Pavement*: Obtenido de: <https://doi.org/10.1061/ciegag.0000573>
- El País. (25 de marzo de 2014). *Colombia tiene un atraso de 15 años en materia de infraestructura*.  
<https://www.elpais.com.co/colombia/tiene-un-atraso-de-15-anos-en-materia-de-infraestructura.html#:~:text=El%20atraso%20de%2015%20a%C3%Blas,base%20a%20opiniones%20del%20sector>
- Fernández, G., y Rodríguez, F. (2010) *A methodology to identify sustainability indicators in construction project management—Application to infrastructure projects in Spain*. Departamento de ingeniería civil y construcción, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.04.009>
- INVIAS. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*.
- Innovias Constructora. (2020). Obtenido de: <http://www.innovias-constructora.com/>
- Mintransporte. (2015). *Transporte en cifras, estadísticas 2015*.
- PMI. (2017). *PMBOK*. Pennsylvania.
- Quilla, M (2018). Evaluación de la gestión de calidad bajo lineamientos del PMI en proyectos de pavimentación ejecutadas por la municipalidad provincial de Puno, 2014-2016. Perú
- Ramos, J. (2020). *DISEÑO DE PAVIMENTOS SUELO-CEMENTO Método de la Portland Cement Association (PCA*. Retrieved 20 October 2020, from
- Rondón Quintana. H.A, & Reyez Lizcano, F. A. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Lima, Perú: Empresa Editorial Macro EIRL.
- Sánchez Sabogal, F. (2009). *Curso básico de diseño de pavimentos*.
- SIC – Índice de Competitividad Global (2020).

