

Maestría de Ingeniería Civil

Crear indicadores de costos de inversión con el apoyo de la estimación de insumos de construcción de carreteras para varios tipos de terrenos.

**Presentado por
Carlos Mauricio Hernández Zamora**

Bogotá D.C. 14 de Agosto de 2017



Crear indicadores de costos de inversión con el apoyo de la estimación de insumos de construcción de carreteras para varios tipos de terrenos.

Tesis para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte

ALEJANDRO GARCÍA CADENA
Director de Trabajo de Grado
Ingeniero Civil

Bogotá D.C. 14 de Agosto de 2017



La tesis de Maestría titulada “Crear indicadores de costos de inversión con el apoyo de la estimación de insumos de construcción de carreteras para varios tipos de terrenos”, presentada por Carlos Mauricio Hernández Zamora, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

Director de la tesis

Alejandro García Cadena

Jurado

Santiago Henao Perez

Jurado

Maritza Cecilia Villamizar Roperó

Bogotá, D.C., 14 de Agosto de 2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, por haberme dado la oportunidad de cursar mis estudios de Maestría en Ingeniería Civil con énfasis Tránsito y Transporte, Universidad empeñadas en la formación de profesionales idóneos.

Al cuerpo docente del Posgrado en Ingeniería Civil, que impartieron sus conocimientos desinteresadamente, permitiendo que nos formemos como profesionales capaces y responsables, especialmente al Ingeniero Alejandro García Cadena por su apoyo, dedicación y entrega en el desarrollo de esta investigación.

A las Instituciones que brindaron apertura y me acogieron y no dudaron en darme la oportunidad de realizar investigaciones en dichas instituciones

Y a todas aquellas personas, que de alguna u otra forma prestaron su colaboración y ayudaron para llevar esta investigación adelante.

Resumen

En el área de la construcción y la gestión de proyectos en sí, no existen herramientas que permitan mejorar la estimación o programación de los diferentes insumos para la construcción de una carretera. Es por eso, que el propósito de este trabajo de grado para obtener el título de MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL – ENFÁSIS EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE , de la ESCUELA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO se propone crear una herramienta tecnológica que permita ayudar de una manera adecuada a la programación y administración de los procesos técnicos que acompañan a una obra. Evitando de esta manera retrasos o sobre costos tomando las medidas correctivas a tiempo justo.

Lograr esta estimación de recursos y poder crear así indicadores de inversión, serán de gran ayuda para todos los entes que hacen parte de la cadena productiva de construcción. Tales como constructores, contratistas, empresas del estado como la ANI, INVIAS y SENA, al igual que empresas del sector privado que ejercen tareas de suministros ya que se podrá tener una idea mucho más clara sobre cuáles son las proyecciones y necesidades antes de iniciar un proyecto de obra civil en el país.

Por eso, el desarrollo de indicadores podrá mejorar la cuantificación de forma sencilla y clara, con datos reales sobre cuáles son los insumos necesarios para el desarrollo de una carretera contribuirá con la mejora de la planeación y control de ejecución de los proyectos por parte de quienes encabezan los proyectos de ingeniería.

Palabras Clave. Carretera, Indicadores, Costos, Insumos, Maquinaria, Materiales, Equipos, Presupuestos, Mano de obra, Transporte, Vías, Análisis de precios unitarios.

Índice General

| | |
|--|-----------|
| Introducción..... | 1 |
| Capítulo 1. Definición del Problema..... | 2 |
| 1.1 Antecedentes del Problema..... | 2 |
| 1.2 Pregunta de Investigación..... | 4 |
| 1.3 Descripción del Problema..... | 5 |
| | |
| Capítulo 2. Objetivos..... | 9 |
| 2.1 Objetivo General..... | 9 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 9 |
| | |
| Capítulo 3. Justificación..... | 10 |
| | |
| Capítulo 4. Marco Teórico Referencial..... | 15 |
| 4.1 Historia de las Carreteras en el Mundo..... | 15 |
| 4.2 Historia de las Carreteras en Colombia..... | 17 |
| 4.2.1 Época Prehispánica Colonial..... | 17 |
| 4.2.2 Época Republicana y Siglo XIX..... | 18 |
| 4.2.3 Siglo XX..... | 19 |
| 4.2.4 Década de los noventa y Siglo XXI..... | 21 |
| 4.2.5 Red Nacional Actual..... | 23 |
| 4.3 Clasificación de las Vías en Colombia..... | 24 |
| 4.3.1 Por Competencia..... | 24 |
| 4.3.2 Según sus características..... | 24 |
| 4.4 Tipología de intervención de obras..... | 26 |
| 4.4.1 Proyectos de Construcción..... | 26 |
| 4.4.2 Proyectos de Mantenimiento..... | 27 |
| 4.4.3 Proyectos de Rehabilitación..... | 28 |
| 4.4.4 Proyectos de Mantenimiento Rutinario..... | 28 |
| 4.4.5 Proyectos de Mantenimiento Periódico..... | 29 |
| 4.5 Ciclo de un Proyecto de Carretera..... | 30 |
| 4.5.1 Etapa de Pre-Inversión..... | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6 Normas Técnicas y Especificaciones en Colombia | 30 |
| 4.7 Los Indicadores | 33 |
| 4.7.1 Indicadores de Construcción en Colombia | 36 |
| 4.8 Precios por kilómetro de vías en el mundo | 38 |
| 4.8.1 Caso de Europa y América Latina | 38 |
| 4.8.2 Caso de España | 42 |
| 4.9 Análisis de Precios Unitarios en Suramérica | 43 |
| 4.9.1 Costos Análisis de Precios Unitarios Chile | 43 |
| 4.9.2 Costos Análisis de Precios Unitarios Argentina | 44 |
| 4.9.3 Costos Análisis de Precios Unitarios Bolivia | 46 |
| 4.9.4 Costos Análisis de Precios Unitarios Perú | 47 |
| 4.9.5 Costos Análisis de Precios Unitarios Uruguay | 48 |
| 4.10 Análisis de Precios Unitarios Suramericanos | 49 |
| | |
| Capítulo 5. Marco Metodológico | 50 |
| 5.1 Recolección y organización de la Información Primaria | 50 |
| 5.2 Creación del Programa Computación | 54 |
| 5.2.1 Índice del Programa de Computación | 56 |
| 5.2.2 Consolidado de Equipo | 57 |
| 5.2.3 Consolidado de Mano de Obra | 58 |
| 5.2.4 Consolidado de Transporte | 58 |
| 5.2.5 Consolidado de Materiales | 59 |
| 5.3 Funcionamiento del Programa de Computación APU | 60 |
| 5.4 Técnicas Estadísticas utilizadas y Muestreo de Datos | 64 |
| 5.4.1 Media Aritmética | 66 |
| 5.4.2 Desviación Estándar | 66 |
| 5.4.3 Valor Máximo | 67 |
| 5.4.4 Valor Mínimo | 67 |
| 5.4.5 Mediana | 67 |
| 5.5 Metodologías de Cálculo e Interpretación de Resultados | 67 |
| 5.5.1 Tabulación de Información – Valor Total..... | 67 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| 5.5.2 | Tabulación de Información – Capítulos | 69 |
| 5.5.3 | Tabulación de Información – Materiales | 70 |
| 5.5.4 | Tabulación de Información – Equipos | 71 |
| 5.5.5 | Tabulación de Información – Mano de Obra | 73 |
| 5.5.6 | Tabulación de Información – Transporte | 75 |
| 5.6 | Determinación de Índices de Costos | 75 |
| 5.6.1 | Resultados de Mantenimiento | 75 |
| 5.6.1.1 | Tabulación de Información – Valor Total | 78 |
| 5.6.1.2 | Tabulación de Información – Capítulos | 80 |
| 5.6.1.3 | Tabulación de Información – Materiales | 82 |
| 5.6.1.4 | Tabulación de Información – Equipos | 84 |
| 5.6.1.5 | Tabulación de Información – Mano de Obra | 84 |
| 5.6.1.6 | Tabulación de Información – Transporte | 86 |
| 5.6.2 | Resultados de Construcción | 86 |
| 5.6.2.1 | Tabulación de Información – Valor Total | 86 |
| 5.6.2.2 | Tabulación de Información – Capítulos | 90 |
| 5.6.2.3 | Tabulación de Información – Materiales | 91 |
| 5.6.2.4 | Tabulación de Información – Equipos | 94 |
| 5.6.2.5 | Tabulación de Información – Mano de Obra | 95 |
| 5.6.2.6 | Tabulación de Información – Transporte | 96 |
| 5.6.3 | Resultados de Rehabilitación | 97 |
| 5.6.3.1 | Tabulación de Información – Valor Total | 97 |
| 5.6.3.2 | Tabulación de Información – Capítulos | 98 |
| Capítulo 6. | Análisis de Resultados y Consideraciones de Decisión | 100 |
| 6.1 | Indicador de costo de inversión por Km | 101 |
| 6.2 | Indicador de rangos de inversión promedio por Km | 102 |
| 6.3 | Indicador promedio de capítulos por Km | 102 |
| 6.4 | Indicador costo promedio materiales por Km | 103 |
| 6.5 | Indicador costo promedio de materiales por Km | 104 |
| 6.6 | Indicador incidencia promedio de mano de obra por Km | 104 |
| 6.7 | Indicador costo promedio de mano de obra por Km | 105 |

| | |
|---|-----|
| 6.8 Indicador incidencia de promedio de equipos por Km | 105 |
| 6.9 Indicador costo promedio de equipos por Km | 106 |
| 6.10 Indicador incidencia promedio de transporte por Km | 107 |
| 6.11 Indicador costo promedio de transporte por Km | 108 |
| | |
| Conclusiones | 110 |
| Recomendaciones | 111 |
| Referencias Bibliográficas | 112 |
| Anexos | 114 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación vial según tipo de terreno | 26 |
| Tabla 2. Análisis de Precio Unitario Chile | 43 |
| Tabla 3. Resumen Análisis Estadístico km Promedio de Mantenimiento – Invias/ANI | 75 |
| Tabla 4. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Mantenimiento – Programa computacional | 76 |
| Tabla 5. Resumen Porcentual Capítulos promedio en Construcción | 78 |
| Tabla 6. Resumen Porcentual Materiales promedio en un Km de Mantenimiento | 80 |
| Tabla 7. Resumen Ponderado de Materiales en un Km de Mantenimiento | 81 |
| Tabla 8. Resumen Porcentual Equipos promedio en un Km de Mantenimiento | 82 |
| Tabla 9. Resumen Porcentual Mano de Obra promedio en un Km de Mantenimiento | 84 |
| Tabla 10. Resumen Porcentual Transporte promedio en un Km de Mantenimiento | 84 |
| Tabla 11. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Mantenimiento – Invias/ANI | 86 |
| Tabla 12. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Mantenimiento – Programa computacional | 88 |
| Tabla 13. Resumen porcentual capítulos promedio en construcción | 90 |
| Tabla 14. Resultados de Insumos y Materiales en la construcción de un km promedio en carretera calzada sencilla..... | 92 |
| Tabla 15. Resultados cantidades promedio por km de construcción de carretera..... | 93 |
| Tabla 16. Resumen porcentual equipos promedio en un Km de construcción. | 94 |
| Tabla 17. Resumen porcentual mano de obra promedio en un Km de construcción..... | 95 |
| Tabla 18. Resumen porcentual transporte promedio en un Km de construcción..... | 96 |
| Tabla 19. Resumen análisis estadístico Km promedio de Rehabilitación Invias/ANI | 97 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 20. Resumen porcentual capítulos promedio en Rehabilitación por Km..... | 98 |
| Tabla 21. Indicador de Costo Inversión por km..... | 101 |
| Tabla 22. Indicador de Rangos Inversión promedio por km..... | 102 |
| Tabla 23. Indicador Promedio de Capítulo por km..... | 102 |
| Tabla 24. Indicador Incidencia Promedio de Materiales por km | 103 |
| Tabla 25. Indicador Costo Promedio de Materiales por km..... | 104 |
| Tabla 26. Indicador Incidencia Promedio de Mano de Obra por km | 104 |
| Tabla 27. Indicador de Costo Promedio de Mano de Obra por km..... | 105 |
| Tabla 28. Indicador de Incidencia Promedio de Equipos por km | 105 |
| Tabla 29. Indicador de Costo Promedio de Equipos por km | 106 |
| Tabla 30. Indicador de Incidencia Promedio de Transporte por km..... | 107 |
| Tabla 31. Indicador de Costo Promedio de Transporte por km | 108 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Insumos estimados para la construcción en Obras 4G | 8 |
| Figura 2. Ciclo del Proyecto..... | 31 |
| Figura 3. Análisis de Costos y Gastos de Argentina..... | 45 |
| Figura 4. Modelo de Planilla de Análisis de Costos Unitarios Argentina | 46 |
| Figura 5. Formulario B-2. Análisis de Precios Unitarios en Bolivia | 47 |
| Figura 6. Análisis de Precios Unitarios en Perú | 48 |
| Figura 7. Interfaz Programa de Computación | 54 |
| Figura 8. Ponderación del Programa de Computación..... | 55 |
| Figura 9. Índice del Programa de Computación..... | 57 |
| Figura 10. Consolidado de Equipo del Programa de Computación | 57 |
| Figura 11. Consolidado de Mano de Obra. Programa de Computación | 58 |
| Figura 12. Consolidado de Transporte. Programa de Computación | 59 |
| Figura 13. Consolidado de Materiales. Programa de Computación..... | 59 |
| Figura 14. Inicio de Sesión del Programa de Computación..... | 60 |
| Figura 15. Opción para escoger Departamento donde se va a llevar a cabo el proyecto de estudio | 61 |
| Figura 16. Menú Principal del Programa | 61 |
| Figura 17. Ecuación media Aritmética | 66 |
| Figura 18. Fórmula Desviación Estándar | 66 |
| Figura 19. Mediana | 67 |
| Figura 20. Precio Promedio Mantenimiento km/calzada. Datos ANI-INVÍAS..... | 76 |
| Figura 21. Precio Promedio Mantenimiento km. Datos Programa de Computación APU | 78 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. Estimación de costos por capítulos para un Km de mantenimiento de carretera | 80 |
| Figura 23. Valor promedio construcción por Km. Datos ANI-INVÍAS | 88 |
| Figura 24. Valor promedio construcción por Km. Datos Programa de Computación | 89 |
| Figura 25. Estimación de costos por capítulos para un Km de construcción de carretera | 91 |
| Figura 26. Valor Promedio Rehabilitación por Km. Datos ANI-INVÍAS | 98 |
| Figura 27. Estimación de costos por capítulos para un Km de rehabilitación de carretera..... | 99 |

Anexos

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Proyectos de construcción escogidos para la investigación del trabajo | 114 |
| Anexo 2. Proyectos de mantenimiento y rehabilitación escogidos para la investigación del trabajo..... | 115 |
| Anexo 3. CD con el programa de computación v.1 | 119 |
| Anexo 4. CD Tabulaciones datos ANI - Invias | 119 |
| Anexo 5. CD Resultados programa computacional | 119 |

Introducción

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo crear indicadores de inversión y estimación de insumos de construcción de carreteras para varios tipos de terrenos. Para lograr este objetivo se recopiló y organizó la información existente sobre proyectos reales colombianos de diferentes entidades públicas y privadas como la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y el Instituto Nacional de Vías – Invias,.

Así mismo se desarrolló una herramienta computacional que permitió el cálculo de insumos de materiales, equipos, mano de obra y transporte de carreteras que sirvió para establecer un comparativo de los resultados del cálculo realizado por la herramienta computacional y los cálculos realizados con la información recolectada de instituciones públicas.

En el capítulo IV de este documento se puede encontrar información que sirvió como marco teórico del tema de investigación y que da cuenta de su importancia en el área de la ingeniería nacional y mundial.

En el capítulo V se presenta el marco metodológico de la investigación en donde se describe las herramientas y el desarrollo matemático de la investigación, mostrando los resultados para cada una de las variables encontradas.

Más adelante, en el capítulo 6 se presentan los indicadores de costos e insumos, objetivo de la investigación, presentadas en tablas que permiten el fácil manejo y entendimiento por parte de los lectores.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Antecedentes del Problema.

Colombia, por su tamaño y población el cuarto mayor país de América latina y el único de América del Sur que accede por su territorio los océanos. Con una población estimada de más de 47 millones de habitantes ha tenido desde 2003 a 2013 la mejor etapa de crecimiento económico y baja inflación de su historia, aumentando en estos años su PIB en 59,8%. Ese nivel de crecimiento ha estado facilitado por los altos precios de sus exportaciones minero – energéticas y el acceso de financiamiento internacional a bajas tasas de interés.

Sin embargo, Colombia ha venido perdiendo competitividad global debido a la prolongada deficiencia en infraestructura de transporte. Esta falla estructural se ha hecho más evidente por cuenta del advenimiento de los TLCs en años recientes. Debido a lo anterior, Colombia se arriesga a sacrificar su potencial de crecimiento económico durante los próximos años por cuenta de su deficiencia en infraestructura. Esto implicaría que en vez de propulsarnos hacia el anhelado 6% de crecimiento anual Colombia podría caer del 4,5% actual al 3% en los próximos años.

El Gobierno Nacional ha realizado esfuerzos para acelerar la inversión en infraestructura y dinamizar este sector. De una parte se dio la tarea de fortalecer institucionalmente el sector con la Agencia Nacional de Infraestructura ANI y la creación de la Financiera de Desarrollo Nacional en 2011. En materia regulatoria se ha preocupado por reglamentar de una mejor

manera las reglas de juego de concesiones y asociaciones público privadas mediante la promulgación de leyes y decretos reglamentarios.

Así mismo, actualmente se está haciendo una apuesta por la inversión en infraestructura que tiene alta incidencia en el crecimiento continuo del país así como también sus beneficios que se perciben en cuanto a la competitividad, y por eso se ha trazado metas ambiciosas, que buscan que se pase de un promedio de alrededor del 1% de inversión como porcentaje del PIB, a una inversión de 3% hasta el 2020.

Uno de los principales programas de infraestructura de transporte del Gobierno Nacional para reducir los costos logísticos del país es la cuarta generación de concesiones viales, conocidas también como las 4G; que con una inversión estimada de US\$ 23.000 millones comprende un importante plan de expansión de la red vial nacional. A través de este programa se tiene previsto la ejecución de más de 30 proyectos de concesión con la intervención de 7.000 km y la construcción de más de 1.300 km de doble calzada. Actualmente ya se han adjudicado 30 proyectos que representan la intervención de 2.800 km y una inversión de US\$ 9.300 millones.

Se debe tener en cuenta que el alcance de los proyectos de infraestructura de transporte en sus diferentes modos, promueve una inversión de más de \$60 billones a través de Asociaciones Público Privadas APP de iniciativa privadas y oficial, y obra pública.

El sector de la infraestructura está encadenado con múltiples sectores de la economía generando efectos directos sobre la expansión de las actividades productivas, el desarrollo social y la calidad de vida de las personas.

En la etapa de construcción entre 2015 y 2020, se generarán oportunidades para diferentes sectores de bienes productivos básicos de la canasta de la construcción. Se estima que se generarán más de 300 mil empleos indirectos y directos, y se requerirá de muchos bienes y servicios para los trabajadores como elementos de dotación (botas, uniformes, artículos de seguridad, etc.) con un efecto multiplicador de 1,5% aproximadamente en el PIB en esta etapa, que permitirá alcanzar un crecimiento potencial del PIB de 4,6% a 5,3% en el largo plazo y reducción en la tasa de desempleo en el largo plazo en 1% (FEDESARROLLO, 2013).

Según la información reportada por el DANE los sectores más favorecidos en el encadenamiento de la construcción de este tipo de infraestructura son los de productos minerales no metálicos y el sector de productos metalúrgicos básicos

1.2. Pregunta de Investigación.

¿Están preparados los concesionarios, sus contratistas y las empresas industriales de producción de insumos y servicios para el encadenamiento de sus procesos logísticos, técnicos, administrativos y financieros de la demanda de sus insumos y servicios que requerirán los proyectos 4G y APPs en el País?

1.3. Descripción del Problema

Especialmente las empresas de ingeniería de la consultoría y la construcción relacionadas con el control y ejecución de proyectos de infraestructura tienen problemas de logística, administrativos, técnicos y financieros para afrontar los nuevos desafíos en la demanda que presentan con el cambio de esquema de inversión y los cambios en la reglamentación de la contratación de obra civil en donde el privado financia los proyectos de infraestructura en el país.

En Colombia existen más de 845.000 empresas registradas en la Cámara de Comercio, si a éstas le sumamos 1.9 millones de personas naturales registradas, encontramos que el número total de empresas asciende a 2.7 millones. En donde el 93.9% de estas empresas son micro, un 4.8% son pequeñas y medianas empresas y las grandes tan solo representan el 0.3% de la estructura empresarial.

En el sector de la construcción existen 45.388 empresas de construcción y 43.299 empresas naturales registradas en cámaras de comercio para esta actividad. Estas representan el 3.2% del total de empresas registradas en el país y el 85,7% de estas son microempresas de tipo familiar, que aunque tienen en sus gerentes personas con alta capacitación, no superan en la mayoría de casos la primera generación y en el mejor de los casos superan la segunda generación.

Las microempresas de construcción han sido por tradición regularmente eficientes si solo se mira la relación ingreso/costo de ventas que ronda la relación de 1.6; sin embargo ha sido poca

o nula la inversión y el enfoque dado a la innovación tecnológica. Factores como la falta de recursos financieros, altos costos de licencias de software, bajo retorno de la inversión en innovación, falta de apoyo del gobierno y falta de una adecuada infraestructura han sido los obstáculos más típicos para hacer avances en la innovación de procesos, logística, administración y técnicos.

A lo anterior debemos sumar la llegada del cambio de esquema de inversión e implementación de las APPs en Colombia y en el mundo, que marca un giro en el sistema de ejecución de obras públicas tradicional y al que las PYMES actualmente están acostumbradas. Este cambio radical en el modelo financiero de la ejecución de la inversión de los proyectos en el país va a generar un cambio drástico en la composición y sostenibilidad de las empresas de construcción en el mismo.

Es necesario que se tomen medidas por parte de las empresas de construcción en cabeza de sus gerentes, con el objetivo de encontrar métodos en los cuales puedan seguir siendo empresas que puedan sostener el encadenamiento de todos los procesos logísticos, administrativos, técnicos y financieros, haciendo frente a los cambios que se vienen con el nuevo modelo de contratación.

Las empresas actualmente y en el mejor de los casos usan herramientas de estimación de recursos de insumos y servicios para la ejecución de las obras de una manera básica y sencilla, y en varias ocasiones, podrían estar mal calculadas e igualmente son enviadas al cliente o contratante solo por cumplir los requisitos legales sin brindar la importancia necesaria que merece la organización logística y administrativa de la obra.

Las Asociaciones Público Privadas con la cuales se pretende construir la mayor parte de las obras futuras en Colombia ingresan a nuevas reglas de juego en la ejecución de las obras por parte de los concesionarios como de sus subcontratistas. Entre los cambios más importantes que pueden afectar a las empresas de construcción se encuentran los siguientes:

- El mecanismo de pago y aportes relacionados con la disponibilidad y el nivel de servicio de la infraestructura y/o servicio: este esquema de pago por disponibilidad obliga a que el concesionario sea quien financie la totalidad de la ejecución de la obra y solo reciba su compensación cuando el servicio esté disponible de acuerdo a los niveles de servicio exigidos contractualmente para cada caso. Aquí seguramente los concesionarios intentarán trasladar el financiamiento y el riesgo financiero a las empresas subcontratistas que ejecuten las obras, siendo este un gran impedimento para las pymes que tienen poco capital de trabajo y que cuentan con la mayoría de pagos a proveedores de contado a 30 días de crédito.
- Necesidades de programación y logística de insumos y servicios: Teniendo en cuenta la gran inversión de infraestructura no solo en carreteras sino en puertos, aeropuertos, ferrocarriles e infraestructura social como colegios, cárceles, universidades y vivienda a la cual no estábamos acostumbrados, en el país se verá reflejado el incremento de demanda por una gran cantidad de insumos y de servicios directos e indirectos que en algunos casos superan la producción nacional. Así las cosas, se podría pensar que en algunos picos de construcción podría haber escases de insumos y de servicios como

trabajadores, capataces o ingenieros especializados, convirtiéndose en un gran problema para las obras e impactando de manera negativa al presentar atrasos en los cronogramas de ejecución y su muy costoso castigo al concesionario por el atraso en la disponibilidad de la obra y por tanto disminuciones en su retorno de inversión.

En el siguiente gráfico se muestran las necesidades de algunos insumos necesarios para la ejecución de las obras planeadas.

| Insumos Estimados para la Construcción en obras 4G | | |
|--|--------|-------------|
| Material | Unidad | Cantidad |
| Acero Obras especiales | TON | 939.454 |
| Asfalto y Mezclas Asfálticas | M3 | 11.051.210 |
| Concreto | M4 | 2.153.868 |
| Riegos y Emulsiones | LTS | 133.548.834 |
| Geomalla y Geotextil | M2 | 44.719.740 |
| Material de Sub-Base | M3 | 25.207.864 |
| Material de Base | M3 | 15.686.218 |
| Tubería | ML | 3.562.515 |
| Pintura de Demarcación | KM | 32.899 |
| Elementos de contención vehicular. | ML | 1.146,3 |
| Generación de Empleo | UDS | 300.000 |

Fuente: Mesa de Trabajo ANI - ANDI

Figura 1. Insumos estimados para la Construcción en Obras 4G. Fuente: Información tomada de la Mesa de Trabajo de la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia – ANDI.

Capítulo II

Objetivos

2.1 Objetivo General.

Crear indicadores de inversión y estimación de insumos de construcción de carreteras para varios tipos de terrenos.

2.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Desarrollar una herramienta computacional que permita el cálculo de insumos de materiales, equipos, mano de obra y transporte de carreteras.
- ✓ Recopilar y organizar la información existente sobre proyectos reales colombianos de diferentes entidades públicas y privadas.
- ✓ Establecer un comparativo de los resultados del cálculo realizado por la herramienta computacional.
- ✓ Establecer indicadores de inversión y de estimación de insumos para la construcción de carreteras.

Capítulo III

Justificación

La gerencia de los proyectos y su logística, control y planeación de las obras no cuentan con herramientas que ayuden a programar y estimar insumos de construcción de carreteras. Estas herramientas ayudarían para poder programar de manera adecuada la logística, administración y procesos técnicos de la producción de la obra, evitando retrasos o por lo menos siendo conscientes de algunas necesidades de estos insumos y tomando las medidas correctivas a tiempo.

Esta estimación de recursos y la creación de indicadores de inversión ayudarían de manera notable a constructores, contratistas, empresas del estado como la ANI, el INVÍAS, el SENA, entre otras y empresas privadas de suministros para la construcción a tener una idea de la proyección de necesidades en todos los sectores de la cadena productiva.

La ANI ha identificado la necesidad en términos de materia prima para los proyectos 4G: particularmente en lo relacionado con: Cemento - concreto hidráulico - cadena de valor , concreto asfáltico (oferta – calidad Ecopetrol), mezclas asfálticas, acero (nacional e importado), agregados pétreos (bases , subbases, pavimentos); Geomembranas y/ o Geotextiles; mantos (tejidos y no tejidos), uso eficiente de explosivos, tubos para el drenaje y alcantarillas (acero, cemento, polietileno), dispositivos de señalización y demarcaciones para la Seguridad Vial; futuro para las mesas de trabajo, Empresarios y Agremiaciones de Maquinarias – Equipos- Herramientas Menores (Agencia Nacional de infraestructura 2016)

Una herramienta que a través de información secundaria pueda estimar la cantidad de equipos, materiales, mano de obra y transporte de toda clase de proyectos de carretera y de acuerdo a los diversos tipos de terreno, puede llegar a colaborar notablemente en el cambio de pensamiento y de empresa que los constructores colombianos necesitan para enfrentar los retos del significativo proceso de contratación en Colombia. Su supervivencia entonces, de las empresas, dependerá de la rápida y fácil adaptación a las nuevas exigencias y necesidades que va adoptando el mercado colombiano en materia de construcción civil.

No solo es el empresariado quien necesita conocer la estimación de costos e insumos y servicios de los proyectos a ejecutarse, el Gobierno Nacional por su parte a través de sus diferentes entidades quiere conocer con claridad la cantidad estimada de trabajadores que se soliciten por cada una de las concesiones o por su área de influencia.

Hasta el momento no se han cuantificado los puestos de trabajo de manera precisa por el área de influencia o por el área técnica para los nuevos proyectos viales, debido a que no existía una solicitud tan grande de trabajadores en proyectos de infraestructura, los cuales eran cubiertos fácilmente con los que actualmente existen en la oferta del mercado laboral colombiano.

El panorama cambió y ahora se necesita personal especializado, mano de obra más calificada y profesionales con más habilidades y competencias para enfrentar no solo las nuevas condiciones de los proyectos, sino también la competencia extranjera que tiene más experiencia y ya han vivido en el nuevo esquema de concesiones en diferentes países.

El Sena es una de las entidades con mayor interés en que existan indicadores de servicios como la mano de obra para poder estimar por regiones y por tipos de perfiles la cantidad de personas a capacitar en los próximos años.

Otras entidades como Gobernaciones, Alcaldías y Entidades Centralizadas como la ANI y el INVÍAS podrían utilizar los indicadores de inversión e insumos para estimar las necesidades de sus proyectos y así poder dar un aviso a la empresa privada de su región que se beneficia por los proyectos en ejecución. En una región donde se podrán contratar nuevas APPs se necesitaran empresas de todo tipo de insumos y servicios que vendan sus productos.

Planear, organizar y tener muy claro las necesidades de cada proyecto es una labor muy estricta que antes no se hacía de manera rigurosa; pero con este cambio contractual va a ser de gran obligación por todas las partes interesadas de la cadena productiva.

No podemos repetir la historia del boom del petróleo; hemos visto como el sector petrolero ha desaprovechado su oportunidad en el momento de su mejor auge, ya que inició su carrera de ascenso sin planeación, ni programación de sus necesidades, llegando a tener escases de proveedores de mano de obra e insumos; como por ejemplo la mano de obra especializada en soldadura de equipos mecánicos y electromecánicos, quienes en algunos casos cobraban sumas por encima del valor comercial por la prestación de sus servicios, aprovechándose de esa falta de planeación del sector y tomando ventaja del mismo. Así mismo, no se planeó a tiempo la mejora en competencia, habilidades y formación de mayor cantidad de personas logrando aumentar la oferta de personal especializado en estas áreas. La escasez y sobre costo que se tuvo en el sector

petrolero no se puede nombrar solo en soldadores, insumos en general y mano de obra no calificada y calificada como ingenieros especializados en la rama del petróleo obligó a traer ingenieros de otros países como Venezuela o México, dejando por fuera la ingeniería local y generando así un desaprovechamiento en materia de empleo.

Si el sector público y privado del sector de minero energético hubiera valorado la planeación de sus proyectos con anticipación y todos los actores de la economía hubieran contado con una herramienta que estimara los insumos y servicios que se generaran por el aumento de sus proyectos, seguramente se hubiera ganado terreno en la planeación y logística y en general del encadenamiento productivo de todos los sectores de la economía nacional. Y es aquí donde se recalca la importancia de no caer y repetir los mismos errores cometidos en otros sectores de la economía y no fallar ahora en el sector de la infraestructura que nos llevara a todos a un crecimiento en nuestra economía y una mejora de nuestra calidad de vida.

El alcance del proyecto incluye la cuantificación en valor y cantidades unitarias de estos insumos para que sean utilizados en el futuro por empresas privadas y públicas para el control y cuantificación de necesidades en los proyectos que estén planeando o ejecutando en el país; sin embargo, esta herramienta y los indicadores de costos en insumos que se generen a partir de su correlación y estudio no darán la solución definitiva a los problemas que se pueden encontrar en este desafío de cambio conceptual y de contratación, ya que solo permitirá que se convierta en una herramienta más a utilizar por los empresarios y funcionarios quienes son los encargados de manera creativa y mancomunada de acomodarse a la nueva realidad del sector de infraestructura y encontrar soluciones definitivas a sus desafíos.

El desarrollo de unos indicadores que pueda mejorar la cuantificación de manera sencilla y clara, con datos reales los insumos necesarios para el desarrollo de una carretera contribuirá con la mejora de la planeación y control de ejecución de los proyectos por parte de los ingenieros que decidan usar los indicadores para estimar dichos insumos en sus presupuestos de obra o en los estudios de viabilidad de proyectos de ingeniería.

Capítulo IV

Marco Teórico Referencial

4.1. Historia de las Carreteras en el Mundo.

La construcción de carreteras se remonta siglos atrás, en donde los mesopotámicos y los chinos mostraron los primeros signos de civilización avanzada, dando paso al desarrollo de un sistema de carreteras sobre el siglo XI. A.C. y se construyó la ruta de seda, conocida como la ruta más larga del mundo durante 2.000 años.

En América del Sur por su parte, los Incas construyeron una avanzada red de caminos, (sin ser considerados como carreteras) debido a que la rueda era algo desconocido para ellos, sin embargo, estos caminos recorrían completamente los Andes.

Existen registros que muestran que hacia el siglo I, un geólogo griego llamado Estrabón, registró un sistema de carreteras que iniciaba su paso por la antigua Babilonia. Estas carreteras sirvieron para transportar los materiales con los que se construyeron las pirámides y las demás estructuras monumentales que fueron levantadas por los Faraones. Hoy en día, se dice, que algunas de esas carreteras se mantienen.

Las carreteras más antiguas fueron construidas por los romanos y fue la vía Apia la que empezó a construirse sobre el año 312 A.C., y la vía Faminia hacia el año 220 A.C. El imperio romano en medio de su poder, logró crear un sistema de carreteras de aproximadamente 80.000 km

consistentes en 29 calzadas que partían desde Roma y alcanzaban a cubrir todas las provincias conquistadas, incluyendo Gran Bretaña.

Estas calzadas romanas se caracterizaban por tener un espesor de 90 y 120 cm y estaban compuestas por tres capas de piedras, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. Según la ley del imperio, todas las personas tenían derecho a utilizar las calzadas pero quienes eran los responsables de su mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que cada calzada atravesara.

Este se convirtió en un sistema eficaz para mantener en buen estado las calzadas mientras se creaba alguna autoridad central que lo impusiera y sin embargo, con la ausencia de dicha autoridad, durante la edad media este sistema de calzadas empezó a desaparecer.

El gobierno francés por su parte, creó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras a mediados del siglo XVII, y de esta manera logró construir aproximadamente 24.000 kilómetros de carreteras principales. Sobre el mismo tiempo, el parlamento instituyó un sistema de franquicias dirigido a compañías privadas para el mantenimiento de las mismas, permitiendo a las compañías el cobro de un peaje o cuota por su uso.

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, los ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, lograron hacer perfeccionamientos en los métodos y técnicas de carreteras. Los aportes de Telford implicaban cavar una zanja e instalar los cimientos de rocas pesadas, estos cimientos se levantaban

en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes, permitiendo de esta manera el desagüe. El de McAdam por su parte, mantenía que si la tierra estaba bien drenada soportaría cualquier carga, en este método de McAdam, la capa final de piedra quebrada se pone directamente sobre un cimientado de tierra que se elevaba del terreno circuncidante para asegurarse que tal cimientado si desaguaba. Este sistema se llamó macadamización y fue adoptado en casi todo el mundo, sobre todo hacia Europa. Sin embargo, estos cimientados de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron resistir el peso de los camiones que se utilizaron en la I Guerra Mundial, y como resultado, para lograr la construcción de carreteras de carga pesada se adoptó el sistema propuesto por Telford.

4.2. Historia de las Carreteras en Colombia

4.2.1. Época Prehispánica y Colonial

Las diversas culturas que vivieron en la Colombia Prehispánica, desarrollaron una red propia de caminos para poder comercializar sus productos, y fue así como productos provenientes del altiplano como la sal y el maíz, pudieron llegar a regiones de la Costa y la Sierra Nevada de Santa Marta. Igualmente, productos como el oro y las conchas marinas llegaron por estos caminos hasta la cordillera.

La historia cuenta, que estos caminos indígenas eran muy angostos ya que las tribus prehispánicas no conocían todavía los animales de carga y mucho menos la rueda, sin embargo, huellas como las escaleras de Ciudad Perdida demuestran la importancia de los caminos para el desarrollo de sus pueblos.

Durante el periodo colonial, comenzaron a crearse los caminos de herradura, tomando como base y ejemplo los caminos indígenas y de los Incas. Con la llegada de los españoles, llegaron también los animales de carga pesada y la rueda, pero estos caminos todavía no soportaban el tránsito de los animales. Entonces, se fueron creando caminos coloniales que tenían un mayor tráfico que los caminos de herradura y los caminos indígenas. Los primeros caminos fueron El Camino de Opón y el Camino del Carare que conectaban a Santa Fe con el Río Magdalena.

4.2.2. Época Republicana y Siglo XIX

Después de la independencia de Colombia y al inicio del periodo republicano, se mejoraron los caminos permitiendo un mejor acceso, pues se hicieron más amplios para permitir el paso de las bestias y para soportar el peso de los animales. Sin embargo, solo después de la segunda mitad del siglo XIX no se desarrollaron vías que permitieran el uso de coches tirados a caballo. Por su parte, los ferrocarriles tuvieron una mayor predilección y la infraestructura vial se desarrolló pensando únicamente en los trenes durante todo el siglo XIX.

Revisando la historia de las carreteras en Colombia, se encuentra que solo hasta después de la segunda mitad del siglo XIX se muestra un interés profundo por el desarrollo de una infraestructura nacional que obtiene sus resultados con la Ley 28 de 1864 y Ley 52 de 1972. Entonces, hacia el año 1865 se construye la primera carretera entre Cúcuta y Los Cachos, carretera que a causa de un terremoto no pudo ser finalizada y se convierte posteriormente en un ferrocarril, hacia el año 1882 se construye la carretera Cambao – Bogotá y en 1910 se construye la carretera Cali – Cartago.

4.2.3. Siglo XX

Los primeros vehículos que llegaron a Colombia, irónicamente llegaron a lomo de bestias o por ferrocarril. En el año 1899 llegó el primero que rodó en Medellín y en 1902 llegó el primer vehículo a la ciudad de Bogotá.

Durante el gobierno de Rafael Reyes hacia el año 1905 se crea el Ministerio de Obras Públicas con el fin de direccionar todas las vías nacionales, las líneas férreas y la canalización de los ríos. Es en este gobierno es donde se crean nuevas vías entre las principales ciudades y pueblos, dándole inicio a la construcción de la carretera central del norte que se convertiría entonces en la primera carretera nacional. Esta carretera tendría su inicio en Bogotá y pasaba por Tunja, Santa Rosa de Viterbo, Belén, Soatá, El armozadero y tendría su final en la ciudad de Cúcuta. Hacia el año 1916 la carretera contaba con alrededor de 115 km construidos y solo pudo ser terminada en el Gobierno de Enrique Olaya Herrera hacia la década de los 30.

Desde el año 1905 se lograron definir las carreteras en nacionales, departamentales y municipales, aunque también se son conocidas como primarias, secundarias y terciarias (Tal y como se definen hasta hoy). Hacia 1909 se habían construido un poco más de 207 kilómetros de carreteras y 572 kilómetros de caminos de herradura.

Para la primera década del siglo XX se construyeron los primeros caminos de herradura de Ibagué – Calarcá, Popayán - Micay, Popayán- La Plata, Pasto- Puerto Asís y Pasto Barbacoas que más adelante serían mejoradas y convertidas en carreteras nacionales. Para el año de 1916 ya había

casi 491 kilómetros construidos de carreteras, de los cuales el 88% estaban concentradas en el departamento de Cundinamarca y Boyacá.

“Entre 1916 y 1930 se expidieron 104 leyes modificatorias sobre carreteras y se construyeron 9.300 km de vías sin un plan sólido y sin apego a las técnicas de construcción, lo que llevó a que muchas vías se deterioraran en poco tiempo, teniendo que ser reconstruidas, rediseñadas o simplemente abandonadas.”

En el año 1930 Colombia ya contaba con una red de 5.700 km de carreteras que no hacían parte de la integración de red nacional, que complementaban la navegación por el río Magdalena, y comunicaban con el exterior; es por esta razón que el Gobierno Nacional creó el Consejo Nacional de Vías de Comunicación, el cual se encargó de preparar el primer plan de carreteras nacionales, y bajo la Ley 88 de 1931 Colombia tendría una longitud de 6.204 km divididos en la Troncal del centro, Troncal Occidental, Troncal Oriental y Transversales.

En el año 1938 el gobierno de Eduardo Santos (1938 – 1942) crea el programa **“cambio de piso”** en donde se empiezan a pavimentar las primeras rutas nacionales y se crean contratos de más de 900 km de pavimentación entre Cúcuta - Puente Internacional, Cartagena – Sabanalarga, Usaquén – La Caro, Muzo – Chusacá, y Fontibón – Facatativá.

Con la Ley 12 de 1949 se consolida un nuevo plan Vial Nacional 12 que determinó asignar el 12% de las rentas corrientes a la construcción de carreteras; el 30% para la red troncal y el resto para

vías departamentales¹¹ . Se establecieron las rutas troncales, manteniendo es esquema de la Ley 88 de 1931, y las rutas departamentales donde se asignaría los recursos y la construcción de nuevas vías. No obstante, por el invierno entre 1945 y 1950 muchas vías fueron destruidas. En 1954 se empiezan a cobrar los primeros peajes para la financiación y mantenimiento de nuevas vías, esto ayudó a mejorar la red vial nacional que para 1959 tenía una longitud de 13.889 km de los cuales 2.223 km se encontraban pavimentados.

Para Finales de los setenta y comienzos de los ochenta, el Ministerio de Obras Públicas se enfocó en terminar las troncales y transversales que habían quedado pendientes. Entre ellas la vía Bogotá - Medellín, la Conexión Bucaramanga con Santa Marta y la Vía Mojarras - Popayán. En 1987 el Departamento Nacional de Planeación -DNP- en su informe Economía Social establece que la eficiencia en la prestación del transporte se mide con base en la calidad, el tiempo y los costos además de la extensión de cobertura a poblaciones aisladas. Por lo cual se culminan la construcción y pavimentación de las vías Mocoa-Pitalito, la Troncal del Magdalena Medio, la Marginal de la Selva y la carretera Medellín – Turbo.

4.2.4. Década de los Noventa y Siglo XXI

Para la década de los 90, específicamente el 5 de febrero de 1992, el Ministerio de Obras Públicas emitió la Resolución 0830 y el 12 de agosto del mismo año emitió la Resolución modificatoria 09300 del 1992 con el fin de definir una nueva estructura y nomenclatura que acoja a las carreteras nacionales, dividiéndolas en troncales y transversales, asignándoles un valor numérico a cada Ruta Nacional. Al año siguiente, es decir en 1993, el Ministerio de Obras Publicas desaparece y se crea el que hoy conocemos como Ministerio de Transporte.

Gracias a la apertura económica que trajo el gobierno de Cesar Gaviria (1990 – 1994) y con el fin del tren en Colombia, quedó al descubierto la deficiencia que el país presentaba en infraestructura vial y al revisar las rutas nacionales que se definieron en la Resolución 0830 de 1992, se evidenció que no habían sido terminadas o eran carreteras de poco tránsito y poca importancia, lo que llevó a emitir una nueva resolución, la No. 3700 de 1995 que fijó una nueva nomenclatura para las vías nacionales y se reorganización las principales rutas otorgándoles un código numérico, donde las rutas de número impar correspondían a las rutas con dirección norte-sur (Troncales) y las pares a las rutas con dirección occidente-oriente (Transversales). Así mismo, las rutas se dividieron en tramos que fueron enumerados desde el 01 y se asignaron variantes, tramos y sub-tramos.

En el siglo XXI, el sistema de concesiones viales logra consolidarse como la alternativa que el país necesita para mejorar la infraestructura vial, aunque no se puede desconocer los casos de corrupción y desfalcos que han hecho que varios de los proyectos hayan quedado inconclusos o terminados con altos valores en sobrecosto.

Sobre mitad del año 2006 se crea el Plan de Integración Vial de Corredores para la Competitividad, donde se mejoran 38 corredores viales de los cuales 16 son considerados como prioridad para ser ejecutados en un plazo máximo de 5 años bajo la administración del INVÍAS

Para el 2009 Colombia ya contaba con 166.00 Km de longitud en vías, de las cuales 25.000 km estaban pavimentados. Bajo el gobierno del presidente Juan Manuel Santos (2010-2018) surge el programa de corredores para la prosperidad como complemento del plan de Integración Vial para

la Competitividad y este nuevo programa se fundamenta en la construcción de 16 proyectos donde se pavimentarán 508 km de vías, construcción de túneles, viaductos y doble calzadas. Ya para el 2012 Colombia poseía 1.049 km en doble calzada y se espera que para el año 2018 el país cuente con 3.200 km en doble calzada.

4.2.5. La Red Nacional Actual

La Red Nacional Actual de Carreteras es la red vial que regula el Ministerio de Transporte Colombiano mediando el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y sus direcciones territoriales, y a veces delegadas a empresas privadas por concesión. El sistema está compuesto por la Red Primaria que se compone de grandes Autopistas a cargo de la Nación, la Red Secundaria se encuentra a cargo de los Departamentos y la Red Terciaria está constituida por las carreteras terciarias o caminos interveredales a cargo de los Municipios y Departamentos.

Colombia y su Red de Carreteras se compone por más de 166.500 km, de los cuales un 80% se encuentra completamente pavimentado. De estos 166.500 km, 16.776 km corresponden a la Red Vial Primaria; 13.296 km están a cargo del INVÍAS y 3.380 km están bajo la concesión de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI. La Red Secundaria y Terciaria se componen de 147.500 km distribuidos de la siguiente manera: 72.761 km están a cargo de los Departamentos, 34.918 km están bajo la supervisión de los Municipios, 27.577 km del INVÍAS y 12.251 km están a cargo de privados.

4.3. Clasificación de las Vías en Colombia.

4.3.1. Por competencia.

- Carreteras Nacionales - Son aquellas a cargo del Instituto Nacional de Vías.
- Carreteras Departamentales - Son aquellas de propiedad de los departamentos, o las que la nación les ha transferido a través del Instituto Nacional de Vías (red secundaria) y el Fondo Nacional de Caminos Vecinales (red terciaria), o las que en un futuro les sean transferidas.
- Carreteras Distritales y Municipales - Son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del Distrito o Municipio.
- Carreteras Veredales o Vecinales - Son aquellas vías a cargo del Fondo Nacional de Caminos Vecinales.

4.3.2. Según sus características.

- Autopistas - Es una vía de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de acceso y salida. Se denomina con la sigla A.P. La autopista es el tipo de vía que proporciona un flujo completamente continuo. No existe interrupciones externas a la circulación, tales como intersecciones semaforizadas o controladas por señal de PARE. El acceso y salida desde la vía se produce únicamente en los ramales, que están proyectados para permitir las maniobras de confluencia y bifurcación a altas velocidades y por lo tanto, minimizando las alteraciones del tránsito de la vía principal.
- Carreteras Multicarriles: Son carreteras divididas, con dos o más carriles por sentido, con control parcial o total de acceso y salida. Se denominan con la sigla M.C.

- Carreteras de dos carriles: Constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes. Se denominan con la sigla C.C
- Tipos de terreno: Para Colombia, los terrenos se clasifican en plano, ondulado, montañoso y escarpado, de acuerdo con parámetros que se indican en la tabla

Se consideran las siguientes:

- a) Carretera típica de terreno plano.: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.
- b) Carretera típica de terreno ondulado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo.
- c) Carretera típica de terreno montañoso: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes.
- d) Carretera típica de terreno escarpado: Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.

Tabla 1. Clasificación vial según tipo de terreno

| Terreno | Inclinación máxima media de las líneas de máxima pendiente (%) | Movimiento de Tierras |
|----------------|---|--|
| Plano (P) | 0 a 5 | Mínimo movimiento de tierras por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la explanación de una carreteras |
| Ondulado (O) | 5 a 25 | Moderado movimiento de tierras que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y explanación de una carretera. |
| Montañoso (M) | 25 a 75 | Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se puedan presentar en una dirección considerada: hay dificultades en el trazado y explanación de una carretera. |
| Escarpado E | > 75 | Máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y explanación, pues alineamientos están prácticamente diferidos por divisorias de aguas en el recorrido de una vía. |

Fuente: Manual de Diseño geométrico de Carreteras Instituto Nacional de Vías

4.4. Clases de Proyectos.

4.4.1. Proyectos de Construcción.

Es el conjunto de todas las obras de infraestructura a ejecutar en una vía proyectada, en un tramo faltante mayor al 30% de una vía existente y/o en variantes. Comprende, entre otras, las actividades de:

- Desmonte y limpieza
- Explanación
- Obras de drenaje (alcantarillas, pontones, etc.).
- Afirmado
- Sub-base, base y capa de rodadura.
- Tratamientos superficiales o riegos.
- Señalización Vertical
- Demarcación Lineal.
- Puentes
- Túneles

4.4.2. Proyectos de Mantenimiento.

Consiste básicamente en el cambio de especificaciones y dimensiones de la vía o puentes; para lo cual, se hace necesaria la construcción de obras en infraestructura ya existentes, que permitan una adecuación de la vía a los niveles de servicio requeridos por el tránsito actual y proyectado.

Comprende, entre otras, las actividades de:

- Ampliación de calzada.
- Construcción de nuevos carriles.
- Rectificación (alineamiento horizontal y vertical).
- Construcción de obras de drenaje y sub-drenaje.
- Construcción de estructura del pavimento.
- Estabilización de Afirmados.
- Tratamientos Superficiales o riegos.
- Señalización Vertical.

- Demarcación Lineal.
- Construcción de Afirmado.

Dentro del Mantenimiento, puede considerarse la construcción de tramos faltantes de una vía ya existente, cuando éstos no representan más del 30% del total de la vía.

4.4.3. Proyectos de Rehabilitación.

Actividades que tienen por objeto reconstruir o recuperar las condiciones iniciales de la vía, de manera que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada. Comprende, las actividades de:

- Construcción de obras de drenaje.
- Recuperación de afirmado o capa de rodadura.
- Reconstrucción de sub-base y/o base y/o capa de rodadura.
- Obras de Estabilización.

4.4.4. Proyectos de Mantenimiento Rutinario

Se realiza en vías pavimentadas o no pavimentadas. Se refiere a la conservación continua (a intervalos menores de un año) de las zonas laterales, y a intervenciones de emergencias en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas la vía. Las principales actividades de estos proyectos son:

- Remoción de derrumbes.
- Rocería.
- Limpieza de obras de drenaje.

- Reconstrucción de cunetas.
- Reconstrucción de zanjas de coronación.
- Reparación de baches en afirmado y/o parcheo en pavimento.
- Perfilado y compactación de la superficie.
- Riegos de vigorización de la capa de rodadura.
- Limpieza y reparación de señales.

4.4.5. Proyectos de Mantenimiento Periódico.

Se realiza en vías pavimentadas y en afirmado. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, relativamente prolongados de 3 a 5 años, destinados primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por fenómenos climáticos, también podrá contemplar la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía. Las principales actividades son:

- Reconfiguración y recuperación de la banca.
- Limpieza mecánica y reconstrucción de cunetas.
- Escarificación del material de afirmado existente.
- Extensión y compactación de material para recuperación de los espesores de afirmado iniciales.
- Reposición de pavimento en algunos sectores.
- Reconstrucción de obras de drenaje.
- Construcción de obras de protección y drenaje menores.
- Demarcación Lineal.
- Señalización Vertical.

4.5. Ciclo de un Proyecto de Carretera.

Un proyecto de carretera inicia en el momento en el cual se identifica el problema o la necesidad y finaliza cuando esa necesidad está satisfecha alcanzando de esta manera así los objetivos esperados por el proyecto. Existen varias etapas por las que el proyecto debe transitar y se denomina Ciclo del Proyecto. Éstas etapas son: pre- inversión, inversión y operación, tal como se muestra en Gráfico 2, Ciclo del Proyecto.

4.5.1. Etapa de Pre-Inversión.

En esta etapa se realizan todos los estudios que se necesitan para tomar la decisión de realizar o no el proyecto. Su objeto consiste en examinar la viabilidad del mismo, la preparación de su información técnica, financiera, económica y ambiental, calculando así mismo las cantidades de obra, costos y beneficios y la preparación de los anteproyectos que sean necesarios. Durante esta etapa, a partir de la idea del proyecto de carretera, se desarrollan los denominados estudios de pre-inversión, a saber:

- Perfil del proyecto.
- Estudio de prefactibilidad (fase I).
- Estudio de factibilidad (fase II).

4.6. Normas Técnicas y Especificaciones en Colombia.

En el año de 1970, el Ministerio de Transporte, en ese entonces llamado conocido como el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, decidió poner en marcha una normatividad en donde se definieron los criterios de diseño de las carreteras y que contaran con dos carriles. Se tomaron

varias bases o características que fueron fundamentales para su elaboración, los factores económicos fueron determinantes al momento de crear dicha normatividad.

El Instituto Nacional de Vías, INVÍAS, es la entidad que controla y ejecuta la política nacional en materia de infraestructura vial, y a causa que el parque automotor en Colombia ha presentado cambios significativos en cuanto a potencia, velocidad y comodidad, ha preparado un documento que se ha convertido en herramienta clave para los diseñadores como guía en el diseño de carreteras, permitiendo respetar los ecosistemas.

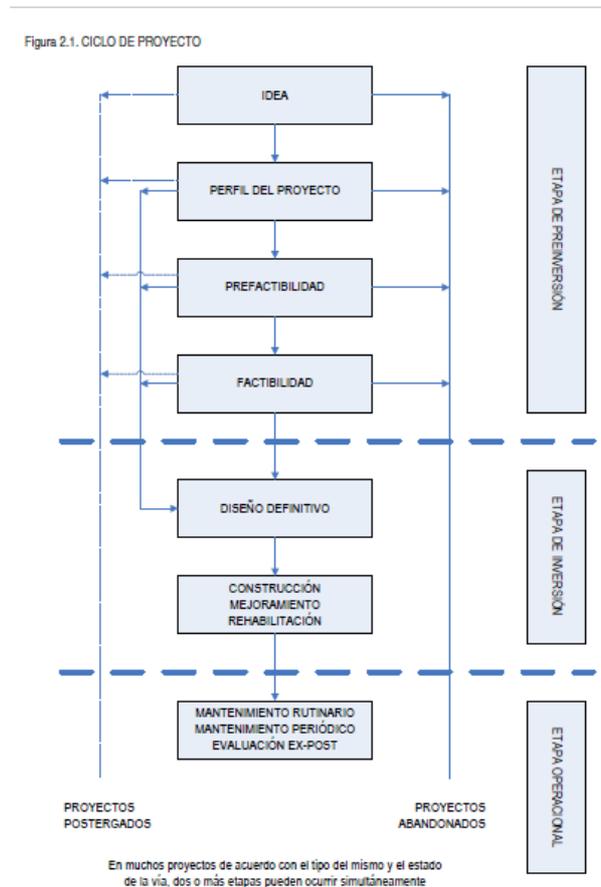


Figura 2. Ciclo del Proyecto. Fuente. Departamento Nacional de Planeación- DNP

La aplicación de dicha normatividad tiene por objeto “Unificar criterios de diseño geométrico para proporcionar a los usuarios que circulan por las carreteras del país, mediante una normativa adecuada para proyectos de diseño, unas garantías de seguridad y comodidad compatibles con la funcionalidad, integración ambiental, economía y la estética de la vía.”

En dicho manual se puede encontrar toda la información que se requiere para poder realizar el proyecto, incluyendo específicamente la definición y clasificación de carreteras, clases y tipos de proyectos y todo un capítulo completo que incluye información sobre la planeación vial. De esta manera, normas y especificaciones para poder proyectar un diseño de carretera podrán ser encontradas en este documento. Sus capítulos completos, presentan todos los criterios generales de diseño, las condiciones relativas a los lineamientos y los criterios básicos y generales que deben tenerse en cuenta para obtener correctamente la coordinación entre todas las fases del proyecto mismo.

A las entidades territoriales, el INVÍAS sugiere que dichos criterios sean adoptados en los pliegos de condiciones o contratos para que se pueda disponer de los parámetros necesarios y pueda ser calificada la viabilidad técnica de los proyectos. Según el Instituto Nacional de Vías, esta información pueda ser tomada como material de consulta por parte de los constructores, consultores, asesores e interventores en su ejercicio profesional y que se pueda extender la información a los estudiantes de Ingeniería Civil del país como apoyo para su formación académica.

4.7. Los Indicadores.

Según la RAE, la palabra indicador significa *“Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.”*

Entendiéndose entonces como representaciones cualitativas de variables en las cuales se puede registrar, procesar y/o presentar una información específica para medir la gestión de un objetivo en particular. En algunos de los casos, estas variables se pueden presentar en forma cualitativa como calificativos que estén sujetos a interpretaciones personales, sin embargo, todos los indicadores deberán definirse por unidades numéricas para que pueda ser posible llevar un control y comparar su evolución.

En algunos casos es posible que algún indicador no cumpla con las características mínimas que permita representar lo que se quiere medir y deberá entonces recurrir a variables diferentes que presenten alguna relación directa, permitiendo entonces una aproximación del indicador que se debe cuantificar, variables denominadas como indicadores indirectos o “proxy”.

Existen cinco características para poder realizar un indicador exitoso, las cuales se definen de la siguiente manera:

1. El indicador debe ser Claro: Debe ser sencillo y no se debe prestar para confusión respecto a lo que espera medir del objetivo.
2. El indicador debe ser Relevante: Debe aportar información útil respecto al cumplimiento del objetivo, reflejando efectivamente lo que se quiere medir.

3. El indicador debe ser Económico: El costo de recolectar y procesar la información para realizar la medición es razonable frente a los beneficios que representa.
4. El indicador debe ser Medible: Debe facilitar realmente la verificación del avance en el cumplimiento del objetivo propuesto.
5. El indicador debe ser Adecuado: Reúne las condiciones anteriores y demuestra mayor conveniencia que el resto de opciones disponibles.

Para obtener los resultados exitosos de un indicador es necesario que estos tengan una definición específica sobre el cumplimiento, de esta manera se podrán tomar acciones correctivas que permitan ajustar o reaccionar oportunamente y pueda obtenerse un resultado válido que permita medir dicho ítem en cada proyecto.

En algunas ocasiones es probable que existan errores en la creación de dicho indicador haciendo que las metas no concuerden con los demás elementos que conforman el proyecto o que realice una incorrecta definición de los productos obteniendo como resultado una distorsión de los indicadores asociados. Para prevenir este tipo de errores los indicadores presentan la siguiente clasificación. .

1. Indicadores de eficacia: Esta categoría de indicadores normalmente están relacionados con el cumplimiento de los objetivos que se espera alcanzar una vez se encuentra en operación el proyecto o terminada esta. Es decir que su propósito se relaciona con la medición de los cambios ocurridos en la situación problemática identificada inicialmente según los resultados intermedios y finales esperados al transformarla con la ejecución del proyecto.

2. Indicadores de eficiencia: En este grupo aparecen aquellos indicadores que establecen una relación entre los bienes y servicios entregados por el proyecto y el costo que estos representan en términos de los valores de los insumos utilizados.

3. Indicadores de calidad: La dimensión a que hacen referencia estos indicadores complementa las dos categorías anteriores, puesto que su propósito es medir la satisfacción de los beneficiarios generada por los productos entregados, tomando como referencia estándares u otros criterios asociados a la oportunidad, la atención, la durabilidad o cualquier otro atributo que los caracterice. Normalmente representan dificultades en su medición pero son muy importantes a la hora de realizar el seguimiento y evaluación del proyecto.

4. Indicadores de economía: En este grupo entran aquellos indicadores que se orientan a mostrar la capacidad para gestionar los recursos financieros asignados al proyecto, normalmente tienen que ver con el volumen de ahorros logrados o la detección de sobrecostos en los procesos.

Según una publicación de Armijo, M. y Bonnefoy, J.C., del 2005 los indicadores deben responder las siguientes preguntas en términos cualitativos y cuantitativos para que la gestión del proyecto pueda considerarse como exitoso.

Preguntas Cuantitativas:

- ¿Cuánto fue el costo de la intervención?

- ¿Cuántos insumos se emplearon?
- ¿Cuáles y cuántas actividades se realizaron?
- ¿Cuáles y cuántos bienes y servicios se produjeron?
- ¿Cuáles y de que magnitudes fueron los efectos generados?

Preguntas Cualitativas o Valorativas:

- ¿El costo relacionado con los efectos es razonable?
- ¿Los insumos que se consumen por unidades producidas son los adecuados?
- ¿Cuál es el grado de satisfacción del usuario?
- ¿Cumple con los estándares técnicos definidos?
- ¿Es pertinente el producto para solucionar la necesidad?

4.7.1. Los Indicadores de Construcción en Colombia.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, “es la entidad responsable de producir y difundir información estadística de calidad para la toma de decisiones y la investigación en Colombia, así como desarrollar el Sistema Estadístico Nacional.”

Estos indicadores brindados por el DANE nos muestran cuales y como han sido los comportamientos y la evolución de los diversos sectores del país, en este caso, el sector de la construcción, obteniendo el potencial de dicha actividad, así como se puede cuantificar el total de metros aprobados para la construcción y el volumen de los recursos necesarios para la ejecución de dicha actividad. Por otro lado, por medio de estos indicadores se puede observar y determinar

la evolución que ha tenido la inversión en materia de obras civiles y la fluctuación de los precios para construcción de carreteras, puentes y vivienda.

En la página web del DANE. (www.dane.gov.co) se encuentra un listado que especifica los diferentes indicadores que maneja para el sector de la construcción. Dichos indicadores son:

- ⊗ Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV).
- ⊗ Censo de Edificaciones (CEED).
- ⊗ Estadísticas de Cemento Gris (ECG).
- ⊗ Estadísticas de Concreto Premezclado (EC).
- ⊗ Estadísticas de Licencias de Construcción (ELIC).
- ⊗ Financiación de Vivienda (FIVI).
- ⊗ Índice de Valoración Predial (IVP).
- ⊗ Indicador de Inversión en Obras Civiles (IIOC).
- ⊗ Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC).
- ⊗ Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV).
- ⊗ Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP).
- ⊗ Índice de Precios de Vivienda Nueva (IPVN).
- ⊗ Índice de Precios de Edificaciones Nuevas (IPEN).
- ⊗ Indicador de Avance Físico de Obras Civiles (IAFOC).
- ⊗ Vivienda VIS y NO VIS.

Para el tema que es objeto de este trabajo de grado, rescataremos los siguientes indicadores del DANE, dentro del sector de construcción de obras civiles, los cuales se presentan tal cual como se describen en la página web www.dane.gov.co

- Indicador de Inversión en Obras Civiles (IIOC): La cobertura temática de la operación estadística comprende el seguimiento al subsector de obras civiles mediante los pagos y las obligaciones efectuados por una muestra de entidades públicas y privadas a los contratistas que adelantan obras de infraestructura. No es objeto de la investigación determinar el avance de las obras debido a que la información base para el cálculo del indicador corresponde a información financiera del proyecto

- Indicador de Avance Físico de Obras Civiles - IAFOC: El directorio, permitió establecer la muestra representativa de proyectos en ejecución, con el propósito de implementar la estrategia metodológica y operativa diseñada, dicha medición permitirá calcular el avance físico de las obras considerando el proceso constructivo de las mismas. La recolección de este indicador se efectuará con periodicidad trimestral y por medio de un aplicativo virtual alojado en la página web del DANE.

4.8. Precios por km de Vía en el Mundo.

4.8.1. El caso de Europa y América Latina

Cuando se habla de construcción vial a nivel global, no es difícil pensar que entre países habrá una significativa diferencia en temas de metodología y claramente precio. La pregunta siempre será ¿en que radican tan grandes diferencias?, Para poder resolver este problema y aterrizarlo a nivel local en Colombia, es necesario entender un poco como funciona la adjudicación y construcción de obras civiles en países desarrollados, y como ejemplo se tomarán países de Europa como Alemania, Grecia, España, Polonia, países de América Argentina, Estados Unidos y países Asiáticos.

Una auditoria del Tribunal de Cuentas Europeo (TCE), comparó 24 proyectos viales entre países Europeos entre el año 2000 y 2013, en donde se encontró que un Kilómetro de carretera cuesta aproximadamente US\$ 116.000 mil dólares en Alemania, US\$164.000 mil dólares en Grecia, US\$215.000 mil dólares en España y US\$218.000 mil dólares en Polonia. Según el TEC, estas diferencias de precio radican principalmente en la adjudicación de los proyectos.

Por ejemplo, en Alemania, gana casi siempre la oferta más baja entre todos los participantes y son licitaciones en las que todas las empresas pueden participar; por su parte en España únicamente pueden participar las empresas que estén autorizadas previamente por el Ministerio de Economía y esto reduce significativamente la cantidad de proponentes a la licitación.

Se entiende que a pesar de ser países Europeos los mencionados anteriormente, se encuentran ubicados en diferentes regiones y atraviesan por situaciones sociales, culturales y políticas muy diversas que influyen significativamente en la economía y por ende, en las contrataciones del Estado. Sin embargo, la media entre estos valores por kilómetro de carretera es de US\$178.000 que comparado con el precio por km en América Latina, éste se encuentra casi 7 veces por debajo.

Para tratar de establecer el costo promedio de un kilómetro de carretera en la región Latinoamericana, se puede tomar como ejemplo un ejercicio similar al europeo tomando como referencia cuatro países como México, Perú, Bolivia y Argentina, que también se encuentran ubicados en regiones diferentes y en contextos socio-culturales y económicas diferentes.

México, por ejemplo, para la carretera Campeche – Mérida, invirtió alrededor de \$ 4.000 millones de pesos y fueron solamente 149 km de vía construidos. Es decir, un costo por kilómetro de \$26,8 millones de pesos (2 millones de dólares). Felipe Calderón, Presidente de México en el año 2012 cuando se construyó esta carretera, aseguró que esta obra es un ejemplo de una obra simple, si se compara con otras mucho más complejas y costosas-

En Bolivia por su parte, se pueden tomar dos proyectos como ejemplo. Uno de ellos es la construcción del tramo Cuchu-Ingenio-San Lorenzo de la carretera Potosí – Tarija que son 312 km por un valor casi de US\$219 millones de dólares, es decir 700 mil dólares por Kilómetro. Esta información fue divulgada por la Administración Boliviana de Carreteras.

Otro ejemplo de referencia que se puede tomar para Bolivia es el caso de la carretera Santa Bárbara – Caranavi – Río Alto Beni, la cual requirió una inversión de US\$ 242 millones de dólares; los cuales fueron financiados por Venezuela, debido a los kilómetros de extensión que presentó durante su construcción, 184 km, en este caso, el costo por kilómetro de carretera fue de US\$1,3 millones de dólares.

Argentina por su parte, en la ruta Néstor Kitcher, pavimentó 29 kilómetros por \$98.000.000, es decir, \$3.3 millones de pesos por kilómetro, equivalentes a US\$ 723.000 mil dólares.

Por su parte Perú, según Enrique Cornejo, Ministro de Transporte y Comunicaciones en el año 2011 afirmó que el costo de un kilómetro de carretera pavimentada en este país, está entre los 800.000 mil y 1 millón de dólares, sin importar que su geografía tal vez fuera una de las difíciles de la región por sus sierras y selvas.

Al analizar cuidadosamente los datos anteriormente presentados sobre los valores por kilómetro de carretera en Europa y América Latina, podemos observar que es casi 7 veces más alto el valor de construcción en la región latinoamericana en comparación con la región Europea y tal como se menciona en varios textos que abordan estos temas, todos coinciden en que si tal vez se adoptaran las “metodologías” europeas de construcción, podríamos hasta quintuplicar la cantidad de kilómetros construidos sin tener la necesidad de aumentar la inversión.

Otro factor que en la región Latinoamericana se debería tener en cuenta para hacer de cada kilómetro de construcción más eficiente, podría ser tener en cuenta el impacto y la afectación del desarrollo de la construcción en los predios privados y del medio ambiente, para evitar que se subestimen costos y tiempos que al final del ejercicio repercuten en grandes inflaciones económicas.

Luis Alberto Jaramillo Gómez, Ingeniero Civil y Docente de la Universidad Javeriana de Bogotá afirma que *“Todo es un problema de planeación. Los alemanes son mucho más cuidadosos en las decisiones sobre los términos de las obras. Todos estos temas de carácter ambiental y predial se estudian con mayor atención. Se demoran más en sacar una licitación que en nuestro país, porque aquí todo es más improvisado”* (Tomado de infobae.com)

En Colombia particularmente, el sistema de licitación pública presenta varias falencias, empezando por los largos tiempos de construcción en los cuales se elevan los costos y es el Estado quien debe hacerse cargo de estos adicionales.

4.8.2. El Caso de España.

En España según el Ministerio de Fomento quien se encarga del control y mantenimiento de las infraestructuras del país, indican datos del año 2000 que la construcción de una nueva autovía (carretera de 4 carriles) por km con especificaciones similares a las concesiones 4G actuales alcanza en promedio los 8.200 millones de pesos (con un precio promedio de euro de \$3.000 pesos) en terreno plano. En terreno ondulado el valor podría variar y alcanzar 12.600 millones de pesos con los mismos datos. Así mismo, el mantenimiento de un kilómetro de carretera plana en promedio es de aproximadamente 900 millones de pesos (con un precio promedio de euro de \$3.000 pesos). En casos de duplicación de calzadas como es el caso de la mayoría de construcciones 4G (doble calzada), el Ministerio estima un promedio de 6.300 millones de pesos.

De los costos de ejecución de vías en doble calzada el Ministerio de Fomento Español estima que el 35% se la llevan las estructuras de los pavimentos, seguida por un 25% en explanaciones y un 23% para estructuras incluyendo puentes y viaductos. Para la señalización estima un 7,8%, para obras de arte o drenaje un 5,3% y en otros o varios un 3,5%

4.9. Análisis de precios unitarios en Suramérica.

4.9.1. Costos Análisis de Precios Chile.

El Ministerio de Obras Públicas de Chile, es el encargado de la contratación general de obras públicas y concesiones. Sin embargo, no tiene publicado un listado de precios oficiales del país, ni discriminado por regiones.

Los precios unitarios en su parte de costos directos está compuesto por tres (3) partes entre las cuales se encuentran: materiales, mano de obra y medios auxiliares. Es en los medios auxiliares donde se incluyen los equipos y herramientas necesarias para desarrollar la actividad y en cada uno de los materiales está incluido el transporte desde la fuente de materiales hasta el eje de obra.

En cada uno de los precios el cálculo de costos indirectos se calcula como gastos generales y adicionalmente se adiciona el beneficio o utilidad y el IVA.

A continuación un ejemplo de presentación de un precio unitario chileno:

Tabla 2. Análisis de Precio Unitario Chile

Tabiques de Volcanita **\$ 13.467** **M2**

Fecha Octubre 2012

| Item | Descripción | Unid. | Cantidad | Precio Pesos Chilenos 2012 | Total |
|----------|---|-------|----------|----------------------------------|----------|
| | | | | s/IVA | |
| 1 | Materiales | | | | |
| 1.1 | Montantes 2 x4" est. tiras 2,40 m (esp. a 60 cm) | tiras | 0,695 | \$ 2.235 | \$ 1.553 |

| | | | | | |
|----------------------------|--|--------|-------|-----------|----------|
| 1.2 | Soleras 2x4" est. superior e inferior tiras 3 m | Tiras | 0,278 | \$ 2.512 | \$ 698 |
| 1.3 | Tornillo galv. cabeza de lenteja (bolsa 100 unid) | bolsa | 0,083 | \$ 2.176 | \$ 91 |
| 1.4 | Panel std. Volcanita 15 mm ambas caras | placa | 0,695 | \$ 5.597 | \$ 3.890 |
| 1.5 | Tornillo auto perforante volcanita (bolsa en 100 unid) | bolsa | 17,86 | \$ 6 | \$ 107 |
| 1.6 | Aislación Fisiterm 50mm lana de vidrio rollos de 2,4 x 15m | rollos | 0,028 | \$ 33.420 | \$ 936 |
| 1.7 | Pérdida sobre materiales | | 3% | \$ 7.275 | \$ 218 |
| 2 Mano de Obra | | | | | |
| 2.1 | Carpintero (\$ 650,000/mes) | día | 0,13 | \$ 21.600 | \$ 2.808 |
| 2.2 | Ayudante (\$350,000 / mes) | día | 0,13 | \$ 11.700 | \$ 1.521 |
| 2.3 | Leyes Sociales s/ (sobre 2.1 + 2.2) | | 35% | \$ 4.329 | \$ 1.515 |
| 2.4 | Desgastes de herramientas | | 3% | \$ 4.329 | \$ 130 |
| 3 Medios Auxiliares | | | | | |
| No aplica | | | | | |

Fuente: Información tomada del Blog Chile Cubica. APU Análisis de Precios. Chile

4.9.2. Costos Análisis de Precios Argentina.

Es el Ministerio de Transporte, adscrito a la Presidencia de la Nación Argentina es el encargado de la contratación general de obras públicas y concesiones viales. Actualmente no cuenta con un listado de precios oficiales del país ni discriminado por regiones. Los precios unitarios en su parte de costos directo está compuesto por tres (3) partes entre las cuales se encuentran: materiales, mano de obra y equipos. Los costos indirectos se calculan como Gastos generales directos, Gastos generales indirectos, costo financiero, Beneficio (utilidad) e impuestos.



Figura 3. Análisis de Costos y Gastos de Argentina. Fuente. Análisis del Precio de una Obra. Cuantificación Económica y factores que inciden en ella. Argentina.

| OBRA | | Fecha: | | |
|----------------|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Item: | | Cantidad: | UD Cómputo: | |
| | | | | |
| MATERIALES | UD Comercial | Standard (UD Comercial/UD-Cómputo) | C. Unitario (\$ / UD Comercial) | C. Total (\$ / UD Cómputo) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| MANO DE OBRA | Unidad | Standard | C. Unitario | C. Total |
| | hh | (hh / UD Cómputo) | (\$ / hh) | (\$ / UD Cómputo) |
| | | | | |
| EQUIPOS | UD | Standard (UD / UD Cómputo) | C. Unitario (\$ / UD) | C. Total (\$ / UD Cómputo) |
| | | | | |
| COSTO UNITARIO | | | (\$ / UD Cómputo) | <input type="text"/> |

Figura 4. Modelo de Planilla de Análisis de Costos Unitarios Argentina. Fuente. Análisis del Precio de una Obra. Cuantificación Económica y factores que inciden en ella. Argentina.

4.9.3. Costos Análisis de Precios Bolivia.

El Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda de Bolivia es el encargado de reglamentar y gestionar el desarrollo de obras viales en el país. No existe una base de datos pública que presente precios unitarios y como los recursos del estado son descentralizados son los Gobiernos autónomos de cada región los encargados de generar proyectos los cuales tienen precios propios en cada uno de los proyectos sin unificar.

Los precios unitarios y presupuestos son muy similares a los de otros países suramericanos y en general contienen las mismas partes.

**FORMULARIO B-2
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

| DATOS GENERALES | | | | | |
|--|-------------|--------|----------|-------------------|-------------|
| Proyecto : | | | | | |
| Actividad : | | | | | |
| Cantidad : | | | | | |
| Unidad : | | | | | |
| Moneda : | | | | | |
| 1. MATERIALES | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO PRODUCTIVO | COSTO TOTAL |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| ... | | | | | |
| N | | | | | |
| TOTAL MATERIALES | | | | | |
| 2. MANO DE OBRA | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO PRODUCTIVO | COSTO TOTAL |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| ... | | | | | |
| N | | | | | |
| SUBTOTAL MANO DE OBRA | | | | | |
| CARGAS SOCIALES = (% DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA) (55% al 71,18%) | | | | | |
| IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA = (% DE SUMA DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES) | | | | | |
| TOTAL MANO DE OBRA | | | | | |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | | |
| | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO PRODUCTIVO | COSTO TOTAL |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| ... | | | | | |
| N | | | | | |
| HERRAMIENTAS = (% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA) | | | | | |
| TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | | |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| | | | | | COSTO TOTAL |
| * GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3 | | | | | |
| TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| 5. UTILIDAD | | | | | |
| | | | | | COSTO TOTAL |
| * UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4 | | | | | |
| TOTAL UTILIDAD | | | | | |
| 6. IMPUESTOS | | | | | |
| | | | | | COSTO TOTAL |
| * IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5 | | | | | |
| TOTAL IMPUESTOS | | | | | |
| TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) | | | | | |
| TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales) | | | | | |
| *) El proponente deberá señalar los porcentajes pertinentes a cada rubro | | | | | |
| NOTA.- El Proponente declara que el presente Formulario ha sido llenado de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales y tributarias vigentes, y es consistente con el Formulario B-3. | | | | | |

Figura 5. Formulario B-2. Análisis de Precios Unitarios en Bolivia. Fuente. Cámara Departamental de la Construcción Cochabamba. Análisis Unitarios de Referencia para la Construcción. Cochabamba – Bolivia 2010.

4.9.4. Costos Análisis de Precios Perú.

El ministerio de obras Públicas del Perú es el encargado de regular y controlar los proyectos de infraestructura del país. El Gobierno Peruano cuenta con una herramienta web de publicación de toda la contratación estatal llamado SEACE, en el cual todas la municipalidades y entidades gubernamentales promocionan y publican sus procesos de contratación en diferentes áreas de la

infraestructura. En Perú el análisis de precio unitario contiene tres (3) partes en las cuales está la mano de obra, Equipos e insumos de partida en el cual se incluyen los materiales a utilizar.

| Partida | 3.04 | CAPA DE BASE GRANULAR | | | | | | |
|------------------------|--|-----------------------|-----------|----------|--------|---------------------------------|--|-------|
| Rendimiento | 324.000 m3/DIA | H.H. | 0.82 | H.M. | 0.47 | Costo unitario directo por : m3 | | 64.76 |
| Código | Descripción Insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| 470101 | CAPATAZ | HH | 1.00 | 0.0247 | 17.70 | 0.44 | | |
| 470102 | OPERARIO | HH | 1.00 | 0.0247 | 14.75 | 0.36 | | |
| 470103 | OFICIAL | HH | 1.00 | 0.0247 | 12.84 | 0.32 | | |
| 470104 | PEON | HH | 6.00 | 0.1481 | 11.58 | 1.71 | | |
| Equipos | | | | | | | | |
| 370101 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 2.83 | 0.08 | | |
| 490307 | RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T | HM | 1.00 | 0.0247 | 135.06 | 3.34 | | |
| 490492 | MOTONIVELADORA 125 HP | HM | 1.00 | 0.0247 | 151.88 | 3.75 | | |
| Insumos Partida | | | | | | | | |
| 910201 | AGUA | M3 | | 0.1200 | 16.75 | 2.01 | | |
| 922001 | MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE | m3 | | 1.2000 | 43.96 | 52.75 | | |
| 54.76 | | | | | | | | |

| Partida | 3.05 | IMPRIMACION ASFALTICA | | | | | | |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|----------|--------|---------------------------------|--|------|
| Rendimiento | 4,500.000 M2/DIA | H.H. | 0.01 | H.M. | 0.01 | Costo unitario directo por : M2 | | 0.85 |
| Código | Descripción Insumo | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | | |
| Mano de Obra | | | | | | | | |
| 470101 | CAPATAZ | HH | 0.50 | 0.0009 | 17.70 | 0.02 | | |
| 470102 | OPERARIO | HH | 1.00 | 0.0018 | 14.75 | 0.03 | | |
| 470104 | PEON | HH | 3.00 | 0.0053 | 11.58 | 0.06 | | |
| Equipos | | | | | | | | |
| 490503 | BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG. | HM | 1.00 | 0.0018 | 44.41 | 0.08 | | |
| 490852 | TRACTOR DE TIRD DE 80 HP | HM | 1.00 | 0.0018 | 69.23 | 0.12 | | |
| 493103 | CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS. | HM | 1.00 | 0.0018 | 133.75 | 0.24 | | |
| Insumos Partida | | | | | | | | |
| 930701 | ARENA ZARANDEADA | M3 | | 0.0080 | 38.10 | 0.30 | | |
| 0.30 | | | | | | | | |

Figura 6. Análisis de Precios Unitarios en Perú. Fuente. MTC. Provias Nacional. Informe Final. Análisis de Precios Unitarios. Lima – Perú 2012

4.9.5. Costos análisis de precios Uruguay.

En Uruguay la Dirección Nacional de Arquitectura es la encargada del control y gestión de los proyectos de construcción nacionales. En la página web oficial de la entidad está publicado un listado oficial sobre el análisis de precios unitarios para diferentes actividades entre las cuales se encuentran las actividades viales.

4.10. Análisis de Precios Unitarios Suramericanos.

Entre las similitudes y diferencias podríamos resaltar:

- Todos los países suramericanos estudiados tienen un análisis de precio unitario para desglosar una actividad de obra.
- En los análisis de precios unitarios encontrados incluyen el transporte de materiales y escombros dentro de las actividades mano de obra o equipos sin estudiarlo como un capítulo adicional del análisis de precio tal como se realiza en Colombia.
- No existe, a excepción de Uruguay, un listado oficial de precios por parte de las entidades gubernamentales. Muchas entidades privadas como asociaciones de construcción si tienen bases de datos pero no son publicadas de manera oficial por parte del Gobierno.
- Los presupuestos de obra son similares o iguales a los presentados en Colombia.
- En algunos casos se considera entre los costos indirectos la financiación de la obra y en todos los casos se incluye el impuesto al valor agregado de cada país

Sin embargo, es importante resaltar que en ninguno de los casos se han encontrado metodologías que permitan el cálculo del costo de construcción de obras viales o infraestructura y que permita la revisión de los insumos, equipos materiales o mano de obra que comprenden la construcción de una obra.

Capítulo V

Marco Metodológico

5.1. Recolección y organización de la Información Primaria.

Existen dos tipos de información recolectada: La primera información se recolectó para la realización del programa computacional o código de programa de computador a la cual llamaremos Información Primaria y la segunda información se utilizó para la realización de los cálculos y básica para el estudio y resultados del presente Trabajo de Grado. .

La información básica para la realización del programa presentado, consiste en la recolección de los análisis de precios unitarios de diferentes zonas del país en las diferentes entidades centralizadas o descentralizadas donde se desarrollan proyectos viales que sirvieran como caso de estudio.

En los años 2013 y 2014 la información de los análisis de precios unitarios de cada una de las dependencias del INVÍAS era propia de cada entidad y no era de fácil acceso, solo los funcionarios de cada regional del INVÍAS contaban con esta información que era desarrollada por los administradores viales de cada uno de los tramos adscritos a la regional y luego consolidada por los funcionarios de cada entidad según su experiencia y modo. Por esta razón todas las dependencias del INVÍAS entre sí, tenían serias diferencias de información como múltiples nombres de actividades para una misma actividad, diferentes tipos de nombre para un mismo

material o diferentes tipos de precio para una misma actividad o material en análisis de la misma zona.

Luego entre el 2015 y 2016 el INVÍAS tipifica los análisis de precios y su información en un formato, dando espacio para que los funcionarios de cada regional solo incluyan los precios de la zona y distancias de zonas de disposición de materiales y fuentes de material. Todo esto con el objetivo de unificar la información de cada una de las regionales y poder hacer pública la información a través de su página web para el acceso de todas las personas interesadas.

Con respecto a Gobernaciones y Alcaldías la situación era un poco más complicada, se revisaron quince (15) Gobernaciones y Alcaldías, puesto que para una misma zona o región existían diferentes tipos de materiales, precios y distancias a zonas de disposición de materiales y fuentes de materiales. Los proyectos presentados por una misma Gobernación o Alcaldía variaban entre sí de una manera enorme complicando la unificación de los precios para una misma actividad. En algunos casos eran muy diferentes con respecto a los precios presentados por el INVÍAS; algunos estaban elevados en diferencias hasta de 100% en zonas como los Llanos Orientales o la Costa Atlántica además de no contar con un modelo típico de su presentación.

Para poder iniciar el proceso de creación del programa de computador se debía elegir o contar con información que estuviera en un modelo “tipo”, esto sin importar el modelo pero sí que estuviera de manera ordenada con la misma cantidad de información y con la misma cantidad de datos para todos los departamentos del país. Se intentó por tanto organizar la información de cada departamento comparándola con la información ahora de fácil acceso presentada por el INVÍAS.

Comparando la información del INVÍAS con la recolectada en las Gobernaciones y Alcaldías se pudo verificar que la información presentada por el INVÍAS recoge todas las actividades descritas en los proyectos de las Gobernaciones y Alcaldías además de promediar las distancias y precios de las diferentes actividades e insumos dentro de la misma zona y por tanto se decidió tomar la información presentada por el INVÍAS descargada de la página web de la entidad para cada Departamento o Regional.

La información de análisis de precios unitarios de cada uno de los departamentos cuenta con 337 análisis de precios numerados en ocho grupos con una numeración típica del INVÍAS de acuerdo a su grupo de actividad.

- 200- Explanaciones
- 300- Bases, Sub-bases y Afimados.
- 400- Pavimentos Asfálticos.
- 500- Pavimentos Concreto.
- 600Estructuras y Drenajes.
- 700- Señalización y Seguridad.
- 800- Obras Varias.
- 900- Transportes.

En cada uno de los Departamentos de estudio, se cuenta con una tabla resumen de transporte, mano de obra, materiales y equipos organizados en tablas dinámicas que permite tanto su manipulación como actualización en caso de ser necesario.

La información para la realización de cálculos y básica para el estudio y resultados de esta tesis de grado se divide en dos fuentes: la primera fuente es la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) que mediante su programa de concesiones ejecuta proyectos de construcción, mantenimiento y mantenimiento de carreteras. La información recolectada de la Agencia Nacional de Infraestructura desde ahora llamada ANI es inmensa, sin embargo está un poco en desorden e incompleta. La variedad de proyectos que se pudieron verificar, alrededor de cuarenta (40), ocupaban cuatro (4) Teras de información debido a la cantidad de planos de construcción; sin embargo se pudo rescatar y obtener información de presupuestos de trece (13) proyectos de construcción en diferentes partes del país.

Otra fuente de información y la más importante para el caso de estudio fueron los proyectos publicados y adjudicados por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) en el año 2015. Se recolectó información de cuarenta y cinco (45) proyectos de mantenimiento y construcción de obras que superan los 2,5 billones de pesos y con actividades de todo tipo.

Los datos de actividades en diferentes zonas del país superan los 12.500, lo cual se consideró como una muestra importante de información para poder establecer resultados efectivos.

5.2. Creación del Programa de Computación.

El programa computacional se desarrolló con base en Microsoft Excel versión 2010, utilizando todas sus herramientas de cómputo y el lenguaje de programación Visual Basic. El programa consta de doce (12) matrices organizadas en treinta y dos (32) macros, que combinadas con tablas dinámicas realizan las tareas de combinar y ejecutar de manera rápida y con poco uso de memoria RAM.



Figura 7. Interfaz Programa de Computación. Fuente. Programa de Computación hecho en Excel versión 2010 denominado APUS para el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS

Se tomaron como base los análisis de precios unitarios del INVÍAS, que en total son 337 para cada Departamento, los cuales fueron desglosados por los cuatro (4) capítulos que componen cada uno de los análisis:

- Equipos.
- Materiales.
- Transportes.
- Mano de obra.

El cálculo matemático de cada uno de los resultados se logró de la siguiente manera y siguiendo esta lógica: El precio de cada uno de los componentes del análisis se ponderó con respecto al valor del costo directo de cada uno de los análisis de precios.

| I. EQUIPO | | | | | | Ponderación (%) |
|---------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|------------------|------------------|
| Descripción | Tipo | Tarifa/Hora | Rendimiento | Valor-Unit. | | |
| RETROEXCAVADORA CAT 320 | | 168.683 | 1.000,00 | 168,68 | | 0,47% |
| EQUIPO DE OXICORTE | | 13.399 | 2.000,00 | 6,70 | | 0,02% |
| HERRAMIENTA MENOR (5xMO) | | | 0,05 | 2,56 | | 0,01% |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Sub-Total | 177,94 |
| II. MATERIALES EN OBRA | | | | | | 0,49% |
| Descripción | Unidad | Precio-Unit. | Cantidad | Valor-Unit. | | |
| SEÑAL TEMPORAL | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Sub-Total | 0,00 |
| III. TRANSPORTES | | | | | | 0,00% |
| Material | Vol-peso ó Cant | Distancia | M3-Km | Tarifa | Valor-Unit. | |
| TRANSPORTE ESTRUCTURA | 1 | 150,0 | 150,0 | 239 | 35.910,00 | 99,37% |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Sub-Total | 35.910,00 |
| IV. MANO DE OBRA | | | | | | 99,37% |
| Trabajador | Jornal | Prestaciones | Jornal Total | Rendimiento | Valor-Unit. | |
| CUADRILLA DE DESMONTAJE (10 PERSONAS) | \$ 221670,00 | 185% | 410.090 | 8.000,00 | 51,26 | 0,14% |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Sub-Total | 51,26 |
| | | | | | | |
| Total Costo Directo | | | | | 36.139,21 | |

Figura 8. Ponderación del Programa de Computación. Fuente. Programa de Computación creado APUS.

Una vez obtenido el valor ponderado de todos y cada uno de los componentes de los 337 análisis de precios se utilizó una base de datos que guardaba esta información, y luego se multiplicó el valor de cada uno de por el valor total de la actividad en el cuadro de cantidades, obteniendo el valor total de cada uno de los componentes dentro del proyecto.

Es decir que para el ejemplo mostrado en la gráfica anterior donde la Retroexcavadora Cat 320 tiene una ponderación de 0,47% para esta actividad y donde multiplicando por el costo total de

esta actividad en el cuadro general (en este caso \$ 94.857.595,94) tenemos que la retroexcavadora para esta actividad en este proyecto supuesto tiene un valor de \$ 445.830 pesos.

Si sumamos todas las actividades del proyecto donde se utilice la misma retroexcavadora CAT 320 podríamos obtener el valor total que el proyecto necesita para este equipo. Y si luego dividimos el valor total encontrado con el valor de la tarifa/hora del equipo podríamos tener la cantidad total de horas que el proyecto necesita de este equipo. Si realizamos esta actividad para todo el proyecto y todos los componentes de todos los análisis de precios podemos obtener el valor y cantidad de cada uno de ellos. Sin embargo, los cálculos no son simples y suponen la interacción de 56.000 datos almacenados en bases de datos y modelados por macros y tablas dinámicas representadas como resultados de la siguiente manera.

5.2.1. Índice del Programa.

Es donde el programa guarda una copia de la información ingresada por el usuario como cantidades del proyecto. Aquí se muestran los 337 precios unitarios así el proyecto no ejecute su totalidad.

| INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS DIRECCIÓN TÉCNICA | | | | | |
|---|--|--------|---------------------------------|----------------|-------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD | UNIDAD | COSTO TOTAL (Moneda \$ Peso) | CANTIDAD TOTAL | VALOR TOTAL |
| 200.1 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE | Ha | 2.549.237,00 | 0 | \$ 0,00 |
| 200.2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS | Ha | 238.534,502 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.1 | DEMOLICIÓN DE EDIFICACIONES | gl | 126.906,453 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.2 | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS | gl | 162.863,745 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.3 | DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, PISOS, ANDENES Y BORDILLOS DE CONCRETO | gl | 31.018,365 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.4 | DEMOLICIÓN DE OBSTÁCULOS | gl | 46.294,214 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.5 | DEMOLICIÓN DE EDIFICACIONES | Unidad | 126.278,803 | 0 | \$ 0,00 |
| 201.6 | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS | Unidad | 162.863,745 | 0 | \$ 0,00 |
| | | | 161.818.332 | | |

Figura 9. Índice del Programa de Computación. Fuente. Programa de Computación APUS, creado para para la presente investigación.

5.2.2. Consolidado de Equipo.

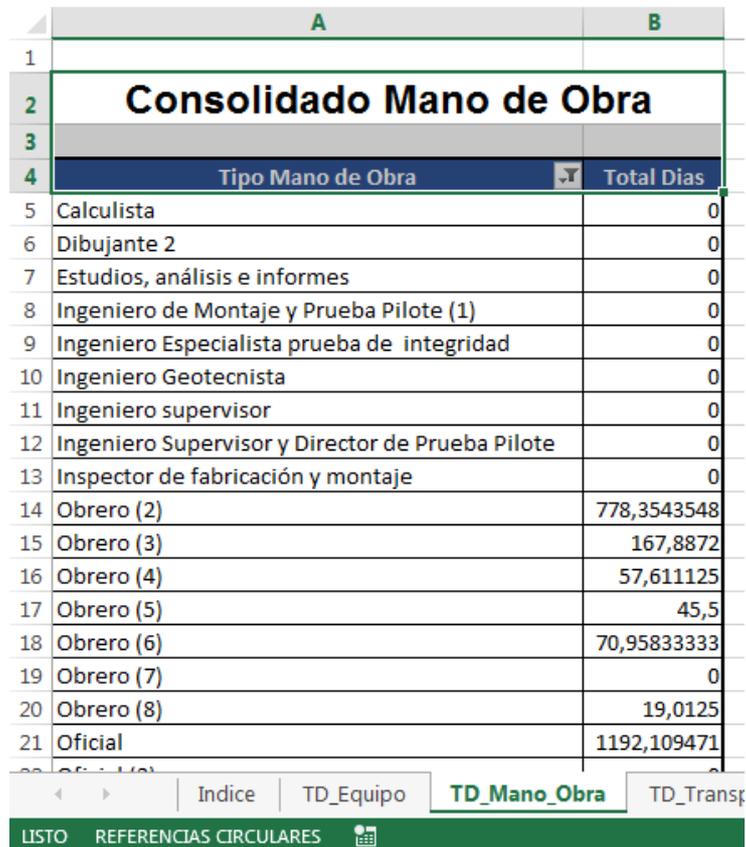
Se presenta un resumen de todos los equipos de la base de datos incluyendo la cantidad de horas en cada uno de los utilizados por el proyecto.

| Consolidado Equipo | | |
|--|------|--------|
| DESCRIPCIÓN | TIPO | Total |
| Suma de HORAS | | |
| Andamiaje para Aplicar la Carga (Equipos Sustituto de la Tara) | u | - |
| Aspersor manual | h | 65,00 |
| Barredora mecánica de cepillo de 3658 mm ; 6 m3 | h | 66,73 |
| Bomba de concreto, Producción: 30 m3/h, POTENCIA: 67 HP, MAX PRESION DE CONCRETO: 1150 PSI | h | - |
| Bomba de inyección de lechada | h | - |
| Bomba eléctrica para accionar la celda | h | - |
| Bomba para gato de tensionamiento | h | - |
| Buldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. | h | 695,63 |
| Caldera para pintura termoplástica | h | - |
| Camabaja | h | - |
| Camión 350 | h | - |
| Camión de Slurry | h | - |
| Camioneta D-300 | h | 32,30 |

Figura 10. Consolidado de Equipo. Fuente. Programa de Computación APUS, creado para para la presente investigación.

5.2.3. Consolidado de Mano de Obra.

Se presenta un resumen de todos los tipos de mano de obra que el proyecto requiere presentando los datos en jornales-hombre o días-hombre.



| | A | B |
|----|--|-------------------|
| 1 | | |
| 2 | Consolidado Mano de Obra | |
| 3 | | |
| 4 | Tipo Mano de Obra | Total Dias |
| 5 | Calculista | 0 |
| 6 | Dibujante 2 | 0 |
| 7 | Estudios, análisis e informes | 0 |
| 8 | Ingeniero de Montaje y Prueba Pilote (1) | 0 |
| 9 | Ingeniero Especialista prueba de integridad | 0 |
| 10 | Ingeniero Geotecnista | 0 |
| 11 | Ingeniero supervisor | 0 |
| 12 | Ingeniero Supervisor y Director de Prueba Pilote | 0 |
| 13 | Inspector de fabricación y montaje | 0 |
| 14 | Obrero (2) | 778,3543548 |
| 15 | Obrero (3) | 167,8872 |
| 16 | Obrero (4) | 57,611125 |
| 17 | Obrero (5) | 45,5 |
| 18 | Obrero (6) | 70,95833333 |
| 19 | Obrero (7) | 0 |
| 20 | Obrero (8) | 19,0125 |
| 21 | Oficial | 1192,109471 |

Figura 11. Consolidado Mano de Obra. Fuente. Programa de Computación APUS, creado para para la presente investigación.

5.2.4. Consolidado de Transporte.

Se presenta un resumen en M3-Km de los transportes de diferentes tipos de materiales pétreos o insumos.

| | A | B | C |
|----|---------------------------------------|--------|----------|
| 1 | | | |
| 2 | Consolidado Transporte | | |
| 3 | | | |
| 4 | TOTAL HORAS DE TRANSPORTE | | |
| 5 | MATERIAL | UNIDAD | Total |
| 6 | Equipo de Transporte (Camiones Grúas) | km | - |
| 7 | Pasajes aéreos | u | - |
| 8 | Transporte de acero | tkm | 8.190,00 |
| 9 | Transporte de Adoquín e=8cm | m3k | - |
| 10 | Transporte de agregado tipo LA-1 | m3k | - |
| 11 | Transporte de agregado tipo LA-2 | m3k | - |
| 12 | Transporte de agregado tipo LA-3 | m3k | - |
| 13 | Transporte de agregado tipo LA-4 | m3k | - |
| 14 | Transporte de agregados pétreos | m3k | - |
| 15 | Transporte de arena | m3k | 74,53 |
| 16 | Transporte de barrera de seguridad | m3k | - |
| 17 | Transporte de concreto | m3k | 1.507,34 |
| 18 | Transporte de Concreto | m3k | - |
| 19 | Transporte de equipos | m3k | - |
| 20 | Transporte de Equipos para Prueba (1) | g | - |
| 21 | Transporte de estructuras metálicas | kgk | - |

Figura 12. Consolidado de Transporte. Fuente. Programa de Computación APUS, creado para para la presente investigación.

5.2.5. Consolidado de Materiales. .

Se presenta un resumen de todos los materiales usando la base de datos y en cada uno de los materiales usados por el proyecto se incluye su cantidad de acuerdo a la unidad de medida correspondiente.

| | A | B | C |
|----|---|--------|----------|
| 1 | | | |
| 2 | Consolidado Materiales | | |
| 3 | | | |
| 4 | TOTAL HORAS MATERIALES SEGÚN LA UNIDAD | | |
| 5 | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | Total |
| 6 | Acero A-36 para estructura metálica | kg | - |
| 7 | Acero A-37 | kg | - |
| 8 | Acero A-40 | kg | - |
| 9 | Acero PDR-60 | kg | 8.190,00 |
| 10 | Acero suministrado y figurado PDR 60 | kg | - |
| 11 | Aditivo Acelerante de Fraguado | kg | - |
| 12 | Aditivo curador | kg | - |
| 13 | Adoquín e=8cm | m2 | - |
| 14 | Agregado para concreto hidráulico | m3 | 99,37 |
| 15 | Agregado para tratamiento superf. Simple | m3 | - |
| 16 | Agregado para tratamiento superficial doble (primer riego) | m3 | - |
| 17 | Agregado para tratamiento superficial doble (segundo riego) | m3 | - |
| 18 | Agregado petreo para mezclas asfálticas | m3 | - |
| 19 | Agregado Petreo para Triturar (Crudo) | m3 | - |
| 20 | Agregado tipo LA 10 (lechadas) | m3 | - |
| 21 | Agregado tipo LA 13 (lechadas) | m3 | - |

Figura 13. Consolidado de Materiales. Fuente. Programa de Computación APUS, creado para para la presente investigación.

5.3. Funcionamiento del Programa de Computación.

El programa puede abrirse en Excel versión 2010 o superior y deben retirarse las barreras para el control y prohibición de uso de macros. El inicio del programa está protegido contra el ingreso de personas no autorizadas para su uso. Por lo tanto se requiere de un usuario y clave para su ingreso. Por ahora solo esta creado el **usuario Invias** y la **clave Invias** para su uso. Después de iniciado el programa el administrador puede crear nuevos usuarios y eliminar existentes.

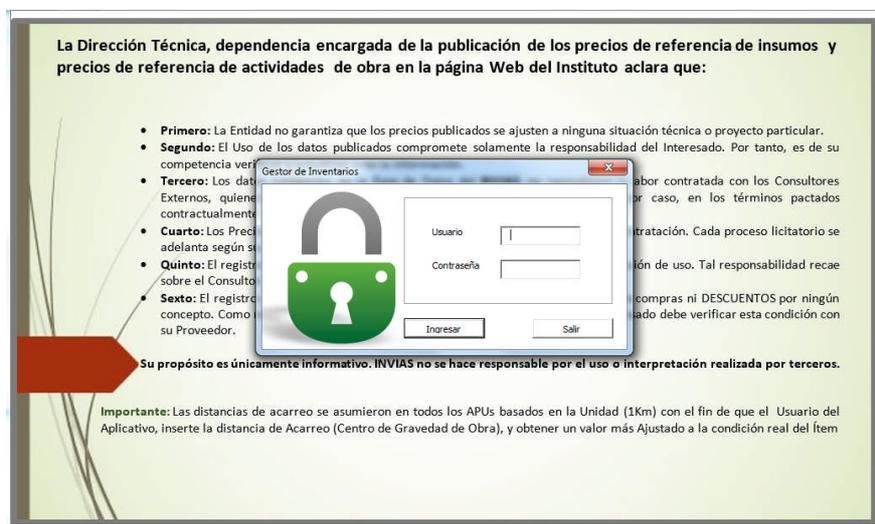


Figura 14. Inicio de Sesión del Programa de Computación. Fuente. Programa de Computación diseñado para la presente investigación. Análisis de Precios Unitarios.

Una vez ingresado la clave se debe identificar y marcar en el menú desplegable el Departamento en el cual se desarrolla el proyecto de estudio:

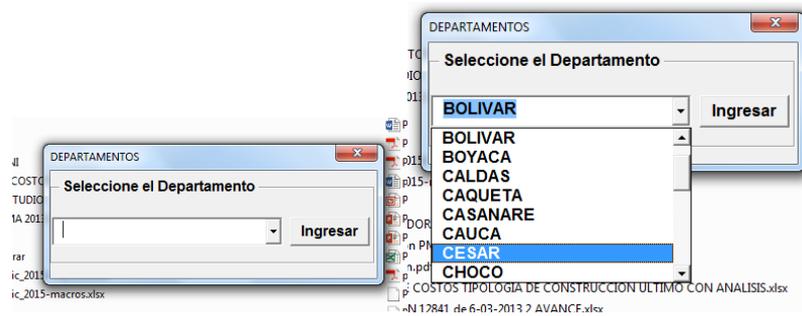


Figura 15. Opción para escoger Departamento donde se va a llevar a cabo el proyecto de estudio. Fuente. Programa de Computación diseñado para la presente investigación. Análisis de Precios Unitarios

Una vez establecido el departamento se ingresa al menú principal donde están todos los comandos y botones de manejo del programa



Figura 16. Menú Principal del Programa. Fuente. Programa de Computación diseñado para la presente investigación. Análisis de Precios Unitarios APUS.

- **Botón índice:** En este botón podemos ingresar al archivo de los 337 análisis de precios unitarios de cada Departamento. Ahí podemos buscar cada una de las actividades del proyecto a estudiar e ingresar la cantidad de cada una de las actividades.

- **Botón Mano de obra:** Después de ingresadas las cantidades de cada proyecto este botón genera el reporte o consolidado de la mano de obra del proyecto.

- **Botón Equipos:** Después de ingresado las cantidades de cada proyecto este botón genera el reporte o consolidado de los equipos del proyecto.

- **Botón Transporte:** Después de ingresadas las cantidades de cada proyecto este botón genera el reporte o consolidado del transporte de materiales e insumos del proyecto.

- **Botón Materiales:** Después de ingresadas las cantidades de cada proyecto este botón genera el reporte o consolidado de los materiales del proyecto.

- **Botón Actualizar Datos:** Una vez sean ingresadas las cantidades de cada una de las actividades en el botón índice, se deben actualizar los datos para evitar que los reportes se hagan con un Departamento anteriormente utilizado. El orden sería incluir los datos de actividades luego actualizar datos y así crear cada uno de los reportes de mano de obra, equipos, materiales y transporte.

- **Botón Gráfica Lápices:** Este botón consolida los reportes de cada uno de los grupos de actividades en un archivo nuevo de Excel para su posterior manipulación o impresión.

- **Botón Actualizar Municipio:** Este botón sirve para modificar o cambiar el Departamento en el cual se está trabajando. Si se va a ingresar un nuevo proyecto se puede hacer directamente desde este botón para no tener que reiniciar el programa.

- **Botón Ingresar Usuario:** Con este botón se puede cumplir con la función de crear un usuario y clave para uso y modificación del programa.

- **Botón Eliminar Usuario:** Con este botón se puede eliminar usuarios y sus respectivas claves para restricción de uso del programa.

- **Botón modificar Materiales:** Se planeó que con el cambio de los años y de las condiciones económicas del país los materiales podrían sufrir una modificación. El programa deja abierta la posibilidad de ingresar a este botón y modificar el valor promedio de cada uno de los materiales o insumos usados para los proyectos. Solo aplica para el departamento que se haya escogido en ese momento para la ejecución del programa.

- **Botón modificar Equipos:** Se planeó que con el cambio de los años y de las condiciones económicas del país las tarifas, hora de los equipos podrían sufrir una modificación. El programa deja abierta la posibilidad de ingresar a este botón y modificar el valor promedio de cada uno de los materiales o insumos usados para los proyectos. Solo aplica para el Departamento que se haya escogido en ese momento para la ejecución del programa.

- **Botón modificar Transporte:** Se planeó que con el cambio de los años y de las condiciones económicas del país la tarifa-hora de transporte de materiales e insumos podrían sufrir una modificación. El programa deja abierta la posibilidad de ingresar a este botón y modificar el

valor promedio de cada uno de los materiales o insumos usados para los proyectos. Solo aplica para el Departamento que se haya escogido en ese momento para la ejecución del programa.

- **Botón modificar Mano de Obra:** Se planeó que con el cambio de los años y de las condiciones económicas del país los precios de los jornales de la mano de obra podrían sufrir una modificación. El programa deja abierta la posibilidad de ingresar a este botón y modificar el valor promedio de cada uno de los materiales o insumos usados para los proyectos. Solo aplica para el Departamento que se haya escogido en ese momento para la ejecución del programa.

5.4. Técnicas estadísticas utilizadas y muestreo de datos

La Muestra utilizada para el cálculo de datos es un subconjunto de población del universo de datos que permita dar información sobre toda la población. En este caso el universo de datos lo conforman todos los proyectos de construcción de vías públicos y privados que se contratan o han sido contratados en el país a través de contratos de obra pública, iniciativas privadas y concesiones.

El muestreo no probabilístico utilizado en este caso, es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados. Cada contrato de obra seleccionada en este caso es tomado como un individuo para la muestra.

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los individuos en una muestra no probabilística fueron

seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional. La información de la muestra fue tomada de bases de datos anuales de entidades estatales como la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI y el Instituto Nacional de Vías – Invias.

La desventaja del método de muestreo no probabilístico es que no se toman pruebas de una porción desconocida de la población. Esto implica que la muestra puede representar a toda la población con precisión o no.

El tipo de muestreo por conveniencia es probablemente la técnica de muestreo más común. En el muestreo por conveniencia, las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador y los individuos son elegidos simplemente porque son fáciles de reclutar. Esta técnica es considerada la más fácil, la más barata y la que menos tiempo lleva. Adicionalmente se puede utilizar cuando la investigación no tiene como objetivo generar resultados que se utilicen para hacer generalizaciones respecto de toda la población.

Nuestra muestra entonces se conforma por un grupo de xx contratos ejecutados en diferentes zonas del país para la cuales tuvimos acceso a la información de sus presupuestos de obra. Estos diferentes proyectos o individuos fueron después seleccionados de acuerdo a sus características para su procesamiento.

Entre las técnicas estadísticas utilizadas para el cálculo y procesamiento de la información tenemos:

5.4.1 Media Aritmética: En matemáticas y estadística, la media aritmética (también llamada promedio o media) de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos, objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Cuando el conjunto es una muestra aleatoria recibe el nombre de media muestral siendo uno de los principales estadísticos muestrales.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Figura 17. Ecuación de Media Aritmética. Fuente. Wikipedia.

5.4.2 Desviación estándar: La desviación típica o desviación estándar (denotada con el símbolo σ o s , dependiendo de la procedencia del conjunto de datos) es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

La desviación típica es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\int (x - \mu)^2 f(x) dx}$$

Figura 18. Fórmula Desviación Estándar. Fuente. Wikipedia.

5.4.3 Valor máximo: Se describe el valor máximo o mayor de un conjunto, serie de datos o resultados del cálculo de la información suministrado.

5.4.4. Valor mínimo: Se describe el valor mínimo o menor de un conjunto, serie de datos o resultados del cálculo de la información suministrado.

5.4.5. Mediana: Es el valor que ocupa el lugar central de todos los datos cuando éstos están ordenados de menor a mayor.

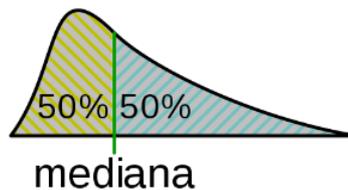


Figura 19. Mediana. Fuente. Wikipedia.

5.5. Metodología de Cálculo de e Interpretación de Resultados.

5.5.1. Tabulación de Información – Valor total

De cada uno de los proyectos investigados se obtuvo su presupuesto incluyendo las cantidades de cada una de las actividades ejecutadas. En el programa se ingresó cada una de las cantidades de cada actividad ejecutada.

El resultado del programa arrojó el valor total del proyecto y tablas de resultados de cantidades de material, Equipos y herramientas, mano de obra y Transporte.

Se organizó una tabla en Excel que resumiera los resultados del programa computacional con los datos obtenidos de cada uno de los proyectos para poder contrastar su información incluyendo las siguientes características de cada proyecto:

- Tipo de intervención: Mantenimiento, Rehabilitación o Construcción
- Tipología de la vía: Según la clasificación de su pendiente transversal Plana, Ondulada o Montañoso
- Valor del proyecto sin AIU: El proyecto se calcula sin AIU debido a que ese AIU es propio de cada entidad territorial o Concesionario de acuerdo a las condiciones de ejecución o exigencias de intervención. Previamente se trajo a valor presente el valor de cada uno de los proyectos de la dividiendo el valor del proyecto en el salario mínimo mensual vigente del año de ejecución y se multiplicándolo por el valor del salario mínimo mensual vigente para el año actual (2017).
- Valor del proyecto programa computacional: Se ingresa el valor arrojado del programa
- Relación programa / ANI-Invias: En esta columna se hace la relación de
- los dos datos obtenidos para cada uno de los proyectos.
- Longitud del Proyecto: Longitud del tramo de intervención del proyecto en Kms.
- Calculo de la Inversión por Km intervenido ANI-Invias: En este caso se dividió el valor total sin AIU de cada proyecto de la información ANI- Invias entre su longitud de

intervención, logrando conocer cuál es la inversión promedio para cada proyecto de acuerdo a los datos de la entidad.

- Calculo de la Inversión por Km intervenido Programa computacional: En este caso se dividió el valor total arrojado por el programa de cada proyecto entre su longitud de intervención, logrando conocer cuál es la inversión promedio para cada proyecto de acuerdo a los datos del programa.

Discriminando por el tipo de intervención y la tipología de la vía se obtuvo por medio de métodos estadísticos, la media aritmética, la mediana, valor máximo, valor mínimo y la desviación estándar de los resultados de la información ANI-Invias y el programa computacional.

5.5.2 Tabulación de la información – Capítulos.

Así mismo se organizó una tabla en Excel que resumiera los resultados de cada uno de los capítulos de intervención según la clasificación Invias y los resultados del programa computacional para poder contrastar su información. En la tabla se incluyeron:

- Capítulos de Intervención
- Numero de Proyecto
- Valor capítulo ANI-Invias:
- Valor capítulo Programa computacional

Discriminando por el tipo de intervención y la tipología de la vía se obtuvo por medio de métodos estadísticos, la media aritmética, la mediana, valor máximo, valor mínimo y la desviación estándar de los resultados de la información ANI-Invias y el programa computacional.

5.5.3. Tabulación de la información – Materiales

En una tabla en Excel se organizan los resultados del programa computacional. La información recolectada por el Instituto nacional de Vías – ANI no incluye los análisis de precios unitarios de cada una de las actividades ejecutadas por lo que no se conocen los materiales utilizados por ellos.

El objetivo fundamental de la herramienta computacional es desglosar los análisis de precios unitarios teniendo como insumo las cantidades de obra y precios unitarios de cada material.

En la tabla se incluyeron:

- Materiales
- Numero de Proyecto
- Cantidad de material del proyecto

Una vez obtenido la cantidad de material para cada uno de los proyectos por medio del programa computacional, se utilizó la herramienta estadística de media aritmética para establecer los resultados discriminados para cada uno de las tipologías y tipos de intervención. Así mismo se utilizaron las herramientas estadísticas de valor máximo, valor mínimo y desviación estándar de los resultados.

Una vez obtenido el valor promedio de los materiales para cada proyecto se multiplico por el valor unitario del material obtenido de las matrices de análisis de precios unitarios obtenidos de Invias. El resultado de esta multiplicación se dividió por el valor promedio de cada una de las tipologías

por Km obtenido en cuadros anteriores. El resultado de esta operación es el valor de incidencia de cada uno de los materiales entre el valor total promedio de intervención por Km.

5.5.4. Tabulación de la información – Equipos

En una tabla en Excel se organizan los resultados del programa computacional. La información recolectada por el Instituto Nacional de Vías y la Agencia Nacional de Infraestructura no incluye los análisis de precios unitarios de cada una de las actividades ejecutadas por lo que no se conocen los equipos utilizados por ellos.

El objetivo fundamental de la herramienta computacional es desglosar los análisis de precios unitarios teniendo como insumo las cantidades de obra y precios unitarios de cada material.

En la tabla se incluyeron:

- Equipos
- Numero de Proyecto
- Horas de Equipos del proyecto

Una vez obtenido la cantidad de horas de los equipos para cada uno de los proyectos por medio del programa computacional, se utilizó la herramienta estadística de media aritmética para establecer los resultados discriminados para cada uno de las tipologías y tipos de intervención. Así mismo se utilizaron las herramientas estadísticas de valor máximo, valor mínimo y desviación estándar de los resultados.

Una vez obtenido el valor promedio de las horas de equipos para cada proyecto se multiplico por el valor unitario de la hora de cada uno de los equipos obtenidos de las matrices de análisis de precios unitarios obtenidos de Invias.

El resultado de esta multiplicación se dividió por el valor promedio de cada una de las tipologías por Km obtenido en cuadros anteriores. El resultado de esta operación es el valor de incidencia de cada uno de los equipos entre el valor total promedio de intervención por Km.

5.5.5. Tabulación de la información – Mano de obra

En una tabla en Excel se organizan los resultados del programa computacional. La información recolectada por el Instituto nacional de Vias – ANI no incluye los análisis de precios unitarios de cada una de las actividades ejecutadas por lo que no se conoce las horas-hombre de mano de obra utilizados por ellos.

El objetivo fundamental de la herramienta computacional es desglosar los análisis de precios unitarios teniendo como insumo las cantidades de obra y precios unitarios de cada tipo de mano de obra.

En la tabla se incluyeron:

- Mano de obra / cargo
- Numero de Proyecto
- Horas-Hombre de mano de obra / cargo del proyecto

Una vez obtenido la cantidad de horas de la mano de obra para cada uno de los proyectos por medio del programa computacional, se utilizó la herramienta estadística de media aritmética para establecer los resultados discriminados por cada uno de las tipologías y tipos de intervención. Así mismo se utilizaron las herramientas estadísticas de valor máximo, valor mínimo y desviación estándar de los resultados.

Una vez obtenido el valor promedio de las horas-hombre de cada uno de los tipos de mano de obra para cada proyecto, este se multiplico por el valor unitario de la hora de cada uno de los tipo de cargo obtenidos de las matrices de análisis de precios unitarios obtenidos de Invias.

El resultado de esta multiplicación se dividió por el valor promedio de cada una de las tipologías por Km obtenido en cuadros anteriores. El resultado de esta operación es el valor de incidencia de cada uno de los tipos de mano de obra o cargo entre el valor total promedio de intervención por Km.

5.5.6. Tabulación de la información – Transporte

En una tabla en Excel se organizan los resultados del programa computacional. La información recolectada por el Instituto nacional de Vías – ANI no incluye los análisis de precios unitarios de cada una de las actividades ejecutadas por lo que no se conoce los M3-Km de transporte utilizados por ellos.

El objetivo fundamental de la herramienta computacional es desglosar los análisis de precios unitarios teniendo como insumo las cantidades de obra y precios unitarios de cada transporte.

En la tabla se incluyeron:

- Insumo o material transportado
- Numero de Proyecto
- M3-Km de material o insumo transportado

Una vez obtenido la cantidad de M3-Km de transporte para cada uno de los proyectos por medio del programa computacional, se utilizó la herramienta estadística de media aritmética para establecer los resultados discriminados por cada uno de las tipologías y tipos de intervención. Así mismo se utilizaron las herramientas estadísticas de valor máximo, valor mínimo y desviación estándar de los resultados.

Una vez obtenido el valor promedio de los M3-Km de transporte para cada proyecto se multiplico por el valor unitario del M3-Km obtenido de las matrices de análisis de precios unitarios obtenidos de Invias.

El resultado de esta multiplicación se dividió por el valor promedio de cada una de las tipologías por Km obtenido en cuadros anteriores. El resultado de esta operación es el valor de incidencia de cada uno de los tipos de transporte entre el valor total promedio de intervención por Km.

5.6. Determinación de los Índices de Costos.

5.6.1. Proyectos de Mantenimiento:

5.6.1.1 Resultados – Valor total

Después del cálculo de la información recolectada en la Agencia Nacional de Infraestructura y el Instituto Nacional de Vías tenemos los siguientes datos consolidados:

Tabla3. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Mantenimiento – Invias/ANI

| | Precios indicados en Pesos Colombianos indexados a 2017 | | | | |
|---------------------|---|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Consolidado | \$ 1.418.712.628,06 | \$ 1.314.591.187,17 | \$ 4.396.191.077,42 | \$ 128.187.084,37 | \$ 927.513.379,84 |
| Carretera plana. | \$ 1.167.692.382,02 | \$ 1.049.566.179,95 | \$ 2.814.573.925,36 | \$ 287.606.679,24 | \$ 682.561.554,31 |
| Carretera ondulada. | \$ 1.481.499.328,35 | \$ 1.397.499.451,12 | \$ 3.806.693.631,69 | \$ 185.604.452,58 | \$ 969.163.171,61 |
| Carretera Montañosa | \$ 1.698.662.676,10 | \$ 1.591.145.275,05 | \$ 4.396.191.077,42 | \$ 128.187.084,37 | \$ 1.137.006.317,34 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En este caso podemos observar que la desviación estándar de los resultados en los tres tipos de intervención está alrededor de \$1.000 millones de pesos, esto podría modificar ampliamente el rango de valores totales promedio en los diferentes tipos de intervención, por ejemplo, en una carretera plana el valor promedio de mantenimiento estaría entre \$ 485.130.828 pesos y \$ 1.850.253.936 pesos.

El valor de desviación estándar para todos los tipos de intervención es muy alta y da cuenta de la dispersión de datos que se tomaron, en donde se encuentran proyectos de tramos muy largos e inversiones muy pequeñas con respecto a su longitud. En muchos casos estos corresponden a

proyectos para ejecución de obras de sitios inestables en puntos críticos de carretera y no fueron invertidos a lo largo de su longitud.

Podemos observar también que el menor valor de los promedios de inversión por Km es para el mantenimiento en carreteras planas, para lo cual podríamos decir que las obras a ejecutarse en este tipo de vías son de menores costos que los de un terreno ondulado o montañoso donde las soluciones de ingeniería requieren grados de dificultad mayores y así mismo mayores inversiones.

De acuerdo a estos resultados también podríamos decir que el aumento de valor promedio entre un carretera de tipo plano a una ondulada es del 21,2% y de una ondulada a una montañoso el aumento en valor es de 12,78%.

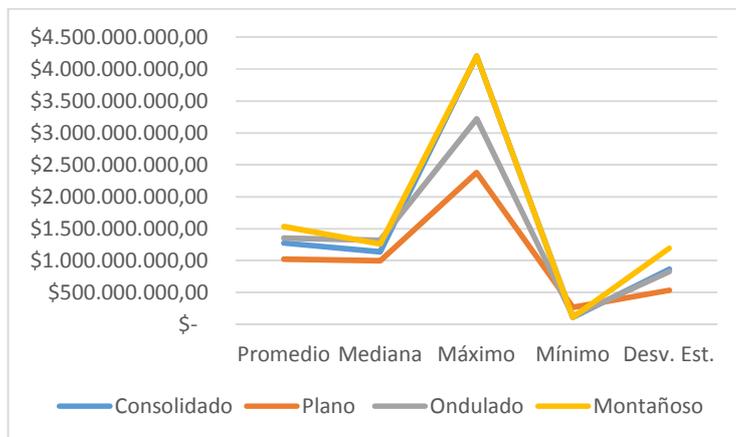


Figura 20. Precio promedio Mantenimiento km. Datos ANI-INVIAS (COP\$). Fuente. Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y el Instituto Nacional de Vías - INVIAS.

Con respecto a los resultados obtenidos con el programa computacional desarrollado tenemos:

Tabla 4. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Mantenimiento – Programa computacional

| | Promedio | Mediana | Máximo | Mínimo | Desv. Estándar |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Precios indicados en Pesos Colombianos indexados a 2017 | | | | | |
| Consolidado | \$ 1.272.496.334,62 | \$ 1.138.040.408,11 | \$ 4.205.263.171,56 | \$ 113.562.538,79 | \$ 863.900.640,50 |
| Carretera plana. | \$ 1.021.411.971,63 | \$ 996.211.599,08 | \$ 2.381.516.881,65 | \$ 265.694.080,59 | \$ 533.326.538,43 |
| Carretera ondulada. | \$ 1.354.109.562,06 | \$ 1.317.562.011,52 | \$ 3.220.483.924,65 | \$ 130.463.982,50 | \$ 825.940.370,68 |
| Carretera Montañosa | \$ 1.532.260.438,43 | \$ 1.259.725.468,46 | \$ 4.205.263.171,56 | \$ 113.562.538,79 | \$ 1.191.263.110,52 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En este caso podemos observar que la desviación estándar de los resultados disminuyen con respecto a los datos obtenidos ANI-INVIÁS, sin embargo se genera un rango amplio de valores totales promedio en los diferentes tipos de intervención, por ejemplo, en una carretera montañosa el valor promedio de mantenimiento estaría entre \$ 340.997.328 pesos y \$ 2.723.523.548 pesos.

El valor de desviación estándar para todos los tipos de intervención en este caso también es muy alta y da cuenta de la dispersión de datos que se tomaron, en donde se encuentran proyectos de tramos muy largos e inversiones muy pequeñas con respecto a su longitud. En este caso también esta dispersión corresponde a proyectos para ejecución de obras de sitios inestables en puntos críticos de carretera y no fueron invertidos a lo largo de su longitud.

Podemos observar también que el menor valor de los promedios de inversión por Km es para el mantenimiento en carreteras planas y el mayor valor para carreteras montañas, para lo cual podríamos seguir considerando que las soluciones para

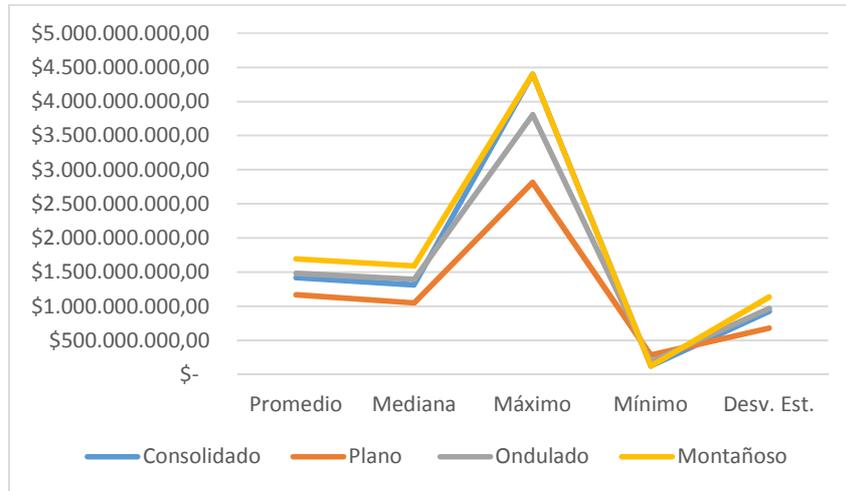


Figura 21. Precio Promedio Mantenimiento km. Datos Programa de Computacional APU (COP\$). Fuente. Programa de Computación creado para la investigación.

La variación promedio para un Km de mantenimiento de vía entre la información estatal y el programa computacional es de 5.6% por lo que se podría decir que los resultados son muy similares en los dos métodos de contraste.

5.6.1.2. Resultados – Capítulos

Tomando la información ANI –INVÍAS tenemos el promedio por cada uno de los capítulos de mantenimiento de esta manera:

Tabla 5. Resumen Porcentual Capítulos promedio en Mantenimiento

| | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Des. Estand. |
|----------------------------------|-------------|--------|----------|-----------|--------------|
| 200- Explanaciones | 8,67% | 8,06% | 8,96% | 9,08% | 0,46% |
| 300-Bases, Sub-bases y Afirmados | 14,51% | 17,01% | 13,47% | 17,89% | 2,07% |
| 400-Pavimentos Asfálticos | 27,21% | 26,79% | 26,95% | 23,43% | 1,79% |
| 500-Pavimentos Concreto | 7,80% | 9,89% | 3,05% | 10,01% | 3,25% |
| 600-Estructuras y Drenajes | 31,90% | 28,09% | 38,66% | 29,12% | 4,76% |
| 700-Señalización y Seguridad | 1,52% | 1,23% | 2,01% | 1,27% | 0,36% |

| | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 800-Obras Varias | 0,69% | 0,68% | 0,57% | 0,86% | 0,12% |
| 900-Transportes | 7,69% | 8,24% | 6,33% | 8,34% | 0,93% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En todos los tipos de terreno el capítulo de más influencia en el Km promedio de mantenimiento es el 600. Estructuras y drenajes, seguido del capítulo 400. Pavimentos asfálticos. Entre ellos suman alrededor de 60% y valdrían alrededor de \$850.000.000 COP para el mantenimiento de un Km de carretera.

La desviación estándar de los datos muestra variaciones importantes en el capítulo 600. Estructuras y drenajes que puede ser considerada por el tipo de obras a realizar y su grado de dificultad e importancia en los diferentes tipos de terreno. En un terreno Ondulado y montañoso las obras de contención y drenajes son más comunes e importante que en un terreno plano o de terraplén.

Si tenemos en cuenta el costo de inversión por kilómetro para todo tipo de terreno y con base en los resultados ANI- INVÍAS tenemos para todo tipo de terreno (consolidado) un Km de mantenimiento de carretera debería estar invertido de la siguiente manera:



Figura 22. Estimación de costos por capítulos para un Km de mantenimiento de carretera Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

5.6.1.3 Resultados – Materiales

Revisando los insumos y materiales del mantenimiento Km promedio de carretera en calzada sencilla y según los datos ANI – Invias tenemos que los materiales que más influyen serían los siguientes:

Tabla 6. Resumen Porcentual Materiales promedio en un Km de Mantenimiento

| Material | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Des. Est. |
|--|-------------|-------|----------|-----------|-----------|
| Acero PDR-60 | 4,69% | 4,20% | 5,79% | 4,61% | 0,68% |
| Concreto hidráulico para pavimento MR-43 | 0,26% | 0,19% | 0,36% | 0,24% | 0,07% |
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | 0,46% | 0,57% | 0,58% | 0,16% | 0,20% |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | 0,09% | 0,08% | 0,05% | 0,15% | 0,04% |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | 5,51% | 3,71% | 5,51% | 9,28% | 2,34% |

| | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Material de base (gradación 1) | 2,45% | 1,64% | 2,89% | 3,59% | 0,82% |
| Material de Sub- Base CBR=20% | 3,35% | 1,79% | 5,20% | 3,87% | 1,41% |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | 2,86% | 2,82% | 2,95% | 3,10% | 0,12% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Estos ocho (8) insumos representan alrededor de 20% del valor total de la inversión en un Km de mantenimiento de vía, siendo el acero y el concreto los insumos más influyentes con un 11% aproximadamente, que representaría una inversión de \$ 155.000.000 Cop en un Km de mantenimiento de carretera. Los demás materiales representan un 35% del valor del mantenimiento de la obra.

La variación de insumos con respecto al tipo de terreno tiene desviaciones muy pequeñas que en muchos casos no superan el 1% por lo que los datos consolidados puede representar la distribución ordinaria de insumos en un Km de mantenimiento de carretera.

En términos de cantidades promedio por Km de mantenimiento tendríamos los siguientes resultados

Tabla 7. Resumen Ponderado de Materiales en un Km de Mantenimiento

| Material | Unidad | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est |
|---|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Acero PDR-60 | Kg | 20.771,81 | 18.596,42 | 25.638,03 | 20.419,10 | 3.009,44 |
| Concreto hidraulico para pavimento MR- 43 | M3 | 175,95 | 118,67 | 175,95 | 296,65 | 74,93 |

| | | | | | | |
|---------------------------------|----|----------|----------|----------|----------|--------|
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | M3 | 90,47 | 60,43 | 106,66 | 132,52 | 30,19 |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | M3 | 115,78 | 61,86 | 179,49 | 133,47 | 48,62 |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | M3 | 91,64 | 90,43 | 94,51 | 99,25 | 3,92 |
| Material de base (gradación 1) | M3 | 1.254,22 | 1.027,47 | 1.644,28 | 1.109,97 | 273,42 |
| Material de Sub-Base CBR=20% | M3 | 1.272,49 | 1.088,44 | 1.683,88 | 960,07 | 315,65 |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | M3 | 502,89 | 415,58 | 730,86 | 325,22 | 173,99 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Si uniéramos los cuatro (4) tipos de concreto que se presentan con mayor incidencia en el promedio de mantenimiento por Km tendríamos 473,84 m³, de los cuales se podría inferir el consumo de cemento, arena para concretos y agregados de trituración necesarios para su elaboración. Es así que con un promedio de 7 sacos por m³ de 50 Kg necesitaríamos 23.692 Kg de cemento por ejemplo.

5.6.1.4. Resultados – Equipos

Si Revisamos la información de los equipos de construcciones necesarias para el mantenimiento de un Km de carretera podríamos tener:

Tabla 8. Resumen Porcentual Equipos promedio en un Km de Mantenimiento

| Equipo o Herramienta | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|---|-------------|-------|----------|-----------|------------|
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m ³ . | 2,05% | 1,74% | 1,76% | 2,56% | 0,38% |
| | 1,06% | 0,87% | 1,26% | 0,88% | 0,18% |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Motoniveladora, potencia 140 HP, ancho de cuchilla 3,66 m, peso 11 Ton. | | | | | |
| Buldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. | 0,98% | 0,68% | 0,91% | 1,44% | 0,32% |
| Compresor 120 HP, con martillo. | 0,78% | 0,72% | 0,74% | 0,80% | 0,04% |
| Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H, velocidad de pavimentación 114 m/min | 0,29% | 0,25% | 0,36% | 0,21% | 0,06% |
| Vibro compactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton. | 0,52% | 0,44% | 0,62% | 0,41% | 0,09% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Estos seis (6) equipos representan alrededor de 3,5% del valor total de la inversión en un Km de mantenimiento de vía, siendo la Retroexcavadora sobre orugas el equipo con mayor incidencia en la inversión de un Km de mantenimiento con aproximadamente una incidencia del 2% y una inversión aproximada de \$ 30.000.000 Cop por Km intervenido.

La variación de insumos con respecto al tipo de terreno tiene desviaciones muy pequeñas que ninguno de los casos superan el 1% por lo que los datos consolidados puede representar la distribución ordinaria de insumos en un Km de mantenimiento de carretera.

5.6.1.5 Resultados – Mano de obra

Tabla 9. Resumen Porcentual Mano de obra promedio en un Km de Mantenimiento

| | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Obrero | 1,35% | 0,76% | 1,67% | 1,54% | 0,40% |
| Oficial | 0,21% | 0,54% | 1,06% | 0,85% | 0,37% |
| Rastrilleros | 0,01% | 0,04% | 0,06% | 0,03% | 0,02% |
| Soldador | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,05% | 0,02% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Los trabajadores que representan el grupo de mano de obra están divididos en 4 ocupaciones o cargos. El obrero es el menor de los rangos, pero el que más tiene incidencia en el costo del mantenimiento de un Km de vía. Los obreros representan un 1.5% aproximadamente del valor de la inversión por Km de mantenimiento con una inversión de \$22.000.000 Cop aproximadamente por Km intervenido.

Es importante anotar que este promedio no incluye el valor de trabajadores indirectos a los proyectos como personal de plantas, personal técnico, conductores, personal especializado de labores especiales.

La variación o desviación estándar para cada uno de los tipos de terreno no es significativa por lo que el valor consolidado o promedio para todos los terrenos podría asumirse como el valor general.

5.6.1.6 Resultados – Transporte

En transporte de materiales e insumos los resultados son:

Tabla 10. Resumen Porcentual Transporte promedio en un Km de Mantenimiento

| Transporte | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|--|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Transporte de acero | 1,63% | 1,32% | 1,79% | 1,58% | 0,20% |
| Transporte de agregados pétreos | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de arena | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de material de afirmado | 0,04% | 0,01% | 0,09% | 0,01% | 0,04% |
| Transporte de Material de Base | 0,01% | 0,01% | 0,02% | 0,00% | 0,01% |
| Transporte de material de excavación | 0,09% | 0,06% | 0,07% | 0,11% | 0,02% |
| Transporte de material de Sub base | 0,23% | 0,19% | 0,25% | 0,18% | 0,03% |
| Transporte de Material Drenante | 0,03% | 0,00% | 0,03% | 0,05% | 0,02% |
| Transporte de material fresado | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de material seleccionado para relleno | 0,04% | 0,03% | 0,05% | 0,05% | 0,01% |
| Transporte de material triturado | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de mezcla | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de Mezcla Densa en Caliente MDC-19 | 0,05% | 0,04% | 0,06% | 0,03% | 0,01% |
| Transporte de Mezcla densa en Caliente MDC-25 | 0,01% | 0,01% | 0,00% | 0,01% | 0,00% |
| Transporte de piedra para gaviones | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,01% | 0,00% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

La mayor incidencia en transporte es el transporte del insumo acero lo cual es concordante con la incidencia del acero como material de mayor influencia en materiales de obra.

El capítulo de transporte en su totalidad no influye de manera significativa en el valor total del Km promedio de mantenimiento alcanzando apenas un 2.13% del valor total. Consideramos que su poca influencia se debe a la falta de discriminación en los análisis de precio unitarios de valores de los materiales y su transporte. En muchos casos el valor incluido en el precio unitario incluye su transporte a la obra lo cual hace distorsionar el valor real del transporte.

5.6.2 Resultados Construcción

5.6.2.1. Resultados – Valor total

Después del cálculo de la información recolectada en la Agencia Nacional de infraestructura y el Instituto Nacional de Vías tenemos los siguientes datos consolidados:

Tabla 11. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Construcción – Invias/ANI

| | Promedio | Mediana | Máximo | Mínimo | Desv. Estándar. |
|---|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Precios indicados en Pesos Colombianos indexados a 2017 | | | | | |
| Consolidado | \$ 7.090.405.989,34 | \$ 5.918.842.811,00 | \$ 15.906.965.862,73 | \$ 1.543.402.178,73 | \$ 3.387.294.133,61 |
| Plano | \$ 5.456.386.707,12 | \$ 5.779.309.126,84 | \$ 9.406.401.774,95 | \$ 1.543.402.178,73 | \$ 2.598.465.108,47 |
| Ondulado | \$ 6.906.557.409,89 | \$ 5.447.239.233,96 | \$ 15.498.639.678,69 | \$ 4.954.907.549,75 | \$ 3.219.514.708,88 |
| Montañoso | \$ 9.966.348.438,71 | \$ 8.904.760.710,38 | \$ 15.906.965.862,73 | \$ 6.344.818.715,75 | \$ 3.647.401.441,06 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En este caso podemos observar que la desviación estándar de los resultados en los tres tipos es muy alto alcanzando en el caso de las vías de tipo ondulado a un 46,6%, esto podría modificar ampliamente el rango de valores totales promedio en los diferentes tipos de intervención, por ejemplo, en la carretera ondulada el valor promedio de mantenimiento estaría entre \$ 3.687.042.701 pesos y \$ 10.126.072.117 pesos.

La dispersión tan alta en los valores promedios se le atribuye a los pocos datos recolectados para este tipo de intervenciones. Este tipo de inversión en construcción de obras nuevas no es tan común en nuestro país como podría ser la intervención en rehabilitación o mantenimiento, lo que hace que los datos por recolectados sean pocos y con altas dispersiones como se muestra en los resultados.

Podemos observar también que el menor valor de los promedios de inversión por Km es para el mantenimiento en carreteras planas, para lo cual podríamos decir que las obras a ejecutarse en este tipo de vías son de menores costos que los de un terreno ondulado o montañoso donde las soluciones de ingeniería requieren grados de dificultad mayores y así mismo mayores inversiones.

De acuerdo a estos resultados también podríamos decir que el aumento de valor promedio entre un carretera de tipo plano a una ondulada es del 20,9% y de una ondulada a una montañoso el aumento en valor es de 30,7%.

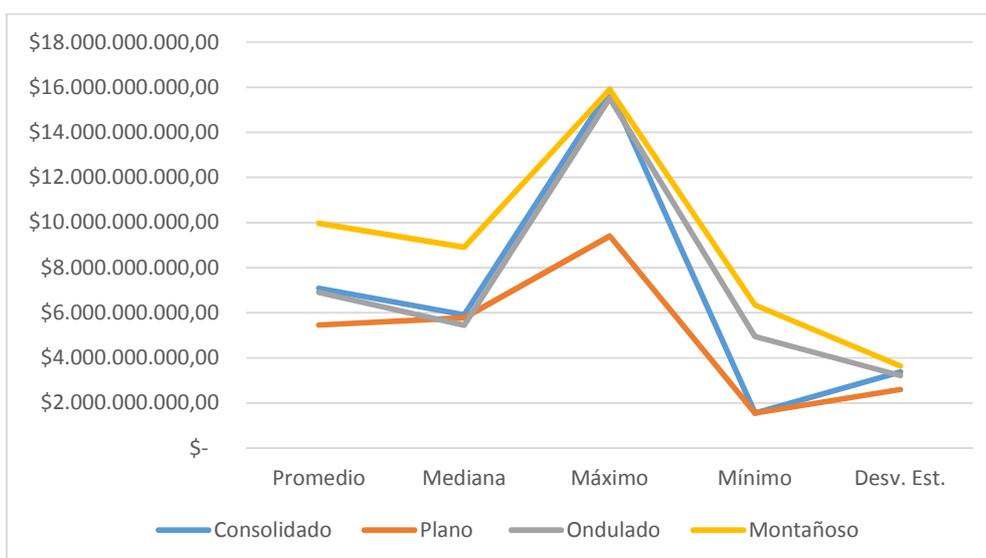


Figura 23. Valor Promedio Construcción por Km. Datos ANI-INVÍAS. Fuente. Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS.

Con respecto a los resultados obtenidos con el programa computacional desarrollado tenemos:

Tabla 12. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Construcción – Programa computacional

| | Promedio | Mediana | Máximo | Mínimo | Desv. Estándar. |
|---|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Precios indicados en Pesos Colombianos indexados a 2017 | | | | | |
| Consolidado | \$ 9.748.407.380,99 | \$ 8.167.426.275,48 | \$ 18.860.253.584,54 | \$ 5.402.936.733,68 | \$ 4.988.656.523,17 |
| Plano | \$ 8.225.558.533,66 | \$ 8.120.526.541,76 | \$ 10.878.452.585,20 | \$ 5.677.696.474,02 | \$ 2.601.968.451,29 |
| Ondulado | \$ 9.290.945.906,78 | \$ 5.801.966.040,21 | \$ 18.228.050.037,48 | \$ 5.402.936.733,68 | \$ 5.771.503.115,93 |
| Montañoso | \$ 12.186.179.176,73 | \$ 9.483.957.936,45 | \$ 18.860.253.584,54 | \$ 8.214.326.009,19 | \$ 5.814.674.815,36 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En este caso podemos observar que la desviación estándar de los resultados aumenta con respecto a los datos obtenidos ANI-INVÍAS, sin embargo tienen la misma distribución ascendente de valores con respecto a la tipología de la vía. El aumento de valor promedio de vías planas a

onduladas es de 11,4% y de vías onduladas a montañosas es de 23,75%

El valor de desviación estándar para todos los tipos de intervención en este caso también es muy alta y da cuenta de la dispersión de datos que se tomaron. En el caso de vías onduladas la desviación estándar alcanza un 37,8%, generando un rango de dispersión entre \$ 3.519.442.791 pesos y \$ 15.062.449.021 pesos

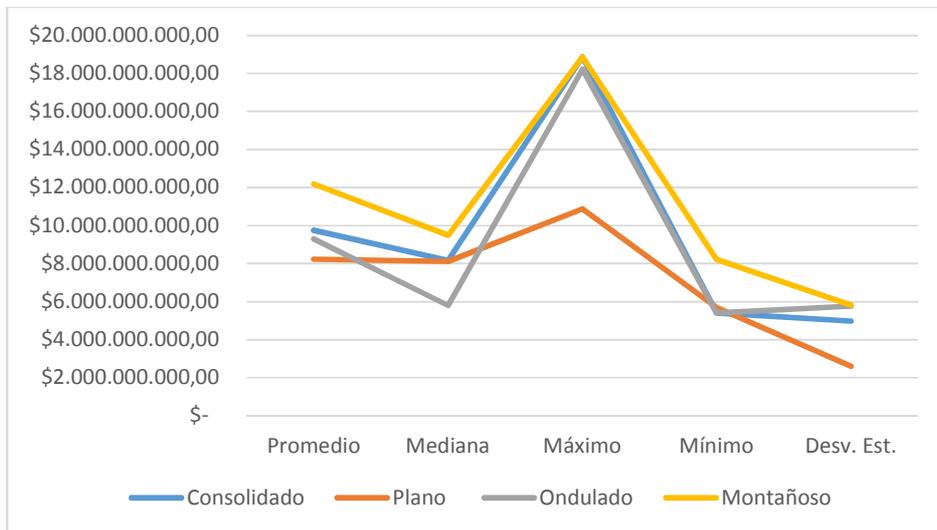


Figura 24. Valor Promedio Construcción por km. Datos Programa de Computación. Fuente. Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS.

La variación promedio para un Km de mantenimiento de vía entre la información estatal y el programa computacional es de 37.48% que da muestra de a dispersión debida a los pocos datos obtenidos.

Otra razón que justifica la dispersión tan alta entre los datos del programa computacional APU y el proporcionado por ANI – INVÍAS es que se utilizaron doce (12) proyectos para el cálculo con el programa computacional y veintiocho (28) proyectos para el cálculo ANI-INVÍAS, por lo cual consideramos que son más confiables los resultados tomados de datos ANI-INVÍAS.

5.6.2.2. Resultados – Capítulos

Tomando la información ANI –INVÍAS de la cual contamos con más datos e información tenemos el promedio por cada uno de los capítulos de construcción de esta manera:

Tabla 13. Resumen Porcentual Capítulos promedio en Construcción

| | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 200- Explanaciones | 20,81% | 12,98% | 18,58% | 15,08% | 3,50% |
| 300-Bases, Sub-bases y Afirmados | 8,70% | 11,18% | 6,48% | 1,83% | 3,97% |
| 400-Pavimentos Asfálticos | 16,72% | 22,55% | 23,34% | 9,99% | 6,19% |
| 500-Pavimentos Concreto | 1,40% | 7,52% | 7,53% | 5,29% | 2,89% |
| 600-Estructuras y Drenajes | 43,47% | 24,35% | 26,44% | 45,53% | 11,09% |
| 700-Señalización y Seguridad | 2,10% | 3,25% | 1,69% | 1,19% | 0,88% |
| 800-Obras Varias | 0,32% | 1,31% | 0,34% | 0,36% | 0,48% |
| 900-Transportes | 6,48% | 2,99% | 8,01% | 0,92% | 3,23% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En todos los tipos de terreno el capítulo de más influencia en el Km promedio de construcción es el 600. Estructuras y drenajes, seguido del capítulo 400. Pavimentos asfálticos. Entre ellos suman alrededor de 50% y valdrían alrededor de \$3.500.000.000 pesos para la construcción de un Km de carretera.

La desviación estándar de los datos muestra variaciones importantes en el capítulo 600. Estructuras y drenajes que puede ser considerada por el tipo de obras a realizar y su grado de dificultad e importancia en los diferentes tipos de terreno. Mientras en terrenos planos el capítulo 600 alcanza el 24,35% en terrenos montañosos alcanza un 45,53%.

Si tenemos en cuenta el costo de inversión por kilómetro para todo tipo de terreno y con base en los resultados ANI- INVÍAS tenemos para todo tipo de terreno (consolidado) un Km de construcción de carretera debería estar invertido de la siguiente manera:



Figura 25. Estimación de costos por capítulos para un Km de construcción de carretera. Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

5.6.2.3 Resultados – Materiales

Revisando los insumos y materiales de construcción de un Km promedio de carretera en calzada sencilla y según los datos ANI – INVÍA tenemos que los materiales que más influyen serían los siguientes:

Tabla 14. Resultados de Insumos y Materiales en la construcción de un km promedio

| Material | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|--|-------------|--------|----------|-----------|------------|
| Acero PDR-60 | 8,91% | 2,96% | 12,91% | 6,12% | 5,09% |
| Concreto hidráulico para pavimento MR-43 | 3,13% | 0,00% | 0,00% | 5,85% | 3,38% |
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | 1,60% | 2,40% | 2,17% | 0,79% | 0,87% |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | 13,35% | 0,64% | 9,80% | 17,31% | 8,35% |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | 4,51% | 2,42% | 6,61% | 2,83% | 2,31% |
| Material de base (gradación 1) | 2,67% | 3,68% | 4,05% | 1,06% | 1,63% |
| Material de Sub- Base CBR=20% | 2,71% | 3,08% | 4,53% | 0,91% | 1,82% |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | 4,72% | 14,43% | 4,27% | 2,32% | 6,51% |
| Mezcla densa en Caliente MDC-25 | 5,25% | 0,00% | 11,33% | 1,17% | 6,23% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Estos nueve (9) insumos representan alrededor de 46,85% del valor total de la inversión en un Km de construcción de vía, siendo el concreto y la mezcla asfáltica los insumos más influyentes con un 32,56% aproximadamente, que representaría una inversión de \$ 2.308.504.000 pesos en un Km de construcción de carretera.

La variación de insumos con respecto al tipo de terreno tiene desviaciones en promedio del 4% por lo que los datos consolidados puede considerarse como confiables y representar la distribución ordinaria de insumos en un Km de construcción de carretera.

En términos de cantidades promedio por Km de construcción tendríamos los siguientes resultados

Tabla 15. Resultados de Cantidades promedio por km de construcción de carretera

| Material | Unidad | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|--|--------|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Acero PDR-60 | Kg | 271.142,64 | 75.954,10 | 374.597,20 | 232.750,92 | 149.383,91 |
| Concreto hidráulico para pavimento MR-43 | M3 | 688 | - | - | 1.605,33 | 926,84 |
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | M3 | 406,6 | 515,16 | 525,49 | 251,52 | 155,28 |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | M3 | 3.167,62 | 128,08 | 2.214,45 | 5.133,96 | 2.514,47 |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | M3 | 992,63 | 449,79 | 1.386,56 | 779,65 | 475,16 |
| Material de base (gradación 1) | M3 | 4.570,93 | 5.318,82 | 6.623,01 | 2.269,54 | 2.234,27 |
| Material de Sub- Base CBR=20% | M3 | 7.125,10 | 6.834,07 | 11.347,79 | 2.999,41 | 4.178,79 |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | M3 | 1.248,33 | 3.218,42 | 1.075,01 | 764,95 | 1.336,03 |
| Mezcla densa en Caliente MDC-25 | M3 | 1.388,62 | - | 2.854,67 | 385,45 | 1.548,91 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Si uniéramos los cuatro (4) tipos de concreto que se presentan con mayor incidencia en el promedio de construcción por Km tendríamos 5.253 m³, de los cuales se podría inferir el consumo de cemento, arena para concretos y agregados de trituración necesarios para su elaboración. Es así que con un promedio de 7 sacos por m³ de 50 Kg necesitaríamos 262.650 Kg de cemento por ejemplo.

Vemos que existe unos valores no usuales en las cantidades de materiales granulares de conformación de la estructura de la vía como base y subbase. En casos planos tenemos cantidades muy superiores que para terrenos montañosos justificado por los terraplenes a construir en el primero, consideramos que en terrenos ondulados este valor tiene un grado de incertidumbre alto.

5.6.2.4 Resultados – Equipos

Si Revisamos la información de los equipos de construcciones necesarias para la construcción de un Km de carretera podríamos tener:

Tabla 16. Resumen Porcentual Equipos promedio en un Km de Construcción

| Equipo o Herramienta | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est |
|--|-------------|-------|----------|-----------|-----------|
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3. | 4,11% | 1,23% | 7,64% | 1,51% | 2,97% |
| Motoniveladora, potencia 140 HP, ancho de cuchilla 3,66 m, peso 11 ton. | 2,44% | 1,44% | 4,81% | 0,51% | 1,85% |
| Buldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. | 1,10% | 7,03% | 0,87% | 3,49% | 2,86% |
| Compresor 120 HP, con martillo. | 1,44% | 0,02% | 0,60% | 2,22% | 0,96% |
| Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H, velocidad de pavimentación 114 m/min | 0,22% | 0,33% | 0,11% | 0,11% | 0,11% |
| Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton. | 0,65% | 2,48% | 0,23% | 1,19% | 0,98% |
| Equipo de perforación (TRACKDRILL), potencia 40 HP, 2100 golpes / minuto | 2,51% | 0,00% | 0,48% | 4,33% | 1,99% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Estos siete (7) equipos representan alrededor de 12,47% del valor total de la inversión en un Km de construcción, siendo la Retroexcavadora sobre orugas el equipo con mayor incidencia en la inversión con una incidencia del 4,11% y una inversión aproximada de \$ 291.415.686 pesos por Km intervenido.

La variación de insumos con respecto al tipo de terreno tiene desviaciones muy pequeñas alrededor del 1%, por lo que los datos consolidados puede representar la distribución ordinaria de insumos en un Km de construcción.

5.6.2.5 Resultados – Mano de obra

Con respecto a mano de obra tenemos:

Tabla 17. Resumen Porcentual Mano de obra promedio en un Km de Construcción

| | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. Est. |
|--------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Obrero | 2,22% | 0,79% | 2,36% | 2,17% | 0,85% |
| Oficial | 1,79% | 0,59% | 2,05% | 1,65% | 0,75% |
| Rastrilleros | 0,04% | 0,04% | 0,05% | 0,02% | 0,02% |
| Soldador | 0,06% | 0,00% | 0,00% | 0,11% | 0,07% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

El obrero es el menor de los rangos, pero el que más tiene incidencia en el costo de construcción de un Km de vía, representando en promedio 2,22% de incidencia y \$ 157.407.012 pesos en inversión.

El bajo grado de incidencia de rastrilleros y soldadores se debe a que en los precios unitarios de estas actividades incluyen dentro de los precios de sus insumos la mano de obra, haciendo muy difícil su cuantificación exacta.

Es importante anotar que este promedio no incluye el valor de trabajadores indirectos a los proyectos como personal de plantas, personal técnico, conductores, personal especializado de labores especiales.

5.6.2.6 Resultados – Transporte

En transporte de materiales e insumos los resultados son:

Tabla 18. Resumen Porcentual Transporte promedio en un Km de Construcción

| Transporte | Consolidado | Plano | Ondulado | Montañoso | Desv. est |
|--|-------------|-------|----------|-----------|-----------|
| Transporte de acero | 3,16% | 1,15% | 4,64% | 2,09% | 1,81% |
| Transporte de material de afirmado | 0,04% | 0,14% | 0,06% | 0,00% | 0,07% |
| Transporte de material de excavación | 0,07% | 0,07% | 0,11% | 0,02% | 0,04% |
| Transporte de material de subbase | 0,16% | 0,18% | 0,26% | 0,05% | 0,11% |
| Transporte de Material Drenante | 0,03% | 0,02% | 0,06% | 0,01% | 0,03% |
| Transporte de material seleccionado para relleno | 0,10% | 0,03% | 0,18% | 0,03% | 0,09% |
| Transporte de Mezcla Densa en Caliente MDC-19 | 0,02% | 0,05% | 0,01% | 0,01% | 0,02% |
| Transporte de Mezcla densa en Caliente MDC-25 | 0,02% | 0,00% | 0,04% | 0,00% | 0,02% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

La mayor incidencia en transporte es el transporte del acero seguido por el transportes de materiales granulares, que representan en conjunto 3,32% de incidencia en el valor total.

El capítulo de transporte en su totalidad no influye de manera significativa en el valor total del Km promedio alcanzando apenas un 3,6% del valor total.

Consideramos que su poca influencia se debe a la falta de discriminación en los análisis de precio unitarios de valores de los materiales y su transporte. En muchos casos el valor incluido en el precio unitario incluye su transporte a la obra lo cual hace distorsionar el valor real del transporte.

5.6.3 Resultados Rehabilitación.

5.6.3.1 Resultados – Valor total

Después del cálculo de la información recolectada en la Agencia Nacional de infraestructura y el Instituto Nacional de Vías tenemos los siguientes datos consolidados:

Tabla 19. Resumen Análisis Estadístico km promedio de Rehabilitación – Invias/ANI

| | Promedio | Mediana | Máximo | Mínimo | Desv. Est. |
|---|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Precios indicados en Pesos Colombianos indexados a 2017 | | | | | |
| Consolidado | \$ 4.118.037.124,14 | \$ 3.132.061.108,14 | \$ 11.182.413.158,76 | \$ 1.532.282.799,39 | \$ 3.380.622.291,47 |
| Plano | \$ 3.534.092.561,31 | \$ 3.534.092.561,31 | \$ 3.567.815.691,36 | \$ 3.500.369.431,25 | \$ 47.691.707,89 |
| Ondulado | \$ 2.336.741.390,33 | \$ 2.327.643.169,23 | \$ 3.451.396.384,51 | \$ 1.532.282.799,39 | \$ 824.637.913,04 |
| Montañoso | \$ 7.476.159.722,36 | \$ 9.440.924.407,24 | \$ 11.182.413.158,76 | \$ 1.805.141.601,09 | \$ 4.987.838.275,93 |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En este caso podemos observar que la desviación estándar de los resultados en los es muy alto en el tipo de vía montañoso con un 66.7%, esto podría modificar ampliamente el rango de valores totales promedio en este tipo de vía. Sin embargo en los otros dos tipos de vías, ondulado y plano la desviación estándar es muy pequeña haciendo que los datos sean muy similares.

La dispersión tan alta en las vías tipo montañoso se le atribuye a los pocos datos recolectados para este tipo de intervenciones.

Podemos observar también que el menor valor de los promedios de inversión es para carreteras onduladas.

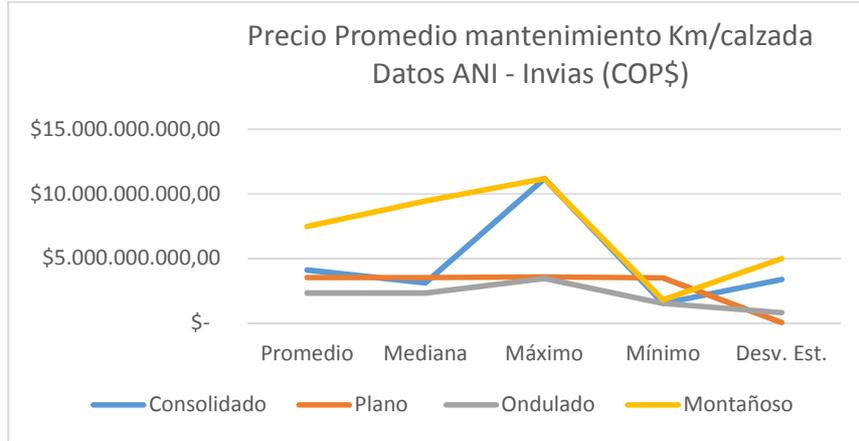


Figura 26. Valor promedio Rehabilitación por Km. Datos ANI/Invias Fuente. Datos ANI e INVÍAS

5.6.3.2. Resultados – Capítulos

Tomando la información ANI –INVÍAS tenemos el promedio por cada uno de los capítulos de rehabilitación de esta manera:

Tabla 20. Resumen Porcentual Capítulos promedio en Rehabilitación

| Capítulo | Consolidado | Plano | Ondulado | Desv. Est |
|----------------------------------|-------------|--------|----------|-----------|
| 200- Explanaciones | 7,27% | 6,58% | 7,96% | 0,97% |
| 300-Bases, Sub-bases y Afirmados | 4,21% | 6,20% | 2,23% | 2,81% |
| 400-Pavimentos Asfálticos | 30,82% | 22,82% | 38,82% | 11,31% |
| 500-Pavimentos Concreto | 30,15% | 28,93% | 31,38% | 1,73% |
| 600-Estructuras y Drenajes | 14,71% | 21,16% | 8,25% | 9,13% |
| 700-Señalización y Seguridad | 5,86% | 7,56% | 4,16% | 2,40% |
| 800-Obras Varias | 7,25% | 7,29% | 7,21% | 0,06% |
| 900-Transportes | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

En todos los tipos de terreno los capítulos de más influencia en el Km promedio son 400. Pavimentos asfálticos y 500. Pavimentos en concreto, seguido del capítulo 600. Estructuras y

drenajes. Entre ellos suman en una vía promedio 75,68% y que representan \$ 3.116.530.495 pesos de inversión de un Km de carretera.

Si tenemos en cuenta el costo de inversión por kilómetro para todo tipo de terreno y con base en los resultados ANI- Invias tenemos para todo tipo de terreno (consolidado) un Km de rehabilitación de carretera debería estar invertido de la siguiente manera:

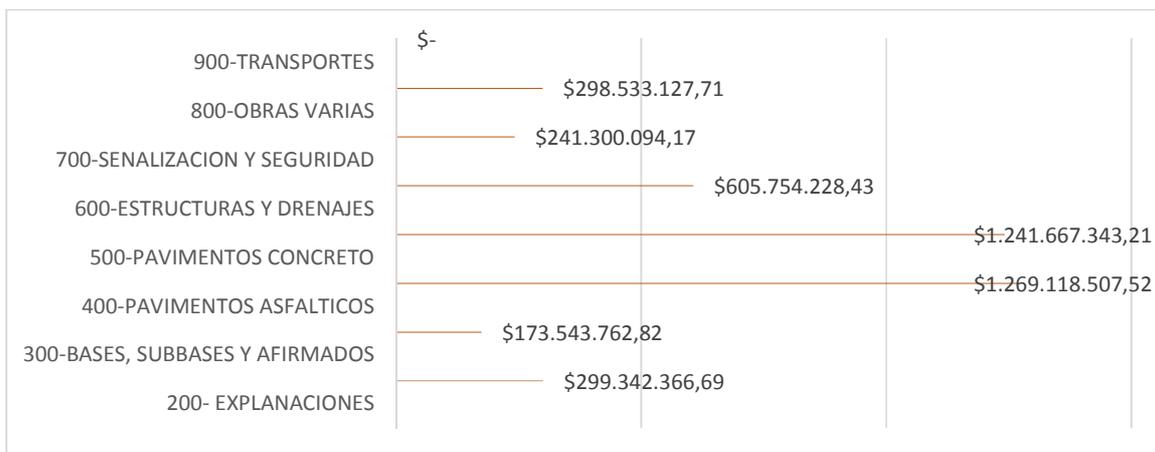


Figura 27. Estimación de costos por capítulos para un Km de rehabilitación de carretera. Fuente: Datos tomados de anexos y resultados de la presente investigación

Capítulo VI

Consideraciones de Decisión

Después de revisar los resultados obtenidos de la tabulación y cálculo podemos observar lo siguiente:

En mantenimiento tenemos donde se tienen la mayoría de datos (45) con respecto a los otros tipos de intervención el promedio de costos totales de los proyectos a utilizar será el calculado con los datos ANI - INVÍAS. El contraste con respecto a los resultados del programa arrojan que la diferencia entre los dos métodos no es significativa por lo que se entiende que ambos resultados son válidos. Todos los datos obtenidos de proyectos de mantenimiento son del Instituto Nacional de Vías – Invias, el cual maneja una especificaciones de construcción diferentes y en muchos casos inferiores a los solicitados por la Agencia Nacional de Infraestructura. Por lo anterior la especificación de un Km de vía de mantenimiento es diferente al mismo Km de vía de construcción o Rehabilitación que está obligado a cumplir lo descrito en la ley 105 de 1993.

Es de anotar que los resultados arrojados por el programa siempre son inferiores a los que se presentan en los proyectos ANI-INVÍAS, esto debido que el cálculo de las distancias para el acarreo de material en el caso del programa computacional se basan en promedios mientras que los análisis de precios unitarios ANI-INVÍAS están implementados en regiones determinadas donde se puede calcular la distancia exacta de acarreo y costo de materiales.

En los proyectos de construcción se tomaron veintiocho (28) datos de los cuales solo doce (12) fueron contrastados con el programa computacional. El resultado de contraste del programa computacional con respecto a los datos ANI - INVÍAS no es significativo por lo que se tomaron

los promedios ANI - INVÍAS como promedios de estudio y para el cálculo de los indicadores finales.

En el caso de los proyectos de rehabilitación se investigaron diez (10) proyectos de los cuales en solo cinco (5) se obtuvieron los datos de los capítulos de ejecución y en ninguno de ellos se obtuvieron los datos de materiales, mano de obra, equipos y transporte.

En ambos casos los datos entregados en valores de moneda son mostrados en pesos Colombianos.

6.1. Creación de Indicadores.

6.1.1. Indicador de costo de inversión por Km

Tabla 21. Indicador de Costo de Inversión por km

| | General | Plano | Ondulado | Montañoso |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Mantenimiento | \$ 1.272.496.334,62 | \$ 1.021.411.971,63 | \$ 1.354.109.562,06 | \$ 1.532.260.438,43 |
| Construcción | \$ 7.090.405.989,34 | \$ 5.456.386.707,12 | \$ 6.906.557.409,89 | \$ 9.966.348.438,71 |
| Rehabilitación | \$ 4.118.037.124,14 | \$ 3.534.092.561,31 | \$ 2.336.741.390,33 | \$ 7.476.159.722,36 |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.2. Indicador de rangos de inversión promedio por Km

Tabla 22. Indicador de Rangos de Inversión Promedio por km.

| | General | | Plano | | Ondulado | | Montañoso | |
|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Mantenimiento | \$ 408.595,69 | \$ 2.136.396,98 | \$ 488.085,43 | \$ 1.554.738,51 | \$ 528.169,19 | \$ 2.180.049,93 | \$ 340.997,33 | \$ 2.723.523,55 |
| Construcción | \$ 3.703.111,86 | \$ 10.477.700,12 | \$ 2.857.921,60 | \$ 8.054.851,82 | \$ 3.687.042,70 | \$ 10.126.072,12 | \$ 6.318.947,00 | \$ 13.613.749,88 |
| Rehabilitación | \$ 737.414,83 | \$ 737.414,83 | \$ 3.486.400,85 | \$ 3.581.784,27 | \$ 1.512.103,48 | \$ 3.161.379,30 | \$ 2.488.321,45 | \$ 12.463.998,00 |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.3. Indicador promedio de capítulos por Km

Tabla 23. Indicador Promedio de Capítulos por km.

| Capítulo | Mantenimiento | | | Construcción | | | Rehabilitación | |
|----------------------------------|---------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|----------------|----------|
| | PLANO | ONDULADO | MONTAÑOSO | PLANO | ONDULADO | MONTAÑOSO | PLANO | ONDULADO |
| 200- Explanaciones | 8,06% | 8,96% | 9,08% | 12,98% | 18,58% | 15,08% | 6,58% | 7,96% |
| 300-Bases, Sub-bases y Afimrados | 17,01% | 13,47% | 17,89% | 11,18% | 6,48% | 1,83% | 6,20% | 2,23% |
| 400-Pavimentos Asfálticos | 26,79% | 26,95% | 23,43% | 22,55% | 23,34% | 9,99% | 22,82% | 38,82% |
| 500-Pavimentos Concreto | 9,89% | 3,05% | 10,01% | 7,52% | 7,53% | 5,29% | 28,93% | 31,38% |
| 600-Estructuras y Drenajes | 28,09% | 38,66% | 29,12% | 24,35% | 26,44% | 45,53% | 21,16% | 8,25% |
| 700-Señalización y Seguridad | 1,23% | 2,01% | 1,27% | 3,25% | 1,69% | 1,19% | 7,56% | 4,16% |
| 800-Obras Varias | 0,68% | 0,57% | 0,86% | 1,31% | 0,34% | 0,36% | 7,29% | 7,21% |
| 900-Transportes | 8,24% | 6,33% | 8,34% | 2,99% | 8,01% | 0,92% | 0,00% | 0,00% |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.4. Indicador incidencia promedio de materiales por KM

Tabla 24. Indicador Incidencia Promedio de Materiales por km.

| Material | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--|---------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Acero PDR-60 | 4,20% | 5,79% | 4,61% | 2,96% | 12,91% | 6,12% |
| Concreto hidraulico para pavimento MR-43 | 3,71% | 5,51% | 9,28% | 0,00% | 0,00% | 5,85% |
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | 1,64% | 2,89% | 3,59% | 2,40% | 2,17% | 0,79% |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | 1,79% | 5,20% | 3,87% | 0,64% | 9,80% | 17,31% |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | 2,82% | 2,95% | 3,10% | 2,42% | 6,61% | 2,83% |
| Material de base (gradación 1) | 4,12% | 6,59% | 4,45% | 3,68% | 4,05% | 1,06% |
| Material de Sub- Base CBR=20% | 2,85% | 4,41% | 2,51% | 3,08% | 4,53% | 0,91% |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | 10,81% | 19,00% | 8,46% | 14,43% | 4,27% | 2,32% |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.5. Indicador costo promedio de materiales por KM

Tabla 25. Indicador Costo Promedio de Materiales por km.

| Material | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Acero PDR-60 | \$ 42.883,76 | \$ 78.379,23 | \$ 70.636,91 | \$ 161.379,32 | \$ 891.914,37 | \$ 609.700,92 |
| Concreto hidráulico para pavimento MR-43 | \$ 37.929,74 | \$ 74.553,24 | \$ 142.235,33 | \$ - | \$ - | \$ 582.858,42 |
| Concreto Resistencia 14 (Mpa) | \$ 16.704,76 | \$ 39.090,09 | \$ 54.954,73 | \$ 131.209,30 | \$ 149.985,49 | \$ 78.982,58 |
| Concreto Resistencia 21 (Mpa) | \$ 18.304,37 | \$ 70.409,49 | \$ 59.245,02 | \$ 34.917,09 | \$ 676.546,42 | \$ 1.725.638,30 |
| Concreto Resistencia 28 (Mpa) | \$ 28.840,87 | \$ 39.961,77 | \$ 47.488,84 | \$ 132.177,13 | \$ 456.612,35 | \$ 282.472,38 |
| Material de base (gradación 1) | \$ 42.046,38 | \$ 89.204,74 | \$ 68.140,28 | \$ 200.543,59 | \$ 279.840,90 | \$ 105.502,09 |
| Material de Sub- Base CBR=20% | \$ 29.088,35 | \$ 59.659,17 | \$ 38.490,15 | \$ 168.277,87 | \$ 313.127,39 | \$ 91.056,67 |
| Mezcla densa en Caliente MDC-19 | \$ 110.367,47 | \$ 257.323,06 | \$ 129.569,16 | \$ 787.530,53 | \$ 294.779,51 | \$ 230.774,37 |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.6. Indicador incidencia promedio de mano de obra por KM

Tabla 26. Indicador de Incidencia Promedio de Mano de Obra por km.

| Mano de Obra | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--------------|---------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Obrero | 0,76% | 1,67% | 1,54% | 0,79% | 2,36% | 2,17% |
| Oficial | 0,54% | 1,06% | 0,85% | 0,59% | 2,05% | 1,65% |
| Rastrilleros | 0,04% | 0,06% | 0,03% | 0,04% | 0,05% | 0,02% |
| Soldador | 0,00% | 0,00% | 0,05% | 0,00% | 0,00% | 0,11% |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.7. Indicador costo promedio de mano de obra por KM

Tabla 27. Indicador de Costo Promedio de Mano de Obra por km.

| Mano de Obra | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Obrero | \$ 7.725,39 | \$ 22.567,10 | \$ 23.660,80 | \$ 43.288,76 | \$ 162.900,33 | \$ 215.960,97 |
| Oficial | \$ 5.485,41 | \$ 14.300,68 | \$ 13.039,28 | \$ 32.245,02 | \$ 141.423,39 | \$ 164.110,11 |
| Rastrilleros | \$ 425,21 | \$ 792,84 | \$ 526,32 | \$ 2.338,91 | \$ 3.728,78 | \$ 1.755,87 |
| Soldador | \$ - | \$ 0,86 | \$ 771,88 | \$ - | \$ - | \$ 11.427,47 |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.8. Indicador incidencia promedio de equipos por KM

Tabla 28. Indicador de Incidencia Promedio de Equipos por km.

| | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|---|---------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3. | 1,74% | 1,76% | 2,56% | 1,23% | 7,64% | 1,51% |
| Motoniveladora, potencia 140 HP, ancho de cuchilla 3,66 m, peso 11 ton. | 0,87% | 1,26% | 0,88% | 1,44% | 4,81% | 0,51% |
| Buldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. | 0,68% | 0,91% | 1,44% | 7,03% | 0,87% | 3,49% |

| | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Compresor 120 HP, con martillo. | 0,72% | 0,74% | 0,80% | 0,02% | 0,60% | 2,22% |
| Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H, velocidad de pavimentación 114 m/min | 0,25% | 0,36% | 0,21% | 0,33% | 0,11% | 0,11% |
| Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton. | 0,44% | 0,62% | 0,41% | 2,48% | 0,23% | 1,19% |
| Equipo de perforación (TRACKDRILL), potencia 40 HP, 2100 golpes / minuto | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,48% | 4,33% |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.9. Indicador costo promedio de equipos por KM

Tabla 29. Indicador de Costo Promedio de Equipos por km.

| | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3. | \$ 17.739,18 | \$ 23.889,42 | \$ 39.231,38 | \$ 67.243,07 | \$ 527.478,33 | \$ 150.751,33 |
| Motoniveladora, potencia 140 HP, ancho de cuchilla 3,66 m, peso 11 ton. | \$ 8.900,95 | \$ 17.099,62 | \$ 13.477,32 | \$ 78.692,44 | \$ 332.504,77 | \$ 50.386,19 |
| Buldozer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. | \$ 6.924,87 | \$ 12.272,47 | \$ 21.993,71 | \$ 383.475,28 | \$ 60.217,08 | \$ 347.871,62 |
| Compresor 120 HP, con martillo. | \$ 7.305,03 | \$ 9.972,81 | \$ 12.253,74 | \$ 1.284,19 | \$ 41.513,89 | \$ 221.186,92 |
| Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M3/H, velocidad de pavimentación 114 m/min | \$ 2.554,38 | \$ 4.824,60 | \$ 3.202,78 | \$ 17.926,17 | \$ 7.404,47 | \$ 11.029,82 |
| Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton. | \$ 4.538,63 | \$ 8.386,07 | \$ 6.354,70 | \$ 135.238,39 | \$ 16.057,38 | \$ 119.047,91 |
| Equipo de perforación (TRACKDRILL), potencia 40 HP, 2100 golpes / minuto | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 32.853,61 | \$ 431.314,37 |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.10. Indicador incidencia promedio de transporte por KM

Tabla 30. Indicador de Incidencia Promedio de Transporte por km.

| | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--|---------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Transporte | 1,32% | 1,79% | 1,58% | 1,15% | 4,64% | 2,09% |
| Transporte de acero | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de agregados pétreos | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de arena | 0,01% | 0,09% | 0,01% | 0,14% | 0,06% | 0,00% |
| Transporte de material de afirmado | 0,01% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de Material de Base | 0,06% | 0,07% | 0,11% | 0,07% | 0,11% | 0,02% |
| Transporte de material de excavación | 0,19% | 0,25% | 0,18% | 0,18% | 0,26% | 0,05% |
| Transporte de material de subbase | 0,00% | 0,03% | 0,05% | 0,02% | 0,06% | 0,01% |
| Transporte de Material Drenante | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de material fresado | 0,03% | 0,05% | 0,05% | 0,03% | 0,18% | 0,03% |
| Transporte de material seleccionado para relleno | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,01% | 0,00% |
| Transporte de material triturado | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de mezcla | 0,04% | 0,06% | 0,03% | 0,05% | 0,01% | 0,01% |
| Transporte de Mezcla Densa en Caliente MDC-19 | 0,01% | 0,00% | 0,01% | 0,00% | 0,04% | 0,00% |

| | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Transporte de Mezcla densa en Caliente MDC-25 | 0,00% | 0,00% | 0,01% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Transporte de piedra para gaviones | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

6.1.11. Indicador costo promedio de transporte por KM

Tabla 31. Indicador de Costo Promedio de Transporte por km.

| | Mantenimiento | | | Construcción | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | Plano | Ondulado | Montañoso | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Transporte | \$ 13.441,73 | \$ 24.296,34 | \$ 24.249,38 | \$ 62.979,75 | \$ 320.647,77 | \$ 208.656,21 |
| Transporte de acero | \$ 2,26 | \$ 14,43 | \$ 21,37 | \$ - | \$ - | \$ - |
| Transporte de agregados pétreos | \$ 11,70 | \$ 38,26 | \$ 12,71 | \$ 86,52 | \$ 267,46 | \$ 78,29 |
| Transporte de arena | \$ 63,22 | \$ 1.222,18 | \$ 82,32 | \$ 7.660,03 | \$ 4.145,50 | \$ - |
| Transporte de material de afirmado | \$ 139,23 | \$ 220,81 | \$ 59,41 | \$ - | \$ - | \$ - |
| Transporte de Material de Base | \$ 633,90 | \$ 892,28 | \$ 1.675,39 | \$ 4.052,28 | \$ 7.763,03 | \$ 2.423,39 |
| Transporte de material de excavación | \$ 1.895,24 | \$ 3.392,04 | \$ 2.765,16 | \$ 10.076,95 | \$ 18.182,59 | \$ 5.386,45 |
| Transporte de material de subbase | \$ 45,16 | \$ 468,69 | \$ 840,04 | \$ 928,73 | \$ 4.422,42 | \$ 1.231,24 |
| Transporte de Material Drenante | \$ 16,93 | \$ 58,12 | \$ 33,84 | \$ - | \$ - | \$ 141,96 |

| | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|
| Transporte de material fresado | \$ 321,34 | \$ 641,40 | \$ 707,07 | \$ 1.535,15 | \$ 12.531,89 | \$ 3.409,22 |
| Transporte de material seleccionado para relleno | \$ 13,98 | \$ 51,01 | \$ 16,95 | \$ 118,30 | \$ 399,87 | \$ 109,54 |
| Transporte de material triturado | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| Transporte de mezcla | \$ 374,00 | \$ 809,69 | \$ 439,06 | \$ 2.668,65 | \$ 998,90 | \$ 782,01 |
| Transporte de Mezcla Densa en Caliente MDC-19 | \$ 58,77 | \$ 0,37 | \$ 151,94 | \$ - | \$ 2.652,58 | \$ 394,05 |
| Transporte de Mezcla densa en Caliente MDC-25 | \$ 14,40 | \$ 46,93 | \$ 78,73 | \$ 18,55 | \$ - | \$ 213,69 |
| Transporte de piedra para gaviones | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |

Fuente: Resultados de la presente investigación.

Conclusiones

A través de este estudio y en cumplimiento de los objetivos planteados, se logró la creación de once (11) diferentes tipos de indicadores de costos e insumos para diferentes tipologías de vías e intervenciones viales las cuales generaron cuadros de indicadores para el uso de ingenieros en la proyección inicial o aproximada de la construcción, mantenimiento o rehabilitación de una vía en Colombia.

Concesionarios, sus contratistas y las empresas industriales de producción de insumos y servicios pueden utilizar los resultados de indicadores de costos e insumos para el mejorar sus procesos logísticos, técnicos, administrativos y financieros mediante la estimación de insumos y servicios requeridos por la creciente inversión en infraestructura vial Colombiana

Así mismo se integra el desarrollo de una herramienta computacional que calcula los insumos de materiales, equipos, mano de obra y transporte de carretera es un avance importante en la estimación de costos e insumos en un proyecto específico de estudio

Este tipo de proyecto y sus resultados alienta a continuar en la carrera hacia el mantenimiento continuo del control administrativo, financiero y técnico de un proyecto vial y sirve como base para futuras investigaciones que ayuden a profundizar en el tema de estudio.

Recomendaciones

Dentro de un Proyecto tan ambicioso como lo fue este, siempre se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda que futuros estudiantes o interesados en el tema de investigación la complementen con diferentes variables como la inclusión de información relacionada con la construcción, mantenimiento o rehabilitación de túneles viales, puentes viales y obras de mantenimiento de taludes, para hacer más amplias las estimaciones de costos en todas las áreas que componen un proyecto vial.

Aunque la información utilizada para el cálculo de indicadores fue suficiente para dar una buena estimación, se recomienda recopilar la información de manera sistemática y anual con la consideración de ampliar por futuros interesados en la investigación la base de datos y dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOMÉ, J. & DI COSTA, G. Análisis del Precio de una Obra. Cuantificación Económica y factores que inciden en ella. Obtenido el 07, 2017 de http://intranet.camarco.org.ar/PortalSocios/DL_Circulares/Capacitaci%C3%B3n%202014/Muestra%20libro%20angelome.pdf P. 91

ARQHYS. (2012). Historia de las carreteras. Revista ARQHYS.com. Obtenido 07, 2017, de <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html>.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID (2014). Desafíos del transporte ferroviario de carga en Colombia

Blog Chile Cubica. Análisis de Precios Unitarios APU. Obtenido 06,2017 de <https://www.chilecubica.com/estudio-costos/a-p-u/>

Cámara Departamental de la Construcción Cochabamba. (2010). Análisis de Precios Unitarios de Referencia para la Construcción. Obras Civiles en el área urbana. Caminos y puentes en el área rural. Redes de agua potable y alcantarillado. Obtenido de <http://www.cadecocbba.com/docs/preciosUnitarios/PU-100118-030018.pdf>

CLAVIJO, S. VERA, A., PARGA, A. & ZAMORA, S. (2014) Las Pymes de Ingeniería y su papel en el sector transporte. Centro de Estudios Económicos Anif

Departamento Administrativo Nacional Estadístico – DANE. Obtenido de www.dane.gov.co

Instituto Nacional de Vías – INVÍAS. Especificaciones Técnicas de Construcción, Invías, 1998.

Instituto Nacional de Vías – INVÍAS. Especificaciones Técnicas de Construcción, Invías, 2002.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Dirección de Arquitectura. Trazabilidad de la obra pública. República Oriental de Uruguay. Obtenido 06, 2017, de <http://www.mtop.gub.uy/arquitectura/trazabilidad>

Página Web Wikipedia. (2017). Recuperado de.

https://es.wikipedia.org/wiki/Desviaci%C3%B3n_t%C3%ADpica

[https://es.wikipedia.org/wiki/Mediana_\(estad%C3%ADstica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Mediana_(estad%C3%ADstica))

Proviás Nacional. (2012). Informe Final, Volúmen No. 7. Reformulación del Estudio Definitivo de la Carretera Ilave - Mazocruz, Tramo: Ilave – San Antonio de Checca. Análisis de Precios Unitarios. Recuperado de <http://gis.proviasnac.gob.pe/Expedientes/2012/LP008/Vol%207%20-%20An%C3%A1lisis%20Precios%20Unitarios.PDF>

YEPES, T. (2014). Inversión requerida para la infraestructura en Colombia. Fedesarrollo, Cámara Colombiana de infraestructura, Findeter.

YEPES, T. RAMÍREZ, J. VILLAR, L. & AGUILAR, J. (2013) Infraestructura de Transporte en Colombia. Fedesarrollo, Cámara Colombiana de infraestructura, Findeter.

Departamento Nacional de Planeación – DNP. Guía Metodológica para la formulación de indicadores, 2009

Departamento Nacional de Planeación – DNP. Manual conceptual de la metodología general ajustada, 2015

ANEXOS

Anexo 1

Proyectos de concesión escogidos para la investigación del Trabajo.

| |
|---|
| CONCESIÓN CARTAGENA BARRANQUILLA |
| CONCESIÓN CHINCHINA MANIZALES |
| CONSTRUCCIÓN DE UNA NUEVA CALZADA EN EL SECTOR CHIRAJARA - FUNDADORES |
| CONCESIÓN MULALO – LOBOGUERRERO |
| CONCESIÓN POPAYAN - SANTANDER DE QUILICHAO TRAMO POPAYAN -PIENDAMO |
| CONCESIÓN POPAYAN - SANTANDER DE QUILICHAO TRAMO PIENDAMO - PESCADOR |
| CONCESIÓN POPAYAN - SANTANDER DE QUILICHAO TRAMO PESCADOR - MONDOMO |

Anexo 2.

Proyectos de mantenimiento y rehabilitación escogidos para la investigación del Trabajo.

| | |
|--|-----------------------------|
| MANTENIMIENTO Y CONSTRUCCIÓN,GESTIÓN PREDIAL,SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CORREDOR VIAL COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE INTERNACIONAL RUMICHACA Y GLORIETA VARIANTE SUR DE IPIALES, INCLUYE VIAS DE ACCESO AL CENTRO BINACIONAL DE ATENCIÓN DE FRONTERA (CEBAF), EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 18.923.684.272,00 |
| MANTENIMIENTO Y PAVIMENTACIÓN, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CORREDOR VIAL GRANADA – SAN CARLOS EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 26.569.821.680,00 |
| MANTENIMIENTO ,GESTIÓN SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA K15-TIERRALTA- SAN PEDRO DE URABA EN DESARROLLO DEL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD” | \$ 41.722.371.386,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VÍA MAYAPO- MANAURE EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD” | \$ 52.942.106.827,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA PUENTE DE BOYACA-SAMACA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 11.964.799.034,00 |
| MANTENIMIENTO GESTIÓN PREDIAL,SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA BAHÍA SOLANO AL CORREGIMIENTO DE EL VALLE EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCO PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 7.615.912.037,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VÍA ASTILLEROS – TIBÚ EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD”. | \$ 16.239.443.047,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL CORREDOR VIAL FACATATIVA -EL ROSAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 20.666.535.286,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO “TRANSVERSAL DE LOS MONTES DE MARIA” ENTRE CARMEN DE BOLIVAR Y CHINULITO EN LOS DEPARTAMENTOS DE BOLIVAR Y SUCRE PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD”. | \$ 31.937.360.328,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA SURATA-CALIFORNIA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 13.579.367.664,00 |

| | |
|---|----------------------|
| MANTENIMIENTO GESTION SOCIAL Y AMBIENTAL MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA CALZADA Y REHABILITACION DE LA CALZADA EXISTENTE DE LA VIA QUE DEL MUNICIPIO DE IBAGUE CONDUCE AL AEROPUERTO PERALES EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD | \$ 16.273.977.836,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CORREDOR TRANSVERSAL DEL CUSIANA PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 77.339.883.454,00 |
| CONSTRUCCION GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA DOBLE CALZADA DEL SECTOR CITRONELA ALTOS DE ZARAGOZA DE LA CARRETERA BUGA-BUENAVENTURA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD | \$ 22.572.084.660,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VIA POPAYAN - TOTORÓ - INZÁ RUTA 2602 SECTOR CÓRDOBA - TOTORÓ -POPAYAN EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 63.804.756.317,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTIÓN SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA VIA QUIBDO-MEDELLIN, SECTOR QUIBDO-EL DIECIOCHO PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 69.994.463.481,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTION SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA VIA QUIBDO-LA VIRGINIA, SECTOR ANIMAS-PUEBLO RICO PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 66.785.234.186,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTION SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA VIA SAN JOSE DEL GUAVIARE - PUENTE NOWEN PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 15.908.983.639,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA CIRCUNVALAR AL GALERAS RUTA 2501B; CEBADAL – YACUANQUER - CONSACA – SANDONA – PASTO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 48.571.709.724,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA MEDIA CANOA - ANSERMA NUEVO - LA VIRGINIA, SECTOR ANSERMANUEVO - LA VIRGINIA, INCLUYE GLORIETA ANSERMANUEVO EN LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE Y RISARALDA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 37.457.146.534,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION SOCIAL PREDIAL Y AMBIENTAL DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA ISLA DE SAN ANDRÉS, INCLUYE ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIÓN DE CICLORUTA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD | \$ 40.512.413.655,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA VIA CIRCUNVALACIÓN DE LA ISLA DE PROVIDENCIA, PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 21.153.637.693,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VIA CIMITARRA - LANDAZURI EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 59.088.218.657,00 |

| | |
|---|-----------------------|
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA ATACO-PLANADAS EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 9.915.262.670,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL CORREDOR VIAL TAME-ARAUCA, EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 60.064.572.258,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACION GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA LA TEBAIDA - PUEBLO TAPAO – MONTENEGRO EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 29.166.844.695,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA CALZADA Y REHABILITACION DE LA CALZADA EXISTENTE DE LA VIA AEROPUERTO EL EDEN - CLUB CAMPESTRE – ARMENIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDIO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 32.288.702.829,00 |
| MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VÍA GUÁTICA- PUENTE UMBRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE RISARALDA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 18.863.253.548,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VÍA IRRA-QUINCHÍA EN EL DEPARTAMENTO DE RISARALDA PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 13.931.746.579,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL,SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA SALAMINA FUNDACION EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 58.930.188.559,00 |
| MANTENIMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCION, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE DOS RETORNOS UBICADOS EN EL ANILLO VIAL GIRON -FLORIDABLANCA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 4.128.016.584,00 |
| MANTENIMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCION PASO NACIONAL POR MONTENEGRO EN EL DEPARTAMENTO DE QUINDIO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 18.270.455.202,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL EN EL CORREDOR VILLAGARZÓN - SAN JOSÉ DEL FRAGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 20.710.270.892,00 |
| MANTENIMIENTO GESTIÓN SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO CORREDOR MARGINAL DE LA SELVA DESDE FLORENCIA HASTA PUERTO RICO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 75.270.554.289,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO CORREDOR DEL SUR PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 102.308.002.196,00 |

| | |
|---|------------------------------|
| MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO TRONCAL CENTRAL DEL NORTE PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 60.046.862.214,00 |
| "CONSTRUCCIÓN GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL TRAMO No. 4 SECTOR CISNEROS LOBOGUERRERO DE LA CARRETERA BUGA - BUENAVENTURA RUTA 40 EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 24.735.906.965,00 |
| MANTENIMIENTO GESTIÓN PREDIAL,SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA MALAGA - LOS CUROS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 77.844.230.896,00 |
| MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA VÍA DE ACCESO AL PUERTO DE BARRANQUILLA DESDE LA CIRCUNVALAR DE LA PROSPERIDAD HASTA EL CORREDOR PORTUARIO EN EL DISTRITO DE BARRANQUILLA DEPARTAMENTO DE ATLANTICO PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD | \$ 75.826.101.936,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE SEGUNDAS CALZADAS, INTERSECCIONES Y MANTENIMIENTO DEL CORREDOR VIAL EXISTENTE HONDA - MANIZALES EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 175.101.840.116,00 |
| MANTENIMIENTO GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA CARRETERA EL VIAJANO - SAN MARCOS, INCLUYE ACCESOS AL NUEVO PUENTE SAN JORGE (GUAYEPO) EN LOS DEPARTAMENTOS DE CORDOBA Y SUCRE PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 110.978.686.685,00 |
| MANTENIMIENTO GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA CALZADA DE LA CARRETERA CARTAGENA-BARRANQUILLA EN LOS DEPARTAMENTOS DE BOLIVAR Y ATLANTICO PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 80.004.873.971,00 |
| MANTENIMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCION, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LA PROLONGACION DE LA PARALELA ORIENTAL DE LA AUTOPISTA FLORIDABLANCA – BUCARAMANGA, TRAMO T.C.C. - MOLINOS ALTOS EN EL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER, PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD" | \$ 12.902.107.675,00 |
| MANTENIMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCION , GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE LOS TERCEROS CARRILES DE ADELANTAMIENTO TRAMO ANAPOIMA – BALSILLAS Y SEGUNDA CALZADA TRAMO BALSILLAS – MOSQUERA, PARA LA AMPLIACION DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA CARRETERA CHÍA – MOSQUERA – GIRARDOT, SECTOR MOSQUERA – ANAPOIMA, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, PARA EL PROGRAMA "VÍAS PARA LA EQUIDAD". | \$ 521.718.395.794,00 |

| | |
|--|-----------------------------|
| “MANTENIMIENTO GESTIÓN SOCIAL, PREDIAL Y AMBIENTAL DEL PROYECTO "TRANSVERSAL DE BOYACA" TRAMOS OTANCHE - CHIQUINQUIRA (RUTA 6007) Y CRUCE RUTA 45 (DOS Y MEDIO) - OTANCHE (RUTA 6006). EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, PARA EL PROGRAMA "VIAS PARA LA EQUIDAD” | \$ 87.573.702.580,00 |
| “MANTENIMIENTO GESTIÓN SOCIAL, PEDIAL Y AMBIENTAL DEL CIRCUITO TURÍSTICO DEL SUR DEPARTAMENTO DEL HUILA, SECTOR OBANDO-CRUCE A ISNOS, ISNOS – BORDONES, PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD”. | \$ 48.615.126.035,00 |

Anexo 3.

CD con el Programa de Computación v.1.

Anexo 4.

CD Tabulaciones datos ANI- Invias

Anexo 5.

CD Resultados programa computacional