



# Lineamientos para la gestión y control del proceso de colocación de asfalto en Maracaibo, Zulia

*Guidelines for the management and control of the asphalt installation process in Maracaibo, Zulia*


**Luis E. Forino-Morán**

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Maracaibo, Venezuela.

 <https://www.orcid.org/0009-0006-1121-695X> | Correo electrónico: [leforino11@gmail.com](mailto:leforino11@gmail.com)

**Armando E. Rodríguez-Montero**

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Maracaibo, Venezuela.

 <https://www.orcid.org/0009-0008-1237-2705> | Correo electrónico: [rodriguezmonteroarmando@gmail.com](mailto:rodriguezmonteroarmando@gmail.com)

Recibido: 23-04-2024 Admitido: 05-05-2024 Aceptado: 31-05-2024

## Resumen

Las vías terrestres requieren de un mantenimiento adecuado y oportuno, para garantizar el transporte seguro y eficiente de personas y mercancías, y la buena gestión de los recursos invertidos por los entes gubernamentales. Actualmente en Maracaibo, profesionales del área de mantenimiento vial, manifiestan que hay frecuentes retrasos en el tiempo de colocación de asfalto. Estas demoras elevan los costos de ejecución y hacen que el reasfaltado deje de ser atractivo financieramente para el sector de la construcción. El objetivo de esta investigación es proponer lineamientos para la gestión y control del proceso de reasfaltado en Maracaibo, previniendo pérdidas monetarias en el sector vial. Para alcanzar este objetivo se definieron varias fases metodológicas: estudio de la situación actual del proceso de colocación de asfalto en la ciudad de Maracaibo, comparación entre la gestión de actividades que se realizan y un procedimiento óptimo equivalente, identificación de aquellos factores que inciden de manera negativa en los tiempos de ejecución de un proyecto de este tipo, y por último el establecimiento de lineamientos que los profesionales de la industria puedan utilizar al momento de planificar y controlar la ejecución de actividades en un proyecto de reasfaltado. Esta investigación es de tipo proyectiva y con diseño de campo, transeccional no experimental. La observación directa del proceso de colocación del asfalto y entrevistas a expertos en el área se lograron definir los tiempos de las actividades del proceso de reasfaltado, su ruta crítica, así como identificar los factores que afectan negativamente la realización del proceso. En base al análisis de actividades realizado se propone un esquema de actividades y árbol de decisiones del proceso idealizado junto con los lineamientos a considerar en la gestión del proceso de colocación de asfalto que permite minimizar las demoras y pérdidas económicas en las empresas públicas y privadas de este sector económico.

**Palabras clave:** Mantenimiento vial, pavimentos flexibles, optimización de proyectos de obras civiles, reasfaltado con mezcla asfáltica en caliente

## Abstract

*Land transportation roads require adequate and timely maintenance to guarantee the safe and efficient transportation of people and goods, and the good management of resources invested by government entities. Currently in Maracaibo, professionals in the road maintenance area state that there are frequent delays in the hot-mix asphalt installation time. These delays increase execution costs and make asphalt installation no longer financially attractive to the construction sector. The objective of this research is to propose guidelines for the management and control of the asphalt installation process in Maracaibo, preventing monetary losses in the road development sector. To achieve this objective, several methodological phases were defined: study of the current situation of the asphalt installation process in the city of Maracaibo, comparison between the management of activities as currently executed and an equivalent optimal procedure, identification of those factors that influence negatively the execution times of a project of this*

*type, and finally, the establishment of guidelines that industry professionals can use when planning and controlling the execution of activities in an asphalt installation project. This research is projective, field-based, non-experimental and transactional. Direct observation of the asphalt laying process and interviews with experts in the area led to define the times of the installation process activities, its critical path, as well as identify the factors that affect negatively the prompt completion of the process. Based on the analysis of activities carried out, a scheme of activities and a decision tree of the idealized process is proposed along with the guidelines to be considered in the management of the asphalt installation process, that allows minimizing delays and economic losses in public and private companies developing projects in this economic sector.*

**Keywords:** Road maintenance, flexible pavements, optimization of civil works projects, hot-mix asphalt installation

## Introducción

Las vías terrestres son infraestructuras esenciales diseñadas y construidas para permitir el desplazamiento de personas y mercancías. Esta requiere de un diseño específico adaptado a las necesidades de distintos grupos de usuarios y de un mantenimiento constante.

La correcta gestión del mantenimiento de vías terrestres permite abordar el deterioro de las estructuras de pavimentos para garantizar un transporte seguro para evitar incidir de manera negativa en la seguridad del usuario y en los costos de mantenimiento de los vehículos [1, 2].

En la ciudad de Maracaibo en el estado Zulia, existe una problemática en torno al mal estado de las vías terrestres por las que transitan los usuarios en la ciudad la cual está caracterizada por el deterioro del asfalto en distintas partes de la red vial. Para dar respuesta a esta problemática la Alcaldía de Maracaibo empezó un plan el cual consiste en corregir las imperfecciones en las calles y avenidas de la ciudad en el primer trimestre del año 2023 [3].

El plan contó con la participación de distintas empresas privadas y organismos públicos. En la gestión de este plan, el ingeniero Jassiel Flores quien trabajó con una de las empresas participantes, denotó un aumento excesivo de los costos de ejecución del mantenimiento trayendo consigo un incremento significativo en los costos del servicio, donde las horas extras para el transporte de maquinaria y mezcla asfáltica representa alrededor de 30 dólares que suman a los costos del proyecto, representando pérdidas en la rentabilidad del proceso de mantenimiento. Esta problemática conlleva entonces a que actividades de mantenimiento tan necesarias, dejen de ser atractivas financieramente para el sector de la construcción.

En este caso, el mantenimiento de vías corresponde a la colocación de una nueva carpeta de pavimento asfáltico, el cual abarca desde el transporte de la mezcla, siguiendo con la preparación de la superficie existente, la aplicación del ligante asfáltico y la aplicación de la mezcla asfáltica. Dada las características del asfalto los retrasos en los tiempos de ejecución afectan la calidad del pavimento, ya que la mezcla debe estar a una temperatura específica en las distintas etapas de proceso y esta tiende a bajar con el pasar del tiempo.

La disminución de temperatura genera vacíos de aire que puntos fríos los cuales se relacionan con la disgregación del agregado y la disminución de la densidad de la mezcla asfáltica, lo que induce en la mayoría de los casos de estudio al deterioro de la carpeta asfáltica, y si bien es inevitable que la temperatura descienda con el tiempo una vez sea suministrada, un correcto manejo de la misma puede evitar el enfriamiento [4].

Conociendo la situación actual del proceso de colocación del asfalto en Maracaibo y tomando en cuenta cómo afecta el incremento en los tiempos de colocación del asfalto a la calidad y costo de las obras esta investigación buscó proponer unos lineamientos para llevar a cabo la gestión del proceso de colocación del asfalto. Este objetivo se logró a través del estudio de las características del proceso en Maracaibo, su comparación con un proceso ideal equivalente que permitió evaluar los factores que inciden en el proceso, para definir los lineamientos a seguir.

## Metodología

Esta investigación es del tipo proyectiva, de campo, transeccional y univariable, para la cual como unidad de análisis para el estudio del proceso de colocación del asfalto se tomó en cuenta como caso de estudio el proyecto realizado por la empresa CAMELOT ASFALTADO C.A., en la Av. Los Haticos específicamente al frente del Centro Comercial Angelini en la ciudad de Maracaibo. El proyecto se llevó cabo en un tramo de longitud de 195,5 m lineales y 1388,05 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Utilizando la muestra de estudio, se caracterizó el proceso de colocación del asfalto en la ciudad de Maracaibo a través de la observación directa. Se identificaron y se describieron cada una de las actividades que conforman el proceso, se establecieron prelaciónes entre las mismas y se les asignaron restricciones con base a lo establecido en la normativa actual en Venezuela, aplicables para la ejecución de este tipo de obra civil, según la norma COVENIN 2000-87 [5] y la Gaceta Oficial No. 42.779 del 15 de diciembre de 2023, Art.1 [6]. También, se definió la mano de obra y maquinaria necesaria para llevar a cabo las actividades.

Posteriormente, se realizó una encuesta a profesionales en el área de mantenimiento vial de la región, con el fin de conocer los tiempos esperados para cada una de las actividades que conforman el proceso de colocación en la ciudad, según las dimensiones que pueda tener el proyecto (m/h, m<sup>2</sup>/h, h/volteo). En la encuesta también se consultó los profesionales sobre el conocimiento de aquellos factores que inciden de manera negativa en el proceso.

Con las dimensiones obtenidas, se calcularon los tiempos esperados para la muestra de estudio y se llevó a cabo el cálculo de la ruta crítica, tomando en cuenta también las prelaciónes y restricciones anteriormente establecidas. Junto a esto y mediante al uso de la observación directa, se tomaron mediciones de los tiempos de ejecución de las actividades de la muestra, para validar los tiempos esperados obtenidos.

Luego, comparando los tiempos obtenidos en el cálculo de la ruta crítica con los medidos por actividad de la muestra anteriormente, se definieron las diferencias entre los tiempos ideales y los de ejecución actual equivalente. Para establecer los factores que inciden de manera negativa en el proceso, se consideraron observaciones en campo al momento en la gestión de la muestra y aquellos obtenidos por los profesionales en la encuesta. Así, se realizó un análisis que determinó qué factores afectan perjudican la gestión del proceso.

Por último, se generó un flujograma con lineamientos a seguir para gestión y control de las actividades de la obra, sustentado en condicionantes obtenidas por parte de los factores que perjudican el proceso y las técnicas y normativas que rigen la gestión de este tipo de obra civil en el país.

## Resultados y discusión

### Descripción de la situación actual del proceso de colocación del asfalto en la ciudad de Maracaibo

Con la observación directa, se pudieron analizar las distintas actividades que confirman el proceso de colocación de asfalto en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, tomando como enfoque, la definición de manera concreta los aspectos que engloban cada una de estas actividades específicamente.

Así, se definieron las actividades que comprenden las etapas del proceso de asfaltado en la ciudad, la descripción de estas actividades, los aspectos constructivos a tomar en consideración por parte de la normativa existente, la secuencia de ejecución de las actividades (con base en las prelaciónes entre las mismas), la mano de obra necesaria y la maquinaria utilizada en el proceso.

En la Tabla 1 se muestra un extracto de la estructura desagregada del proyecto, la cual expone las prelaciónes entre las actividades que conforman las etapas del proceso, resultado del estudio de con las actividades se encadenan entre sí. En la Tabla 2, se expone una descripción de las actividades y restricciones constructivas, proporcionadas por la normativa existente.

Tabla 1. Estructura desagregada del proyecto

Estructura desagregada del proyecto			
Símbolo	Micro actividad	¿Qué precede a?	¿Qué sigue a?
1.1.1	Transporte de máquinas desde su origen hasta el proyecto	-	1.1.3
1.1.2	Cierre de la vía	-	1.2.1
1.1.3	Ubicación de maquinaria de asfaltado	1.1.1 - 1.2.1	1.3.1 - 1.1.5
1.1.4	Transporte de volteos con mezcla asfáltica	-	1.1.5
1.1.5	Ubicación de volteos con mezcla asfáltica	1.1.3 - 1.1.4	2.1
1.2.1	Recolección y bote de residuos a hombre	1.1.2	1.1.3
1.3.1	Riego de adherencia	1.1.3	1.3.2
1.3.2	Colocación de la mezcla asfáltica	1.3.1 - 2.1	1.3.3
1.3.3	Compactación de la mezcla asfáltica	1.3.2	1.3.4

Tabla 2. Descripción y restricciones de actividades

Descripción y restricciones de actividades		
Actividades	Definiciones	Aspecto a tomar en cuenta
Transporte de máquinas desde su origen hasta el proyecto	Proceso de traslado de la maquinaria necesaria para la ejecución del proyecto (distribuidores de riego, pavimentadoras, aplanadoras y barredoras) desde el lugar de origen hasta el sitio donde se llevará a cabo la obra.	Según Gaceta Oficial N 42.779 del 15 de diciembre de 2023 Art.1, la velocidad máxima de transporte de carga pesada mayor a 3500 kg, se limita a 45km/h por las carreteras, autopistas, y vías urbanas.
Cierre de la vía	Comprende el impedimento temporal de el paso de vehículos y peatones en una vía para realizar trabajos de limpieza, colocación y extensión de mezcla asfáltica.	
Ubicación de maquinaria de asfaltado	Situación estratégica de las máquinas y equipos utilizados en la distribución de riego, colocación, compactación y pulitura del asfalto durante la obra. Incluye también inspección de rutina de los equipo y preparación para iniciar la operación de la maquinaria.	
Transporte de volteos con mezcla asfáltica	Desplazamiento de camiones volteo con lonas protectoras cargados con mezcla asfáltica desde la planta de producción hasta el lugar de aplicación en la obra.	Según Gaceta Oficial N 42.779 del 15 de diciembre de 2023 Art.1, la velocidad máxima de transporte de carga pesada mayor a 3500 kg, se limita a 45km/h por las carreteras, autopistas, y vías urbanas. Según la norma COVENIN 2000-87 la temperatura a la cual debe descargar el camión volteo debe estar entre 135 y 163 grados centígrados.

**Cont. Tabla 2. Descripción y restricciones de actividades**

<b>Descripción y restricciones de actividades</b>		
<b>Actividades</b>	<b>Definiciones</b>	<b>Aspecto a tomar en cuenta</b>
Ubicación de volteos con mezcla asfáltica	Colocación estratégica de los camiones volteo cargados con asfalto en el sitio de trabajo para facilitar la descarga y distribución eficiente de la mezcla.	
Recolección y bote de residuos a hombre	Proceso de recoger los desechos previamente a la obra mediante el barrido y depositarlos en camiones volteos o lugares designados manualmente, por parte de la cuadrilla de limpieza.	
Riego de adherencia	Aplicación de un ligante sobre la superficie existente antes de la colocación de una nueva capa asfáltica para mejorar la adherencia entre las capas. Esto se lleva cabo por la cuadrilla de asfalto mediante al uso de los distribuidores de asfalto.	Según la norma COVENIN 2000-87 párrafo 12-2.47, el tiempo de aplicación del riego de adherencia y la mezcla asfáltica nueva no debe exceder de 12 horas.
Colocación de la mezcla asfáltica	Proceso de extender y nivelar la mezcla asfáltica en la superficie de la carretera a través de equipos especializados manipulados por los operadores.	Según la norma COVENIN 2000-87 la temperatura a la cual debe descargar el camión volteo debe estar entre 135 y 163 grados centígrados. Se debe llevar a cabo con máquinas pavimentadoras, salvo la utilización de otros métodos para la colocación en áreas de difícil acceso para la pavimentadora.
Compactación de la mezcla asfáltica	Consiste en comprimir y consolidar la mezcla asfáltica recién colocada para lograr la densidad y resistencia requerida en la superficie. La compactación se lleva a cabo mediante el uso de las aplanadoras manipuladas por los operadores.	Según la norma COVENIN 2000-87 en el párrafo 12-10.47, las ruedas deben estar húmedas para evitar que la mezcla asfáltica de adhiera, y se debe manipular lenta y uniformemente con las ruedas a tracción hacia la maquina pavimentadora, evitando hacer cambios bruscos, a una velocidad que no debe exceder de 5 km/h para las ruedas lisas de acero, ni de 9 km/h las de ruedas neumáticas.
Pulitura de la mezcla asfáltica	Acción de dar los acabados finales a la superficie asfáltica para obtener una textura uniforme y duradera. Se lleva a cabo con una pulidora de asfalto operada por el personal especializado.	
Verificación de temperatura.	Control y medición de la temperatura de la mezcla asfáltica durante su transporte, colocación y compactación para garantizar su correcta manipulación y calidad.	Según la norma COVENIN 2000-87 la temperatura a la cual debe descargar el camión volteo debe estar entre 135 y 163 grados centígrados.
Ensayo de obtención de core drills.	Procedimiento para extraer muestras cilíndricas de la mezcla asfáltica con el fin de realizar ensayos y verificar sus propiedades. Este ensayo es llevado a cabo por laboratorios o personal de la empresa dedicado a testeos de calidad en la construcción. Una vez extraída la(s) muestra(s), se deberá rellenar los espacios generados en el pavimento siguiendo las especificaciones de diseño, realizando todas las actividades que involucra el proceso.	Se debe cumplir con el procedimiento establecido en la ASTM D 979-01: Método Estándar para el Muestreo de Mezclas Asfálticas.

Cont. Tabla 2. Descripción y restricciones de actividades

Descripción y restricciones de actividades		
Actividades	Definiciones	Aspecto a tomar en cuenta
Ensayo verificación de espesor y densidad del asfalto	Prueba para medir el espesor y la densidad de la capa asfáltica aplicada, asegurando que cumple con las especificaciones requeridas. Este ensayo es llevado a cabo por laboratorios o personal de la empresa dedicado a testeos de calidad en la construcción.	Se debe cumplir con lo establecido por la ASTM D 1188-07: Método de Ensayo Estandarizado para la Gravedad Específica a Granel de Mezclas Bituminosas Compactas Usando Muestras Recubiertas.
Recolección y bote de residuos en el área trabajada	Recogida y disposición adecuada de los desechos generados durante los trabajos realizados en el sitio de la obra. Comprende el barrido de las zonas de trabajo una vez completada la colocación.	
Transporte de máquinas desde el proyecto hasta su origen	Proceso de retorno de la maquinaria utilizada en el proyecto de regreso a su lugar de origen una vez finalizada la obra.	Según Gaceta Oficial N 42.779 del 15 de diciembre de 2023 Art.1, la velocidad máxima de transporte de carga pesada mayor a 3500 kg, se limita a 45km/h por las carreteras, autopistas, y vías urbanas.

En las Tablas 3 y 4, se plasman los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. En la Tabla 3 se expone la maquinaria a utilizar en el proceso incluyendo una descripción de las máquinas. En la Tabla 4, se presentan los recursos humanos necesarios para en el proceso, con una descripción de cada uno de los cargos y los aspectos a considerar para garantizar su correcto aporte al proceso.

También, se recopiló información acerca de aquellos datos necesarios para la planificación de actividades de un proyecto de colocación de asfalto, correspondientes a la muestra de estudio, utilizando la matriz de datos de proyecto (Tabla 5).

Tabla 3. Recursos-maquinaria

Tabla de recursos-maquinaria		
Nombre	Tipo	Descripción
Pavimentadora	Máquina	Las pavimentadoras de asfalto producen una capa de superficie uniforme y con precompactación homogénea, a fin de proporcionar una estabilidad suficiente a la mezcla para que el rodillo inicie el proceso de compactación.
Aplanadoras	Máquina	Se utiliza para aplanar de manera uniforme la mezcla asfáltica extendida hasta alcanzar la densidad de diseño, lo cual se logra a través de varias pasadas hasta llegar a la altura ideal.
Pulidora	Máquina	Se utiliza para garantizar un buen acabado de la capa de rodamiento recién instalada y garantizar la correcta fluidez y adherencia de los vehículos y peatones.
Cisterna	Camión	El camión cisterna se utiliza para transportar el agua que necesitan las máquinas como las aplanadoras, para su funcionamiento.
Distribuidor de asfalto a presión	Camión	Permite la aplicación del riego de adherencia para para la colocación de la nueva capa asfáltica a través del rocío del material de manera uniforme en el área a aplicar el riego.
Volteo	Camión	El camión volteo es utilizado para el transporte de la mezcla asfáltica desde la planta hasta la obra. Este a su vez utiliza una lona para evitar la contaminación de la mezcla a lo largo del recorrido y mantener la temperatura de la misma.

**Cont. Tabla 3. Recursos-maquinaria**

<b>Tabla de recursos-maquinaria</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Lowboy	Equipo	Se refiere a un tipo de remolque de plataforma baja que son remolcados por una gandola y son las más adecuadas para todo tipo de cargas pesadas y materiales de grandes dimensiones.
Gandola	Vehículo	Tipo de vehículo automotor de gran tamaño al que se puede acoplar un remolque.
Camioneta	Vehículo	Son vehículos con una zona de carga en la parte trasera en la cual introducir objetos voluminosos.

**Tabla 4. Recursos humanos**

<b>Tabla de recursos humanos</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aspectos a considerar</b>
Ingeniero residente	Funge de supervisor y coordinador de las diferentes fases de la obra, su papel es esencial para garantizar el éxito del proyecto.	Conocimiento teórico/practico Experiencia Capacidad de resolución de problemas
Cuadrilla de limpieza	Están encargados de barrer y recoger la basura de las calles, veredas y zanjas.	-
Cuadrilla de asfalto	Garantizan la eliminación de impurezas y la calidad del asfalto durante su proceso de colocación, extensión, compactación y pulido. Siendo la misma un apoyo para las máquinas.	Experiencia Entendimiento del proceso
Operadores	Conocen acerca operatividad y rendimiento de las máquinas, así como del acabado final de la mezcla asfáltica. Manipulan y maniobran la maquinaria. Se encargan del traslado y de la maquinaria y la mezcla asfáltica.	Experiencia Entendimiento del proceso Entendimiento de las máquinas





Evaluando las precedencias entre actividades con expuestas en la estructura desagregada del trabajo, se pudo apreciar que la mayoría de actividades se desarrollan de manera lineal, exceptuando ciertas actividades como el transporte de maquinarias con el cierre de la vía y el transporte de la mezcla asfáltica, y la ubicación de volteos con el riego de adherencia. Esta característica conlleva a que aquellos retrasos e inconvenientes que se presenten en alguna de las etapas del proyecto, pueda afectar en cadena a las demás actividades que suceden.

El estudio de las restricciones reveló qué aspectos importantes regula normativa existente en nuestro país, destacando la velocidad a la cual se debe transportar tanto la maquinaria a utilizar como la mezcla asfáltica [6] y la temperatura a la cual se debe transportar y colocar la mezcla asfáltica [5]. Sin embargo, la normativa actual presente en el país, no regula desde el punto de tiempos de ejecución, cómo se debe llevar a cabo el cierre de la vía, la ubicación de los volteos con mezcla asfáltica y la maquinaria, la ejecución del pulido de la superficie compactada y la recolección y bote de residuos, al principio y al final de la obra.

Al no existir una regulación que permita proyectar de manera precisa cómo se llevan a cabo todas las actividades, existe la probabilidad de que, al momento de la planificación, no se puedan plasmar estas actividades de manera precisa, generando inconvenientes al momento de su ejecución en obra e incidiendo en el proceso en forma de retrasos que incrementen los costos presupuestados.

Con respecto a la maquinaria a utilizar a lo largo del proyecto, se determinó que consta de los siguientes elementos clave: la pavimentadora para la extensión del asfalto, la aplanadora para la compactación de la superficie, la pulidora para garantizar la fluidez en el uso de la vía y los distribuidores de riego para la adherencia de la nueva capa asfáltica, que conforman parte de la ejecución de la colocación de asfalto propiamente dicha. También, se requirió del uso de una cisterna para el agua necesaria para el proyecto, y de camiones volteo, gandolas, camionetas y remolques, necesarios para el transporte de maquinaria e insumos hasta el lugar de la obra.

En lo que respecta a los recursos humanos, se establecieron los siguientes: Ingeniero residente, quien funge como supervisor de la obra, una cuadrilla de limpieza, quienes garantizan el barrido y recolección de todos aquellos residuos existentes y que genere la gestión del proyecto, la cuadrilla de asfalto, que se encarga de la eliminación de impurezas en la extendida del asfalto, y los operadores, quienes conocen acerca del uso y rendimiento de la maquinaria a utilizar, y llevan a cabo el transporte, colocación, compactación y pulido de la mezcla asfáltica.

La maquinaria utilizada en el transporte, colocación, compactación y pulido de la mezcla requieren ser trasladados y operados por personal especializado, ya que se necesita de la experticia que asegure la correcta manipulación de los dispositivos para evitar que se vean afectados, y se produzcan mayores gastos en el mantenimiento de equipos o la inversión en nuevas unidades, que normalmente tienen un valor comercial alto.

El conocimiento acerca del trabajo a realizar por cada uno de los participantes de un proyecto de colocación de asfalto, se hace entonces de vital importancia, ya que cuando no se sabe acerca de cómo debe ser llevada a cabo alguna actividad, pueden de igual forma generar retrasos que conlleven a mayores costos.

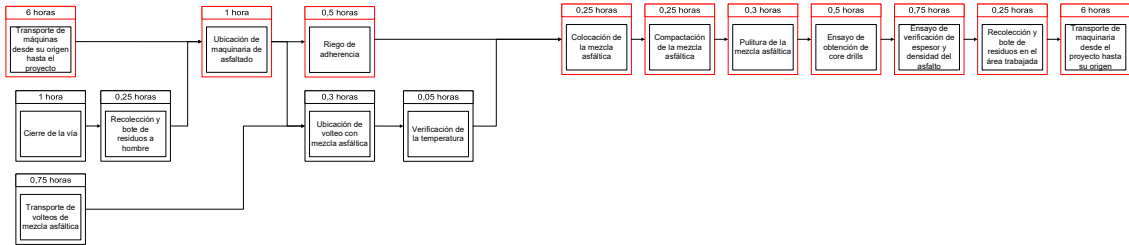
Se puede decir entonces que el proceso de colocación de asfalto en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia se caracteriza por ser un proceso en el cual la variabilidad, al momento de llevar a cabo las actividades que lo componen, puede incrementar de manera decisiva los costos de ejecución, ya que las actividades poseen una relación temporal lineal, que las hace depender unas de otras, por lo cual es necesario conocer acerca de aquellos aspectos que pueden alterar el orden en la gestión de este tipo de proyectos, lo cual se logra a través del estudio de las actividades a realizar.

### **Procedimiento óptimo para llevar a cabo el proceso de colocación del asfalto en Maracaibo**

Con los datos registrados en la matriz de registro aplicada a la muestra de estudio y los tiempos esperados por dimensión, suministrados por parte de los profesionales del área de mantenimiento vial por encuesta, se calcularon los tiempos esperados tomando en cuenta las dimensiones del proyecto analizado. Esto se hizo

considerando la colocación de la mezcla asfáltica correspondiente a un volteo, cargado con 16 toneladas de asfalto, lo cual, para la muestra de estudio, representó un tramo de 20 metros lineales.

Posteriormente, se estableció un diagrama PERT con las restricciones por parte de la normativa actual y las prelacións establecidas en la fase anterior, y se calculó el método de la ruta crítica (CPM) para determinar el tiempo óptimo de ejecución con la aplicación Microsoft Project. El modelado del diagrama PERT se realizó utilizando la herramienta Microsoft Visio (Figura 1).



**Figura 1. Diagrama PERT-CPM del proyecto**

Aunado a esto, se recolectaron los tiempos de ejecución en obra de las actividades para poder validar los tiempos esperados obtenidos, y se utilizaron datos estadísticos de la gestión del Servicio Autónomo de Materiales y Ensayos del Zulia (SEDEMAEZ), el cual realiza los ensayos de calidad necesarios en este tipo de obra en la región, para evaluar los tiempos que ocupan la realización de los mismos.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los tiempos esperados en horas para cada actividad y el diagrama PERT-CPM del proyecto estudiado.

**Tabla 6. Tiempos esperados por actividad calculados**

Tiempos estimados (encuesta)	
Actividad	Tiempo
Transporte de máquinas desde su origen hasta el proyecto	6 horas
Cierre de la vía	1 horas
Ubicación de maquinaria de asfaltado	1 horas
Transporte de volteos con mezcla asfáltica	0,75 horas
Ubicación de volteos con mezcla asfáltica	0,3 horas
Recolección y bote de residuos a hombre	0,25 horas
Riego de adherencia	0,5 horas
Colocación de la mezcla asfáltica	0,25 horas
Compactación de la mezcla asfáltica	0,15 horas
Pulitura de la mezcla asfáltica	0,3 horas
Verificación de temperatura	0,05 horas
Ensayo de obtención de core drills	0,5 horas
Ensayo de verificación de espesor y densidad del asfalto	0,75 horas
Recolección y bote de residuos en el área trabajada	0,25 horas
Transporte de máquinas desde el proyecto hasta su origen	6 horas

El proyecto ideal planteado tendría una duración total de 15,7 horas, incluyendo 6 horas del transporte de maquinaria. Es importante destacar que el transporte de la mezcla de maquinaria toma mucho tiempo en comparación a las demás actividades, ya que normalmente el lugar donde se almacena la maquinaria suele estar ubicado en la periferia de la ciudad y la velocidad de transporte de este tipo de carga es lenta, con lo cual,

se estila realizar la movilización de estas máquinas un día anterior a la ejecución del resto del proceso hasta un sitio provisional cerca del sitio de la obra, para no interferir en el tiempo usual disponible en una jornada laboral de 8 horas. Con base en esto, el proceso de colocación para un volteo tendría una duración 9,7 horas, muy cercano a lo que vendría siendo una jornada laboral completa.

En el estudio de los tiempos del proceso, se toma en cuenta la entrada y salida de camiones volteo. Cuando el proyecto requiera más de un camión, la incidencia en lo que respecta al tiempo del transporte del nuevo volteo está en el tiempo que se estima de uso para un camión principal desde su llegada en obra, con lo cual, se determina el tiempo de llegada del siguiente camión con la duración de la colocación de la mezcla con la cual se cargó el anterior. Así, se mantiene un proceso de colas de camiones volteos a la par de la ejecución de las actividades en obra. Dado los tiempos de ejecución planteados, el proceso no se ve mayormente afectado por la introducción de nuevos camiones, solamente en 15 minutos extra.

Con el estudio de la ruta crítica, se pudo observar que existen actividades que se pueden llevar a cabo en simultáneo, especialmente al inicio del proceso, donde las actividades de transporte de máquinas desde su origen hasta el lugar el proyecto, el cierre de la vía y el transporte de volteos de mezcla asfáltica, definen el inicio de actividades dependiendo de cuál tenga la mayor duración. También, se pueden realizar en simultáneo las actividades de ubicación de volteo con la mezcla asfáltica y verificación de la temperatura, con el riego de adherencia.

### Descripción de los factores que afectan de forma perjudicial el proceso de colocación de asfalto en Maracaibo

Utilizando los tiempos esperados para cada actividad calculados en la fase anterior y los tiempos de ejecución de cada actividad tomados del evento de estudio, se procedió a calcular la diferencia de tiempos entre ambos escenarios.

Luego, por medio de la observación directa y la consulta a los profesionales, se definieron los factores que afectan de manera negativa el proceso de colocación de asfalto, con base en la mayor frecuencia de factores nombrados en las encuestas y aquellos factores en obra que generaron mayores retrasos, ambos por actividad. En la siguiente tabla, se exponen por actividad, los tiempos para cada escenario, sus diferencias y los factores que infieren en la ejecución.

**Tabla 7. Cuadro comparativo de los tiempos esperados y los tiempos obtenidos en obra**

Cuadro comparativo de los tiempos esperados y los tiempos obtenidos en la obra				
Actividad	Tiempo de diseño (horas)	Tiempo en obra (horas)	Diferencia (horas)	Observación
Transporte de máquinas desde su origen hasta el proyecto	6	6	0	
Cierre de la vía	1	1	0	
Ubicación de maquinaria de asfaltado	1	1	0	
Transporte de volteos con mezcla asfáltica	0,70	0,75	0,05	Alto tráfico
Ubicación de volteos con mezcla asfáltica	0,33	1,80	1,47	Contratiempos con la pavimentadora. Debido a un daño en dos (02) volteos se dejaron descargar al llegar, atrasando a los demás En ciertos puntos se hicieron bacheos a hombre atrasando el proceso. Radio de giro de las máquinas.

Cont. Tabla 7. Cuadro comparativo de los tiempos esperados y los tiempos obtenidos en obra

Cuadro comparativo de los tiempos esperados y los tiempos obtenidos en la obra				
Actividad	Tiempo de diseño (horas)	Tiempo en obra (horas)	Diferencia (horas)	Observación
Recolección y bote de residuos a hombre	0,23	0,40	0,17	Cantidad de personal y/o implementos
Riego de adherencia	0,47	0,50	0,03	
Colocación de la mezcla asfáltica	0,25	0,40	0,15	Bacheos hechos a hombre. Experiencia de los conductores de volteos y/u operadores de máquinas
Compactación de la mezcla asfáltica	0,17	0,20	0,03	
Pulitura de la mezcla asfáltica	0,33	0,42	0,08	La mezcla necesitó más tiempo de pulido en ciertas zonas.
Verificación de temperatura	0,03	0,03	0,00	
Ensayo de obtención de core drills	0,50	0,50	0,00	
Ensayo de verificación de espesor y densidad del asfalto	0,75	0,75	0,00	
Recolección y bote de residuos en el área trabajada	0,10	0,12	0,02	
Transporte de máquinas desde el proyecto hasta su origen	6	6	0	

Luego de observar y analizar la comparación de los tiempos respecto a cada actividad (Tabla 7), se encontraron incidencias de gran relevancia, como lo son el alto tráfico, percances con la maquinaria y los volteos, y fallas en la cantidad de personal obrero (cuadrilla de limpieza). Las actividades que presentan más retrasos significativos son: la ubicación de los volteos con mezcla asfáltica, recolección y bote de residuos a hombre, y la colocación de la mezcla asfáltica, en ese orden correspondiente.

De los factores identificados la mayoría no pueden ser controlados, como el alto tráfico, el daño de los volteos, los contratiempos con la pavimentadora, el bacheo a hombre en áreas específicas y el radio de giro de las máquinas. Solo dos de los factores pueden ser controlados como los son la experiencia de los operadores de la maquinaria del asfalto, y la cantidad de personal e implementos necesarios. Si bien algunos no se pueden controlar, estos mismos se pueden prever al momento de llevar a cabo la planificación, e incluso, algunos se pueden gestionar mediante revisiones o chequeos al momento de llevar a cabo el proceso.

Después de evaluar los resultados se puede concluir que, las incidencias presentadas están centradas en las actividades referentes a la ubicación de los volteos con mezcla asfáltica, donde se obtuvo una gran diferencia respecto al tiempo estimado previamente, lo cual generó retrasos significativos en comparación a las demás actividades, producto de la segmentación en tramos del proyecto, que supuso realizar maniobras y movilizar la maquinaria de un lugar a otro en sitio, lo cual requiere de previa planificación y experiencia. Se puede decir entonces, que esta vendría siendo la actividad más crítica del proyecto.

## **Descripción del desarrollo de unos lineamientos para optimizar tiempos en el proceso de colocación de asfalto en Maracaibo**

Por último, con los resultados obtenidos en las fases anteriores se procedió a la elaboración de una lista con aspectos importantes a tomar en cuenta al momento de la planificación de este tipo de proyecto y de un el flujograma destinado a la toma de decisiones en obra. Para ello se consideraron las prelacións entre actividades, las normas venezolanas, las actividades que se pueden realizar en simultáneo y la incidencia de los factores perjudiciales en las actividades.

Como resultado, se obtuvo primeramente una lista que permite a los profesionales de área de mantenimiento vial, conocer de antemano los aspectos importantes a tomar en cuenta la planificación de actividades. Esta lista abarca puntos relacionados con descripción del proyecto y elementos del entorno de la obra que deben considerarse al momento de planear lo que se va a hacer.

Igualmente se obtuvo un árbol de decisiones, el cual se encuentra acompañado de las condicionantes a tomar en cuenta a lo largo del proceso, para su evaluación en cada actividad. Esta estructura contempla de igual manera, la posibilidad del uso de distintos volteos, para la ejecución de proyectos que así los requiera, y señala aquellos puntos donde se pueden producir demoras por el trabajo en segmentos de un proyecto, que afectan principalmente la ubicación de la maquinaria de asfaltado y la compactación en los distintos segmentos. También, se toman en consideración las demoras generadas cuando no se garantizan los parámetros de calidad necesarios, y cuando se produzcan retrasos en el transporte de equipos.

La herramienta se compone de tres páginas, la primera es una página introductoria, en la segunda página se expone el listado de factores a tomar en cuenta para la planificación del proyecto, y en la tercera se encuentra el flujograma del proceso en conjunto con indicaciones a considerar en el desarrollo de las actividades, tal y como se muestra a continuación (Figuras 2, 3 y 4).

LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE ASFALTO EN MARACAIBO,  
EDO. ZULIA

**Realizado por:**

**Br. Forino Moran, Luis Eduardo**

**Br. Rodriguez Montero, Armando Enrique**

El objetivo de esta guía es proporcionar unos lineamientos a seguir para llevar a cabo la planificación y control de las actividades que conforman el proceso de colocación de asfalto en la ciudad de Maracaibo, Edo, Zulia, para el mantenimiento correctivo en pavimentos flexibles. El alcance de estos lineamientos, abarca distintas actividades que conforman las etapas de transporte de la mezcla asfáltica: Preparación de la superficie, aplicación del material bituminoso, la aplicación de la mezcla asfáltica en caliente, que incluye la descarga, extendida, colocación y pulido de la mezcla asfáltica. Excluyendo el esscarificado de la superficie a donde se dispondrá la nueva capa asfáltica.

También se toman en cuenta controles de calidad y la limpieza final del sitio de la obra, bajo lo establecido en la normativa existente en Venezuela, la norma COVENIN 2000-87 "SECTOR CONSTRUCCIÓN. ESPECIFICACIONES. CODIFICACIÓN Y MEDICIONES. PARTE 1. CARRETERAS" y la Gaceta Oficial N 42.779 del 15 de diciembre de 2023.

Esta guía consta de un listado de factores a tomar en consideración para la planificación del proceso de colocación de asfalto y un flujograma de actividades con observaciones que permiten seguir un flujo de trabajo secuencial, en el cual, se prevén distintas condicionantes comunes en la ejecución del proceso en la ciudad de Maracaibo, a fin de poder minimizar los tiempos que toman llevar a cabo las actividades del proyecto.

**Figura 2. Página introductoria de la herramienta**

LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE  
ASFALTO EN MARACAIBO, EDO. ZULIA  
LISTA DE FACTORES A CONSIDERAR PARA LA PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

- Es necesario analizar y estimar bien el área a asfaltar, con lo cual se deben utilizar equipos especializados, como el odómetro utilizado para medir largas distancias, con el fin de definir bien la cantidad de recursos (maquinaria, mano de obra, insumos) a utilizar.
- En caso de que así lo requiera el proyecto, se debe analizar con precisión en cuales tramos se debe segmentar la obra con respecto a las anomalías existentes en el mantenimiento de la superficie de pavimento afectada.
- Cuando se trabaja con distintos tramos (segmentación), se debe tomar en cuenta la movilización de la maquinaria y volteos entre segmentos, de tal forma que en la programación de actividades se vea reflejado un control que evite incurrir en daños a las superficies de trabajo adyacentes, y que se pueda asignar personal especializado para maniobrar los equipos, cuya experticia evite la generación de demoras.
- Si son necesarios bacheos a hombre, se debe tomar en cuenta la experiencia de los trabajadores, al momento de seleccionar al personal necesario para cumplir esta función.
- Para la determinación de la duración de actividades relacionadas con la distancia de los trayectos de los volteos es necesario tomar en consideración no solo la distancia en sí, si no también el tráfico que se pueda presentar en el trayecto y que esta se puede realizar en simultaneo con las actividades de preparación de la superficie en proyecto, con lo cual, se plantea la siguiente ecuación, con base en la restricción de máximo 45 km/h de movilidad y un factor de incidencia de tráfico estimado:

$$TTV = TREP + TVIAJE$$

Para:

$$TVIAJE = Finc \left( \frac{45 \text{ km/h}}{d} \right)$$

Donde:

- TTV: Tiempo de transporte de volteos de mezcla asfáltica (en horas)
- TPREP: Tiempo total sumado para el cierre de la vía, la recolección y bote de residuos y la ubicación de la maquinaria de asfaltado.
- TVIAJE: Tiempo de que tarda el volteo en desplazarse de un lugar a otro.
- Finc: Factor de incidencia de tráfico, dado por la siguiente clasificación:

Tipo de Vía	Factor de incidencia
Vía rápida (solo se cuenta con la incidencia de semáforos)	1,2
Vía media (interfieren los semáforos y poco tráfico)	1,5
Vía congestionada (indican semáforos y poco tráfico)	2

- d: Distancia entre la planta de mezcla asfáltica y el sitio de la obra.

- La secuencia de trabajos para la pavimentación asfáltica se debe planificar de manera que las áreas a ser cubiertas con el riego de adherencia se les aplique el mismo día la capa asfáltica subsiguiente.

- Para no afectar la jornada laboral en el día de colocación de mezcla, se debe prever, siempre que sea necesario, programar el transporte de la maquinaria un día antes de la ejecución de actividades hasta un sitio provisional, cercano a la obra, cuando el depósito de la maquinaria quede lejos de la obra.

### Figura 3. Lista de factores a tomar en cuenta para la planificación de actividades

Se puede decir que para la optimización del proceso de colocación de asfalto, no solo deben considerarse aquellos aspectos que son básicos para llevar a cabo este tipo de obra, como las cantidades de asfalto necesarias junto al tipo de equipos, sino que también se deben tomar en cuenta factores como las distancias de traslado de mezcla asfáltica, el tráfico, la capacitación de los trabajadores, la segmentación del trabajo en distintos tramos, entre otros aspectos, que no se consideran comúnmente.

Es necesario estar al tanto de la incorporación de los camiones volteos, ya que representan la actividad crítica dentro del proceso. Si bien, para los camiones se hace una petición con respecto al tiempo de vaciado de los camiones en obra, es necesario establecer controles que permitan actuar, cuando haya cambios relacionados con la segmentación, el transporte de la maquinaria o cualquier eventualidad que incurra en incrementos de tiempo en las actividades que preceden a la llegada a la llegada del camión. Así, ante la posible generación de una demora, esta se puede planificar de tal forma que no se infiera de manera negativa en la cola de camiones volteo, para no afectar la calidad del producto final.

Cuando se producen retrasos en la cola, esto conlleva a que se generen cambios en la temperatura del pavimento, generando temperaturas diferenciales entre distintos puntos de cada sección, que, si bien no son tan altas tomando en cuenta el clima caluroso de la ciudad de Maracaibo, puede terminar afectando la uniformidad en la mezcla, lo cual disminuye la calidad de la capa asfáltica.

En conjunto, la lista de factores para la planificación y el flujograma para la toma de decisiones en obra, engloban aquellos factores que se consideran básicos para la gestión de un proyecto de este tipo, junto al valor añadido de prever, aquellas eventualidades negativas comunes en el proceso en la ciudad de Maracaibo, para lograr la efectividad y calidad de la colocación de asfalto en la ciudad, siguiendo un proceso de flujo continuo que garantiza las mismas condiciones al momento de gestionar la obra.

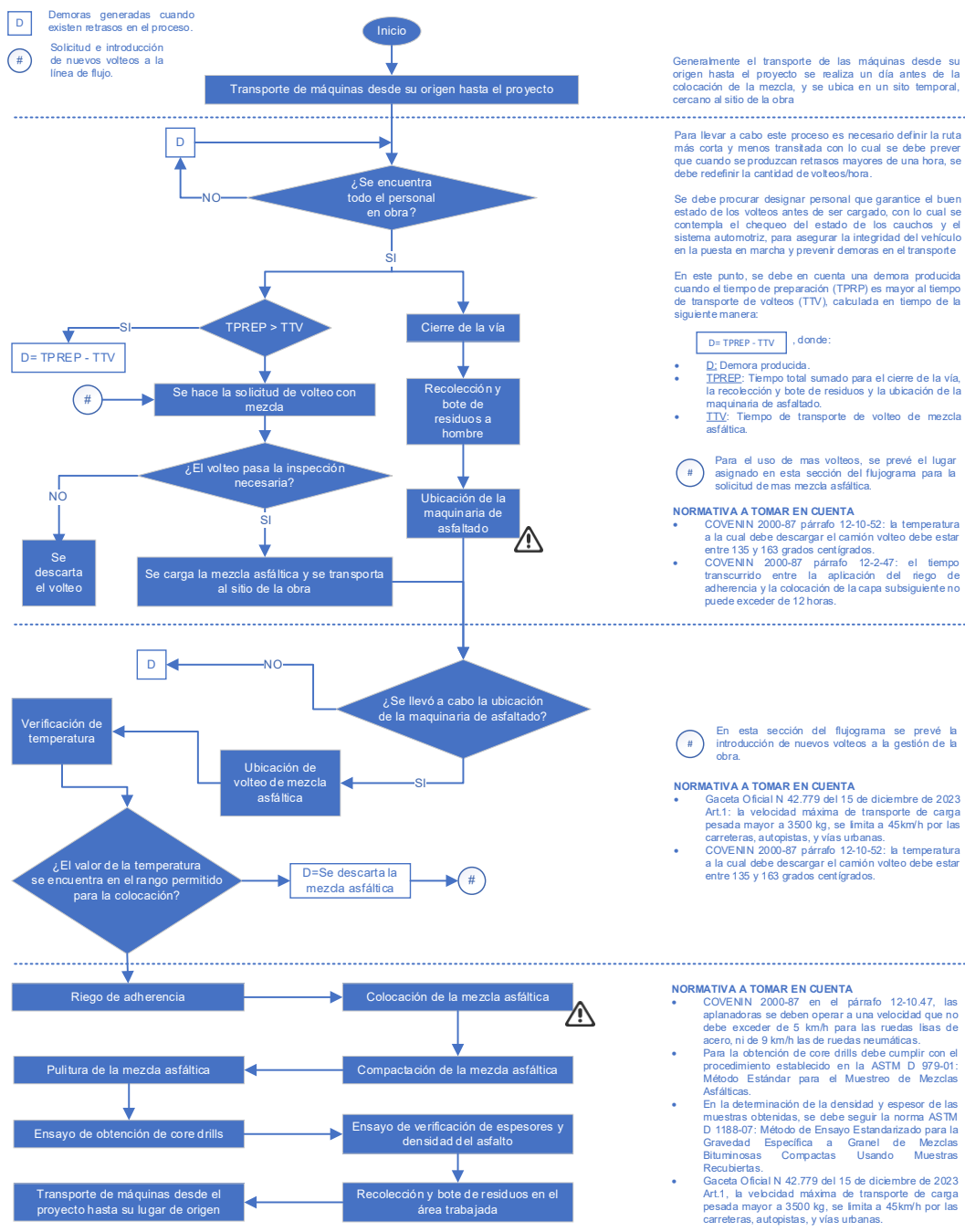


Figura 4. Árbol de decisiones con los lineamientos a seguir



## Conclusiones

El proceso de colocación de asfalto en el mantenimiento vial en la ciudad de Maracaibo, se compone de 15 actividades principales, de las cuales la mayoría poseen una relación temporal lineal entre sí, con lo cual un retraso en una de ellas puede incurrir en el incremento de los costos. Por otra parte, para mejorar o disminuir los tiempos de ejecución y prevenir las demoras de las actividades, es necesario identificar aspectos que puedan alterar el orden en la gestión del proyecto, en el estudio de actividades.

Se estableció que, para la colocación de 16 toneladas de mezcla asfáltica, incluyendo las actividades principales se toman 9,7 horas. Además, la inclusión de nuevos camiones volteos con mezcla asfáltica no afecta realmente la duración total, ya que la incorporación de la mezcla se hace en simultáneo con las actividades y el incremento producido no es significativo con respecto al tiempo total.

Algunas actividades del proceso se pueden llevar a cabo en simultáneo, y dada la variabilidad de los tiempos, la actividad de mayor duración relacionada generalmente con el transporte, rige la secuencia de las actividades, con lo cual se debe tomar en cuenta que todas las actividades en simultáneo terminen al mismo tiempo, antes de la actividad que las precede.

Los factores que inciden de manera negativa en el proceso de colocación de asfalto están centrados en la ubicación de los volteos con mezcla asfáltica, la cual es la actividad crítica del proyecto. Se identificaron varios factores que inciden negativamente en el proceso de colocación de asfalto, entre los cuales destacan el alto tráfico de vehículos, falta de personal presente en la obra, experiencia de los conductores de volteos y los operadores de máquinas, la segmentación de la actividad en tramos, daño de los volteos en sitio, el radio de giro de las máquinas, los bacheos a hombre en sitios específicos, y el pulido extra en zonas en las cuales se requirió.

Se generó una secuencia de decisiones y controles a tomar en cuenta para mejorar los tiempos de ejecución del proceso de colocación del asfalto, eliminando la posibilidad de demoras que puedan incrementar los costos de ejecución y afectar la calidad del producto final obtenido, a través de la planificación y gestión eficiente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa CAMELOT ASFALTADOS, C.A, por brindar su apoyo en llevar a cabo este trabajo de investigación.

## Referencias

- [1] World Road Association (PIARC). "The importance of road maintenance." 2014. [En Línea]. Disponible en: [https://nc-piarc.si/wp-content/uploads/2019/10/Importance\\_of\\_road\\_maintenance\\_2014-4.pdf](https://nc-piarc.si/wp-content/uploads/2019/10/Importance_of_road_maintenance_2014-4.pdf)
- [2] O. Akuirene, M. Atie, C. Ishiekwene, E. Nwose "Effect of poor road network and maintenance on safety and security in Delta State Nigeria: Mixed perceptions in industrialized oil-producing community", *Biomed Res Rev*, Vol. 4, 1-6, 2020.
- [3]. "Con 125 toneladas de asfalto aplicadas, la Alcaldía de Maracaibo entregó el primer tramo del Plan Bacheo 2023". Alcaldía de Maracaibo, 2023. [En Línea]. Disponible en: <https://www.maracaibo.gob.ve/con-125-toneladas-de-asfalto-aplicadas-la-alcaldia-de-maracaibo-entrego-el-primer-tramo-del-plan-bacheo-2023/>
- [4] K. Willoughby, J. Mahoney, L. Pierce, J. Uhlmeier, K. Anderson, S. Read, S Muench, T. Thompson, and R. Moore, "Construction-related asphalt concrete pavement temperature differentials and the corresponding density differentials". Washington State Transportation Center, Seattle, Washington, Estados Unidos, 2001.
- [5] Sector construcción. Especificaciones. Codificación y mediciones. Parte 1. Carreteras. COVENIN (2000-1987). Caracas, Venezuela: Fondonorma, 1987.
- [6] Gaceta Oficial No. 42.779 Ordinaria de fecha de 15 de diciembre de 2023. Ministerio del Poder Popular para el Transporte y para Relaciones Interiores, Justicia y Paz.