

Factores que afectan la productividad en la extendida de asfalto durante el mantenimiento de la malla vial. Localidad de Engativá, Bogotá, D.C.

Andrés Eduardo Florez Mayorga, Estudiante de Ingeniería Civil¹, Carolina Alvarado Rojas, Estudiante de Ingeniería Civil², y Lady Johana Fotasoca Sánchez, Estudiante de Ingeniería Civil³

¹Universidad and La Gran Colombia, Colombia, andres.florez@ulagrancolombia.edu.co, lady.fotasoca@ulagrancolombia.edu.co

² Universidad La Gran Colombia, Colombia, carolina.alvarado@ulagrancolombia.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

Resumen- El objetivo principal de esta investigación es determinar los factores que influyen en la productividad durante la extendida de asfalto para el mantenimiento de la malla vial en la Localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá, D.C. El enfoque que presenta este trabajo de investigación es mixto, con características cuantitativas y descriptivas; el tipo de investigación es exploratorio-analítico. La muestra del estudio fue seleccionada por conveniencia, por similitud en el tipo de mantenimiento con pavimento en asfalto realizado en diferentes tramos de la localidad de Engativá. Los instrumentos que se utilizaron fueron: la observación, entrevista, registro de datos durante visitas de campo, sistematización y análisis de la información. Como resultado, se observa que los diferentes tramos son afectados por algunos factores internos y otros externos que hacen variable la productividad de la extendida de pavimento en asfalto. La investigación permite concluir que los factores que más hacen disminuir la productividad de la actividad mencionada son la disponibilidad de la vía para ejecutar las obras y los relacionados a problemas con la maquinaria, como fallas mecánicas o versiones antiguas de ésta. También se pudo observar que la incidencia de dichos factores depende en gran parte de la cantidad de veces que se presente en cada tramo.

Abstract- The main objective of this research is to determine the factors influencing productivity during extended asphalt for maintenance of the road network in the locality of Engativá in Bogota, DC The approach presented in this research is mixed, with quantitative and descriptive characteristics; The research is exploratory and analytical. The study sample was selected by convenience, similarity in the type of asphalt pavement maintenance performed in different sections of the town of Engativá. The instruments used were: observation, interviews, data logging during field visits, systematization and analysis of information. As a result, it is observed that the different sections are affected by some other external and internal factors that make productivity extended asphalt pavement variable. The research supports the conclusion that the factors that make productivity decrease the activity mentioned are the availability of the way to carry out the works and related to problems with machinery, such as mechanical failures or old versions of it. It was also observed that the incidence of these factors depend largely on the number of times that present in each section.

Palabras clave— Factores influyentes, optimización, pavimento asfáltico, planeación, productividad, rendimientos, tiempos muertos.

La productividad en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial ha sido afectada por factores internos y externos que al desconocerlos no son controlados a tiempo llevando a los constructores a incurrir en gastos por *reprocesos*, reparaciones o modificaciones, pérdidas del materiales por falta de gestión, consumo de más recursos a los planeados, incumplimiento en las programaciones y plazos pactados, pago de multas por entregas de obras extemporáneas, y disminución en las utilidades. En el presente trabajo se identifican algunos factores que afectan la productividad del pavimento en asfalto para el mantenimiento de la malla vial y analiza el comportamiento de dichos factores en diferentes escenarios con el fin de que sean controlados en obra para evitar pérdidas económicas y de tiempo. En estudios anteriores se han propuesto metodologías como Lean construction, la constante supervisión técnica en obra y la revisión de rendimientos de mano de obra, etc. Sin embargo, el en área de vías hace falta ahondar en el tema, especialmente en cuanto a maquinarias y equipos. Por medio de registros de campo y de información suministrada por los contratistas que ejecutan la actividad mencionada, fue posible identificar algunos de los factores influyentes en la productividad en la extendida de asfalto para el mantenimiento de la malla vial.

II. METODOLOGÍA

1) *Diseño*: El tipo de investigación de este proyecto es Exploratorio-Analítico, ya que después de buscar datos estadísticos en la literatura, y adquirir los conocimientos básicos sobre procesos constructivos, maquinaria y materiales para la extendida del asfalto en mantenimiento de malla vial, se realizaron registros en campo de los tiempos de ejecución y se procedió al análisis de los rendimientos calculados Vs rendimientos estándar o teóricos, con el fin de establecer la productividad para máquina y equipos y para la mano de obra. Todo esto desarrollado en las siguientes tres fases: Identificación de los tramos a intervenir para mantenimiento o reparación de la malla vial en pavimentos asfáltico en la localidad de Engativá; adquisición de datos e información en campo para el cálculo de los rendimientos en la aplicación del pavimento asfáltico y determinación de los factores que influyen en la productividad y su comportamiento.

2) *Población*: El estudio fue realizado en tramos viales seleccionados mediante un muestreo por conveniencia, teniendo en cuenta similitudes en tipos de mantenimientos que para el caso de estudio de éste proyecto corresponden a mantenimiento de malla vial en pavimentos en asfalto.

3) *Entorno*: Los tramos objeto de estudio corresponden diferentes Barrios de la localidad de Engativá, en la ciudad de Bogotá, D.C.

4) *Intervenciones*: Mediante la observación en las visitas de campo, la entrevista abierta al personal profesional, técnico y operativo y la recolección y sistematización de la información, se calcularon los rendimientos en obra para maquinarias como pavimentadora, vibro compactador de rodillo, compactador neumático y mano de obra, considerando las condiciones internas y externas presentadas en cada tramo con el fin de establecer los factores y su incidencia en la productividad.

5) *Ecuaciones*: En la ecuación No. 1 para el cálculo de la productividad fueron introducidos los recursos correspondientes a la extendida de asfalto en mantenimiento de malla vial, en donde la Cantidad producida será igual al total de asfalto extendido en m² y los Recursos empleados serán la Mano de obra, maquinaria y equipos y materiales.

$$\text{Productividad} = \left(\frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}} \right) \quad (1)$$

Al dividir la cantidad ejecutada en el tiempo de duración de la actividad, se obtiene el rendimiento por cuadrilla, y a su vez, al dividirlo en la cantidad de personas que componen la cuadrilla, se obtiene el rendimiento de mano de obra expresado en metro cúbico-hora-hombre.[m³/h/H], como lo muestra la ecuación 2.

$$\text{Re} = \left(\frac{ce}{te} \right) / cu \quad (2)$$

En donde:

Re = Rendimiento mano de obra.

ce = Cantidad ejecutada

te = Tiempo de ejecución

cu = Cuadrilla ó cantidad de personas

El rendimiento de la pavimentadora o Finisher puede calcularse con la ecuación 3.

$$\text{Re} = v * fe * e * a \quad (3)$$

En donde:

Re = rendimiento.

v = Velocidad de la máquina

fe = Factor de efectividad de la máquina = 70%

e = Espesor de la carpeta a aplicar en metros

a = Ancho de la máquina en metros

Para el cálculo de los rendimientos de los vibro compactadores y compactadores neumáticos fue utilizada la ecuación No. 4, en donde Re es el rendimiento compactador; v es la velocidad de operación (m/h), a es el ancho compactado en (m), e es el espesor de la capa (m), c es una constante y n es el número de pasadas (un)

$$\text{Re} = \frac{(a * v * e * c) * 10}{n} \quad (4)$$

Una vez sistematizada la información obtenida en campo y los reportes de obra se pueden comparar los rendimientos calculados vs rendimientos teóricos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
TABLA I. RENDIMIENTOS REALES VS TEÓRICOS

| RENDIMIENTOS ENCONTRADOS POR BARRIOS VS RENDIMIENTOS TEÓRICOS | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|-------------|----------|----------|---------|--------|--------|------------|
| MAQUINARIA \ BARRIOS | FERIAS | FLORENCIA | BOYACA REAL | VILLALUZ | STA LAGO | ALMERIA | CABAÑA | BOYACA | R. TEORICO |
| FINISHER | 13.20 | 12.60 | 17.10 | 17.34 | 17.58 | 21.44 | 20.70 | 12.96 | 25.20 |
| VIBRO COMPACTADOR | 11.91 | 10.63 | 16.37 | 16.23 | 14.02 | 17.10 | 21.02 | 10.34 | 26.25 |
| COMPACTADOR DE LLANTAS | 21.12 | 18.84 | 29.02 | 28.78 | 24.86 | 30.32 | 37.27 | 18.33 | 26.25 |
| MANO DE OBRA (9 AYUD. 4 OF.) | 9.33 | 11.22 | 15.10 | 15.30 | 19.60 | 20.00 | 17.13 | 12.62 | 26.25 |

Fuente propia

Durante el análisis de la información, con ayuda de las observaciones de las visitas de campo se establecen los factores que tienen lugar en los diferentes tramos objeto de estudio, responsables de retrasos y disminución de los rendimientos en obra.

TABLE II. FACTORES INFLUYENTES EN LA PRODUCTIVIDAD

| FACTOR | INFLUENCIA |
|--------------------------|---|
| Clima | El extendido del material se debe realizar en condiciones de temperatura ambiente mayores a 5°C. Cuando se presentan lluvias se corre el riesgo de que el material falle y si el material falla es necesario reemplazarlo, ocasionado retrasos en las obras. |
| Disponibilidad de la Vía | La posibilidad de intervenir la calzada completa de manera simultánea es una ventaja en los rendimientos durante la ejecución de la actividad y depende de la importancia de la vía y los permisos para el Plan de Manejo de Transito. |
| Maquinaria Y Equipo | Dependiendo del modelo de los equipos y/o maquinaria se puede extender el material en calzada completa, debido a que el ancho de algunos equipos no cumple con el ancho requerido para la calzada. También el mantenimiento preventivo de los equipos es determinante para evitar retrasos durante la ejecución de la actividad. |
| Geometría De La Vía | La composición geométrica del tramo a intervenir, las intersecciones o cruces, la protección de los sumideros y pozos y las obras adicionales dificultan el paso de la maquinaria generando mayores tiempos de ejecución. |
| Mano De Obra | El nivel de capacitación y la disposición del personal en obra favorecen a la productividad. La distribución de tareas y supervisión técnica contribuye a disminuir los tiempos muertos en obra. La reiterada ausencia de personal por diferentes causas, hacen que cambie la asignación de tareas frecuentemente según la necesidad en obra y disminuye la productividad de la mano de obra. |

| FACTOR | INFLUENCIA |
|---------------------------|---|
| Planeación y programación | Es necesario garantizar el buen flujo de personal, material y maquinaria en obra, lo que se obtiene sólo con una buena planeación. Si hay buena planeación y supervisión técnica en obra, la productividad tiende a aumentar. |

Fuente propia

Después de un análisis de los factores identificados se determina la influencia de éstos en los tramos objeto de estudio dependiendo de la cantidad de veces que se presente.

INCIDENCIA DE LOS FACTORES INFLUYENTES POR BARRIOS

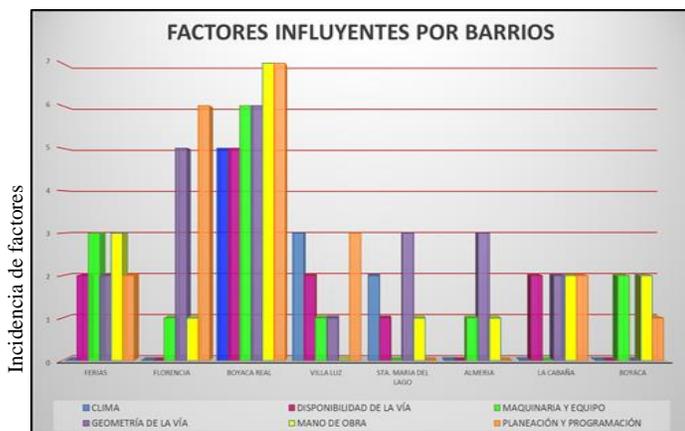


Fig. 1 Representación Incidencia de Factores Influyentes por barrios

El factor que arrojó mayor influencia en la productividad de la extendida de asfalto durante el mantenimiento de la malla vial fue el de geometría de la vía con un 25%, seguido del factor planeación y programación con un 22% y un tercer lugar ocupado por la disponibilidad de la vía con un 15%.

Son menos influyentes porque se presentan con menor frecuencia que los factores anteriormente mencionados, sin embargo pero no menos importantes los siguientes factores: La mano obra con un 17%, el factor maquinaria y equipos con un 11%, el factor climático con un 10%.

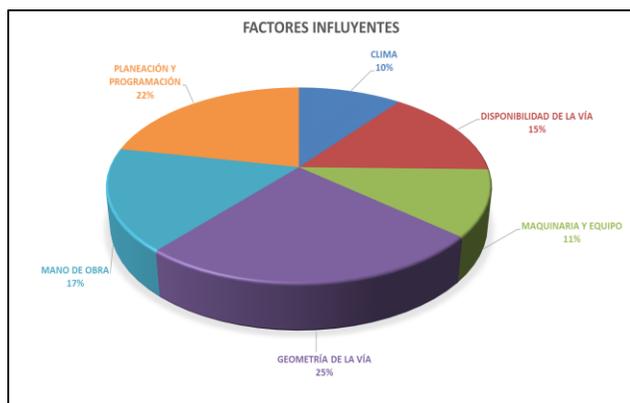


Fig. 2 Distribución en porcentajes de la incidencia de los factores en la productividad en la extendida de asfalto.

IV. RECOMENDACIONES

En la etapa de planeación del proyecto implementar sistemas para control de recursos, la asignación y distribución de tareas a todo el personal en obra con el fin de evitar tiempos muertos sacando mejor provecho de los recursos mano de obra, maquinaria y equipos.

Realizar innovación tecnológica en la maquinaria y en técnicas de construcción, pues pese a requerir la inversión significativa de capital trae resultados visibles en rendimientos y calidad de las actividades ejecutadas, contribuyendo a la competitividad.

Supervisar constantemente el buen funcionamiento de la maquinaria, realizando los mantenimientos preventivos para evitar percances el desarrollo de las obras.

V. CONCLUSIONES

Los rendimientos calculados para la Finisher y mano de obra tienen un comportamiento similar, es decir, en los tramos en los que la Finisher tenía mayor rendimiento, también se encontró un mayor rendimiento de la mano de obra y viceversa. De lo anterior, se pudo inferir que estos recursos trabajan de la mano, y que las actividades que deja de realizar la pavimentadora como lo es la nivelación del material, es asumido por la mano de obra.

Los rendimientos obtenidos para el vibro compactador y el compactador neumático en cada tramo tuvieron valores parecidos en la mayoría de los casos, esto debido a que ambos tienen la función de compactación, pero uno de ellos es el que da el acabado fino y sellado del asfalto.

En la identificación de los factores se pudo determinar que todos son sustanciales, sin embargo su influencia depende de que tan repetitivos sean en un período de tiempo en los tramos objeto de estudio o del peso que tenga en la actividad en general.

La maquinaria es uno de los recursos que más aporta para una buena productividad durante la ejecución de un proyecto, por lo que es importante realizar los mantenimientos preventivos y estar a la vanguardia en novedades tecnológicas referentes a ésta.

Los factores que presentaron mayor incidencia son los internos, de los cuales algunos son controlables como la mano de obra, la planeación, la programación, la maquinaria, los equipos y la disponibilidad de la vía, y otros no controlables como la geometría de las vías, ya que es propio de cada tramo.

El factor externo identificado en este proyecto es el clima; sin embargo es algo que el ser humano no se puede controlar, por lo que en la mayoría de los casos no se contempla en la planeación y programación de obra.

La falta de planeación, organización y supervisión técnica durante la ejecución de las obras puede estimarse como un control a algunos de los factores influyentes en la productividad de la extendida de pavimento en asfalto.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Nancy Cifuentes por su orientación, disposición y dedicación en la asesoría disciplinar para la elaboración de éste trabajo. Al Lic. Roy Morales por su comprensión y paciencia durante las revisiones metodológicas y las correcciones en detalle del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IDU- Subdirección General de Desarrollo Urbano - Dirección Técnica Estratégica. Estadísticas de la malla vial 2014: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial. Informe malla vial de Bogotá corte a Diciembre. Bogotá: Diciembre de 2014. 6P < <https://www.idu.gov.co> [citado el 31 de Marzo de 2015]
- [2] Inventario de huecos en Bogotá: malla vial arterial (sin troncal). Informe de inventario de huecos en Bogotá. Bogotá: Febrero 28 de 2015. 4 P < <https://www.idu.gov.co> [citado el 31 de Marzo de 2015]
- [3] B. Moreno, “Productividad y Competitividad en Obra,” Trabajo de Maestría en Construcción. Bogotá D.C., Universidad Nacional de Colombia, 2001. 6 P
- [4] L. Polanco, “Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción - estudio de caso de Edificio J UPB,” Proyecto de grado para optar al título de ingeniera civil Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Civil. 2009. 86 P.
- [5] P. Carranza, y W. Combita, “Análisis del desempeño de la excavadora CAT 320D en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra. Caso de estudio – proyecto Caricare en el Departamento Arauca,” Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. Bogotá D.C., Universidad La Gran Colombia, Facultad de ingeniería civil, 2015. 79 P.
- [6] S. Arboleda, “Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación,” Trabajo Tesis de maestría. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2014. 119P
- [7] L. Koskela, “Aplicación de la nueva filosofía de producción en la Construcción,” Reporté Técnico No 72. Centro para la ingeniería instalación integrada. Departamento de ingeniero civil. Universidad Stanford. (1992). 75 p [Citado el 8 de Abril de 2015].
- [8] C. Esquivel, “Productividad de la mano de obra en la construcción,” Trabajo Tesis de Licenciatura. San José de Costa Rica, Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, 2007-4P-< <http://bb9.ulacit.ac.cr/tesinas/publicaciones/045313.pdf>> [citado el 31 de Marzo de 2015]