



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Estrategia para el mejoramiento del Plan de calidad en el
proyecto “*MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL
ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL
AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA*”**

Luis Eduardo Serna Serna

Universidad de Antioquia

Facultad Ingeniería

Ingeniería Urbana

El Carmen de Viboral, Colombia

2021



Estrategia para el mejoramiento del Plan de calidad en el proyecto “*MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA*”

Luis Eduardo Serna Serna

Informe de Práctica académica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Urbano

Asesores (a):

María Catalina Valencia Cárdenas, Ingeniera Civil (interno)

Yony Alexander Carmona Vargas, Ingeniero Civil (externo)

Universidad de Antioquia
Facultad Ingeniería
Ingeniería Urbana
El Carmen de Viboral, Colombia

2021

Estrategia para el mejoramiento del Plan de calidad en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”

Resumen

La práctica empresarial desarrollada en la empresa Devimed, se basó en la estructuración de la gestión de la calidad en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”, la cual se logró partiendo de un análisis al estado de calidad al comenzar este trabajo. Seguidamente se establecieron las tareas que por un lado debían dar solución a la problemática en el manejo de los archivos de calidad por medio de una base de datos sencilla y estructurada que permitiera de forma práctica acceder a los certificados. Por otro lado, se requería el fortalecimiento para la revisión de las características de los materiales empleados en la obra y el mejoramiento en la programación y análisis de los ensayos de laboratorio que se realizaron durante los procesos constructivos de las vías.

Inicialmente se realizó una revisión general de los informes y certificados de calidad que tenía la obra, clasificándolos a través de una base de datos que los ubicaba en un proceso constructivo y en un tramo específico. Con la base de datos actualizada, se realizó la búsqueda de los informes y certificados faltantes para ser entregados a la interventoría. Por otro lado, la gestión y análisis de los certificados de calidad se veía necesaria debido a que se presentaban incumplimientos con las fechas de entrega a interventoría de ensayos y certificados, problema que se solucionó poniendo en marcha la programación semanal de ensayos con el acompañamiento de los comités semanales de obra donde se establecían las tareas a realizar y visitas constantes a los frentes de obra, garantizando una oportuna realización de ensayos y entrega de los informes. Dichos informes pasaban por un proceso de revisión por medio de formatos estandarizados que se realizaron para dejar constancia del cumplimiento a la norma, la certeza del adecuado desarrollo de la obra y la garantía de la utilización de materiales óptimos.

Como resultado se dejó instalado un proceso de calidad que garantiza el cumplimiento óptimo y el desarrollo continuo de la obra con excelentes resultados en tiempos y procesos.

Introducción

El acceso a más y mejores carreteras facilita el desplazamiento de la población hacia otros territorios, así como la movilización de productos y servicios. Es de esta manera, como la infraestructura vial detona el desarrollo del territorio, entendiendo que un retraso en la cantidad y calidad de la infraestructura vial afecta a el crecimiento conjunto del país. En Colombia el 70% de los productos se transportar por carretera, siendo el inventario de carretera del país 11.317,47 km de los cuales el 80,98% están pavimentadas, pero solo el 66,02% se encuentran de regular a buen estado (INVIAS, 2020) generando sobrecostos en el transporte haciendo a Colombia menos competitivo en el mercado internacional.

El oriente antioqueño es un territorio con una dinámica de crecimiento acelerado, debido al aumento del número de habitantes y a la gran participación en el desarrollo económico del país. El Oriente Antioqueño incrementó el volumen de empresas renovadas en 894 unidades en 2019, posicionando al Oriente Antioqueño como la subregión de mayor crecimiento en la base del tejido empresarial y como la segunda más competitiva después del Valle de Aburrá (Camara de Comercio del Oriente Antioqueño, 2020). En el oriente se ubica un importante corredor para el transporte de mercancía gracias a la autopista Medellín - Bogotá, que conecta al centro del país con el norte del continente y la zona de puertos, así como el aeropuerto José María Córdova, haciendo llamativo el territorio para el asentamiento de grandes empresas de manufactura y la zona de embalses, destino turístico por excelencia en Antioquia.

El aumento y mejoramiento de la malla vial en el oriente antioqueño es de carácter prioritario para poder apoyar el desarrollo local y contribuir a la adecuada circulación terrestre en el país, tarea que realiza actualmente el concesionario vial Devimed en gran parte de las vías. Gracias a los excedentes de los peajes es posible la realización de esta labor bajo la supervisión de la Agencia nacional de infraestructura (ANI) y siguiendo las normativas nacionales del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) que proporciona los parámetros técnicos y de calidad necesarios para un buen desarrollo en la construcción y mejoramiento de las vías en el país.

Los proyectos de infraestructura vial deben desarrollarse con buenos estándares de calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios haciendo que los proyectos perduren y tengan el impacto esperado tanto en la movilidad como en el apoyo al crecimiento de la región. La gestión de la calidad es la encargada de enfocar, planear y verificar la calidad del producto que se desarrolla, donde se incluyen las actividades de planificación, control, aseguramiento y la implementación de mejoras en la calidad (Griful P & Canela C, 2005).

Actualmente el concesionario vial Devimed tiene dificultades en la gestión de la calidad, ya que, posee atrasos en la entrega a interventoría de certificados de calidad de materiales, en la entrega de informes de resultados de los ensayos requeridos por la Norma INVIAS versión 2013 y no realiza el análisis de resultados y tampoco se articula de manera adecuada la programación de ensayos con el cronograma de ejecución de la obra en los frentes en desarrollo.

Una de las labores del ingeniero Urbano es precisamente planificar y gestionar de manera óptima los recursos destinados a las obras de infraestructura. Mediante el control de calidad se asegura que los recursos sean correctamente invertidos pues esto permite velar por la correcta aplicación de las normas mediante la inspección de los procesos en obra. De esta manera, en este proyecto se plantea aportar todos los conocimientos y habilidades adquiridos durante la formación profesional para garantiza el cumplimiento de los procesos de calidad en obra.

Objetivos

Objetivo General

Estructurar el plan de calidad en el proyecto vial *“MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”*, incluyendo en este la gestión asociada a la recepción y análisis de resultados de calidad, programación de los ensayos requeridos en los procesos constructivos ajustado a el cronograma de ejecución de la obra.

Objetivos Específicos

- Realizar el arqueo general de los certificados de calidad de los materiales y los informes de calidad en los procesos de construcción requeridos por la norma INVIAS versión 2013 para la construcción de carreteras y obras complementarias del proyecto *“MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”*.
- Gestionar los certificados e informes requeridos para los tramos en los que ya se realizaron procesos constructivos de carretera y obras complementarias.
- Elaborar un formato de revisión y análisis para los certificados e informes de calidad, con el fin de comparar claramente los resultados obtenidos con los requerimientos de calidad de la norma INVIAS versión 2013 y brindar alertas de posibles fallas o incumplimientos normativos.
- Realizar un cronograma de calidad ajustado a la programación de la obra para garantizar la entrega pertinente de informes de calidad y minimizar retrasos en plan de ejecución.

Marco Teórico

Para entrar en contexto es necesario tener claro el concepto de infraestructura vial, el cual se define como “el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre al país para el transporte de personas y de carga, permitiendo realizar actividades productivas, de servicios, de distracción y turísticas” (Vallverdu, 2010). Esta definición de infraestructura vial ayuda a entender la importancia que tiene el desarrollo y crecimiento del país moviendo la economía y conectando las regiones aisladas, incidiendo de buena forma en la evolución económica y competitiva del territorio.

Así como el desarrollo de infraestructura vial se debe tener claro el concepto de calidad, que a pesar de ser importante no posee un significado específico, si no subjetivo. La American Society for Quality Control (2020) lo define, desde el punto de vista técnico como las características de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implícitas. También lo define como un producto o servicio libre de deficiencias. Por su parte, Philip Crosby lo define como “conformidad con los requisitos” (American Society for Quality Control., 2020). Esta última definición se ajusta a lo expuesto en la normativa INVIAS versión 2013 para infraestructura vial, la que señala las características técnicas de construcción y las herramientas de control de calidad en el desarrollo de proyectos viales.

La normativa INVIAS versión 2013 consigna, en los capítulos 2. Explaneaciones; 3. Afirmados, subbases, bases; 4. Pavimentos asfálticos 7. Señalización y seguridad y 8. Obras varias, la actualización de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, estipulando los requisitos de calidad, estableciendo estándares procedimientos generales de ejecución, detallados de control y recibo para los trabajos de ejecución habitual en la red nacional de carreteras. La gestión de la calidad en proyectos de infraestructura vial, se obtiene mediante los recursos y procedimientos adecuados, es decir, a través de la gestión (Eulália G y Miguel A 2005) considerando la norma INVIAS, especialmente los capítulos mencionados. Dicha gestión incluye actividades como la planificación, el control de procesos, chequeo de materiales para el aseguramiento y la mejora de la calidad (Griful P & Canela C, 2005).

Metodología

El presente proyecto pretende apoyar al mejoramiento del plan de calidad en el proyecto *“MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”* (ver figura 1). Dicho proyecto está en ejecución a

través del concesionario vial Devimed y gracias a el excedente de los peajes de dicha concesión, haciendo posible el mejoramiento en la conexión del Oriente Antioqueño con la zona del Valle de Aburra, la zona turística y La autopista Medellín - Bogotá.



Figura 1. Tramo intervenido en el proyecto vial entre la Calle de la Madera y el Aeropuerto José Maria Córdoba. Fuente: Google Maps

Para lograr el primer objetivo específico se realizó la revisión de los informes del laboratorio de Suelos y Pavimentos, encargado de los ensayos de calidad de los materiales, haciendo un arqueo de los existentes en los archivos de calidad y verificando que estuvieran los requeridos por la norma para la liberación de los tramos ya desarrollados. También se hicieron necesarias reuniones periódicas con la interventoría para verificar los certificados requeridos en cumplimiento del cronograma de entrega de informes y certificados del plan de calidad. Por otra parte, se realizó la revisión de los informes mensuales de ejecución de la obra con la intención de verificar las fechas en las que se realizaron instalación de bases, subbase, mezclas asfálticas y obras complementarias dentro de la definición del proyecto siendo estas fechas las que orientan la toma de muestras y ensayos en campo para el laboratorio.

Mediante la revisión de los informes y resultados de laboratorios, se verificó la información o procedimientos de calidad faltantes para garantizar el cumplimiento del cronograma de entrega del plan de calidad. De esta manera se realizó una adecuada planeación para garantizar el desarrollo de ensayos faltantes con el laboratorio Suelos y Pavimentos, así como la gestión para el cumplimiento de los proveedores con la entrega de los certificados

de calidad de los materiales utilizados en la obra. Con la experiencia adquirida en esta gestión, se verificaron las posibles estrategias a implementar para reducir los retrasos con las entregas y garantizar a futuro el cumplimiento a cabalidad del cronograma del plan de calidad.

Para la revisión de los resultados de laboratorio e informes entregados por los diferentes proveedores, se diseñó un formato de revisión ajustado a los procedimientos y requerimientos establecidos en la Norma INVIAS 2013. Se consideró para su diseño la herramienta Excel de tal manera que se pudiera tabular los resultados de los informes elaborados por Suelos y Pavimentos de una manera práctica y permitiera compararlos con la norma, para un posterior análisis y generación de alertas tempranas en caso de que se presenten fallas o resultados irregulares en los ensayos.

Para ensayos relacionados con procesos constructivos la revisión se realizó mediante la inspección de los resultados y teniendo presente lo contenido en la norma INVIAS 2013 para la aceptación de los lotes. De esta manera, se verificaron las densidades de afirmado las cuales están reguladas por la norma en el capítulo 3, AFIRMADOS, SUBASES, BASES, artículo 311, subsección 311.5.2.2, calidad del producto terminado. Allí se establecen los porcentajes de aceptación del afirmado según el grado de compactación o GDi que se evalúa en campo con densímetro nuclear o cono de arena y que tiene como parámetro de aceptación un $GDi > 95\%$. De igual manera, la norma establece en el capítulo 3, AFIRMADOS, SUBASES, BASES, artículo 330, subsección 330.5.2.2 sobre la calidad del producto terminado, los porcentajes de aceptación del afirmado según el grado de compactación o GDi que se evalúa en campo con densímetro nuclear o cono de arena y que tiene como parámetro de aceptación un $GDi > 98\%$.

Con respecto a los materiales usados para las obras complementarias como aceros, tuberías, rejillas para sumidero, bordillos, stell deck entre otros, los certificados de calidad se recibieron y se procesaron según las especificaciones de diseño o las certificaciones de calidad que fueran requeridas tales como NTC, ASTM e ICONTEC.

Con base a los resultados, su análisis y al cronograma de obra, se desarrolló la adecuada planeación del cronograma de calidad delimitando las fechas para realizar los ensayos y solicitar los certificados de calidad por parte de los proveedores. Esa información fue periódicamente socializada con los encargados de calidad en cada frente de obra, para procurar el cumplimiento en la elaboración de los ensayos. Así mismo, se hicieron los ajustes pertinentes cada semana en caso de presentarse retrasos.

Resultados y análisis

A continuación, se describen los resultados del trabajo desarrollado en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”.

1. Arqueo general de los certificados de calidad:

La gestión de certificación de calidad de los materiales y procesos en obras de infraestructura viales son regulados por la norma INVIAS de 2013. De esta manera, para el proceso de supervisión técnica se revisaron los ítems: 2. Explanaciones 3. Afirmados, subbases, bases; 4. Pavimentos asfálticos; 6. Estructuras y drenajes; 7. Señalización y seguridad y 8. Obras varias.

El proceso de supervisión inició con la revisión de los archivos existentes concernientes a los certificados de calidad de materiales y a los resultados de los ensayos de laboratorio de los procesos constructivos. La base de datos de calidad demandó una organización tomando como referencia los tramos definidos por el comité directivo y en ejecución, es decir, se clasificaron los ensayos y certificados de calidad que tuvieran lugar entre los abscisados definidos en los planos del proyecto.

Tabla 1: Nombre y abscisado de cada tramo en ejecución

Tramo	Abscisa inicial	Abscisa final
Haras Santa Lucía	K7+000	K7+400
La Villa	K7+400	K7+760
Laussana	K7+760	K7+900
EDS Esso	K7+900	K8+100
El Complex	K8+100	K8+400
Mall Llanogrande	K8+400	K8+500
La Morelia	K8+500	K8+800
CDA-Villas de Llanogrande	K11+420	K12+000
Intercambio Manuel Vicente Zuluaga	K12+240	K12+560
Gualanday	K12+560	K13+000
Tutucán	K13+000	K13+200
La María	K13+200	K13+480
Jumbo-Calle de la Madera	K13+480	K13+700
El Tablazo-Lagoon	K13+340	K13+880
El Tapial	K14+320	K14+380
Andalucía	K14+380	K14+720
Doña Ivonne	K14+720	K14+950
Retorno Haras Santa Lucía	K0+000	K0+160

Retorno Retiro-Retiro	K0+000	K0+100
Retorno Rionegro-Rionegro	K0+000	k0+080
Retorno La Morelia	K0+000	K0+160
Retorno Uribe-Uribe	K0+000	K0+070
Glorieta el Tablazo	K0+000	
Glorieta La María	K0+000	
Calle de la Madera	K0+000	K0+160

Posterior al estudio detallado de las secciones 2, 3, 4, 7, y 8 de la Normal INVIAS 2013 concernientes a los ensayos requeridos en obra para cumplir con el proceso de calidad, se procedió con la revisión de los certificados de calidad de materiales usados en cada tramo teniendo presente los requerimientos establecidos en los diseños. Esta tarea se realizó con el acompañamiento de la interventoría y la supervisión técnica de los encargados de los tramos.

También, fue de gran importancia la programación de reuniones quincenales con la interventoría de obra para hacer el arqueo general de los certificados de calidad e informes entregables por parte de la obra. Como resultado de ese proceso, se identificaron 8 informes que por razones desconocidas no se hallaron en la base de datos de la interventoría. Con respecto a la caracterización de la base granular hacían falta las de los meses febrero, marzo, agosto y septiembre; núcleos de los tramos Tutucan, Gualanday, Haras Santa Lucia y La villa.

Los informes de caracterización faltantes son relacionados al material suministrado por el proveedor Excabar los cuales se pusieron al día mediante la presión, ejercida por parte del contratista, con el pago del siguiente corte de obra, siendo estos los que proveen también la maquinaria pesada y el transporte de material de excavación. Para los ensayos de núcleos se cotejó la información con el laboratorio encargado de los ensayos de calidad de Suelos y Pavimentos logrando poner a paz y salvo los informes de núcleos en los tramos antes mencionados que si se habían realizaron, pero no se tenía organizada la información.

De igual manera, se realizó la gestión de certificados de calidad de materiales que los proveedores no habían entregado al momento del suministro y que por cada compra se debe entregar certificados de materiales, tales como: la ficha técnica del Geotextil 1700 usado para separar la subrasante de la estructura vial del cual se había hecho una compra, ficha técnica y de calidad de los aceros utilizados en las obras complementarias de la última compra y que se debía remplazar para tener actualizada la información, ficha técnica y de calidad de las tuberías utilizadas en obras de drenajes y que al comenzar la práctica se tenía pendiente la entrega para la tubería Novafort de 36, 42 y 60 pulgadas, y las fichas técnicas y de calidad de las defensas metálicas que debían ser entregadas por el fabricante y que a

la vez era el instalador en los tramos de Haras Santa Lucia, La Villa y La Morelia. Para garantizar la entrega oportuna de los certificados, se acordó con los proveedores la entrega de los dichos certificados antes de realizarse el pago de las facturas.

2. Organización de la base de datos:

De acuerdo con las dificultades encontradas en el arqueo y los incumplimientos con los tiempos de entrega de certificados y ensayos a interventoría, se hizo necesaria la estructuración de una base de datos con el propósito de facilitar el acceso a la información por tramos de obra, así como la revisión de certificados y ensayos de los materiales. Los ensayos requeridos en los procesos constructivos de la vía que son solicitados por la norma y por la interventoría se listaron en un archivo para cada tramo de obra de la siguiente manera: los ensayos de Deflectómetro de Impacto Liviano o Light Weight Deflectometer (en inglés LWD) para establecer la capacidad portante de la subrasante, los ensayos de densidades en primera y segunda capa de base granular y en capas de afirmado cuando se hallan hecho remplazo de subrasante o construido terraplenes acompañada de la caracterización de material granular el cual se realiza cada mes; con respecto a la carpeta asfáltica se definen los ensayos de extracción de contenido de asfalto y briquetas para los cuales se debe generar un muestreo por cada jornada de pavimentación y a cada una de las capas de pavimento, que por diseño en la obra se tienen dos, cuya primera capa tiene como diseño MDC 25 y la segunda capa o capa de rodadura tiene un diseño MDC 19, informes que sirven para la verificación del cumplimiento del diseño; se establecen finalmente los informes con extracción de núcleos para medir porcentaje de compactación del asfalto y verificación de los espesores de cada capa (ver tabla 2).

Cada uno de los elementos listados anteriormente debía contener los respectivos ensayos de calidad lo cual se registra en los certificados de calidad y las caracterizaciones de los materiales que para el caso de las bases granulares y de asfalto fueron realizadas por los proveedores Excabar y la cantera de La Sinifaná para base granular, y Pavimentar que es el proveedor e instalador de asfalto. De igual manera con respecto a las obras complementarias de la vía como canales, andenes, cunetas, vigas del separador central y muros de contención se realizaron ensayos de cilindros fallados por el laboratorio Suelos y Pavimentos para verificar el cumplimiento de la resistencia de diseño en los concretos.

Teniendo en cuenta que en el proyecto los concretos utilizados son premezclados proporcionados por la planta de Cementos Argos, esta empresa debía entregar también certificados de resistencia basados en el diseño pedido, certificados que luego fueron comparados con los informes entregados por el laboratorio de Suelos y Pavimentos para concretos.

Con respecto a los certificados de calidad de los materiales fueron requeridos los del acero utilizado en obra complementarias, el geotextil tejido 1700, las tuberías para drenajes, las defensas metálicas, stell deck, mallas electrosoldadas, bloque tipo Split, bordillos, herrajes para sumideros tipo B (EPM) y tuberías de acero para pasamanos. Estos certificados también se revisaron y asignaron a cada tramo de acuerdo con la ejecución de obra, con el apoyo de los maestros de obra.

Lo anterior quedó organizado en un archivo Excel con el respectivo enlace a las carpetas donde se encuentra la información de certificados y ensayos de materiales, la cual fue discriminada por las clasificaciones mencionadas anteriormente. De esta manera se conformó la base de datos que fue cotejada con la norma INVIAS 2013 y el Manual de señalización vial 2015.

Tabla 2: Formato que relaciona la información de certificados de calidad y ensayos de materiales para un tramo de vía

		Base de datos				
TRAMO	ABSCISADO		CONCEPTO		INFORME O CERTIFICADO	
Haras Santa Lucía	K7+000	K7+400	LWD		Ubicación	
			Densidad 1° capa		Ubicación	
			Densidad 2° capa		Ubicación	
			Extracción de contenido de asfalto	S y P	Ubicación	
				Pavimentar	Ubicación	
			Núcleos		Ubicación	
			Caracterización de base granular	S y P	Ubicación	
				Excabar	Ubicación	
			Caracterización de afirmado		Ubicación	
			Densidad en afirmados		Ubicación	
			Obras complementarias	Anden	S y P	Ubicación
					Argos	Ubicación
				Cuneta	S y P	Ubicación
					Argos	Ubicación
				Canal	S y P	Ubicación
					Argos	Ubicación
				Muros	S y P	Ubicación
Argos	Ubicación					
Vigas	S y P	Ubicación				
	Argos	Ubicación				
Materiales		Acero	Ubicación			

			Geotextil tejido 1700	Ubicación
			Defensas metálicas	Ubicación
			Malla electrosoldada	Ubicación
			Stell deck	Ubicación
			Tuberías de Drenaje	Ubicación
			Rejillas para sumidero tipo B	Ubicación
			Tuberías para pasamanos	Ubicación
		Señalización	Especificaciones	Ubicación
			reflexión	Ubicación

3. Revisión de los certificados y ensayos de materiales:

Para la revisión de resultados de laboratorio se construyeron formatos de chequeo para los informes de caracterización de base granular, afirmados y mezclas asfálticas (ver tabla 3 y 4). Debido a la cantidad de ensayos que exige la norma INVIAS 2013 para este tipo de materiales, este formato agiliza el trabajo de revisión dejando consignada la comprobación de cumplimiento de especificaciones de diseño y normas, dando recomendaciones puntuales para el mejoramiento de las materias primas. Además, el formato permite hacer comprobaciones con los informes tanto del laboratorio Suelos y Pavimentos como los entregados por los proveedores Excabar, la cantera Sinifana y Pavimentar.

Tabla 3: Formato de revisión para el afirmado de un tramo de vía

 AFIRMADO ART 311-13 		Valor dado	¿Cumple?
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)			
- 500 revoluciones	50%	1%	sí
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos,			
Sulfato de sodio. Máximo (%)	12%	1%	sí
Sulfato de magnesio. Máximo (%)	18%	1%	sí
Límite líquido, máximo (%)	40%	1%	sí
Índice de plasticidad, máximo (%)	4% 9%	8%	sí
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	2%	1%	sí
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado	15%	98%	sí

(numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión. ($\geq a$)				
Relación				
%pasa 200/%pasa 10	0,20	0,45	0,47	no
%pasa 200/%pasa 40 (menor o igual a)	0,67		0,59	sí
$[(\%pasa1")-(\%pasa10)]*(\%pasa4)$	16	34	1550	no
(% de contracción lineal) \times (% pasa tamiz No. 40)	100	240	150	sí
Datos del Proctor Modificado	Sin corregir		Corregido	
Humedad Óptima (%)	15,5		14,3	
Densidad seca máximo (kg/m ³)	1842		1874	
Peso unitario seco(kN/m ³)	18,06		18,38	

En el formato de revisión del afirmado (ver tabla 3) se encuentran consignados los requerimientos dictados en la norma INVIAS 2013 en su capítulo 3, AFIRMADOS, SUBASES, BASES artículo 311. Este numeral establece los tipos de materiales que cuentan como afirmados clasificados como tipo A-38 y A-25, junto con los ensayos necesarios para la verificación de las características asociadas a este material. Dicha información se hace necesaria para el proceso de aceptación de obra por parte de la interventoría, lo cual se determina con base en los resultados arrojados por el ensayo de Proctor modificado. Por eso es fundamental su verificación.

En la obra se recibe material de afirmado clasificado como tipo A-38 utilizado para la construcción de terraplenes y remplazos de subrasante. Con base a esto se realizó la caracterización del material cada mes y se compararon los resultados con lo establecido en la norma INVIAS 2013, garantizando la actualización de los datos del Proctor para la determinación de densidades y óptimo trabajo en la compactación.

La revisión y el seguimiento a el material afirmado arrojó como resultado un uso apropiado para la realización de terraplenes y remplazos, también recomendaciones al proveedor en los meses de noviembre y diciembre ya que se encontraron inconsistencias en características como la granulometría y el contenido de arcillas haciendo necesario un seguimiento puntual al material en los tramos donde se instalaron en esos meses pero resaltando como garantía de calidad los resultados de densidades y deflectómetro liviano o LWD por sus siglas en inglés.

Tabla 4: Formato de revisión Base granular

 		Valor dado	¿Cumple?
Base clase A (BG 38)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)			
- 500 revoluciones	35%	1%	sí
- 100 revoluciones	7%	1%	sí
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	25%	1%	sí
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos,			
Sulfato de sodio. Máximo (%)	12%	1%	sí
Sulfato de magnesio. Máximo (%)	18%	1%	sí
Límite líquido, máximo (%)	0%	0%	sí
Índice de plasticidad, máximo (%)	0%	0%	sí
Equivalente de arena, mínimo (%)	30%	31%	sí
Valor de azul de metileno, máximo	10%	1%	sí
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	2%	1%	sí
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	35%	1%	sí
Caras fracturadas, mínimo (%)			
Una cara	100%	100%	sí
Dos caras	70%	100%	sí
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	35%	60%	sí
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión. ($\geq a$)	95%	98%	sí
Datos del Proctor Modificado	Sin corregir	Corregido	
Humedad Óptima (%)	7,4	6,2	
Densidad seca máximo (kg/m ³)	2336	2445	
Peso unitario seco(kN/m ³)	22,91	23,98	

Así como para el afirmado, se elaboró un formato de revisión para la Base Granular con la caracterización del material usado en la obra para la construcción de la estructura de la vía, tanto para la primera como para la segunda capa de estructura (ver tabla 4). El formato resume la información más relevante del capítulo 3 AFIRMADOS, SUBASES, BASES, artículo 330 de la norma INVIAS 2013, teniendo en cuenta que en el diseño de la vía se estableció el material a usar como base de Clase A. El formato de revisión para los informes incluye los datos del Proctor para el adecuado trabajo de compactación y verificación de las densidades.

El proceso de revisión de informes de caracterización para base granular y afirmado se realizó tanto para el informe entregado por el proveedor como para los realizados por Suelos y Pavimentos de muestreos extraídos del material que estaba en la obra, logrando una comparación de resultados para verificar que se está utilizando el material que se requiere en la obra. Esto permitió establecer recomendaciones al proveedor con el fin de mejorar la calidad del producto cuando fue necesario.

De igual manera, la revisión y comparación de caracterización de base granular dio como resultado la garantía de que, si se está suministrando el material que se está comprando ya que, por diseño en la obra se determinó el uso de la base granular más exigente (Tipo A) en términos de fabricación. Por consiguiente, es mucho más caro el material y muy pocos proveedores alcanzan a garantizar la totalidad de los requerimientos consignados en la norma. Así mismo, este procedimiento permitió garantizar que el material se mantenga homogéneo para las tareas de construcción de la estructura vial, con los parámetros de humedad óptimos, y la actualización continua de los datos del Proctor que son garantía de confiabilidad de los resultados de densidades.

Otro material al que se le realizó formato de revisión fue el de la caracterización de mezclas asfálticas, con base en el capítulo 4, PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, artículo 450 de la Norma INVIAS 2013 (ver tabla 5). Este artículo reglamenta la mezcla asfáltica de aplicación en caliente de gradación continua cuyas especificaciones se consideran para mezclas densas MDC 25 de la primera capa de asfalto y mezclas MDC19 de la capa de rodadura definidas como las únicas mezclas a utilizar para la carpeta asfáltica en el proyecto.

Con los formatos de revisión se compararon las caracterizaciones entregadas por el proveedor Pavimentas y las caracterizaciones entregadas por el laboratorio Suelos y Pavimentos, dando como resultados irregularidades en las mezclas asfálticas instaladas en los tramos de La EDS ESSO, Andalucía y El Tapial, desfasadas en granulometrías, contenidos de asfaltos y densidad Race. Este problema se solucionó acordando con el proveedor y el laboratorio la contratación de un tercer laboratorio, Inteinsa, extrayendo galletas en los tramos en cuestión para un nuevo análisis por contenidos de asfalta, granulometría y densidad Rice, dando como resultado una coherencia con los informes de la planta de pavimento. Esto permitió un mejoramiento en la toma de muestreo en obra siendo este el punto débil de la cadena ya que, al laboratorio Suelos y Pavimentos no se le podía atribuir el error si en obra no se tenía un adecuado control del muestreo extraído del material en sitio.

Tabla 5: Formato de revisión para mezclas asfálticas

Para tránsito NT1	Mezcla asfáltica					
	Capa de Rodadura MDC 19			Capa Intermedia		
	Requisito	Valor dado	CUMPLE	MDC 25		CUMPLE
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) base, 500 revoluciones	25	25	SÍ	35	35	SÍ
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) base, 100 revoluciones	5	5	SÍ	7	7	SÍ
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	0,45	0,45	SÍ	0,45	0,45	SÍ
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo	18	18	SÍ	18	18	SÍ
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	0,5	0,5	SÍ	0,5	0,5	SÍ
Índice de plasticidad, máximo (%)	0	0	SÍ	0	0	SÍ
Equivalente arena min	50	50	SÍ	50	50	SÍ
Azul de metileno max	10	10	SÍ	10	10	SÍ
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	10	10	SÍ	10	10	SÍ
caras fracturadas (1 cara) min	75	75	SÍ	60	60	SÍ
Angularidad fracción fina método A, min	40	40	SÍ	35	35	SÍ
Proporción máxima de arena natural en el agregado combinado	25	25	SÍ	25	25	SÍ
Proporción máxima de arena natural en el agregado fino	50	50	SÍ	50	50	SÍ
Granulometría del llenante mineral de aporte:						
- % que pasa tamiz 425 µm (No. 40)	100	100	SÍ	100	100	SÍ
- % que pasa tamiz 150 µm (No. 100)	90	90	SÍ	90	90	SÍ
- % que pasa tamiz 75 µm (No. 200)	75	75	SÍ	75	75	SÍ
Densidad bulk (g/cm ³)	0,5 - 0,8	0,5	SÍ	0,5 - 0,8	0,5	SÍ
Espesor compacto	40 - 60	50	SÍ	50	50	SÍ
Gcmin	94%	94%	SÍ	92%	92%	SÍ

Con respecto a las obras complementarias en las que sea necesario utilizar concreto premezclado, siempre y cuando no sean usadas para elementos estructurales, se acordó con interventoría que para la verificación de la calidad es suficiente con la revisión de las

resistencias entregadas por la planta Argos de Marinilla, pero con la condición de que se entreguen asociadas a cada uno de los elementos vaciados, fechas y tramos. Para lograr esto se generó un archivo que relaciona información de fechas de vaciados, diseño de mezcla, cantidad, lugar de vaciado y certificado de calidad. Ejemplo de esto se encuentra en la **Tabla 6**, configurando de esta manera una base de datos de para la calidad de concretos.

Tabla 6: Ejemplo de base de datos para concretos Premezclados

				Concretos Premezclados			
Concepto	Fecha	Remisión	m3	Descripción Producto	Destinación	por remisión	por fecha
Suministro Concretos Conllano	10/11/2020	51141157	4	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Andenes Tutucan K13+100 vía Llanogrande	certificado	
Suministro Concretos Conllano	11/11/2020	51141241	4	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Cuneta Mall Llanogrande		certificado
Suministro Concretos Conllano	13/11/2020	51141343	7	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata andén gualanday K12+400		certificado
Suministro Concretos Conllano	13/11/2020	51141350	5	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata andén gualanday K12+401		certificado
Suministro Concretos Conllano	13/11/2020	51141356	4	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata andén gualanday K12+402		certificado
Suministro Concretos Conllano	13/11/2020	51141364	8	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	MUROS DE CANAL LA VILLA KM7 + 700	certificado	
Suministro Concretos Conllano	14/11/2020	51141430	5,5	Concreto 3000 PSI -	Andenes Tutucan K13+100		certificado

				3/4" - 6" - PE			
Suministro Concretos Conllano	17/11/2020	51141454	4	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	MUROS DE CANAL LA VILLA KM7 + 700		certificado
Suministro Concretos Conllano	18/11/2020	51141490	4	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Andenes Tutucan K13+100 vía Ilanogrande		certificado
Suministro Concretos Conllano	19/11/2020	51141553	7	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata andén lado San Antonio - Rionegro K12+400		certificado
Suministro Concretos Conllano	19/11/2020	51141559	4	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata andén lado San Antonio - Rionegro K12+400		certificado
Suministro Concretos Conllano	20/11/2020	51141631	5	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Anden Tutucan		certificado
Suministro Concretos Conllano	20/11/2020	51141636	4	Concreto 3000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Anden Tutucan		certificado
Suministro Concretos Conllano	21/11/2020	51141675	4	Concreto 2000 PSI - TMN 3/4" - 6" - PE	Solado Lazo San Antonio-Rionegro		
Suministro Concretos Conllano	24/11/2020	51141794	6	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata Anden Lazo San Antonio-Rionegro	certificado	
Suministro Concretos Conllano	24/11/2020	51141804	6	Concreto 4000 PSI - 3/4" - 6" - PE	Zapata Anden Lazo San Antonio-Rionegro		certificado
Suministro Concretos Conllano	24/11/2020	51141813	6	Concreto 4000 PSI -	Zapata Anden Lazo		certificado

				3/4" - 6" - PE	San Antonio- Rionegro		
--	--	--	--	-------------------	--------------------------	--	--

Esta base de datos debió ser cotejada también con los concretos que se implementaron es elementos estructurales y a los cuales se les realizo muestreo de Cilindros por cada jornada de vaciado.

Esta revisión no dio irregularidades ya que, los informes de resistencias de la planta estaban en regla con las resistencias entregadas por el laboratorio Suelos y Pavimentos. Lo único relacionado con los concretos se presentó en el seguimiento y visitas en campo, en las cuales se evidenciaron agrietamientos en los andenes construidos en el tramo de Andalucía, tema que se discutió con el proveedor Argos reunidos en el sitio del problema. Entre las anotaciones realizadas al contratista en la reunión se encuentran que las grietas se pudieron evitar si la junta de dilatación se hubiese hecho a tiempo; y en el curado de los concretos intervienen muchos factores tales como, la hidratación del concreto, la humedad relativa, el viento, el sol directo entre otros. Para futuros vaciados estas observaciones quedaron como parámetros para el seguimiento del control de la calidad concerniente al proceso constructivo.

En cuanto a la señalización la entrega del plan de señalización de la obra se acordó con interventoría entregarse cuando la obra culmine las labores constructivas y con forme a eso se programarían los ensayos de reflectividad y control de especificaciones, tarea que sale del alcance del trabajo de práctica y que al momento de la realización no se han terminado las labores constructivas del proyecto.

4. Gestión de ensayos

En cuanto al trabajo necesario para lograr el mejoramiento de la programación de ensayos de laboratorio, se realizaron comités semanales de obra que, si bien antes se hacían, no contaban con la asistencia de un delegado de calidad que tuviera informes sobre el progreso de obra que fuera de la mano con la dirección técnica, logrando una programación de ensayos ajustada a progreso semanal de la obra. Esto propició que los ensayos de laboratorio y recogida de muestreos se hicieran de manera ordena y puntual sin entorpecer el desarrollo de la obra, evitando retrasos y sobre procesos.

En los comités de obra se discutieron los progresos realizados durante la semana anterior y de esta manera se proyectaban los trabajos requeridos en la semana siguiente, así como la terminación de trabajos de compactación, el inicio de excavaciones o los días de pavimentación. Esto permitió determinar los días de disponibilidad de los laboratoristas e incluso programar los ensayos con holguras de hasta dos días por si algún imprevisto no dejaba continuar con los trabajos.

Sumado a lo anterior, las visitas continuas a los tramos en ejecución permitieron el mejoramiento de la programación de ensayos, ya que, si por alguna razón fallaba la comunicación entre los encargados del frente de obra y proceso de calidad, se podía recurrir a la experiencia para programar ensayos o proyectarlos por cuenta propia.

Esta forma de gestión de ensayos mejoro mucho la relación con el laboratorio Suelos y Pavimentos porque la organización permitió manejar mejor la disponibilidad de los trabajadores de laboratorio teniendo en cuenta que la relación contractual entre ellos y el proyecto es solo de prestación de servicios. También mejoró la comunicación entre todos los partícipes en el desarrollo de la obra afianzando las tareas de calidad.

5. Seguimiento de obra

Para mejorar y ayudar a la programación de ensayos las labores de seguimiento fueron de vital importancia dando los conocimientos necesarios sobre el progreso de obra, mejorando la comunicación con los encargados de los frentes y siendo más interactiva la relación entre la parte técnica y de desarrollo con el área de calidad e interventoría. De esta manera se realizaron visitas periódicas a la obra para conocer los diferentes procesos como se describe a continuación.

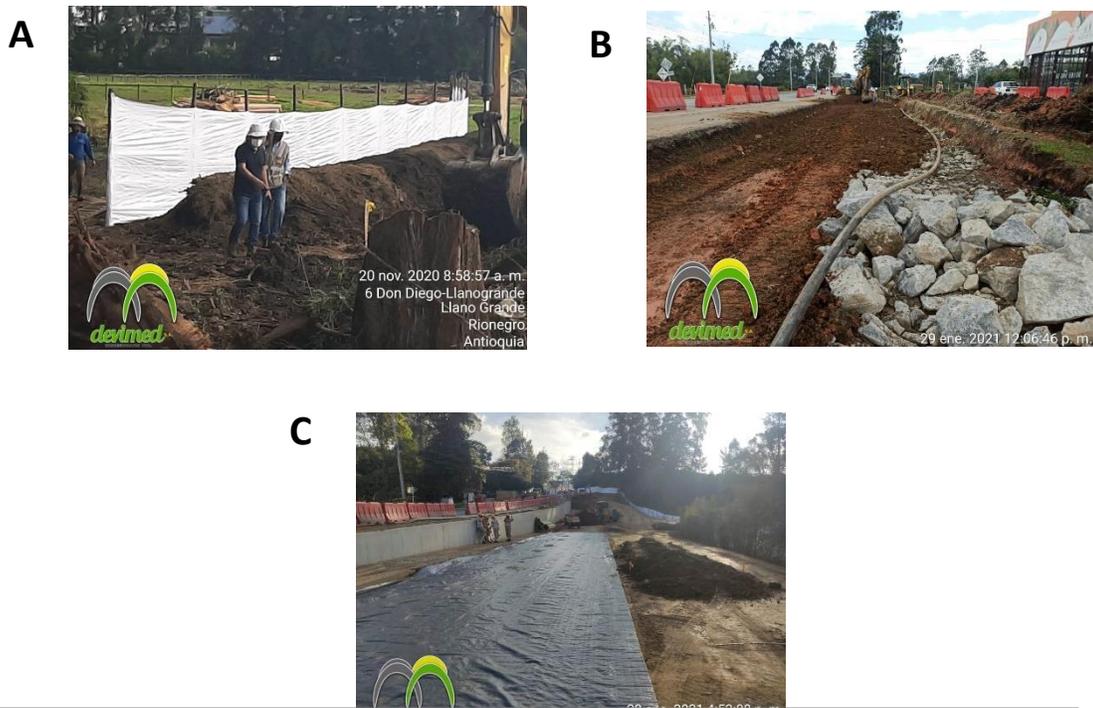


Fig. 2 Proceso de excavación. **a.** Labores de excavación que exigían la elaboración de ensayos con LWD para determinar la capacidad portante de la subrasante. **b.** Reemplazos de subrasante se hacen en partes donde el suelo no aporta la suficiente capacidad portante para sostener la estructura de la vía. **c.** Instalación de geotextil que se para la estructura de la vía del suelo



Fig. 3 Construcción de la estructura para la vía. **a.** Instalación de base granular en primera capa, grosor por diseño determinado en 30 cm, compactada con rodillo vibrador y con un $GDI > 98\%$. **b.** Toma de densidades en primera capa de base granular, con datos de caracterización proporcionados por Suelos y Pavimentos del material usado, caracterización que se hace mensual y se recibe de cada proveedor de base granular. **c.** Instalación de segunda capa de base granular de 30 cm de grosor compactado con rodillo vibrador. **d.** Toma de densidades en segunda capa, solución de fallos y céreo para pavimentación



Fig. 4 Proceso de pavimentación. **a** Imprimación con emulsión asfáltica. **b** Instalación de primera capa de pavimento con mezcla MDC 25 y grosor de capa 80mm y toma de muestra para granulometría. **c** Toma de temperatura de mezcla al momento de la pavimentación, la mezcla debe ser instalada a una temperatura no inferior a 140° C para primera capa de pavimento y capa de rodadura. **d** Pavimentación de segunda capa con diseño de mezcla MDC 19, extracción de muestreo para granulometría y contenido de asfalto, grosor 80mm. **e** Extracción de núcleos de pavimento para verificación de espesores y compactación para cada capa MDC 25 y MDC 19 en los tramos pavimentados en el proyecto, se realizan 8 días después de realizar la pavimentación con tránsito libre.

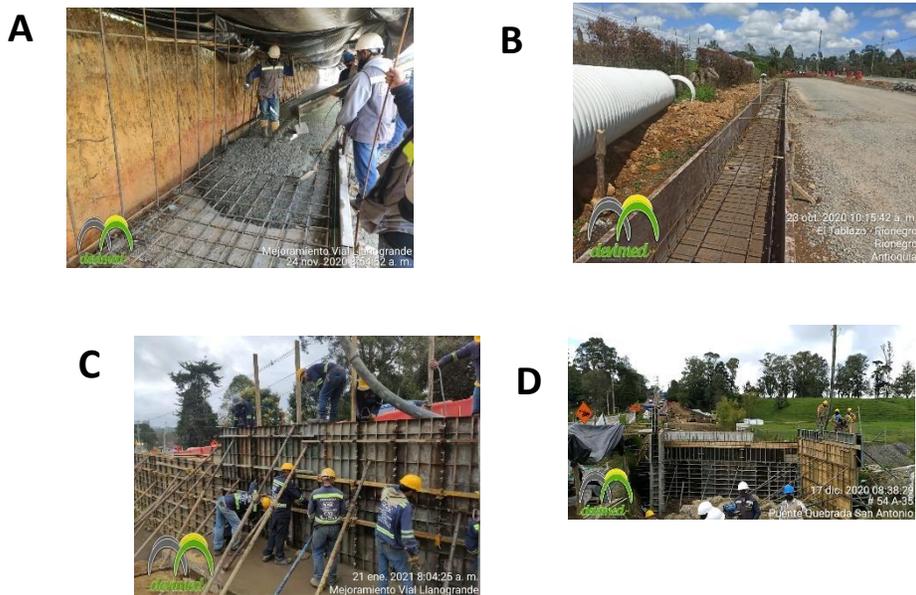


Fig. 5 Obras complementarias. **a** Los andenes no son obras estructurales, pero se requiere supervisión en la construcción para garantizar durabilidad y acabados. **b** Dentro de las obras de drenaje realizadas en obra se encuentran las cunetas, canales, box culvert e instalación de tuberías para drenaje. **c** Los muros de contención en la obra no son muchos, pero por ser obras estructurales requieren del seguimiento y ensayos de resistencias tanto en obra como los de la planta de concreto. **d** Los puentes a construir en la quebrada San Antonio y en Río Negro son grandes hitos en la obra por lo que se les presta gran atención en la calidad y acabados.

Conclusiones

- El mejoramiento de la infraestructura existente en la zona de influencia del proyecto vial *“MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”*, se consolida como un detonante del desarrollo zonal ayudando a mejorar los tiempos de desplazamiento, creando un corredor con buenas condiciones de seguridad y confort para usuarios que pretendan desplazarse hacia los centros de desarrollo del oriente antioqueño (Rionegro, La Ceja, Marinilla El peñol, El Carmen entre otros), por lo que apoya de igual manera al desarrollo conjunto del territorio y afianzando la vías de Antioquia como uno de los principales corredores de comercio y turismo de Colombia, apoyando.
- Como punto importante se debe resaltar que el éxito de un proyecto radica no solo en el impacto que puede generar sobre la zona de influencia sino sobre los acabados y durabilidad de la obra, aspectos que son resaltados desde la dirección técnica del

proyecto y que se garantiza a través cumplimiento a las especificaciones técnicas y normativas, las cuales conducen a una adecuada elección de materiales y desarrollo de procesos constructivos.

- La gestión de la calidad aplicada al desarrollo de productos tiene procura el mejoramiento en los resultados, garantizando la elección óptima de los materiales, la supervisión en los procesos requeridos para transformarlos en el producto final y verificación de los resultados, que aplicado al desarrollo de infraestructuras viales se contextualiza a la verificación normativa y de diseño sobre los materiales necesarios para la construcción de la vía y obras complementarias, la supervisión de los procesos constructivos basados en el cumplimiento normativo y que se verifica a través de ensayos de laboratorio y por último el producto final (la infraestructura) que se garantiza de calidad siempre y cuando se hallan cumplido con las consideraciones normativas.
- La obra *“MEJORAMIENTO DE LA CONEXIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 55 (CALLE DE LA MADERA) Y EL AEROPUERTO JOSE MARIA CORDOVA”*, tuvo grandes avances en gestión de la calidad, considerando la creación de una base de datos estructurada por tramos la cual asocia la calidad en los materiales usados y la calidad en los procesos constructivos y la puesta al día con la entrega de informes a interventoría. Así mismo, se propició el mejoramiento en la programación de ensayos y toma de muestras generando como resultado un desarrollo continuo de la obra evitando reprocesos. De igual manera, el análisis continuo y rápido de los resultados con la ayuda de formatos que no existían trajo como beneficio el mejoramiento en los procesos constructivos a través de la retroalimentación y la elección de materiales.
- Gracias a la experiencia en el desarrollo de este trabajo se evidencia la importancia en el cuidado que se debe tener a la calidad para óptimo desarrollo de una obra constructiva, siendo garantía de un producto que cumple tanto en la durabilidad como en funcionalidad.

Referencias

Instituto Nacional de Vías. Estado de la red vial. (28 de octubre de 2020). Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/57-estado-de-la-red-vial>

American Society for Quality Control. (28 de octubre de 2020). *Quality Glossary*. Obtenido de <https://asq.org/quality-resources/quality-glossary/q>

Camara de Comercio del Oriente Antioqueño. (27 de enero de 2020). *El Oriente Antioqueño duplica el crecimiento de Antioquia y Colombia en la creación de empresas*. Obtenido de Camara de Comercio del Oriente Antioqueño: <https://www.ccoa.org.co/noticia/el-oriente-antioqueno-duplica-el-crecimiento-de-antioquia-y-colombia-en-la-creacion-de-empresas>

Griful P, E., & Canela C, M. (2005). *Gestión de la calidad*. Barcelona: Ediciones UPC.

INVIAS. (2013). *Norma para Construcción y mejoramiento de carreteras*. Bogotá : INVIAS.

Peréz V., G. J. (2005). *La infraestructura del transporte vial y la movilización de carga en Colombia*. Cartagena: Banco de la República.

Vallverdu, A. (2010). Pavimentos en infraestructura vial - Avances y desafíos. *EMB Construcciones*, 1.