

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PROPIEDAD DE LA  
MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE OBRAS  
VIALES POR PARTE DEL EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA**

**JHON FREDY RINCÓN MORANTES  
YUBER ANDRÉS SIERRA TUTA**



**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2015**

**DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PROPIEDAD DE LA MAQUINARIA DE  
CONSTRUCCIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE OBRAS VIALES POR PARTE  
DEL EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA**

**JHON FREDY RINCÓN MORANTES**  
rinjho5@gmail.com  
**YUBER ANDRÉS SIERRA TUTA**  
yubsierra83@hotmail.com

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Magister en Infraestructura Vial**

**Director Trabajo de Grado**  
**Ing. LAUREN IGUARAN SALINAS**  
**Directora Maestría Construcción Obras Viales**  
laureniguaran@usantotomas.edu.co



**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL**  
**BOGOTÁ D.C.**  
**2015**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director de Proyecto.  
**Ing. LAUREN IGUARAN SALINAS**

---

Firma de Estudiante  
**Ing. JHON FREDY RINCON MORANTES**

---

Firma de Estudiante  
**Ing. YUBER ANDRÉS SIERRA TUTA**

Bogotá,

Día	Mes	Año
-----	-----	-----

Agradezco a Dios, mi esposa, mi hija y a mi familia, por ser fuente continúa de inspiración, apoyo y colaboración; forjando en mí, el deseo de preparación y mejoramiento continúa tanto personal como profesional, que conllevan hoy al logro de este importante objetivo.

Jhon Fredy Rincón Morantes

Doy gracias a Dios por la vida; a mis padres y hermanas por la educación, apoyo y consejos. A mis docentes y amigos, quienes sin su ayuda incondicional, fortaleza y respaldo nunca hubiera podido culminar con éxito esta meta propuesta en mi vida. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi corazón.

Yuber Andrés Sierra Tuta

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos nuestros agradecimientos por su apoyo incondicional, por brindarnos las herramientas necesarias, por sus aportes de conocimientos y experiencias para elaborar este trabajo de grado y hacer posible el desarrollo del presente trabajo especialmente a las entidades relacionadas a continuación:

- Universidad Santo Tomas – Facultad de Ingeniería – Maestría en Infraestructura vial.
- Ejército Nacional - Jefatura de Ingenieros Militares del Ejército Nacional por su apoyo al programa de becas para la preparación continúa de sus militares y profesionales.
- A los docentes de la Maestría en Infraestructura Vial por la sabiduría y los conocimientos infundidos en el desarrollo del postgrado.
- Y a todas las personas que de una u otra manera apoyaron y colaboraron en el desarrollo y perfeccionamiento del presente trabajo; ya que sin su valiosa colaboración no se hubiera culminado satisfactoriamente esta labor.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Resumen .....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Formulación.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. General .....	5
2.2. Específicos .....	5
3. JUSTIFICACIÓN .....	6
4. MARCO DE REFERENCIA.....	7
4.1. Marco de contexto.....	7
4.1.1. Misión de los Ingenieros Militares.....	8
4.1.2. Visión de los Ingenieros Militares .....	8
4.1.3. Obras y maquinaria de los Ingenieros Militares .....	9
4.1.4. Administración de Activos Fijos por parte del Estado .....	10
4.1.5. Ejecución de los Recursos.....	11
4.2. Antecedentes .....	12
4.2.1. Tipología de carreteras.....	12
4.2.2. Tipos de proyectos.....	14
4.2.3. Actividades del presupuesto general de Obra.....	20
4.3. Marco Legal o Normativo .....	22
4.4. Marco Teórico .....	24
4.4.1. Tarifa horaria.....	25
4.4.1.1. Costos de propiedad o posesión .....	26
4.4.1.2. Costo de operación.....	28
4.4.2. El desgaste en la maquinaria.....	28
4.4.3. Análisis de Precios Unitarios .....	29
4.4.4. Presupuesto de obra.....	30

5.	METODOLOGÍA .....	31
5.1.	Tipo de investigación y enfoque. ....	31
5.2.	Diseño metodológico de la investigación. ....	31
5.3.	Objeto de Estudio.....	33
5.4.	Instrumentos. ....	33
6.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	34
6.1.	Tarifa horaria.....	34
6.1.1.	Costos de propiedad o posesión: .....	34
6.1.2.	Costos de operación:.....	38
6.1.3.	Resultados Tarifa Horaria:.....	41
6.2.	Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.).....	45
6.2.1.	Equipo.....	45
6.2.2.	Materiales en la Obra .....	46
6.2.3.	Transportes .....	47
6.2.4.	Mano de Obra.....	48
6.3.	Presupuesto general de obra.....	49
7.	DIAGNÓSTICO .....	57
7.1.	Proyectos de Construcción.....	58
7.2.	Proyectos de Mejoramiento.....	59
7.3.	Proyectos de Rehabilitación .....	60
8.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	62
8.1.	Programa para el cálculo del costo de propiedad o posesión .....	62
8.2.	Edición del Programa .....	65
8.2.1.	Edición valores de Maquinaria .....	66
8.2.2.	Edición costos de Materiales.....	69
8.2.3.	Edición costos de Mano de Obra.....	70
8.2.4.	Edición Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.).....	70
8.2.5.	Edición Cantidades de Obra.....	71
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Proyectos Ejecutados por Ingenieros Militares desde el 2008.....	9
Tabla 2 Equipo propiedad de Ingenieros Militares. ....	9
Tabla 3 Tipologías de carreteras según “Estructura de costos para proyectos de carreteras” .....	14
Tabla 4 Especificaciones por tipo de proyecto .....	15
Tabla 5 Hipótesis cantidades de obra por tipología.....	18
Tabla 6 Cuadro No. 2 Hipótesis de cálculo para las obras de drenaje por kilómetro. ....	19
Tabla 7 Cuadro No. 2 Hipótesis de cálculo para las obras de drenaje por kilómetro. Cantidades de Obra.....	20
Tabla 8 Actividades Presupuesto de Obra.....	20
Tabla 9 Estructura de costos en el Presupuesto General de una Obra Vial .....	25
Tabla 10 Tarifas del Impuesto al Patrimonio .....	36
Tabla 11 Costo de llantas por máquina.....	39
Tabla 12 Factores básicos del tren de rodaje.....	40
Tabla 13 Tarifas horarias para Maquinaria propiedad del Ejército Nacional .....	42
Tabla 14 Tarifas horarias para Maquinaria propiedad de la Empresa Privada .....	43
Tabla 10 Ejemplo cálculo de los costos del Equipo en los A.P.U .....	45
Tabla 11 Ejemplo cálculo de los costos del material en los A.P.U.....	46
Tabla 12 Ejemplo cálculo de los costos del transporte en los A.P.U.....	47
Tabla 18 Análisis de Precios Unitarios. Transporte de material .....	48
Tabla 19 Costos mano de obra Ejército Nacional y empresa privada.....	48
Tabla 20 Ejemplo cálculo de los costos de la mano de obra en los A.P.U.....	49
Tabla 21 Actualización actividades Presupuesto de Obra .....	51
Tabla 22 Ejemplo cálculo porcentaje costo de propiedad del equipo para obras del Ejército Nacional.....	54
Tabla 23 Costos Directos por km y % de propiedad del equipo para obras del Ejército Nacional.....	57
Tabla 24 Costos Directos por km y % de propiedad del equipo para obras Empresa Privada.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organización Jefatura de Ingenieros Militares. ....	8
Figura 2 Cuadro General de Costos en Administración de Maquinaria .....	26
Figura 3 Metodología de la Investigación.....	32
Figura 4 Grafica Tarifa Horaria Maquinaria Civiles Vs. Ejército Nacional .....	44
Figura 5 Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de construcción .	59
Figura 6 Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de mejoramiento	60
Figura 7 Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de rehabilitación	61
Figura 8 Selección tipo de vía programa.....	62
Figura 9 Selección tipo de intervención .....	62
Figura 10 Selección topografía .....	63
Figura 11 Selección tipo de proyecto .....	63
Figura 12 Selección tipo de subcategoría para proyectos de mejoramiento.....	63
Figura 13 Resultado tipología de proyecto.....	63
Figura 14 Vista general del programa para el cálculo del % de posesión .....	64
Figura 15 Vista general panel de edición de los parámetros de cálculo .....	65
Figura 16 Tarifas Horarias Equipo de Construcción .....	67
Figura 17 Cálculo de las Tarifas Horarias Equipo de Construcción.....	68
Figura 18 Edición Materiales en la Obra .....	69
Figura 19 Edición Análisis de Precios Unitarios .....	71
Figura 20 Edición Cantidades de Obra .....	72

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1.** Tarifas Horarias Equipo de Construcción
- ANEXO 2.** Análisis de Precios Unitarios Ejército
- ANEXO 3.** Análisis de Precios Unitarios Empresa Privada
- ANEXO 4.** Presupuesto por Tipología Ejército
- ANEXO 5.** Presupuesto por Tipología Empresa Privada
- ANEXO 6.** Flujograma uso programa
- ANEXO 7.** Carta de presentación por parte de Ingenieros Militares

## GLOSARIO

- **A.I.U.:** Sigla para los costos indirectos que refiere a los gastos por concepto de Administración, Imprevistos y Utilidad.
- **ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (A.P.U.):** Comprende varios conceptos (insumos y cargos monetarios) y determinados requerimientos con los cuales depende llevar a término un elemento de trabajo en cuestión.
- **COSTO DE OPERACIÓN:** Costos directos variables para operar y mantener productiva la máquina.
- **COSTO DE POSESIÓN:** Costos fijos de tener una máquina o un motor durante todo su ciclo de vida útil.
- **COSTO DE PROPIEDAD:** Es el costo directo total de un producto a lo largo de su ciclo de vida completo.
- **DEMÉRITO:** Suceso o circunstancia que reduce el valor o mérito de la maquinaria.
- **DESGASTE:** Deterioro progresivo de las piezas de la maquinaria como consecuencia del uso o del roce.
- **IDU:** Instituto de Desarrollo Urbano.
- **INVIAS:** Instituto Nacional de Vías.
- **PRESUPUESTO:** Es un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros, que debe llevarse a cabo en determinado tiempo y bajo ciertas condiciones previstas.
- **REPOSICIÓN DE MAQUINARIA:** Valor de la maquinaria que se debería pagar por su adquisición si en un momento dado se decidiera vender.
- **TARIFA HORARIA:** Es el valor total del costo de propiedad y el costo de operación.

## RESUMEN ANALÍTICO EJECUTIVO

### 1. IDENTIFICACIÓN

#### 1.1 Título

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE PROPIEDAD DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE OBRAS VIALES POR PARTE DEL EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA

#### 1.2 Autores

Teniente JHON FREDY RINCÓN MORANTES  
Ingeniero YUBER ANDRES SIERRA TUTA

#### 1.3 Nombre de los Tutores

##### Temático

Ingeniera LAUREN IGUARAN SALINAS

#### 1.4 Programa

Maestría en Infraestructura Vial

#### 1.5 Área de énfasis

La línea de investigación es simulación, modelación y análisis de datos en problemas complejos de Ingeniería Civil; y el método de investigación que se usará para esta investigación es el “Estudio de Caso”.

#### 1.6 Institución a la cual se presenta el trabajo

Universidad Santo Tomas

#### 1.7 Lugar y fecha de edición

Bogotá, 09 de Marzo de 2015

### **1.8 Número de páginas**

Desde la introducción hasta Bibliografía son: 80 páginas

## **2. ANÁLISIS**

### **2.1 Palabras claves o descriptores**

COSTO DE POSESIÓN

COSTO DE PROPIEDAD

COSTO DE OPERACIÓN

DEMÉRITO

DESGASTE

REPOSICIÓN DE MAQUINARIA

TARIFA HORARIA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO

### **2.2 Resumen o descripción breve del trabajo**

Para incrementar la capacidad operativa, los Ingenieros Militares descuentan o cobran, entre los costos directos de las obras, un porcentaje (%) de demérito, desgaste y reposición de maquinaria (así llamado al interior de la institución a los costos de propiedad o posesión). Lo que se buscó con este trabajo es darle un fundamento técnico a dicho porcentaje, dependiendo de los distintos tipos de proyectos que ejecuta el Ejército Nacional, con base en un ejercicio que hizo el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en el año 2002.

Con el fin de determinar dicho porcentaje, se estudió los análisis de precios unitarios de distintas tareas para las obras viales, y de esta forma

se halló la incidencia del costo de posesión de la maquinaria en el coste de la tarifa horaria del equipo usado en cada una de las actividades.

### **2.3 Contenido**

El contenido del presente trabajo de investigación inicia con la formulación del problema, los objetivos y una justificación de la importancia que tiene el determinar el Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército. Para ello los autores plantearon un Marco de Referencia compuesto por el marco de contexto, antecedentes, marco legal o normativo, marco teórico donde desarrollan la parte teórica del trabajo con lo que respecta a los Ingenieros Militares del Ejército Nacional y todos los componentes de un Presupuesto de Obra.

Por otro lado se plasma una metodología, un análisis de la información, el diagnóstico del trabajo práctico hecho por los estudiantes; como último plantean una propuesta de intervención.

### **2.4 Metodología**

La línea de investigación del trabajo de grado es la de simulación, modelación y análisis de datos en problemas complejos de Ingeniería Civil; y el método de investigación que se usó para esta investigación es el “Estudio de Caso”, ya que analizó una problemática actual de los Ingenieros Militares, mediante el análisis de presupuestos de obra viales en distintos tipos de proyectos (construcción y mejoramiento), en diferentes terrenos (plano, ondulado, montañoso y escarpado), con el fin de determinar el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo de construcción para obras que ejecute el Ejército Nacional, ya que se

necesita como una herramienta de negociación en los diferentes convenios o contratos interadministrativos.

Los instrumentos que se usaron fueron documentos y estudios realizados por el Ministerio de Transporte; además de los manuales, trabajos de grado, normas y especificaciones vigentes para las vías; así:

- *Listado de precios de compra de maquinaria del Ejército Nacional*
- *Manual de diseño de geométrico de carreteras*
- *Especificaciones INVIAS 2007.*
- *Base de datos del INVIAS*
- *Especificaciones IDU.*
- *Directivas de Ingenieros Militares.*
- *Cartilla de la CCI sobre tarifas de arrendamiento para equipos de construcción.*
- *Texto Universitario “administración y empleo del equipo” ESING*
- *Software Microsoft Excel.*

## **2.5 Conclusiones y recomendaciones del trabajo**

En general, se puede decir que el Estado a través de los Ingenieros Militares del Ejército Nacional subsidian en sus obras costos directos importantes, iniciando por la tarifa horaria de la maquinaria, en donde los precios más bajos por importación del equipo, los valores de los seguros (asociados directamente al precio del bien), el no cobro de: impuestos, estacionamiento, bodegaje y costos de operación (sueldos de operadores); finalmente hacen que esta tarifa sea más baja en comparación con la empresa privada.

De acuerdo con las tarifas horarias calculadas para las máquinas del Ejército Nacional, son menores que las de una empresa privada, ya que la diferencia radica en que el Estado subsidia la maquinaria y estos gastos no son cargados a los costos directos de la obra. Hablando en porcentajes, el Ministerio de Defensa Nacional por cada equipo pesado que se usa en obra, subsidia entre un 11% al 33% de la tarifa horaria dependiendo la máquina; que posteriormente se ve representado en mayor cantidad de obra ejecutado.

De igual forma se pudo identificar que el porcentaje de propiedad o posesión del equipo (demérito, desgaste y reposición para el caso del Ejército Nacional) dentro de la tarifa horaria, no tiene un comportamiento estandarizado, ya que cada máquina posee un porcentaje distinto de incidencia de este índice, valores que pueden oscilar entre el 10% y el 80%, tanto para el Ejército Nacional como para la empresa privada.

Las incidencias específicas del costo de propiedad o posesión (demérito, desgaste y reposición) de la maquinaria para proyectos de construcción, mejoramiento y rehabilitación, conllevan a realizar las siguientes conclusiones:

Para la categoría de proyectos de construcción, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila en un rango entre el 11% y el 19% de los costos directos de la obra; mientras que para una empresa privada estos varían entre un 11.5% al 20.5%, mostrando un punto y medio (1.5%) por encima del Ejército Nacional, lo que se traduce en que a los privados les cueste más poseer sus propios equipos, en algunas de las tipologías ya que para las tipologías 7, 8, 10,11, 14,15 y 16, a los Ingenieros Militares les cuesta más que a la empresa privada.

Por otro lado, para los proyectos de mejoramiento, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila entre el 8% y un 14% de los costos directos de la obra; para la empresa privada están entre un 8% y un 16%. En este tipo de obras, al Ejército Nacional si le cuesta menos poseer el equipo con respecto a una empresa privada; además se puede identificar que en promedio, con respecto a los proyectos de construcción, estos costos representan una reducción del 4% aproximadamente, debido a la menor incidencia de la maquinaria en las actividades propias de la obra.

Por último, para los proyectos de rehabilitación, los porcentajes de costo de propiedad o posesión de la maquinaria para el Ejército Nacional tienen los valores más bajos con respecto a los dos proyectos anteriormente mencionados con un 3.5%, así como un valor máximo del 17.5%; por otro lado a la empresa civil en este tipo de proyectos tienen un porcentaje mínimo y máximo del 3.3%, 19.2% respectivamente.

Para terminar se puede concluir que los Ingenieros Militares en este momento pueden justificar y demostrar a los demás entes gubernamentales que dentro de sus costos directos, el poseer la maquinaria representa en el más bajo de los escenarios un 3.5% y en el mayor un 19% aproximadamente; por lo cual deben reconocer estas incidencias monetariamente para que el Ejército Nacional continúe con su capacidad operativa.

## **2.6 Fuentes Bibliográficas**

- CÁMARA COLOMBIANA DE LA INFRAESTRUCTURA. Manual tarifas de arrendamiento para equipos de construcción. Colombia. 2009.

- CONPES, Renovación de la administración Pública: Programa para la Gestión Eficiente de Activos Públicos. Fase I: Activos Fijos – Inmobiliarios; 2003.
- CULTURAL S.A. Camiones y Vehículos Pesados, Reparación y Mantenimiento. ED. Cultural S.A. Tomo I., México D.F., México. 2001. pp. 120-133
- ENCICLOPEDIA MCGRAW-HILL de Ciencia y Tecnología. Tomo 1. Ed. McGraw-Hill. New York, EE.UU. - 1991
- ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES. Administración y empleo del equipo. Bogotá D.C., Colombia, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Colombia, 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Colombia, 2008.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE – DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. Estructura de Costos para Proyectos de Carreteras. Colombia, 2002.
- NICHOLS, Herbert L. Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada, Segunda Edición. McGraw-Hill Interamericana. México, 1999. 1010p.
- PUBLICACIÓN DE CATERPILLAR INC. Improving Fuel System Durability: Publicación SENR9620. Peoria, Illinois, EE.UU. Diciembre de 2000. Pp. Completo.
- PUBLICACIÓN DE CATERPILLAR INC., Manual de Rendimiento de Caterpillar. Peoria, Illinois, EE.UU. Enero de 2002.
- SINGH, Sanjiv. El estado del arte en la automatización de movimiento de tierras, en revista ASCE de ingeniería aeroespacial, vol. 10, No. 4, octubre de 1997, pp 1-29.



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como fin buscar una herramienta que permita al Ejército Nacional tomar decisiones de carácter gerencial, teniendo en cuenta el rol que tienen hoy en día los Ingenieros Militares en la consolidación de las operaciones militares por medio de proyectos de desarrollo social y comunitario en todo el territorio nacional, en la búsqueda constante de la paz, mediante la construcción de obras de infraestructura que mejoran las condiciones de vida de la población vulnerable. Teniendo en cuenta lo anterior, el Ministerio de Defensa Nacional celebra convenios y contratos interadministrativos con entes estatales como lo son alcaldías, gobernaciones, ministerios, entre otros con el fin aunar esfuerzos y llevar progreso a estas áreas.

Para la realización de cualquier obra se incurre en unos costos directos de obra entre los cuales se encuentra los costos de propiedad y los de operación de la maquinaria y el equipo. En el caso del Ejército Nacional, por poseer sus propios equipos de construcción y sus operadores, sus costos directos se reducen en ítems como la depreciación, intereses, impuestos, seguros, estacionamiento, bodegaje y salarios. Teniendo en cuenta lo anterior la mayoría de estos factores pertenecen al costo de propiedad o posesión, los Ingenieros Militares históricamente en todo convenio o contrato interadministrativo que celebra cobra un porcentaje del 9,72%, que fue calculado como un índice para incrementar su capacidad operativa en los Macro-proyectos de consolidación territorial, donde se sumó toda la necesidad de maquinaria a adquirir y se dividió por el presupuesto total de dicho convenio.

Esta investigación busca formular una herramienta mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en la cual se pueda calcular el porcentaje de demerito, desgaste y reposición (así llamado al interior de la institución a los costos de



## **Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército**

propiedad o posesión) que deben tener en cuenta los Ingenieros Militares en los presupuestos de sus proyectos de construcción y/o mejoramiento de vías, dependiendo de factores como tipo de proyecto y tipo de terreno; con el fin de dar un sustento técnico al porcentaje que se cobra hoy en día.



## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Resumen

El Ejército Nacional, a través de los Ingenieros Militares, realiza obras civiles con el objetivo de llevar a las comunidades más apartadas y afectadas por la violencia en el territorio nacional, proyectos de infraestructura que beneficiarán a los habitantes de las mismas, consolidando el control territorial y fortaleciendo el estado social de derecho.

Teniendo en cuenta lo anterior, las diferentes instituciones del gobierno nacional, como alcaldías, gobernaciones, ministerios, entre otras entidades estatales, celebran convenios y contratos interadministrativos con el fin de aunar esfuerzos para realizar obras en las zonas vulnerables del territorio nacional, en donde el Ejército Nacional aporta su personal militar y su capacidad técnica para desarrollar los proyectos, cuyo beneficio está en incrementar su capacidad operativa y experiencia técnica, para cubrir más requerimientos.

Para incrementar la capacidad operativa, los Ingenieros Militares descuentan o cobran entre los costos directos de las obras que hacen un porcentaje (%) de demerito, desgaste y reposición de maquinaria (así llamado al interior de la institución a los costos de propiedad o posesión). Lo que se busca con este trabajo es darle un fundamento técnico a dicho porcentaje, dependiendo de los distintos tipos de proyectos que ejecuta el Ejército Nacional, con base en un ejercicio que hizo el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en el año 2002.

Con el fin de determinar dicho porcentaje, se deberán estudiar los análisis de precios unitarios de distintas tareas para las obras viales, que se hayan licitado con el Estado, y de esta forma hallar la incidencia del costo de posesión de la



maquinaria en el coste de la tarifa horaria del equipo usado en cada una de las actividades.

## 1.2. Planteamiento del problema

Como resultado, se plantea la inquietud hallar un índice con la información recolectada y analizada, para definir como hipótesis: *“El Ejército Nacional, a través de los Ingenieros Militares, tiene determinado un porcentaje de demerito, desgaste y reposición de maquinaria sobre el presupuesto general de las obras, que actualmente es inferior al costo de posesión que está incluido en la tarifa horaria del equipo, lo cual le hace perder capacidad operativa”*

## 1.3. Formulación

Habiendo definido el problema de la investigación este grupo busca resolver con este trabajo la siguiente pregunta:

*¿Cuál debe ser el porcentaje apropiado del costo de propiedad incluido en la tarifa horaria para el equipo de construcción, de propiedad del Ejército Nacional, en el presupuesto general de las obras viales que ejecutan los Ingenieros Militares?*

### ***Variables Independientes:***

- Costo de la maquinaria de propiedad del Ejército Nacional
- Tipo de proyecto
- Tipo de terreno

### ***Variables Dependientes:***

- Presupuesto de obras por tipo de vías
- Costo de posesión
- Tarifa Horaria
- Análisis de Precios Unitarios



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. General

Determinar el porcentaje del costo de propiedad del equipo de construcción en el presupuesto general de la obra, para distintos tipos de proyectos viales que ejecuta el Ejército Nacional.

### 2.2. Específicos

- a) Calcular la tarifa horaria de los distintos tipos de equipo de construcción que tiene el Ejército Nacional.
- b) Investigar y recolectar presupuestos de distintos tipos de proyectos de vías.
- c) Elaborar los Análisis de Precios Unitarios para las distintas actividades del presupuesto general de una Obra, teniendo en cuenta la influencia del costo de propiedad de la maquinaria del Ejército Nacional sobre cada actividad.
- d) Diseñar una matriz de porcentajes de incidencia del costo de posesión en el presupuesto general de obra para el Ejército Nacional, para los diferentes tipos de carreteras.



### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene vital importancia para el Ejército Nacional – Jefatura de Ingenieros, ya que en el presente se está deduciendo un porcentaje del 9,72% sobre todo convenio o contrato interadministrativo que se celebre para la ejecución de obras viales, este valor no obedece a un cálculo técnico, históricamente el primer porcentaje que se aplicó fue del 7% y con la necesidad de incrementar la capacidad operativa, se aumentó dicho valor hasta el actual, teniendo en cuenta solo el valor de la maquinaria que se necesitaba comprar para un frente y este se dividió sobre el presupuesto general del convenio.

Es necesario generar una matriz que relacione los diferentes tipos de proyectos existentes y regularizados por el Ministerio de Transporte, con el fin de estandarizar el porcentaje que descuenta la Jefatura de Ingenieros del Ejército Nacional para el demérito, desgaste y reposición de maquinaria que emplea en sus obras viales, entendiéndose que es un costo directo de obra cuya incidencia, se quiere determinar para mantener e incrementar la capacidad operativa de los Ingenieros Militares.

Por otro lado, al plantearse la hipótesis de *“El Ejército Nacional, a través de los Ingenieros Militares, tiene determinado un porcentaje de demérito, desgaste y reposición de maquinaria sobre el presupuesto general de las obras, que actualmente es inferior al costo de posesión que está incluido en la tarifa horaria del equipo, lo cual le hace perder capacidad operativa”*, se asume que los Ingenieros Militares están dejando de crecer técnica y operativamente al no percibir recursos por ese concepto.

Dicha matriz se puede convertir en una herramienta vital para la negociación de futuros convenios que haga el Ministerio de Defensa con el sector público, demostrando con argumentos las deducciones que se hagan a dichos contratos.



## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. Marco de contexto

La Fuerzas Militares tienen soportada su finalidad primordial en la Constitución Política del Colombia, en el capítulo 7, artículo 217. Teniendo en cuenta lo anterior, el Ejército Nacional define como su misión constitucional, conducir operaciones militares, orientadas a defender la soberanía, la independencia y la integridad territorial, para contribuir a generar un ambiente de paz y seguridad que coadyuve al progreso de la nación.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Ejército Nacional realiza operaciones militares de Acción Integral, para lo cual emplea como herramienta a los Ingenieros Militares, entre otras especialidades propias de la Fuerza, para lograr dichos objetivos misionales.

Los Ingenieros Militares son un cuerpo especializado del Ejército Nacional de Colombia que se ocupa de diversas áreas en el campo de ingeniería militar y civil. Desarrollan proyectos de construcción de instalaciones militares y obras en beneficio de la comunidad, actividades de apoyo humanitario en zonas de emergencia, protección del medio ambiente, neutralización de artefactos explosivos y desminado.

A continuación, la Figura 1 presenta la estructura administrativa de los Ingenieros Militares, donde se pueden observar entre las Direcciones que cumplen misiones misionales y de apoyo, las dos Direcciones encargadas de liderar los trabajos hacia la comunidad, como lo son la Dirección de Proyectos y Consolidación (DIRCO) y la Dirección Gestión del Riesgo de Desastres (DIGER).



Figura 1. Organización Jefatura de Ingenieros Militares.



Para enmarcar los trabajos que se realizan para la comunidad, dentro de su misión y visión los Ingenieros Militares se comprometen con el desarrollo nacional, como se puede observar a continuación.

#### 4.1.1. Misión de los Ingenieros Militares

Realizar tareas de movilidad, contra-movilidad, supervivencia y trabajos generales de ingenieros, para apoyar la maniobra militar y el desarrollo nacional.

#### 4.1.2. Visión de los Ingenieros Militares

A 2020 los Ingenieros Militares constituirán un cuerpo profesional con capacidad para garantizar el apoyo ante cualquier tipo de amenazas y contribuir de manera integral al desarrollo estratégico del Estado.



### 4.1.3. Obras y maquinaria de los Ingenieros Militares

Teniendo en cuenta los cinco proyectos definidos por el INVIAS (construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico), el Ejército Nacional a través de los Ingenieros Militares, han participado en diversos proyectos viales, de los cuales en los últimos seis años desarrollaron obras de construcción y mejoramiento de carreteras, lo que constituye las condiciones iniciales de la presente investigación. A continuación se puede observar la participación que se ha tenido en estos dos tipos de proyectos:

**Tabla 1** Proyectos Ejecutados por Ingenieros Militares desde el 2008

Tipo de Proyecto	Cantidad	Valor
Construcción	15	\$ 349,091,139,349.00
Mejoramiento	68	\$ 231,219,723,763.00
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>\$ 580,310,863,112.00</b>

Fuente: Jefatura de Ingenieros

Los Ingenieros Militares en la actualidad cuentan con 1056 máquinas (como se puede observar en la Tabla 2), las cuales están ubicadas en 59 frentes de obra a nivel nacional. Todas estas obras se hacen para recuperar las zonas vulnerables del territorio nacional. Como el Ejército Nacional a través de los Ingenieros Militares, para atender tantos frentes, necesita mantener e incrementar su capacidad operativa, por ello es importante que a estas obras se le descuente el porcentaje de demerito, desgaste y reposición de maquinaria que sea realista, justo y efectivo.

**Tabla 2** Equipo propiedad de Ingenieros Militares.

Unidad	LS	LM	FS	Total
Terminadora de asfalto	6	1	1	8
Irrigador de asfalto	8			8
Track drill			1	1
Compactador de llantas	6		2	8
Vibrocompactador	62	8	1	71



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Unidad	LS	LM	FS	Total
Vibrocompactador doble tándem	6			6
Vibrocompactador tractable	12	1		13
Cargador sobre llantas	32	7	7	46
Retroexcavadora	53	5	3	61
Excavadora sobre orugas	57	11	1	69
Motoniveladora	63	6	5	74
Tractor agrícola	14		1	15
Tractor sobre orugas	54	10	20	84
Barreminas	8	1		9
Carrotanque de agua	24	1	2	27
Carrotanque de combustible	20	1	3	24
Remolque tanque agua	5			5
Camabaja	48	6	4	58
Cama alta	14	1	1	16
Camión tractor (tractomula)	55	1	9	65
Semirremolque de volteo			1	1
Camión de puentes 20T	10		2	12
Volqueta 3 ejes	168	13	1	182
Volqueta 2 ejes	36	8	15	59
Trituradora primaria	3		2	5
Fresadora de pavimento	1			1
Carro de perforación	5			5
Grúa hidráulica	27	5	3	35
Montacargas	1	1	1	3
Mini cargador	46	8	1	55
Carro taller	24		2	26
Unidad de lubricación	4			4
<b>Total</b>	<b>867</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>1056</b>

Fuente: Jefatura de Ingenieros

#### 4.1.4. Administración de Activos Fijos por parte del Estado

El Estado debe garantizar sistemas de gestión eficiente de los activos fijos, que maximicen el retorno económico y social de la inversión. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la administración de los activos por parte del Estado se ha



enfocado en precarios procedimientos de registro, conservación y mantenimiento de los inmuebles, dando como resultado deficiencias en la gestión de activos fijos.

Así las cosas, el Ejército Nacional de Colombia – Jefatura de Ingenieros Militares tomó como política rescatar un porcentaje del valor de los proyectos viales de Consolidación, para cubrir el deterioro de aquellos activos fijos utilizados en las actividades constructivas, con el ánimo de conservar y/o reponer dichos activos; en el cumplimiento del documento CONPES “Programa para la gestión Eficiente de activos públicos” que reza los siguiente.

“... las limitaciones presupuestales y legales en la adquisición de inmuebles necesarios para la operación de entidades estatales, conllevan frecuentemente a erogaciones por el pago de arrendamientos sin tener en cuenta los inventarios de inmuebles disponibles. Esta situación se refleja en el resultado de un sondeo de la planta física de las entidades públicas, que muestra que existen serias deficiencias en la asignación de los activos públicos”<sup>1</sup>

#### **4.1.5. Ejecución de los Recursos**

La ejecución de los recursos provenientes de los convenios y contratos interadministrativos que celebra el Ejército Nacional con otras entidades se ha manejado de las siguientes formas:

- a) Dentro del convenio o contratos se establece un operador logístico como lo es Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo, FONADE, Instituto para el Desarrollo de Antioquia IDEA o la Agencia Logística de las Fuerzas Militares AGLOG, para que contrate los bienes y servicios necesarios para la ejecución de la obra.

---

<sup>1</sup> CONPES, Renovación de la administración Pública: Programa para la Gestión Eficiente de Activos Públicos. (Fase I: Activos Fijos – Inmobiliarios; 2003)



- b) La otra forma que se utiliza es la del ingreso del recurso a las arcas del Ejército Nacional y en la Jefatura de Ingenieros y/o Unidades Tácticas, se contratan los bienes y servicios para la obra.

Generalmente, los Ingenieros Militares para la ejecución de la obra hacen un plan de compras que se compone de los siguientes Ítems principales:

- a) Demérito, desgaste y reposición de maquinaria.
- b) Gastos Logísticos.
- c) Gastos Administrativos.
- d) Costos de Construcción.

## **4.2. Antecedentes**

Los antecedentes de este trabajo radican principalmente en el Ministerio de Transportes y la entonces Dirección General de Carreteras, desde la cual se generó un documento como herramienta de apoyo para los procesos de planificación, evaluación y toma de decisiones, en su texto llamado “Estructura de Costos para Proyectos de carreteras”, en el año 2012.

### **4.2.1. Tipología de carreteras**

Como el país cuenta con variables considerables a la hora de hacer proyectos viales, el texto arriba mencionado realizó una clasificación por tipologías representativas, en donde tuvo en cuenta la funcionalidad, las condiciones topográficas del terreno y el tipo de superficie de rodadura de las vías.

Entonces, de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, del



INVIAS 2008, las carreteras se clasifican principalmente así:

- Primarias: Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.

Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.

- Secundarias: Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

- Terciarias: Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.

Teniendo en cuenta lo anterior y la clasificación de las carreteras según el tipo de terreno, el estudio guía definió las siguientes 16 tipologías de vías, así:



Tabla 3 Tipologías de carreteras según “Estructura de costos para proyectos de carreteras”

TOPOGRAFÍA	FUNCIONALIDAD			
	Primaria	Secundaria		Terciaria
	Pavimentada	Pavimentada	Afirmado	Afirmado
<b>Terreno Plano</b> Máxima pendiente transversal 0-5% Mínimo movimiento de tierras Máxima pendiente longitudinal 0-3%	1	5	9	13
<b>Terreno Ondulado</b> Máxima pendiente transversal 6-13% Moderado movimiento de tierras Máxima pendiente longitudinal 3-6%	2	6	10	14
<b>Terreno Montañoso</b> Máxima pendiente transversal 13-40% Grandes movimientos de tierras Máxima pendiente longitudinal 6-8%	3	7	11	15
<b>Terreno Escarpado</b> Máxima pendiente transversal >40% Máximo movimientos de tierras Máxima pendiente longitudinal >8%	4	8	12	16

Fuente: Autores

Para este caso específico, este trabajo de grado tendrá en cuenta que los Ingenieros Militares solo intervienen corredores de las tipologías 5 al 16 por lo que se limitará el estudio a las zonas resaltadas en amarillo del anterior cuadro.

#### 4.2.2. Tipos de proyectos

Teniendo en cuenta que los Ingenieros Militares solo trabajan en dos tipos de proyectos, como lo son los de construcción y de mejoramiento de vías, se extractan del documento base (Estructura de Costos para Proyectos de carreteras) las especificaciones de cada uno de los proyectos a realizar, para calcular el del índice objeto de estudio, ya que allí se definen las actividades y las cantidades de obra supuestas a ejecutar en un kilómetro de vía por tipo de proyecto y tipología, como se muestra en la Tabla 4.



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Tabla 4 Especificaciones por tipo de proyecto

TIPO DE PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES PARA CADA TIPOLOGÍA
CONSTRUCCIÓN	Es el conjunto de todas las obras de infraestructura a ejecutar en una vía proyectada, exceptuando la construcción de puentes y túneles en un tramo faltante mayor al 30 % de una vía existente y/o en variantes.	<p>La estructura de pavimento para las tipologías 1 a 8 propuestas será:</p> <p>Concreto asfáltico, espesor 0.125 m.            Base granular espesor 0.20 m.            Subbase granular espesor 0.35 m.</p>
MEJORAMIENTO	Consiste básicamente en el cambio de especificaciones y dimensiones de la vía, para lo cual se hace necesario la construcción de obras en la infraestructura existente, que permitan una adecuación de la vía a los niveles de servicio requeridos por el tránsito actual y el proyectado.	<p>TIPOLOGÍA 1: Ampliación de carriles de 3.30 m. a 3.65 m. y bermas de 0.5 m a 1.8 m. En 500 m fresado del pavimento existente y reposición del concreto asfáltico e=0.125 m. En los 500 m restantes parcheo y sellamiento de fisuras. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 2: Ampliación de carriles de 3.30 m. a 3.65 m. y bermas de 0.5 m. a 1.8 m. En 500 m fresado del pavimento existente y reposición del concreto asfáltico e=0.125 m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 3: Ampliación de carriles de 3.30 m. a 3.65 m. y bermas de 0.5 m. a 1.8 m. En 500 m fresado del pavimento existente y reposición del concreto asfáltico e=0.125 m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 4: Ampliación de carriles de 3.30 m. a 3.65 m. y bermas de 0.5 m. a 1.8 m. En 500 m fresado del pavimento existente y reposición del concreto asfáltico e=0.125 m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 5: Rectificación y mejoramiento de alineamientos, fresado del pavimento existente, colocación de 0.5 m de terraplén, 0.25 m de subbase, 0.20 m de base y concreto asfáltico de e=0.07 m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 6: Rectificación y mejoramiento de alineamientos, fresado del pavimento existente, colocación de 0.25 m de subbase, 0.20 m de base y concreto asfáltico de e=0.07 m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p>



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

TIPO DE PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES PARA CADA TIPOLOGÍA
		<p>TIPOLOGIA 7: Rectificación y mejoramiento de alineamientos, fresado del pavimento <math>e=0.07</math> m, colocación de 0.25 m de subbase, 0.20 m de base y concreto asfáltico de <math>e=0.07</math> m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGÍA 8: Rectificación y mejoramiento de alineamientos, fresado del pavimento <math>e=0.07</math> m, colocación de 0.25 m de subbase, 0.20 m de base y concreto asfáltico de <math>e=0.07</math> m. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2).</p> <p>TIPOLOGIA 9: Rectificación y mejoramiento de alineamientos. Colocación de 0.5 m de terraplén. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Para estructura de pavimento se tendrán en cuenta las siguientes opciones: A. Concreto asfáltico <math>e=0.07</math> m, base granular <math>e=0.20</math> m y subbase granular <math>e=0.25</math> m.            B. Tratamiento superficial doble, base granular <math>e=0.25</math> m y subbase granular <math>e=0.30</math> m.            C. Base grava emulsión <math>e=0.12</math> m, base granular <math>e=0.10</math> m, subbase <math>e=0.25</math> m.            D. Base grava cemento <math>e=0.15</math> m, subbase granular <math>e=0.25</math> m.</p> <p>TIPOLOGIA 10: Rectificación y mejoramiento de alineamientos. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Para la estructura de pavimento se tendrán en cuenta las siguientes opciones: A. Concreto asfáltico <math>e=0.07</math> m, base granular <math>e=0.20</math> m y subbase granular <math>e=0.25</math> m.            B. Tratamiento superficial doble, base granular <math>e=0.25</math> m y subbase granular <math>e=0.30</math> m.            C. Base grava emulsión <math>e=0.12</math> m, base granular <math>e=0.1</math> m, subbase <math>e=0.25</math> m.            D. Base grava cemento <math>e=0.15</math> m, subbase granular <math>e=0.25</math> m.</p> <p>TIPOLOGÍA 11: Rectificación y mejoramiento de alineamientos. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Para la estructura de pavimento se tendrán en cuenta las siguientes opciones: A. Concreto asfáltico <math>e=0.07</math> m, base granular <math>e=0.20</math> m y subbase granular <math>e=0.25</math> m.            B. Tratamiento superficial doble, base granular <math>e=0.25</math> m y subbase granular <math>e=0.30</math> m.            C. Base grava emulsión <math>e=0.12</math> m, base granular <math>e=0.1</math> m, subbase <math>e=0.25</math> m.</p>



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

TIPO DE PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES PARA CADA TIPOLOGÍA
		<p>D. Base grava cemento e= 0.15 m, subbase granular e=0.25 m.</p> <p>TIPOLOGÍA 12 : Rectificación y mejoramiento de alineamientos. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Para la estructura de pavimento se tendrán en cuenta las siguientes opciones:            A. Concreto asfáltico e= 0.07 m, base granular e=0.20 m y subbase granular e=0.25 m.            B. Tratamiento superficial doble, base granular e=0.25 m y subbase granular e= 0.30 m.            C. Base grava emulsión e=0.12 m, base granular e=0.1 m, subbase e=0.25 m.            D. Base grava cemento e=0.15 m, subbase e=0.25 m.</p> <p>TIPOLOGÍA 13: Máximo el 30 % de la longitud de la vía está por construir, y/o rectificación y mejoramiento del alineamiento. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Estabilización de afirmado con las siguientes opciones:            A. Enzimas e = 0.20 m            B. Cemento e = 0.20 m</p> <p>TIPOLOGÍA 14: Máximo el 30 % de la longitud de la vía está por construir, y/o rectificación y mejoramiento del alineamiento. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Estabilización de afirmado con las siguientes opciones:            A. Enzimas e = 0.20 m            B. Cemento e = 0.20 m</p> <p>TIPOLOGÍA 15: Máximo el 30 % de la longitud de la vía está por construir, y/o rectificación y mejoramiento del alineamiento. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Estabilización de afirmado con las siguientes opciones:            A. Enzimas e = 0.20 m            B. Cemento e = 0.20 m</p> <p>TIPOLOGÍA 16: Máximo el 30 % de la longitud de la vía está por construir, y/o rectificación y mejoramiento del alineamiento. Considera la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2). Estabilización de afirmado con las siguientes opciones:            A. Enzimas e=0.20 m            B. Cemento e=0.20 m</p>

Fuente: Estructura de costos para proyectos de carreteras



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

A continuación se muestran las hipótesis establecidas por el texto “Estructura de Costos para Proyectos de carreteras” para la determinación de las cantidades de obra por kilómetro, aplicables al trabajo de grado.

Tabla 5 Hipótesis cantidades de obra por tipología

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TIPOLOGÍA											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ALTURA DE TERRAPLEN	m.	1,0	0,4	0,3	0,2	1,0	0,4	0,3	0,2	1,0	0,5	0,3	0,3
VOLUMEN TERRAPLEN	m3	13000	5200	4000	3000	11500	5000	3500	2500	7500	3500	2500	2000
ANCHO DE CORONA	m.	10	8,60	8,60	8,60	10	8,60	8,60	7,60	6	6	6	6
ANCHO CALZADA	m.	7,0	6,60	6,60	6,60	7,0	6,60	6,60	6,60	5	5	5	5
ANCHO BERMA	m.	1,50	1,0	1,0	1,0	1,50	1,0	1,0	0,50	0,5	0,5	0,5	0,5
ESPESOR BERMA	m.	0,05	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
VOLUMEN BERMA	m3	150	100	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-
ANCHO CUNETETA	m.	-	0,8	0,8	0,50	-	0,5	0,5	0,50	0,5	0,5	0,5	0,5
ALTURA AFIRMADO	m.	-	-	-	-	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20
VOLUMEN AFIRMADO	m3	-	-	-	-	1800	1700	1700	1700	1000	1000	1000	1000
ALTURA DE SUB-BASE	m.	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
VOLUMEN DE SUBBASE	m3	2650	2400	2400	2400	-	-	-	-	-	-	-	-
ALTURA DE BASE	m.	0,20	0,20	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
VOLUMEN BASE	m3	2000	1800	1800	1800	-	-	-	-	-	-	-	-
ESPESOR PAVIMENTO	m.	0,07	0,07	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
VOLUMEN PAVIMENTO	m3	490	462	462	462	-	-	-	-	-	-	-	-
PENDIENTE TALUD:	TERRAPLEN	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5
EXCAVACION O TERRAPLEN	CORTE	-	1:1	1:1	2:1	-	1:1	1:1	2:1	-	1:1	1:1	2:1
ALTURA CORTE	m.	0	<3	<6	>6	0	<3	<6	>6	0	<3	<5	>5
EXCAVACION EN ROCA	%	0	10	20	40	0	10	20	40	0	10	20	40
ALCANTARILLAS D=36"	UND	5	7	10	12	5	7	10	12	3	5	7	10

Fuente: Estructura de costos para proyectos de carreteras



Teniendo en cuenta que en la Tabla 4 “Especificaciones por tipo de proyecto” hacen referencia a la construcción de obras de drenaje previstas en las hipótesis de cálculo (cuadro No. 2) del texto “Estructura de Costos para Proyectos de carreteras”, los siguientes son los supuestos.

Tabla 6 Cuadro No. 2 Hipótesis de cálculo para las obras de drenaje por kilómetro.

<b>CUADRO No. 2</b>				
<b>TIPO DE PROYECTO</b>	<b>PORCENTAJE RESPECTO A LAS OBRAS CONSIDERADAS COMO HIPOTESIS DE CÁLCULO</b>			
CONSTRUCCIÓN	100%			
MEJORAMIENTO	60%			
REHABILITACIÓN	30%			
MANTENIMIENTO PERIÓDICO	10%			
MANTENIMIENTO RUTINARIO	0%			
TIPO DE OBRA / DIMENSIONES	CANTIDAD CONSIDERADA			
	PLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO	ESCARPADO
BOX CULVERT*** sección = 3 X 4 h relleno = 1-2m	2 Box	2 Box	2.5 Box	2.5 Box
MUROS CONTENCIÓN REFORZADOS*** h= 4.0 L= 50.0 m	–	0.5 Muro	1 Muro	2 Muros
MUROS CONTENCIÓN POR GRAVEDAD h= 4.0 L= 50.0 m	–	0.5 Muro	2 Muro	3 Muros
GAVIONES 6 m3/ml	–	10 ml	20 ml	40 ml
CUNETAS CONCRETO CLASE F e= 0.15m ancho=1.5 m	–	400 ml	800 ml	1000 ml
FILTROS SECCIÓN = 0.5 X 0.4	–	100 ml	300 ml	500 ml
OBRAS EN CONCRETO CLASE F	10% Concreto Clase D	10% Concreto Clase D	10% Concreto Clase D	10% Concreto Clase D
TIPO DE OBRA / DIMENSIONES	ITEM		UNIDAD	CANTIDAD
BOX CULVERT*** sección = 3 X 4 h relleno = 1-2m	CONCRETO CLASE D ACERO REFUERZO GRADO 60		m3 / ml Kg / ml	4.46 188
MUROS CONTENCIÓN REFORZADOS*** h= 4.0 L= 50.0 m	CONCRETO CLASE D ACERO REFUERZO GRADO 60		m3 / ml Kg / ml	1.92 45.5
MUROS CONTENCIÓN POR GRAVEDAD h= 4.0 L= 50.0 m	CONCRETO CLASE G		m3 / ml	3.4
GAVIONES 6 m3/ml	GAVIONES		m3 / ml	6
CUNETAS CONCRETO CLASE F e= 0.15m ancho=1.5 m	CONCRETO CLASE F		m3 / ml	0.225
FILTROS SECCIÓN = 0.5 X 0.4	FILTROS		m3 / ml	0.2

Fuente: Estructura de costos para proyectos de carreteras. Magda B. -Gerardo A/Alexandra P./hipótesis

\*\*\* FUENTE: OBRAS DE DRENAJE Y PROTECCIÓN PARA CARRETAS Ing. Maco Jaramillo G



**Tabla 7** Cuadro No. 2 Hipótesis de cálculo para las obras de drenaje por kilómetro. Cantidades de Obra

<b>CUADRO No. 2</b>										
TIPOLOGÍA	CONCRETO CLASE D (m3)	CONCRETO CLASE F (m3)	ACERO DE REFUERZO 60 (kg)	ACERO DE REFUERZO 37 (kg)	CONCRETO CLASE G (m3)	GAVIONES (m3)	CUNETAS (m3)	FILTROS (m3)	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL (m3)	RELLENO ESTRUCTURAL (m3)
5	89	9	3,760	376	0	0	0	0	45	31
6	226	23	8,658	866	85	60	90	20	266	186
7	319	32	11,675	1,168	170	120	180	60	485	339
8	415	42	13,950	1,395	340	240	225	100	703	492
9	89	9	3,760	376	0	0	0	0	45	31
10	226	23	8,658	866	85	60	0	20	176	123
11	319	32	11,675	1,168	170	120	0	60	305	213
12	415	42	13,950	1,395	340	240	0	100	478	334
13	54	5	2,256	226	0	0	0	0	27	19
14	155	16	5,650	565	85	60	0	20	140	98
15	230	23	7,915	792	170	120	0	60	260	182
16	326	33	10,190	1,019	340	240	0	100	433	303

Fuente: Estructura de costos para proyectos de carreteras. Magda B. -Gerardo A/Alexandra P./hipótesis

Por lo anterior se tienen calculadas las cantidades de obra tanto para el movimiento de tierras como para las obras de arte, de tal forma que los autores del texto guía prosiguieron a definir detalladamente las actividades a realizarse para la construcción de la carretera, como se podrá apreciar en el siguiente numeral.

#### 4.2.3. Actividades del presupuesto general de Obra

Se definieron las actividades que componen el presupuesto General de Obra, así:

**Tabla 8** Actividades Presupuesto de Obra

ITEM	UND.
<b>I. PRELIMINARES</b>	
I.1 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	km
<b>II. EXPLANACIONES</b>	
II.1.1 DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE	ha
II.1.2 DESMONTE Y LIMPEZA NO BOSCOZAS	ha
II.2.1 DEMOLICIÓN CONCRETO SIMPLE	m3



ITEM	UND.
II.2.2 DEMOLICIÓN CONCRETO REFORZADO	m3
II.3.1 EXCAVACIONES MATERIAL COMÚN	m3
II.3.2 EXCAVACIONES EN ROCA	m3
II.4 TERRAPLENES	m3
II.5 REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3
II.6 TRANSP. MATERIA. EXCAV Y DERRUM (5Km)	m3-km
<b>III. ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>	
III.1.1 EXCAVACIONES MATERIAL COMÚN	m3
III.1.2 EXCAVACIONES ESTRUC. EN ROCA	m3
III.2 RELLENO ESTRUC. MATERIAL SELECC	m3
III.3.1 CONCRETO CLASE D	m3
III.3.2 CONCRETO CLASE F	m3
III.3.3 CONCRETO CLASE G	m3
III.4.1 ACERO DE REFUERZO GRADO 60	kg
III.4.2 ACERO DE REFUERZO GRADO 37	kg
III.5 CONSTRUCCIÓN CUNETAS CONCRETO F	m3
III.6 FILTROS CON GEOTEXTIL	m3
III.7 ALCANTARILLAS DE 36"	m
III.8 GAVIONES	m3
<b>IV. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>	
IV.1 MATERIAL DE AFIRMADO	m3
IV.2.1 ESTABILIZACIÓN AFIRM. ENZIMAS	m3
IV.2.2 ESTABILIZACIÓN AFIRM. CEMENTO	m3
IV.3 SUBBASE GRANULAR	m3
IV.4 BASE GRANULAR	m3
IV.5 GEOTEXTIL PARA REFUERZO	m2
IV.6 IMPRIMACIÓN EMULSIÓN ASF.CRL-1	m2
IV.7 CONCRETO ASFÁLTICO	m3
IV.8 TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	m2
IV.9 BASE GRAVA - EMULSIÓN	m3
IV.9 BASE GRAVA - CEMENTO	m3
<b>V. CONSERVACIÓN</b>	
V.1 CONFORMACIÓN CALZADA EXISTENTE	m2
V.2. BACHEO EN AFIRMADO	m3
V.3 PARCHEO EN PAVIMENTO	m3
V.4.1 LIMPIEZA CUNETAS REVESTIDAS	m
V.4.2 LIMPIEZA CUNETAS EN TIERRA	m



ITEM	UND.
V.4.3 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	m
V.5 ROCERÍA	ha
V.6 SELLAMIENTO FISURAS EN PAVIMENTO	m
V.7 FRESADO CALZADA	m2
<b>VI. SEÑALIZACIÓN Y CONTROL TRÁNSITO</b>	
VI. 1 SEÑALES VERTICALES	und.
VI.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	m
VI.3 TACHAS REFLECTIVAS	und.
VI.4 DEFENSAS METÁLICAS	m
VI.5 POSTES KILOMETRAJE	und.
<b>VII. OBRAS MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>	
GLOBAL	GL
<b>SUB TOTAL COSTO POR KILÓMETRO</b>	
ADQUISICIÓN DE TERRENOS	<b>GL</b>

Fuente: Estructura de costos para proyectos de carreteras

#### 4.3. Marco Legal o Normativo

El Marco Legal y Normativo aplicable para este proyecto es el vigente para el Ministerio de Transporte a nivel nacional. Como se está trabajando con el Ejército Nacional – Ingenieros Militares, se tendrán en cuenta la normatividad y leyes aplicables al Ministerio de Defensa. Por lo tanto, esta investigación tiene el siguiente marco legal y normativo:

En el ordenamiento jurídico colombiano, en el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública actualmente vigente, contenido en las leyes 80 de 1993 y 1150 de 2007, está descrita la naturaleza de los convenios Interadministrativos. Las entidades estatales entre sí pueden celebrar contratos y convenios interadministrativos y la modalidad a seguir es la contenida en art. 76 del decreto 1510 del 2013. Para el caso que nos ocupa, el Ministro de Defensa mediante Resolución No. 001 del 2012, delega en el Comandante del Ejército Nacional la



celebración de los convenios o contratos Interadministrativos, con el fin de aunar esfuerzos con otras entidades estatales para el logro de un objetivo; es así como históricamente el Ejército Nacional – Ingenieros Militares, han celebrado convenios y contratos interadministrativos para la ejecución de obras de infraestructura en beneficio de la población civil.

**Resolución** 7200 de 2002 (Junio 4) “Por medio de la cual se adopta el documento estructura de costos para proyectos de carreteras” del Ministerio de Transporte. Para esta resolución se basaron en el documento estructura de costos para proyectos de carreteras, la cual fue formulada como una herramienta guía de apoyo para los procesos de planificación, evaluación y toma de decisiones para las distintas instituciones públicas y privadas, personas jurídicas y naturales que participan en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento periódico y mantenimiento rutinario de la infraestructura de carreteras. Como este trabajo se basa en la estimación de costos de mejoramiento y construcción de carreteras es la guía básica para adelantar la investigación.

**Resolución** 11000 de 2003 (Diciembre 18) “Por medio de la cual se actualizan los precios definidos en el documento estimativo de costos para proyectos de carreteras del año 2002, contenidos en los cuadros 4 a 26 y anexo 2 de la Resolución 7200 del 4 de junio de 2002”. En esta resolución se actualizaron los precios de la resolución base, por lo cual es importante para este proyecto ya que es el último registro que se tiene de los últimos precios normativos para carreteras.

**Resolución** número 000744 del 2009 (Marzo 4) “Por la cual se actualiza el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras” del Ministerio de Transporte. Este trabajo extracta de allí las principales variables como lo son el tipo de terreno, el tipo de vías para poder estimar unas tipologías de proyectos.



**Resolución** número 3288 del 15 de Agosto del 2007 “Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras para los contratos de obra celebrados por el Instituto Nacional de Vías” del Ministerio de Transporte. Este trabajo se guío por las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras forman parte de los contratos celebrados por el Instituto Nacional de Vías para la construcción, rehabilitación, rectificación, mejoramiento y conservación de las carreteras y puentes a cargo de la Nación, debido a que el objetivo principal de este proyecto es poder trabajar con presupuestos generales de obra.

**Directiva permanente** 0223 de 2011 (Octubre 4) “Normas generales de Ingenieros”. En este documento se normaliza todos los procesos y procedimientos que tienen que surgirse en los proyectos de Consolidación y el uso de la maquinaria de propiedad del Ejército, allí también está definido el porcentaje de Fondo de renovación del Equipo como un 10% del presupuesto recibido para hacer los trabajos.

#### **4.4. Marco Teórico**

Para entender cómo se va a hallar el porcentaje de demérito, desgaste y reposición de la maquinaria del Ejército Nacional (Costo de Propiedad o Posesión), se debe comprender cada una de las variables que entran en su cálculo como lo son, costo de propiedad o posesión, costo de operación, salario de operador, con el fin de hallar la tarifa horaria de la maquinaria; de allí se entenderá que se sacará incidencias en los análisis de precios unitarios, luego en las actividades y finalmente en el presupuesto general de obra, tal cual como se observa en la Tabla 9.



Tabla 9 Estructura de costos en el Presupuesto General de una Obra Vial

PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA	ACTIVIDADES	A.P.U.	TARIFA HORARIA	COSTO DE POSESIÓN
	PRELIMINARES	I. EQUIPO	COSTOS DE POSESIÓN	COSTO DEL EQUIPO
	EXPLANACIONES	II. MATERIALES EN LA OBRA		DEPRECIACIÓN
	ESTRUCTURAS Y DRENAJES	III. MANO DE OBRA	COSTOS DE OPERACIÓN	INTERESES, IMPUESTOS Y SEGUROS
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO			
	CONSERVACIÓN	IV. COSTOS INDIRECTOS	SALARIO HORARIO OPERADOR	ESTACIONAMIENTO Y BODEGAJE
	SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRÁNSITO			
OBRA DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				

Fuente: Autores

A continuación se hará una breve descripción de los principales factores en la estructura de los costos en un presupuesto de obra iniciando con la tarifa horaria, los análisis de precios unitarios y como ultimo las actividades.

#### 4.4.1. Tarifa horaria

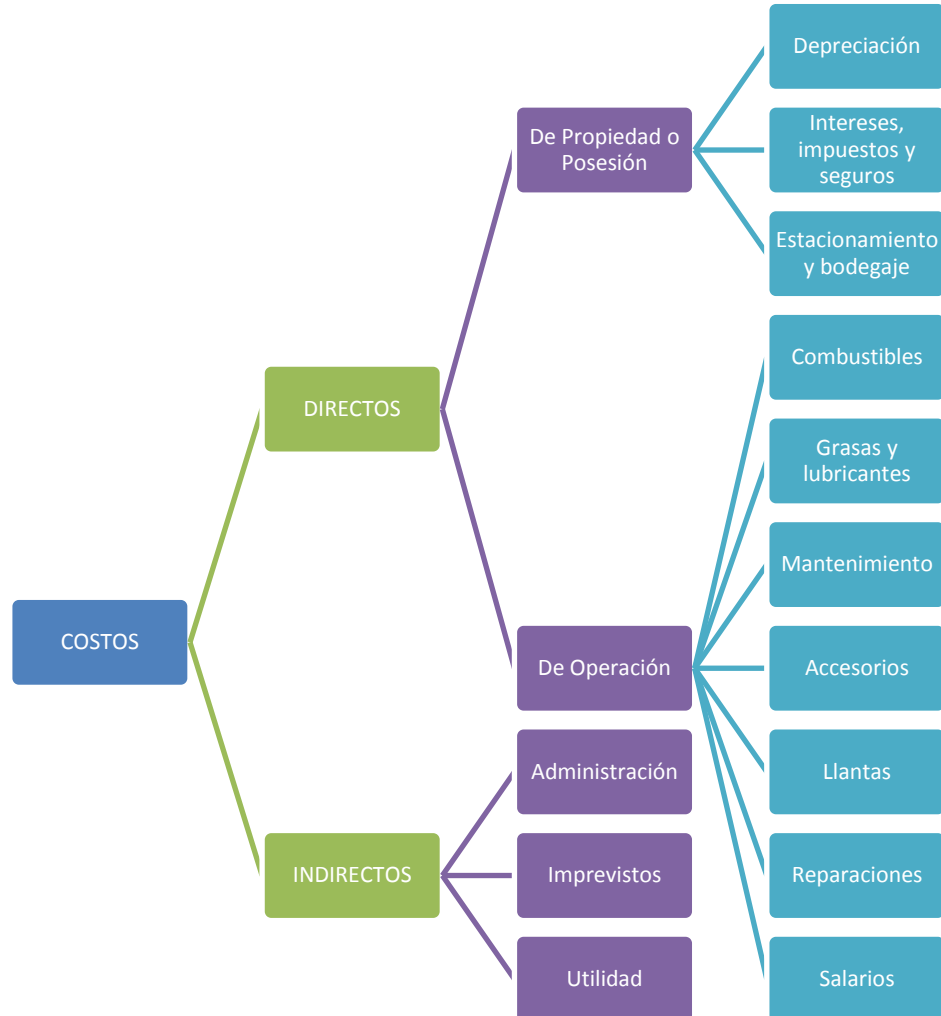
Es el costo que genera la maquinaria o equipo por unidad de tiempo (hora), y se determina en función de gastos fijos y gastos de operación.

En los gastos fijos se considera la amortización de la maquinaria, la tasa de interés por inversión, valor de recuperación, vida útil, seguros, reparaciones, almacenaje y gastos anuales. En los gastos de operación se consideran todos los gastos generados por la operación del equipo.



La Cámara Colombiana de la Infraestructura enumera dentro de los costos de la tarifa horaria: el costo inicial, el grado de severidad o de rudeza del trabajo que va a realizar, el número de horas trabajadas por año, el número de años trabajados, el cuidado que se presta al mantenimiento y a las reparaciones, etc. Como se puede observar en la Figura 2.

Figura 2 Cuadro General de Costos en Administración de Maquinaria



Fuente: Autores

#### 4.4.1.1. Costos de propiedad o posesión

Es el costo fijo de tener una máquina o un motor durante todo su ciclo de vida útil. Este costo está relacionado con costos iniciales, de financiación, impuestos, etc.



Estos costos no se ven afectados por el número de horas de uso de una máquina. Al costo de posesión se debe incluir: precio de compra, gastos de transporte, gastos de puesta en servicio, financiación de compra, intereses, seguros, licencias, impuestos y capacitación.

El Manual de rendimiento de Caterpillar define el costo de posesión como<sup>2</sup>:

*“Para proteger la inversión en el equipo y poder reemplazarlo, el usuario debe recuperar durante la vida útil de la máquina una cantidad igual a la pérdida del valor en la reventa más los otros costos de posesión del equipo incluyendo los intereses, seguros e impuestos.*

*Para fines contables, el propietario de una máquina puede estimar anticipadamente la pérdida de valor de su máquina en el mercado, para recuperar su inversión original mediante un plan de depreciación de la cantidad invertida, de acuerdo a los diversos usos del equipo. Al formular dichos planes, es bastante recomendable obtener la asistencia apropiada sobre financiación e impuestos.*

*Considerando las actuales condiciones económicas mundiales y la tendencia hacia el uso de equipo más grande y más costoso, muchos usuarios prefieren continuar utilizándolas después de haber amortizado completamente las máquinas por motivos de impuestos. Por otra parte, los incentivos de impuestos existentes en algunos lugares pueden hacer favorable el cambio de una máquina mucho antes de que alcance el final de su vida útil.*

*El periodo de propiedad en años, el número de horas de utilización por año y el número total de horas de la máquina son factores importantes a la hora de determinar los costos de posesión y operación. Además, como el periodo de*

---

<sup>2</sup> PUBLICACIÓN DE CATERPILLAR INC., Manual de Rendimiento de Caterpillar. Peoria, Illinois, EE.UU. Enero de 2002. 20-5p



*posesión y el número de horas de la máquina pueden variar mucho entre diferentes usuarios de un mismo modelo de máquina, no se considera práctico calcular los costos de posesión y operación utilizando un supuesto periodo de posesión. El cliente debe proporcionar esta información para cada caso.”*

#### **4.4.1.2. Costo de operación**

Es el costo variable para operar y mantener productiva la máquina. Estos costos varían (aumentan) con el número de horas (edad) de la máquina y dependen de la aplicación y del tipo de trabajo que realice la máquina. Al costo de operación se debe incluir: combustible, salario del operador, aceite de motor, aceite hidráulico, refrigerante, filtros de aceite y de aire, mano de obra (para cambiar aceites y filtros), mantenimiento preventivo, etc.

#### **4.4.2. El desgaste en la maquinaria.**

Durante el funcionamiento de las máquinas, las piezas y mecanismos están sometidos a una serie de factores que provocan su desgaste y rotura. Estos desgastes y roturas surgen debido a la acción de las fuerzas de fricción, de las cargas elevadas, a consecuencia del agrietamiento del metal, de la alta temperatura que rodea el medio, a causa de este, de la corrosión, entre otros.

Para prever el desgaste y rotura de las piezas, es necesario conocer cuáles son las causas que los provocan y de esta forma lograr una mayor duración de las piezas y mecanismos, tomando las medidas pertinentes de mantenimiento y reparación. El desgaste de las máquinas ocasiona gastos de reparación y por consiguiente, encarece la explotación de las máquinas; además, el paro de las máquinas para su reparación, reduce el rendimiento del proyecto al cual fue asignado.



Las diferentes piezas de las máquinas no se desgastan de manera uniforme, pues unas se gastan más rápido que otras, según sean las condiciones de trabajo. En la mayoría de los mecanismos, el desgaste se expresa con el aumento de las holguras de los acoplamientos de las piezas en movimiento. Para cada pieza se determina un desgaste tolerable o límite, es decir, una magnitud de desgaste, con la cual no debe seguir trabajando la pieza dada. Habitualmente los desgastes límites de las piezas se determinan por los siguientes síntomas:

- Reducción de la solidez y de la seguridad de servicio de la pieza.
- Cambio del carácter del acoplamiento recíproco de la pieza.
- Influencia que ejercen las piezas gastadas, en el trabajo de las otras del conjunto. La rapidez con que se desgastan las piezas de una maquinaria depende en gran medida de las condiciones y regímenes de su trabajo.

#### **4.4.3. Análisis de Precios Unitarios**

El precio unitario es el precio único que el contratista cobra al contratante por la ejecución de un determinado concepto de obra, en el que se determina su unidad de medición y que incluye el costo directo de materiales, maquinaria y mano de obra, pudiendo incluir algún costo básico, el costo indirecto, el financiamiento y la utilidad.

Cabe aclarar que el criterio de análisis de precios unitarios, es el fruto de la experiencia e investigación considerando el proceso constructivo específico. Los resultados obtenidos de este análisis, deben plasmar la realidad del entorno ya que de estos depende que el presupuesto sea remunerativo para el contratista y competitivo ante las diferentes opciones brindadas por otros proponentes.



#### 4.4.4. Presupuesto de obra

Un presupuesto de obra es aquel que por medio de mediciones y valoraciones nos da un costo de la obra a realizar, La valoración económica de la obra nos aproxima a la realidad, aunque el costo final puede variar del presupuesto de obra inicial.

Para conocer el presupuesto de obra de un proyecto se deben seguir los siguientes pasos básicos a nivel general:

- Registrar y detallar las distintas actividades de obra que intervengan en el proyecto. Las actividades de obra son las partes en que se puede dividir el proyecto a efecto de cálculo del presupuesto.
- Hacer las mediciones y anotaciones de cada actividad de obra. Se determina el número de veces que se repite cada una de estas unidades de obra (medición).
- Conocer el precio unitario de cada actividad de obra. Determinar el costo total de cada actividad.
- Multiplicar el precio unitario de cada actividad por su medición respectiva. Se procede a la valoración sumando el producto de precios unitarios por las mediciones halladas.

Lo anteriormente descrito se conoce como costo directo de obra. Para el presupuesto, es la parte principal ya que representa en la mayoría de los casos aproximadamente entre el 70 y 80% del precio total de la obra. En los costos directos se debe tener mayor control durante la ejecución de la obra, ya que ofrece en forma acumulada, los volúmenes y valores de los materiales, mano de obra y equipo.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Tipo de investigación y enfoque.

La línea de investigación en la cual este trabajo de grado se identifica es la de simulación, modelación y análisis de datos en problemas complejos de Ingeniería Civil; y el método de investigación que se usará para esta investigación es el “Estudio de Caso”, ya que se busca analizar una problemática actual de los Ingenieros Militares, mediante el análisis de presupuestos de obra viales en distintos tipos de proyectos (construcción y mejoramiento), en diferentes terrenos (plano, ondulado, montañoso y escarpado), con el fin de determinar el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo de construcción para obras que ejecute el Ejército Nacional, ya que se necesita como una herramienta de negociación en los diferentes convenios o contratos interadministrativos.

### 5.2. Diseño metodológico de la investigación.

Este trabajo se compone de tres fases

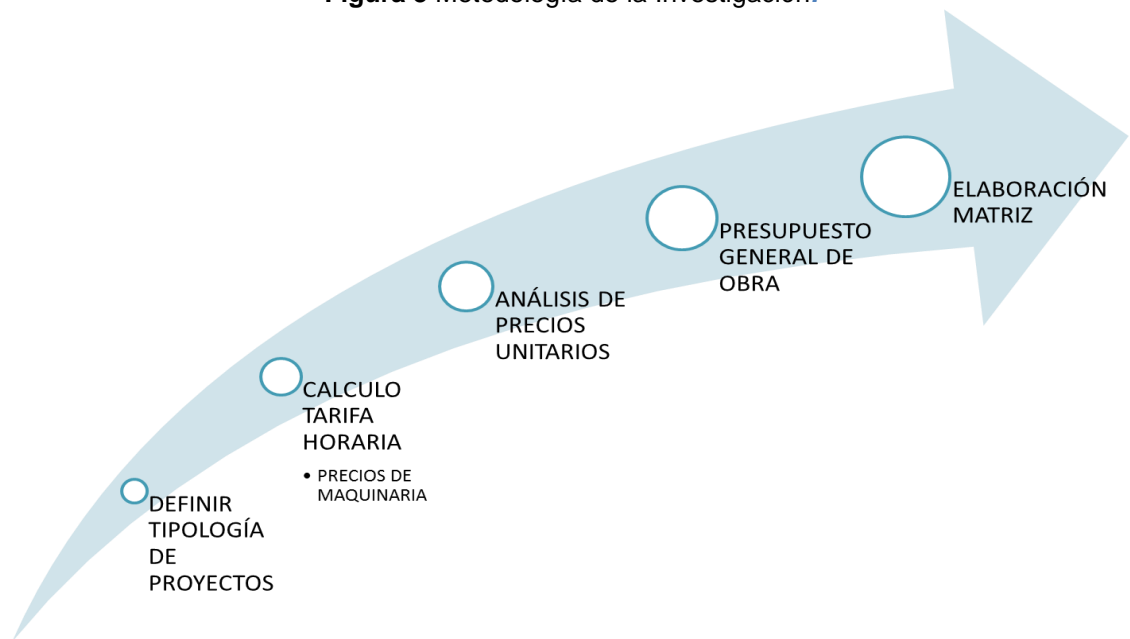
- a) **Fundamentación:** dentro de la metodología (ver Figura No. 3) aplicada a este proyecto la fundamentación está compuesta por dos primeros pasos, que consisten básicamente, primero en la recolección de la información de presupuestos para la construcción y mejoramientos de vías; el segundo es la obtención de los precios de la maquinaria de propiedad del Ejército Nacional.
- b) **Trabajo de sistematización:** en esta etapa se requiere calcular datos importantes como la tarifa horaria para los distintos tipos de maquinaria de construcción del Ejército Nacional, con el fin de extraer el porcentaje que tienen los costos de propiedad o posesión del equipo de los Ingenieros Militares en relación con el valor de la tarifa horaria.



Posteriormente, sobre en el Análisis de Precios Unitarios se calculará el nivel de incidencia del costo de propiedad o posesión del equipo y como último se calculará sobre el Presupuesto General de Obra. La idea es hacer este procedimiento con cada una de las tipologías de proyectos definidos en el alcance del trabajo.

- c) **Propuesta de intervención:** El resultado de este proyecto se enmarca principalmente en esta etapa del diseño metodológico, pues su principal objetivo es obtener el porcentaje (%) de demérito y desgaste de maquinaria de Ejército Nacional (costos propiedad o posesión). Con base en el trabajo de sistematización y mediante la elaboración de una matriz en donde se relacione la tipología del proyecto, se registrarán los índices en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

**Figura 3** Metodología de la Investigación.



Fuente: *Autores*.

Se quiere que este archivo se convierta en una herramienta para la actualización permanente (ver Figura No. 3), para el procesamiento y análisis de la información necesario para los convenios o contratos interadministrativos que llevan con otras



entidades estatales los Ingenieros Militares, y de esta forma puedan priorizar los recursos para el demerito y desgaste de maquinaria.

### **5.3. Objeto de Estudio**

El presente trabajo tiene como objeto de estudio la maquinaria de construcción de vías del Ejército Nacional, así como los distintos tipos de proyectos (construcción, mejoramiento, rehabilitación), y en diferentes terrenos (plano, ondulado, montañoso y escarpado).

### **5.4. Instrumentos.**

Los instrumentos que se van usar son documentos y estudios realizados por el Ministerio de Transporte; además de los manuales, trabajos de grado, normas y especificaciones vigentes para las vías; los cuales serán aplicados para obtener la mejor evaluación.

- *Listado de precios de compra de maquinaria del Ejército Nacional*
- *Manual de diseño de geométrico de carreteras*
- *Especificaciones INVIAS 2007.*
- *Base de datos del INVIAS*
- *Especificaciones IDU.*
- *Directivas de Ingenieros Militares.*
- *Cartilla de la CCI sobre tarifas de arrendamiento para equipos de construcción.*
- *Texto Universitario “administración y empleo del equipo” ESING*
- *Software Microsoft Excel.*



## 6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Teniendo en cuenta la metodología descrita en la Figura 3, para el análisis de la información se harán bajo tres puntos, el primero que tiene que ver con los resultados obtenidos del cálculo de la tarifa horaria, el segundo con los análisis de precios unitarios y como ultimo los que tienen que ver con los presupuestos por tipología de proyecto.

### 6.1. Tarifa horaria

Para determinar este precio se usó el formato que provee el Manual de Rendimiento de Caterpillar edición 43 de junio de 2013, el cual está de acuerdo al desglose establecido en la figura 2., y que a continuación se describirá el origen de cada uno de los valores que se verán en el Anexo 1 del presente trabajo.

#### 6.1.1. Costos de propiedad o posesión:

Los costos totales por hora fueron calculados como la suma de los costos horarios de los siguientes ítems:

- Valor neto a recobrar mediante el trabajo
  - Costo de intereses
  - Seguros
  - Impuesto de propiedad
  - Estacionamiento y bodegaje
- a. Costo del equipo: se determinó mediante los contratos de la Jefatura de Ingenieros del Ejército Nacional celebró en los años 2012 y 2013 para la adquisición de Maquinaria de Construcción.



Por otra parte, los impuestos de los cuales está exento los Ingenieros Militares es el denominado IVA (Impuesto al Valor Agregado) que para el caso de Colombia está gravado como el 16%, por tal razón el valor del equipo para importar por parte de un contratista lo hemos asumido como el mismo costo del Ejército Nacional multiplicado por un factor del 1.16, por tal razón este impuesto será tenido en cuenta en el precio de entrega de la maquinaria.

- b. Cálculo de la depreciación: para ello se tuvo en cuenta el Manual de la Cámara Colombiana de la Infraestructura CCI sobre la Tarifas de Equipos de Construcción del 2009 en cual se tiene un cálculo de la depreciación por el método de línea recta, se supone que es constante para cada año o para cada hora y se calcula dividiendo el valor depreciable entre la vida útil en años u horas.

El Ejército Nacional y generalmente las empresas privadas utiliza un valor de residual o de salvamento equivalente al 10% del valor de la compra de la máquina como también lo expresa la CCI.

Las fórmulas usadas en para este cálculo fueron las siguientes:

**Depreciación horaria** = (Valor depreciable de la máquina)/ (vida útil en horas)

En donde el

**Valor depreciable** = Valor total – Valor llantas – Valor de salvamento (10%)

La vida útil de los equipos de construcción se estimó con base a la Tabla No. 2 de los anexos del Manual CCI Tarifas de Arrendamiento para Equipos de Construcción 2009.



- c. Intereses, impuestos y Seguros: para estos tres valores se tomaron como referencia que para los intereses corrientes para créditos de consumo y ordinarios para el primer trimestre del 2014 de acuerdo en resolución 0503 de marzo 31 de la Superintendencia Financiera de Colombia, “*Por la cual se certifica el Interés Bancario Corriente para la modalidad de crédito de consumo y ordinario*”, está en un 19,63% anual.

En cuanto a los seguros se tomó una rata del 3.42% sobre el valor del equipo de línea amarilla y un 1.97% sobre el valor de los vehículos, de acuerdo a la cotización presentada por QBE Insurance Group Seguros que es la compañía aseguradora de toda la maquinaria del Ejército Nacional, para el mes de mayo del año 2014.

Para los impuestos de propiedad el Gobierno Nacional ha establecido el impuesto al patrimonio que pagan los contribuyentes que a primero de enero de 2011 hayan poseído un patrimonio líquido superior a \$1.000.000.000. La base gravable corresponde a la establecida en el artículo 295 del Estatuto Tributario y la tarifa del impuesto corresponde a los porcentajes que se señalan a continuación, establecidos en la Ley 1370 de 2009 y Decreto 4825 de 2010.

**Tabla 10** Tarifas del Impuesto al Patrimonio

Clasificación en millones de pesos	Tarifa Ley	Tarifa
		1370/2009 Decreto 4825/2010
Entre 1.000 y 2.000	0.0%	1.0%
Entre 2.000 y 3.000	0.0%	1.4%
De 3.000 hasta 4.999	2.4%	0.6%
De 5.000 en adelante	4.8%	1.2%

**Fuente:** Gestión financiera contadores públicos



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Teniendo en cuenta lo anterior si una empresa privada tuviera un parque de maquinaria pesada y automotor como la que posee el Ejército Nacional, que tiene 1056 equipos para la construcción, tendría que contar con un patrimonio mayor a los \$5.000 millones; por tal razón dicha empresa privada pagaría un impuesto al patrimonio equivalente al 4.8% por ley 1370/2009 y un 1.2% por decreto 4825/2010, para un total del 6% sobre el valor del patrimonio representado en el valor de la máquina.

- d. Estacionamiento y Bodegaje: de acuerdo con el manual tarifas de arrendamiento para equipos de construcción de la Cámara Colombiana de la Infraestructura, en este ítem se cobran los costos por vigilancia y bodegaje cuando el equipo está sin trabajar, se ha definido que el porcentaje de este valor equivale al 1.3% promedio anual del valor medio del equipo y está determinada por lo siguiente formula:

$$\text{Estacionamiento y bodegaje} = 0,013 (\text{valor depreciable}/2000) ((N+1)/2N)$$

Dónde: N es el periodo estimado de posesión de la maquinaria en años

Aunque en el manual de Tarifas que publicaba “La Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores, ACIC” recomendaban un factor del 2,5%, este trabajo tendrá en cuenta el factor recomendado por la CCI, que es la actualización del mismo manual.

Para el caso del Ejército Nacional este es un rubro que no se carga a la tarifa horaria, ya que la seguridad de sus máquinas y bodegaje se las proporciona la misma entidad con sus hombres e instalaciones, por tal razón son subsidiadas indirectamente por el gobierno y no se tienen en cuenta; mientras que para una empresa privada si lo debe causar a sus costos, ya que debe pagar los servicios de vigilancia y arrendamiento.



### 6.1.2. Costos de operación:

Para los costos de operación se tuvieron en cuenta los siguientes ítems:

- a. Precio Combustible: este valor se toma como referencia de la página web del Sistema de Información del Petróleo y Gas Colombiano (SIPG) en el siguiente link <http://www.sipg.gov.co/Default.aspx>; indicador del precio resolución de ACPM para Bogotá, dato que se actualiza mensualmente de acuerdo a las disposiciones del gobierno nacional.
- b. El consumo del combustible: se tomó de las tablas de consumo horario de combustible según las referencias de cada una de las maquinas encontradas en el manual de rendimiento Caterpillar para un factor de carga medio del motor en todas las condiciones.
- c. Mantenimiento planificado, aceites lubricantes, filtros, grasas, mano de obra: se asumió como un factor del 38% de los costos de combustibles, ya que el manual de rendimiento Caterpillar indica lo siguiente *“Los costos de MP incluyen las piezas y la mano de obra a los intervalos especificados en los Manuales de Operación y Mantenimiento de cada máquina”*; para lo cual el Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento del Perú estimo que el costo de lubricación es del orden del 10 al 15% del consumo de combustible de la maquinaria; de igual forma estadísticamente la Cámara Colombiana de la Infraestructura establece como costo imputable al renglón de filtros, tanqueo, lubricación y engrase es del orden de un 20%, del costo total de combustibles y lubricación.
- d. Llantas: costos calculados a partir de cotizaciones a empresas proveedoras de llantas, neumáticos y repuestos de maquinaria para construcción; a continuación se presenta una tabla resumen de estas cotizaciones.



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Tabla 11 Costo de llantas por máquina

MAQUINA	MODELO	ESPECIF.	CANT.	VAL. UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
FINISHER	AP600D	16X25	2	\$1,500,000	\$ 3,000,000	\$ 9,612,532
		13X22	4	\$ 1,653,133	\$ 6,612,532	
IRRIGADOR ASFALTO	4300	11RX22.5	6	\$1,653,133	\$ 9,918,798	\$ 9,918,798
COMPACTADOR NEUMATICO	PS150C	8.5/90 X 15	9	\$1,606,116	\$14,455,040	\$14,455,040
VIBROCOMPACTADOR 10 Ton	CS533E	23.1X26	2	\$3,278,856	\$ 6,557,712	\$ 6,557,712
CARGADOR	928H	20.5X25	4	\$4,690,375	\$18,761,500	\$18,761,500
RETROEXCAVADORA	420E	12.5-80-18	2	\$2,573,759	\$ 5,147,518	\$11,206,294
		19.5-L-24	2	\$ 3,029,388	\$ 6,058,776	
MOTONIVELADORA	120K	1300-R-24	6	\$1,622,840	\$ 9,737,040	\$ 9,737,040
CARROTANQUE DE AGUA	7600	315/80R-22.5	2	\$1,374,972	\$ 2,749,944	\$ 9,362,476
		12RX22.5	4	\$ 1,653,133	\$ 6,612,532	
VOLQUETA DOBLETROQUE	7600	315/80R-22.5	2	\$ 1,374,972	\$ 2,749,944	\$15,975,008
		12RX22.5	8	\$ 1,653,133	\$ 13,225,064	
VOLQUETA SENCILLA	4300	11RX22.5	6	\$1,653,133	\$ 9,918,798	\$ 9,918,798
MINICARGADOR	236B3	12X16.5	4	\$1,933,038	\$ 7,732,152	\$ 7,732,152
CAMIONETA		LT 235/75R15	4	\$ 444,389	\$ 1,777,556	\$ 1,777,556

Fuente: Autores

- e. Tren de rodaje: de acuerdo al Manual de Rendimiento de Caterpillar, este costo se calculado teniendo los siguientes factores:

La guía siguiente da un factor básico para varios tipos de máquinas de cadenas y una serie de multiplicadores de condiciones para modificar el costo básico de acuerdo al impacto anticipado, abrasión y condiciones varias ("Z") en las que la unidad va a trabajar.

Paso 1. Elija la máquina y su correspondiente factor básico.

Paso 2. Determine la escala para cargas de choque, abrasión y condiciones "Z".

Paso 3. Añada multiplicadores de las condiciones elegidas y aplique la suma al factor básico.

El resultado será un costo horario estimado para el tren de rodaje en tal aplicación.

Nota:

- Se pueden elegir los multiplicadores de condiciones en cualquier combinación. Por lo tanto, un multiplicador de 0,4 (todos los multiplicadores de la gama baja) representa el valor óptimo, mientras que 1,7 (todos los multiplicadores de la gama alta) representaría las peores condiciones.



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

2. El costo estimado por hora del tren de rodaje que se obtiene con este método consta aproximadamente de un 70 % del costo de las piezas y de un 30 % por la mano de obra. El costo de los componentes del tren de rodaje se basa en las Listas de Precios al Consumidor publicadas en EE.UU. y se puede ajustar según sea necesario de acuerdo a los derechos de importación, tipos de cambio, etc., fuera de los Estados Unidos. La mano de obra se estima en US\$60 por hora.
3. Para obtener mayor información y guía, consulte la edición más reciente del Manual del Servicio Especial de Cadenas de Caterpillar.
4. No se debe usar esta fórmula para calcular el costo de trenes de rodaje de tractores que trabajan en aplicaciones de manipulación de carbón en pilas. En estas aplicaciones, los costos son nominales y si se utiliza esta fórmula el resultado será un costo considerablemente más alto que el costo real.

**Tabla 12** Factores básicos del tren de rodaje

<b>Factores básicos del tren de rodaje</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Factor básico</b>		
5230B	28,2		
D11T	26,1		
5130B	20,4		
D10T	16,2		
5110B	13,6		
D9T	10,9		
D8T	9,6		
973D, 587T, 589, D7R Serie 2 LGP, D7E LGP	11,2		
D7R Serie 2, 963D, 583T, D6T LGP, D7R XR Serie 2, D7E	9,1		
385C, 5.090B	7,2		
D6T, 953D, 572R, 527	7,0		
365CTier 2	6,8		
345D	5,9		
D5N LGP, D6K, D6N XL, 517	5,6		
336D	5,0		
D3K (todos), D4K (todos), D5K (todos), 939C, PL61	4,1		
329D	3,9		
314D, 315D, 319D, 323D	3,4		
320D	2,9		
307D, 308D, 311D, 312D	2,4		
<b>Multiplicadores de condiciones</b>			
	<b>Impacto</b>	<b>Abrasión</b>	<b>"Z"</b>
Alto	0,3	0,4	1,0
Moderado	0,2	0,2	0,5
Bajo	0,1	0,1	0,2

Fuente: Manual de Rendimientos de Caterpillar



- f. Costo de reparaciones: para todos los casos se tomó un factor equivalente entre el 45% al 90% de costo horario de la depreciación del equipo, de acuerdo a lo recomendado por la CCI; el primer factor para aquellas máquinas cuyo trabajo no está expuesto a condiciones extremas que pueda deteriorar de forma considerable el equipo.
  
- g. Componentes de desgaste especial: Según el Caterpillar *“Hay que incluir aquí todos los costos de los componentes de alto desgaste, como las cuchillas, las puntas de desgarrador, los dientes de cucharón, los revestimientos de caja, las puntas guía, etc. y los costos de soldadura en plumas y brazos. Estos costos varían mucho, dependiendo de las aplicaciones, los materiales y las técnicas de operación”*; para ello se determinaron por cotizaciones.

Luego de haber calculado los costos de propiedad y de operación en el formato se procede a estimar el SALARIO HORARIO DEL OPERADOR (incluido los beneficios sociales), para lo cual la CCI asume prestaciones sociales del 86,7% y pérdidas de tiempo 25%, obteniendo una carga prestacional del 2.34, para los salarios se tomó un factor de lo cuesta un operador y un ayudante (si se requiere) dividido un SMMLV de forma tal de poder actualizar este último dato.

Para el Ejército Nacional no se estima este dato, toda vez que los salarios de los operadores no se cargan a la ejecución de la obra, ya que son pagos por el Estado directamente subsidiando este ítem en la realización de los proyectos.

### **6.1.3. Resultados Tarifa Horaria:**

Se han calculado las tarifas horarias de la empresa privada y Ejército Nacional (se precisa que no se puede hacer una comparación ya que los dos son valores



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

distintos), se desarrollaron alrededor de veinticinco (25) hojas de cálculo, donde se relacionan las tarifas de los equipos que intervienen directamente en las diferentes tipologías de proyectos de construcción y mejoramiento de carreteras; además, son los que tiene el Ingenieros Militares en su planta de equipo, a continuación se muestran las tablas resumen:

**Tabla 13** Tarifas horarias para Maquinaria propiedad del Ejército Nacional

Nº	Unidad	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	TOTAL EJC	% Démerito EJC
1	<a href="#">Terminadora de asfalto</a>	Equipo	Caterpillar	AP600D	2014	\$ 174,647.45	46.19%
2	<a href="#">Irrigador de asfalto</a>	Vehiculo	Internacional	4300	2014	\$ 71,295.83	64.63%
3	<a href="#">Compresor de 250 CFM</a>	Equipo	Sullivan	250 CFM	2013	\$ 61,757.72	9.78%
4	<a href="#">Compactador Neumático (llantas)</a>	Equipo	Caterpillar	PS150C	2014	\$ 77,892.88	35.61%
5	<a href="#">Vibrocompactador 10 Ton</a>	Equipo	Caterpillar	CS533C	2012	\$ 71,050.40	33.96%
6	<a href="#">Vibrocompactador (doble tandem)</a>	Equipo	Caterpillar	CB434D	2013	\$ 68,319.41	43.47%
7	<a href="#">Cargador</a>	Equipo	Caterpillar	928H	2014	\$ 84,538.59	43.88%
8	<a href="#">Retroexcavadora</a>	Equipo	Caterpillar	420E	2012	\$ 85,307.87	31.31%
9	<a href="#">Excavadora</a>	Equipo	Caterpillar	320D	2012	\$ 132,396.90	38.95%
10	<a href="#">Motoniveladora</a>	Equipo	Caterpillar	120K	2012	\$ 118,086.11	42.07%
11	<a href="#">Tractor sobre orugas</a>	Equipo	Caterpillar	D6K	2013	\$ 97,093.96	34.70%
12	<a href="#">Carrotanque de agua</a>	Vehiculo	Internacional	7600	2012	\$ 57,011.78	60.13%
13	<a href="#">Volqueta 3 ejes</a>	Vehiculo	Internacional	7600	2013	\$ 75,710.43	34.49%
14	<a href="#">Volqueta 2 ejes</a>	Vehiculo	Internacional	4300	2013	\$ 49,755.12	34.59%
15	<a href="#">Fresadora de pavimento</a>	Equipo	Caterpillar	PM102	2013	\$ 209,183.24	36.76%
16	<a href="#">Mini cargador (llanta)</a>	Equipo	Caterpillar	236B3	2012	\$ 55,827.21	34.75%
17	<a href="#">Mini cargador (orugas)</a>	Equipo	Caterpillar	247B3	2012	\$ 58,507.28	33.74%
18	<a href="#">Equipo de topografía</a>	Equipo	Trimble	trimble	2013	\$ 9,146.67	73.66%
19	<a href="#">Motosierra</a>	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 3,044.78	15.24%
20	<a href="#">Compactador manual (canguro)</a>	Equipo	Husqvarna	Canguro	2013	\$ 2,704.32	17.40%
21	<a href="#">Mezcladora de concreto (2 bultos)</a>	Equipo	Husqvarna	2bultos	2013	\$ 2,641.65	22.04%
22	<a href="#">Vibrador de concreto</a>	Equipo	Honda	4.2 caballos	2013	\$ 2,884.29	24.29%
23	<a href="#">Camioneta 4X4</a>	Vehiculo	Mazda	BT 50	2013	\$ 22,309.03	36.82%
24	<a href="#">Guadañadora</a>	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 2,487.38	23.40%
25	<a href="#">Martillo Demoledor 60 lb</a>	Equipo	Bosch	120 CFM	2012	\$ 7,340.77	82.29%

Fuente: Autores

Hay equipos a los cuales no se les calculo la tarifa horaria como el vehículo delineador, ya que este equipo no lo posee el Ejército Nacional, sin embargo en las estimaciones para los Análisis de Precios Unitarios se considera que los Ingenieros Militares alquilen dichos equipos.



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Tabla 14 Tarifas horarias para Maquinaria propiedad de la Empresa Privada

Nº	Unidad	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	TOTAL CIVIL	% Démerito CIVIL
1	<a href="#">Terminadora de asfalto</a>	Equipo	Caterpillar	AP600D	2014	\$ 237,705.22	45.59%
2	<a href="#">Irrigador de asfalto</a>	Vehiculo	Internacional	4300	2014	\$ 97,593.95	63.81%
3	<a href="#">Compresor de 250 CFM</a>	Equipo	Sullivan	250 CFM	2013	\$ 77,707.08	10.39%
4	<a href="#">Compactador Neumático (llantas)</a>	Equipo	Caterpillar	PS150C	2014	\$ 99,412.51	37.48%
5	<a href="#">Vibrocompactador 10 Ton</a>	Equipo	Caterpillar	CS533C	2012	\$ 91,215.07	35.54%
6	<a href="#">Vibrocompactador (doble tandem)</a>	Equipo	Caterpillar	CB434D	2013	\$ 90,712.76	43.98%
7	<a href="#">Cargador</a>	Equipo	Caterpillar	928H	2014	\$ 112,775.83	44.18%
8	<a href="#">Retroexcavadora</a>	Equipo	Caterpillar	420E	2012	\$ 111,285.86	31.75%
9	<a href="#">Excavadora</a>	Equipo	Caterpillar	320D	2012	\$ 170,215.73	40.23%
10	<a href="#">Motoniveladora</a>	Equipo	Caterpillar	120K	2012	\$ 155,533.32	42.91%
11	<a href="#">Tractor sobre orugas</a>	Equipo	Caterpillar	D6K	2013	\$ 123,980.23	36.51%
12	<a href="#">Carrotanque de agua</a>	Vehiculo	Internacional	7600	2012	\$ 79,007.76	58.86%
13	<a href="#">Volqueta 3 ejes</a>	Vehiculo	Internacional	7600	2013	\$ 99,237.50	35.56%
14	<a href="#">Volqueta 2 ejes</a>	Vehiculo	Internacional	4300	2013	\$ 68,814.21	33.79%
15	<a href="#">Fresadora de pavimento</a>	Equipo	Caterpillar	PM102	2013	\$ 255,507.82	40.43%
16	<a href="#">Mini cargador (llanta)</a>	Equipo	Caterpillar	236B3	2012	\$ 73,952.89	34.83%
17	<a href="#">Mini cargador (orugas)</a>	Equipo	Caterpillar	247B3	2012	\$ 76,765.15	34.14%
18	<a href="#">Equipo de topografía</a>	Equipo	Trimble	trimble	2013	\$ 11,970.74	76.65%
19	<a href="#">Motosierra</a>	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 6,709.86	7.89%
20	<a href="#">Compactador manual (canguro)</a>	Equipo	Husqvarna	Canguro	2013	\$ 7,810.19	6.87%
21	<a href="#">Mezcladora de concreto (2 bultos)</a>	Equipo	Husqvarna	2bultos	2013	\$ 7,763.23	8.55%
22	<a href="#">Vibrador de concreto</a>	Equipo	Honda	4.2 caballos	2013	\$ 6,710.61	11.58%
23	<a href="#">Camioneta 4X4</a>	Vehiculo	Mazda	BT 50	2013	\$ 32,479.27	22.83%
24	<a href="#">Guadañadora</a>	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 5,449.11	12.19%
25	<a href="#">Martillo Demoledor 60 lb</a>	Equipo	Bosch	120 CFM	2012	\$ 9,583.09	84.27%

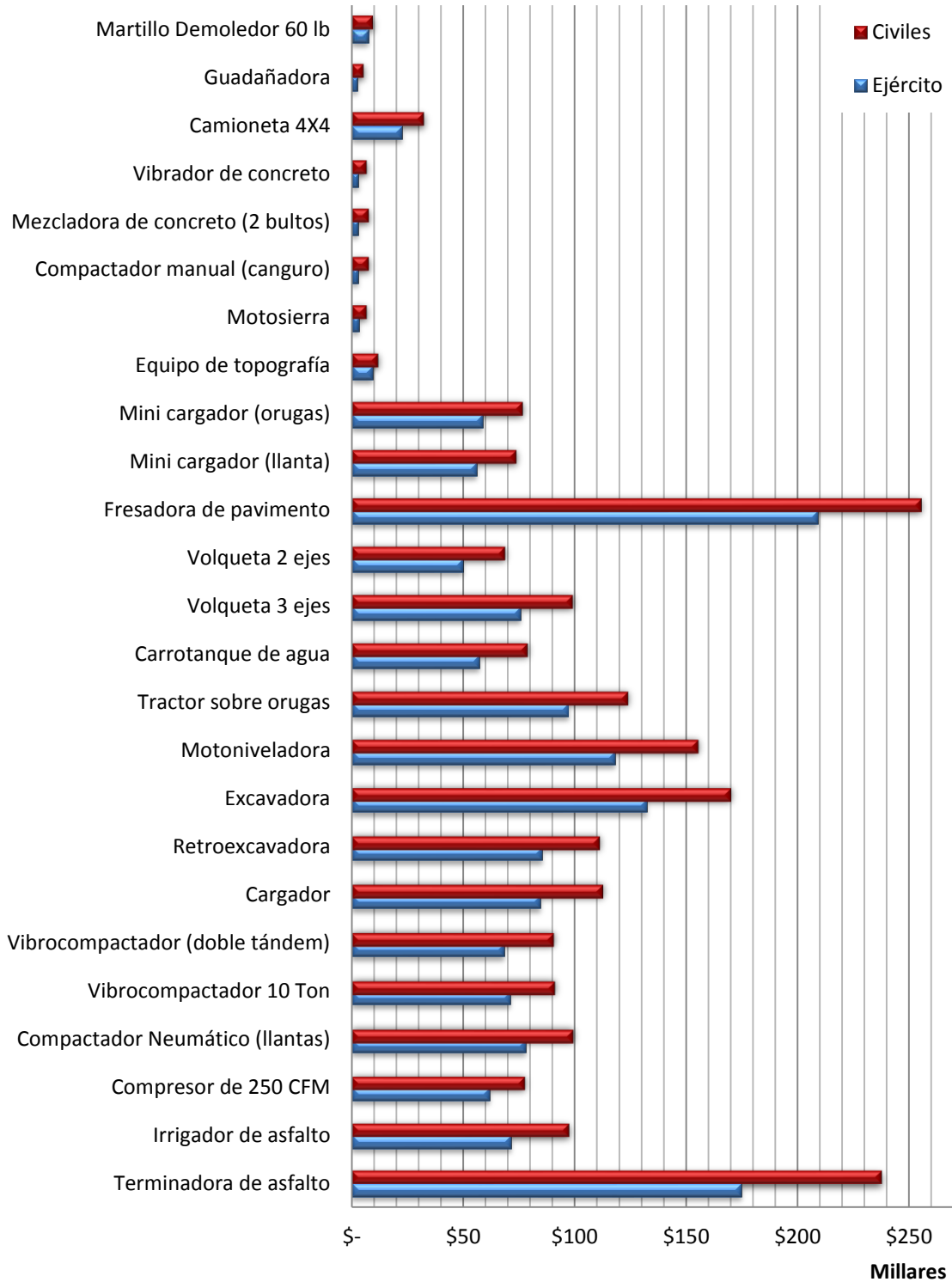
Fuente: Autores

Teniendo en cuenta las Tablas 13 y 14 se grafican las dos tarifas horarias, visualizándose que el Ejército Nacional está por debajo de la tarifa horaria de la empresa civil (como se puede apreciar en la figura 4); teniendo en cuenta que el Estado a través del Ministerio de Defensa Nacional subsidia varios cánones de los costos por el uso del equipo de construcción.



### Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

**Figura 4** Grafica Tarifa Horaria Maquinaria Civiles Vs. Ejército Nacional



Fuente: Autores



## 6.2. Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.)

Se debió realizar una verificación a los análisis de precios unitarios propuestos por el Ministerio de Transporte en su documento de Estructura de Costos para Proyectos de Carreteras para el año 2002, por encontrarse desactualizados, para lo cual se consiguieron los precios actualizados de los costos por equipo, materiales de obra, transportes y mano de obra que componen los precios unitarios de las actividades.

### 6.2.1. Equipo

Los costos asociados al uso de la maquinaria se representan en este ítem, y se relacionan las tarifas horarias de todo el equipo de construcción (calculado en el numeral 6.1.3.), incluyendo la identificación del equipo, el tipo, su rendimiento por la unidad de medida, valor unitario y un subtotal; además, se integró el cálculo del costo de la propiedad o posesión del equipo, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15 Ejemplo cálculo de los costos del Equipo en los A.P.U

I - EQUIPO					
DESCRIPCION	Tipo	Tarifa Horario	Rendimiento	Valor Unitario	Poseción
MOTONIVELADORA	120K	\$ 103,205.27	30.00	3,440.18	\$ 1,516.41
CARROTANQUE DE AGUA	7600	\$ 107,712.62	30.00	3,590.42	\$ 1,239.59
VIBROCOMPACTADOR 10 TON	CS533C	\$ 64,814.18	30.00	2,160.47	\$ 811.49
CARGADOR	928H	\$ 77,089.12	30.00	2,569.64	\$ 1,287.19
HERRAMIENTA MENOR (10 % M.O)	GLOBAL	\$ 56.47	1.00	56.47	
Sub - Total				11,817.17	4,854.67

Fuente: Autores

Para la determinación del costo de posesión sobre el subtotal del equipo se usó la siguiente formula:





en el mercado; aunque, en ciertas ocasiones la contratación de dichos suministros por parte del estado hacen que sean más costosos que a un particular que compra directamente sin participar en un proceso licitatorio.

### 6.2.3. Transportes

Este es el tercer ítem calculado dentro de los Análisis de Precios Unitarios, y corresponden al reconocimiento del proveedor de los materiales o construcción de su acarreo desde un punto determinado al sitio de la obra; se identifica el suministro a transportar y su volumen, peso o cantidad por la unidad calculada dentro del A.P.U, la distancia promedio desde el centro de gravedad del proyecto al sitio de acopio más cercano, luego de ello se calcula el producto entre estos dos últimos y se multiplica por la tarifa del m3-km, arrojando el valor unitario por el transporte de los materiales, como se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 17 Ejemplo cálculo de los costos del transporte en los A.P.U

III - TRANSPORTES						
Material	Vol-peso ó Can	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor Unitario	
MATERIAL DE SUBBASE	1.3	15	19.50	\$ 409.20	7,979.35	\$ 2,095.06
Sub - Total						7,979.35

Fuente: Autores

En este ítem también se debe calcular la incidencia del costo de propiedad o posesión, ya que el Ejército Nacional también cuenta con una flotilla de volquetas sencillas, doble troques y vehículos de carga para los desplazamientos de los materiales, para ello en la siguiente tabla se puede visualizar como se hizo el análisis de precios unitarios para la determinación de la tarifa y la posesión por dicha actividad, así:



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Tabla 18 Análisis de Precios Unitarios. Transporte de material

ESTRUCTURA DE COSTOS	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
REPUBLICA DE COLOMBIA	

ITEM :	TRANSPORTE DE MATERIAL	UNIDAD	m3-km
FECHA	22 de septiembre de 2014	ESPECIFICACIÓN	

I - EQUIPO					
DESCRIPCION	Tipo	Tarifa Horario	Rendimiento	Valor Unitario	Poseción
VOLQUETA 2 EJES	4300	\$ 73.655.55	180.00	409.20	\$ 107.44
HERRAMIENTA MENOR (10 % M.O)	GLOBAL	\$ -			
Sub - Total				409.20	107.44

Fuente: Autores

#### 6.2.4. Mano de Obra

La mano de obra es quizás unos de los factores más importantes dentro del cálculo del costo por kilómetro para Ingenieros Militares, teniendo en cuenta que estos costos no se le atribuyen a los directos de la obra por parte del Ejército Nacional, ya que los honorarios por sueldos de los soldados, sub-oficiales y oficiales que están directamente involucrados en la obra son subsidiados por el Estado, al contrario que una empresa civil como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 19 Costos mano de obra Ejército Nacional y empresa privada

SALARIO MINIMO LEGAL VIGENTE		2014	\$ 616,000	\$ 616,000
No.	MANO DE OBRA	PRESTACIONES	JORNAL EJÉRCITO	JORNAL CIVILES
1	COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA	220%	\$ -	\$ 150,000
2	MAESTRO (1) AA	220%	\$ 61,600	\$ 61,600
3	OFICIAL (1) AA	220%	\$ 46,200	\$ 46,200
4	AYUDANTE (1) AA	220%	\$ -	\$ 30,800
5	AYUDANTE (2) AA	220%	\$ -	\$ 61,600
6	AYUDANTE (3) AA	220%	\$ -	\$ 92,400
7	AYUDANTE (4) AA	220%	\$ -	\$ 123,200
8	AYUDANTE (5) AA	220%	\$ -	\$ 154,000
9	AYUDANTE (6) AA	220%	\$ -	\$ 184,800
10	AYUDANTE (7) AA	220%	\$ -	\$ 215,600
11	AYUDANTE (8) AA	220%	\$ -	\$ 246,400
12	TECNICO EN EXPLOSIVOS	100%	\$ -	\$ 404,250



Fuente: Autores

Teniendo en cuenta lo anterior dentro de los Análisis de Precios Unitarios en el ítem IV – MANO DE OBRA se verán reflejados el costo del jornal, el porcentaje de las prestaciones, el jornal total que sale de la multiplicación de los dos anteriores valores, el rendimiento y como último el valor unitario cuyo valor equivale a la división del jornal total sobre el rendimiento, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 20** Ejemplo cálculo de los costos de la mano de obra en los A.P.U  
IV - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unitario
AYUDANTE (2) AA	\$ 61,600.00	220%	\$ 135,520.00	200.00	\$ 677.60
Sub - Total					<b>677.60</b>

Fuente: Autores

Como se pudo observar en la Tabla 19 el Ejército Nacional solo contrata en ciertas ocasiones los servicios de Maestros y Oficiales de construcción, y en el caso del ejemplo dado en la Tabla 20 el valor unitario sería cero, ya que Ejército Nacional no introduce estos costos como directos de obra.

### 6.3. Presupuesto general de obra

Según lo descrito en el numeral 4.2.3. “*Actividades del presupuesto general de Obra*” del presente documento, con las cantidades de obra de acuerdo numeral 4.2.2. “*Tipos de proyectos*”, se llevó a cabo el cálculo de los presupuestos por kilómetro para los civiles y militares de las 12 tipologías de carreteras y sus respectivos proyectos de construcción, mejoramiento y rehabilitación.



Con respecto a las actividades del presupuesto general de la obra no se tendrán en cuenta las siguientes actividades por los motivos que se exponen:

Item III.4.2 ACERO DE REFUERZO GRADO 37, este fue reemplazado por el ítem anterior III.4.1 ACERO DE REFUERZO GRADO 60, que bajo la luz de la nuevas especificaciones del INVIAS 2013 este queda renombrado como “3.4.2. SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 420 MPa”, ya que de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC 2289) el grado de resistencia mínima del acero de refuerzo es de 60.000 PSI (420 MPa); sin embargo se han dejado las dos actividades iguales con el fin de no alterar la forma original del ejercicio del texto guía.

Ítem IV.2.1 ESTABILIZACIÓN AFIRM. CON ENZIMAS, ya que las especificaciones del INVIAS 2012 no las tiene estandarizadas; estas no afectan el ejercicio toda vez que tan solo el texto guía las tenía en cuenta para proyectos de mejoramiento de vías terciarias en terrenos planos, ondulados, montañosos y escarpados (tipologías 13, 14, 15 y 16), donde divide este proyecto en mejoramiento A y B, para lo cual solo se calcula el mejoramiento B que tiene que ver con la estabilización del afirmado con cemento.

Como las Especificaciones Generales de construcción de carreteras 2013 del INVIAS no tiene normalizado la actividad estabilización afirmado con cemento, se tendrá en cuenta la especificación artículo 351-13 “Base tratada con cemento”; como base para calcular esta actividad en donde solo cambia el material de base por afirmado.

Por lo anterior y luego de actualizar las actividades del presupuesto general con las Especificaciones Generales de construcción de carreteras 2013, la Tabla 8 del numeral 4.2.3. del presente texto, queda de la siguiente forma con sus respectivos



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

costos por parte de Ejército Nacional y el porcentaje que sobre la actividad representan los costos de propiedad o posesión, así:

Tabla 21 Actualización actividades Presupuesto de Obra

ESP.	ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN
	<b>I. PRELIMINARES</b>			
<a href="#">0</a>	1.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	km	\$1,572,985	47.53%
	<b>II. EXPLANACIONES</b>			
<a href="#">INV 200.1</a>	2.1.1 DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$1,319,621	36.87%
<a href="#">INV 200.2</a>	2.1.2 DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOA (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 169,598	25.52%
<a href="#">INV 201.P</a>	2.2.1. DEMOLICIÓN CONCRETO SIMPLE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	m3	\$ 26,782	25.83%
<a href="#">INV 201.P</a>	2.2.2. DEMOLICION CONCRETO ESTRUCTURAL (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m3	\$ 79,000	25.34%
<a href="#">INV 210.2.2</a>	2.3.1. EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 5,655	11.40%
<a href="#">INV 210.2.2</a>	2.3.2. EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 18,668	8.52%
<a href="#">INV 220.1</a>	2.4. TERRAPLENES	m3	\$ 17,715	21.59%
<a href="#">INV 211.1</a>	2.5. REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	\$ 5,409	11.43%
<a href="#">INV 211.1</a>	2.6. TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-km	\$ 1,131	34.59%
	<b>III. ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>			
<a href="#">INV 600.4</a>	3.1.1. EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 12,367	12.22%
<a href="#">INV 600.2</a>	3.1.2. EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 27,348	17.79%
<a href="#">INV 610.1</a>	3.2. RELLENOS EN MATERIAL SELECCIONADO	m3	\$ 5,955	30.21%
<a href="#">INV 630.4</a>	3.3.1. CONCRETO CLASE D f'c=3000 PSI, CONCRETO REFORZADO	m3	\$ 348,809	0.59%
<a href="#">INV 630.6</a>	3.3.2. CONCRETO CLASE F f'c=2000 PSI, CONCRETO SIMPLE	m3	\$ 300,470	0.68%
<a href="#">INV 630.7</a>	3.3.3. CONCRETO CLASE G f'c=2000 PSI, CONCRETO CICLÓPEO	m3	\$ 195,745	0.40%



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

ESP.	ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN
<a href="#">INV 640.1</a>	3.4.1. SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 420 MPa	kg	\$ 3,330	0.00%
<a href="#">INV 640.1</a>	3.4.2. SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 420 MPa	kg	\$ 3,330	0.00%
<a href="#">INV 671.1</a>	3.5. CUNETA DE CONCRETO CLASE F, 2000 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	m3	\$ 337,374	0.62%
<a href="#">INV 673.1</a>	3.6. SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR	m3	\$ 66,546	2.93%
<a href="#">INV 661.1</a>	3.7. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO Ø=36" CLASE I	m	\$ 306,943	0.68%
<a href="#">INV 681.1</a>	3.8. GAVIONES	m3	\$ 73,626	2.05%
	<b>IV. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>			
<a href="#">INV 311.1</a>	4.1. MATERIAL DE AFIRMADO (INCLUYE TRANSPORTE HASTA 15KM)	m3	\$ 39,407	17.01%
-	ITEM ELIMINADO POR NO ESTAR EN LAS ESPECIFICACIONES INV2013			
<a href="#">INV 311.1</a>	4.2. AFIRMADO TRATADO CON CEMENTO, RESISTENCIA R3.5 (INCLUYE SUMINISTRO DE CEMENTO 4%)	m3	\$ 85,616	8.96%
<a href="#">INV 320.1</a>	4.3. SUBBASE GRANULAR	m3	\$ 44,826	17.11%
<a href="#">INV 330.1</a>	4.4. BASE GRANULAR	m3	\$ 53,415	17.08%
<u>0</u>	4.5. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800	m2	\$ 6,028	0.00%
<a href="#">INV 420.1</a>	4.6. RIEGO DE IMPRIMACIÓN	m2	\$ 2,750	3.79%
<a href="#">INV 450.1</a>	4.7.1. MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-1 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 485,878	2.23%
<a href="#">INV 450.2</a>	4.7.2. MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 500,378	2.16%
<a href="#">INV 431.1</a>	4.8. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-2	m2	\$ 9,591	13.81%
<a href="#">INV 340.1</a>	4.9. BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-38 (INCLUYE EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-1)	m3	\$ 150,327	8.31%
<a href="#">INV 351</a>	4.10. BASE TRATADA CON CEMENTO, RESISTENCIA R3.5 (INCLUYE SUMINISTRO DE CEMENTO 4%)	m3	\$ 99,116	10.02%
	<b>V. CONSERVACIÓN</b>			
<a href="#">INV 310.1</a>	5.1. CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	m2	\$ 509	26.53%
<a href="#">INV 310.1</a>	5.2. BACHEO EN AFIRMADO	m3	\$ 32,988	6.01%
<a href="#">INV 450.9</a>	5.3. MEZCLA DENSA EN CALIENTE PARA BACHEO (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 517,672	1.74%



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

ESP.	ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN
<a href="#">INV 801.4</a>	5.4.1. LIMPIEZA A MANO DE CUNETAS EN CONCRETO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m	\$ 346	34.59%
<a href="#">INV 801.3</a>	5.4.1. LIMPIEZA A MANO DE CUNETAS EN TIERRA (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m	\$ 346	34.59%
<a href="#">INV 801.6</a>	5.4.3. LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS Ø= 36", INCLUYE RECTIFICACIÓN DE DESCOLES Y RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM	un	\$ 346	34.59%
<a href="#">INV 801.1</a>	5.5. ROCERÍA (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	ha	\$ 27,638	24.52%
<a href="#">INV 466.2</a>	5.6. SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO CON RUTEO	m	\$ 14,839	3.38%
<a href="#">INV 460.1</a>	5.7. FRESADO CONCRETO ASFÁLTICO (E=5-15 cm)	m2	\$ 1,565	39.50%
<b>VI. SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRÁNSITO</b>				
<a href="#">INV 710.1</a>	6.1. SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO	un	\$ 90,242	4.55%
<a href="#">INV 700.1</a>	6.2. LÍNEAS DE DEMARCACIÓN Y MARCAS VIALES (PINTURA EN FRÍO)	m	\$ 3,333	0.12%
<a href="#">INV 701.1</a>	6.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS UNIDIRECCIONALES	un	\$ 10,003	1.64%
<a href="#">INV 730.1</a>	6.4. DEFENSAS METÁLICAS	m	\$ 174,794	2.35%
<a href="#">INV 720.1</a>	6.5. POSTES DE REFERENCIA	Un	\$ 95,260	2.87%
<b>VII. OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>				
		Global		

Fuente: Autores

Con la anterior tabla se procede a generar una hoja de cálculo por cada tipología desde la 5 a la 16, para los tres proyectos construcción, mejoramiento y rehabilitación; con lo cual se busca incluyendo las cantidades de obra recomendadas por el documento base (Estructura de Costos para Proyectos de carreteras) multiplicarlas por el costo unitario de cada actividad y de este total sacar el valor del costo de posesión o propiedad del equipo con el fin de sacar al final la incidencia de este costo sobre el valor total del kilómetro, como se puede apreciar a continuación:



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

**Tabla 22** Ejemplo cálculo porcentaje costo de propiedad del equipo para obras del Ejército Nacional

ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN	CANTIDAD	TOTAL	TOTAL POSESIÓN
<b>I. PRELIMINARES</b>						
1.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	km	\$ 1,572,985	47.53%	1	1,572,985	747,627
<b>II. EXPLANACIONES</b>						
2.1.1 DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 1,319,621	36.87%	0	527,849	194,617
2.1.2 DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOZA (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 169,598	25.52%	2	339,197	86,554
2.2.1. DEMOLICIÓN CONCRETO SIMPLE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	m3	\$ 26,782	25.83%	-	-	-
2.2.2. DEMOLICION CONCRETO ESTRUCTURAL (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m3	\$ 79,000	25.34%	-	-	-
2.3.1. EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 5,655	11.40%	-	-	-
2.3.2. EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 18,668	8.52%	-	-	-
2.4. TERRAPLENES	m3	\$ 17,715	21.59%	13,000	230,293,502	49,730,223
2.5. REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	\$ 5,409	11.43%	-	-	-
2.6. TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-km	\$ 1,131	34.59%	65,000	73,501,887	25,420,682
<b>III. ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>						
3.1.1. EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 12,367	12.22%	40	496,416	60,682
3.1.2. EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 27,348	17.79%	4	121,972	21,697
3.2. RELLENOS EN MATERIAL SELECCIONADO	m3	\$ 5,955	30.21%	31	185,929	56,171
3.3.1. CONCRETO CLASE D f'c=3000 PSI, CONCRETO REFORZADO	m3	\$ 348,809	0.59%	89	31,113,737	183,086
3.3.2. CONCRETO CLASE F f'c=2000 PSI, CONCRETO SIMPLE	m3	\$ 300,470	0.68%	9	2,680,190	18,309
3.3.3. CONCRETO CLASE G f'c=2000 PSI, CONCRETO CICLÓPEO	m3	\$ 195,745	0.40%	-	-	-
3.4.1. SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 420 MPa	kg	\$ 3,330	0.00%	3,760	12,520,565	-
3.4.2. SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 420 MPa	kg	\$ 3,330	0.00%	376	1,252,057	-
3.5. CUNETAS DE CONCRETO CLASE F, 2000 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	m3	\$ 337,374	0.62%	-	-	-



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN	CANTIDAD	TOTAL	TOTAL POSESIÓN
3.6. SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR	m3	\$ 66,546	2.93%	-	-	-
3.7. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO Ø=36" CLASE I	m	\$ 306,943	0.68%	50	15,347,168	105,088
3.8. GAVIONES	m3	\$ 73,626	2.05%	-	-	-
<b>IV. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>					-	-
4.1. MATERIAL DE AFIRMADO (INCLUYE TRANSPORTE HASTA 15KM)	m3	\$ 39,407	17.01%	-	-	-
ITEM ELIMINADO POR NO ESTAR EN LAS ESPECIFICACIONES INV2013						
4.2. AFIRMADO TRATADO CON CEMENTO, RESISTENCIA R3.5 (INCLUYE SUMINISTRO DE CEMENTO 4%)	m3	\$ 85,616	8.96%	-	-	-
4.3. SUBBASE GRANULAR	m3	\$ 44,826	17.11%	2,650	118,787,877	20,329,678
4.4. BASE GRANULAR	m3	\$ 53,415	17.08%	2,000	106,830,066	18,246,850
4.5. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 1800	m2	\$ 6,028	0.00%	800	4,822,247	-
4.6. RIEGO DE IMPRIMACIÓN	m2	\$ 2,750	3.79%	10,000	27,499,071	1,042,415
4.7.1. MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-1 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 485,878	2.23%	640	310,962,114	6,923,076
4.7.2. MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-2 (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 500,378	2.16%	-	-	-
4.8. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-2	m2	\$ 9,591	13.81%	-	-	-
4.9. BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-38 (INCLUYE EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-1)	m3	\$ 150,327	8.31%	-	-	-
4.10. BASE TRATADA CON CEMENTO, RESISTENCIA R3.5 (INCLUYE SUMINISTRO DE CEMENTO 4%)	m3	\$ 99,116	10.02%	-	-	-
<b>V. CONSERVACIÓN</b>					-	-
5.1. CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	m2	\$ 509	26.53%	-	-	-
5.2. BACHEO EN AFIRMADO	m3	\$ 32,988	6.01%	-	-	-
5.3. MEZCLA DENSA EN CALIENTE PARA BACHEO (INCLUYE CEMENTO ASFÁLTICO)	m3	\$ 517,672	1.74%	-	-	-
5.4.1. LIMPIEZA A MANO DE CUNETAS EN CONCRETO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m	\$ 346	34.59%	36	12,439	4,302
5.4.1. LIMPIEZA A MANO DE CUNETAS EN TIERRA (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m	\$ 346	34.59%	-	-	-
5.4.3. LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS Ø= 36", INCLUYE RECTIFICACIÓN DE DESCOLES Y RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM	un	\$ 346	34.59%	50	17,276	5,975



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN	CANTIDAD	TOTAL	TOTAL POSESIÓN
5.5. ROCERÍA (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	ha	\$ 27,638	24.52%	-	-	-
5.6. SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO CON RUTEO	m	\$ 14,839	3.38%	-	-	-
5.7. FRESADO CONCRETO ASFÁLTICO (E=5-15 cm)	m2	\$ 1,565	39.50%	-	-	-
<b>VI. SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DE TRÁNSITO</b>					-	-
6.1. SEÑALES VERTICALES DE TRÁNSITO	un	\$ 90,242	4.55%	4	360,967	16,430
6.2. LÍNEAS DE DEMARCACIÓN Y MARCAS VIALES (PINTURA EN FRÍO)	m	\$ 3,333	0.12%	3,200	10,665,440	13,144
6.3. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS UNIDIRECCIONALES	un	\$ 10,003	1.64%	20	200,058	3,286
6.4. DEFENSAS METÁLICAS	m	\$ 174,794	2.35%	25	4,369,861	102,689
6.5. POSTES DE REFERENCIA	Un	\$ 95,260	2.87%	1	95,260	2,738
<b>VII. OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>					-	-
	Global	\$ 7,345,620		10%	95,457,613	-
<b>SUB TOTAL COSTO POR KILÓMETRO</b>	km			<b>11.74%</b>	<b>1,050,033,739</b>	<b>123,315,318</b>

Fuente: Autores

Como se pudo apreciar en la anterior Tabla al final se puede observar que sobre ese proyecto que es la construcción de una carretera secundaria plana pavimentada de dos carriles (tipología 5), el porcentaje del costo de propiedad del equipo del Ejército Nacional corresponde a un 11.74%



## 7. DIAGNÓSTICO

Como resultado de los cálculos realizados en el numeral 6 del presente texto, se procedió a realizar una matriz resumen de los costos directos por kilómetro y el porcentaje de incidencia del costo de propiedad o posesión del equipo para todas las obras de acuerdo a las tipologías establecidas, de la siguiente forma:

**Tabla 23** Costos Directos por km y % de propiedad del equipo para obras del Ejército Nacional

TIPO VÍA	TIPOLOGÍAS	COSTOS DIRECTOS POR KILOMETRO			% DE POSESIÓN					
		CONSTRUCCIÓN	MEJORAMIENTO	REHABILITACIÓN	CONSTRUCCIÓN	MEJORAMIENTO	REHABILITACIÓN			
SECUNDARIA	P	5	1,050,033,739	670,171,444	290,953,524	11.74%	10.60%	5.25%		
	O	6	1,247,704,682	667,961,896	254,833,109	11.65%	8.99%	5.61%		
	M	7	1,792,940,498	757,290,336	275,964,201	11.72%	7.78%	3.83%		
	E	8	2,266,285,260	903,982,268	315,034,196	11.63%	7.84%	3.57%		
	P	9	436,786,714	756,909,664	104,414,373		18.32%	9.03%	14.51%	
				585,032,640				B		14.26%
				473,335,887				C		12.84%
				380,941,237				D		13.52%
	O	10	706,529,416	686,078,489	118,498,271	15.55%		7.73%	10.20%	
				514,479,612				B		12.64%
				438,090,998				C		10.65%
				326,453,291				D		11.70%
	M	11	1,125,039,755	762,818,345	142,465,615	15.05%		7.73%	8.85%	
				603,967,650				B		11.75%
				528,211,955				C		9.96%
				452,620,364				D		9.82%
E	12	1,084,711,423	844,657,596	171,870,084	11.14%		7.72%	7.68%		
			685,806,901				B		11.27%	
			587,038,207				C		9.46%	
			519,743,765				D		9.32%	
TERCIARIA	P	13	272,387,879	170,550,409	88,426,821	18.84%	12.89%	17.48%		
	O	14	433,109,168	236,461,856	76,626,364	14.94%	10.46%	9.49%		
	M	15	807,910,291	375,221,406	110,260,820	15.03%	11.68%	9.75%		
	E	16	1,116,661,810	495,658,647	140,243,410	13.81%	10.85%	8.08%		

- P Plana
- O Ondulada
- M Montañosa
- E Escarpada

Fuente: Autores

De igual forma se hizo la matriz para la empresa privada, obteniendo los siguientes resultados:



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

**Tabla 24** Costos Directos por km y % de propiedad del equipo para obras Empresa Privada

TIPO VÍA	TIPOLOGÍAS	COSTOS DIRECTOS POR KILOMETRO			% DE POSESIÓN			
		CONSTRUCCIÓN	MEJORAMIENTO	REHABILITACIÓN	CONSTRUCCIÓN	MEJORAMIENTO	REHABILITACIÓN	
SECUNDARIA	P	5	1,203,107,877	823,381,289	373,160,892	13.78%	11.60%	5.51%
	O	6	1,657,508,094	850,248,038	347,078,635	11.78%	9.47%	5.52%
	M	7	2,461,767,191	978,026,545	378,636,794	11.46%	8.06%	3.73%
	E	8	3,137,955,887	1,214,383,301	442,605,703	11.27%	7.81%	3.39%
	P	9	539,147,949	842,466,389	129,482,589	19.95%	10.91%	15.76%
				691,578,012			16.23%	
				548,379,845			14.90%	
				445,981,948			15.51%	
	O	10	1,045,840,902	791,870,922	151,274,662	14.11%	8.99%	10.74%
				637,175,936			13.71%	
				534,707,833			11.71%	
				407,415,723			12.58%	
	M	11	1,691,361,452	909,218,731	185,194,466	13.44%	8.70%	9.14%
				767,458,028			12.41%	
				665,758,954			10.60%	
				583,777,497			10.20%	
E	12	1,415,741,597	1,034,513,321	225,968,444	11.44%	8.46%	7.83%	
			892,752,617			11.61%		
			764,794,844			9.74%		
			692,041,964			9.37%		
TERCIARIA	P	13	335,773,123	201,468,845	108,065,443	20.52%	14.60%	19.26%
	O	14	626,093,409	312,111,432	96,882,249	13.87%	10.59%	10.09%
	M	15	1,220,335,348	525,467,934	142,392,356	13.36%	11.18%	10.15%
	E	16	1,649,489,585	693,358,029	185,506,905	12.54%	10.38%	8.19%

- P Plana
- O Ondulada
- M Montañosa
- E Escarpada

Fuente: Autores

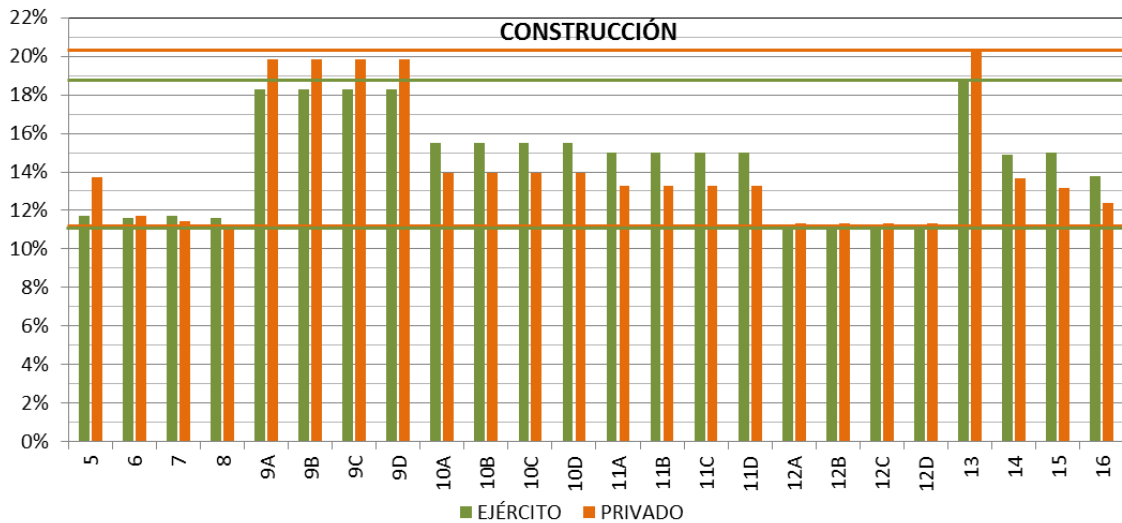
De acuerdo con lo anterior se hace el diagnóstico por tipo de proyecto, donde se grafican las tipologías desde la 5 hasta la 16 versus el porcentaje de propiedad y/o posesión de la maquinaria, de tal forma que se pueda identificar los rangos por los cuales estos índices se desplazan, así:

### 7.1. Proyectos de Construcción

En los proyectos de construcción para las tipologías 9, 10, 11 y 12 se asumió el mismo porcentaje para las subcategorías A, B, C y D ya que estas solo se diferencian en los proyectos de mejoramiento.



**Figura 5** Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de construcción



Fuente: Autores

Se puede observar que en esta categoría de proyectos, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila en un rango entre el 11% y un máximo del 19% de los costos directos de la obra (ver Figura 5); mientras que para una empresa privada estos varían entre un 11.5% al 20.5% (ver Figura 5), mostrando un punto y medio (1.5%) por encima del Ejército Nacional, lo que traduce que los privados les cuesta más poseer sus propios equipos en comparación con el Ejército Nacional, en algunas de las tipologías ya que para las tipologías 7, 8, 10,11, 14,15 y 16, a los Ingenieros Militares les cuesta más que a la empresa privada.

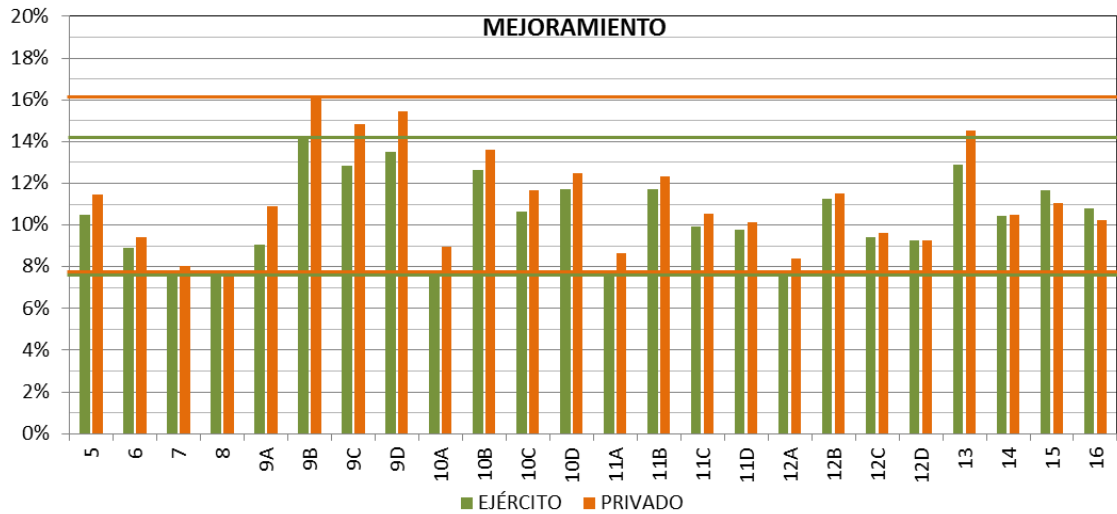
## 7.2. Proyectos de Mejoramiento

Para los proyectos de mejoramiento, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila entre 8% y un 14% de los costos directos de la obra (ver Figura 6); para la empresa privada están entre un 8% y un 16% (ver Figura 6), en este tipos de obras al Ejército Nacional le cuesta menos poseer el equipo con respecto a una empresa privada; además se puede identificar que en promedio



con respecto a la construcción estos costos representan una reducción del 4% aproximadamente, debido a la menor incidencia de la maquinaria en las actividades propias de la obra.

**Figura 6** Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de mejoramiento



Fuente: Autores

### 7.3. Proyectos de Rehabilitación

En Rehabilitación los porcentajes de costo de propiedad de la maquinaria para el Ejército Nacional tienen los valores más bajos con respecto a los dos proyectos anteriormente analizados con un 3.5%, así como también tienen un valor máximo del 17.5%; por otro lado a la empresa civil en este tipo de proyectos tienen un porcentaje mínimo y máximo del 3.3%, 19.2% respectivamente, como se puede apreciar en la Figura 7.

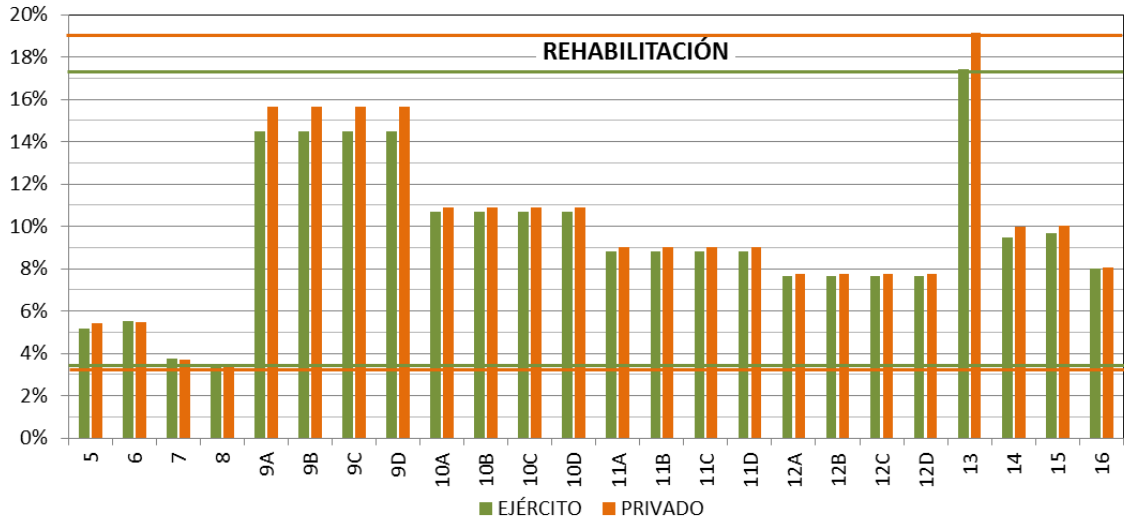
Teniendo en cuenta lo anterior se distingue que este tipo de proyectos el porcentaje de propiedad del equipo de construcción, tiene un rango muy grande y que oscila bastante entre las tipologías de vía, indicando que el costos de la



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

participación de la maquinaria es muy variable en los proyectos de rehabilitación de carreteras.

**Figura 7** Grafica Porcentaje costo de propiedad del equipo para obras de rehabilitación



Fuente: Autores



## 8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

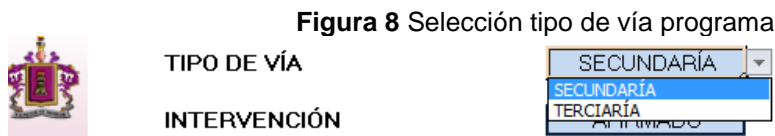
La propuesta de intervención consiste en el uso de 148 hojas de cálculo en Microsoft Excel, tipo programa donde el usuario pueda consultar detalladamente el porcentaje de propiedad o posesión del equipo de construcción para obras del Ejército Nacional (llamado al interior de la entidad demerito, desgaste y reposición de la maquinaria), de acuerdo al tipo de proyecto a realizar.

Como segunda parte y teniendo en cuenta que este programa debe tener la capacidad de ser dinámico a la hora de ser usado para las distintas regiones del país, se busca que sea editable de acuerdo a las condiciones propias del proyecto a calcular.

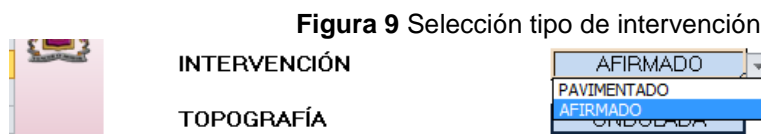
Teniendo en cuenta lo anterior el programa tendrá dos partes una de cálculo y una segunda de edición (ver Anexo 6. Flujograma Uso Programa), de acuerdo al siguiente instructivo, así:

### 8.1. Programa para el cálculo del costo de propiedad o posesión

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en el numeral 6, el programa se diseñó de forma tal que se inicie solicitándole al usuario los parámetros iniciales del proyecto a realizar de tal forma que escoja de unas listas desplegables como se muestran a continuación en su orden:



Fuente: Autores



Fuente: Autores



**Figura 10** Selección topografía

TOPOGRAFÍA	ONDULADA
TIPO PROYECTO	PLANA
	ONDULADA
	MONTAÑOSO
	ESCARPADA

Fuente: Autores

**Figura 11** Selección tipo de proyecto

TIPO PROYECTO	MEJORAMIENTO
SUBCATEGORÍA MEJORAMIENTO	CONSTRUCCIÓN
	MEJORAMIENTO
	REHABILITACIÓN

Fuente: Autores

**Figura 12** Selección tipo de subcategoría para proyectos de mejoramiento

SUBCATEGORÍA MEJORAMIENTO	B
TIPOLOGÍA	A
	B
	C
	D

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta los anteriores parámetros que escoge el usuario de acuerdo con el tipo de proyecto a realizar, el programa arroja una tipología de la obra, que van desde la numero 5 hasta el 16 (para las tipologías 9 a la 12 hay subcategorías A, B, C y D teniendo en cuenta que son proyectos de mejoramiento); como se puede evidenciar en la siguiente figura:

**Figura 13** Resultado tipología de proyecto



TIPOLOGÍA	10B
-----------	-----

Fuente: Autores

A continuación el interesado puede visualizar cómo de acuerdo con la tipología del proyecto, éste tiene un costo directo por kilómetro en pesos m/cte., un porcentaje equivalente al costo de la posesión de la maquinaria y el valor en pesos m/cte. de este coste, como se puede apreciar en la vista general del programa (Figura 14).



Figura 14 Vista general del programa para el cálculo del % de posesión

 JEFATURA DE INGENIEROS UNIVERSIDAD SANTO TOMAS 	TIPO DE VÍA	SECUNDARÍA				
	INTERVENCIÓN	AFIRMADO				
	TOPOGRAFÍA	ONDULADA				
	TIPO PROYECTO	MEJORAMIENTO				
	SUBCATEGORÍA MEJORAMIENTO	B				
	TIPOLOGÍA	10B				
			<b>EJÉRCITO</b>	<b>PRIVADO</b>		
COSTO DIRECTO POR KM	\$	514,180,120	\$	636,155,717		
% POSESIÓN MAQUINARÍA		12.67%		13.75%		
	\$	65,141,092	\$	87,484,454		
ADMINISTRACIÓN	15%	\$	77,127,018	20%	\$	127,231,143
IMPREVISTOS	5%	\$	25,709,006	5%	\$	31,807,786
UTILIDAD	0%	\$	-	5%	\$	31,807,786
I.V.A. SOBRE LA UTILIDAD 16%		\$	-		\$	5,089,246
TOTAL COSTO POR KM	\$	617,016,144	\$	832,091,678		

**NOTA:** Rellenar los recuadros azules de acuerdo al requerimiento

Fuente: Autores

Por otro lado y dependiendo de las circunstancias, se pueden calcular los costos indirectos de la obra, teniendo en cuenta los gastos en los que incurra cada una de las empresas (Privada o Ejército Nacional) con el fin de adelantar sus operaciones; de tal forma que en el programa se dejó como un dato de entrada que ingresa el usuario; posteriormente a la previsión de los mismos se incluyen como un porcentaje que está en función de los costos directos de la obra (ver Figura 14).

Al final se podrá ver cuánto es el costo total por kilómetro aproximado del proyecto para el Ejército Nacional, así como también para la empresa privada; identificando



cuánto el Ministerio de Defensa Nacional subsidia con respecto a una constructora civil.

## 8.2. Edición del Programa

Como la intención del programa es que se pueda acomodar a las diferentes circunstancias del territorio nacional, el usuario de este puede editar cada uno de los parámetros que hicieron parte de los cálculos para determinar el costo por kilómetro de cada una de las tipologías de proyectos, de tal forma que la segunda parte de la ventana de inicio permite acceder de forma inmediata a cada uno de los valores como se puede observar en la Figura 15.

**Figura 15** Vista general panel de edición de los parámetros de cálculo

EDICIÓN DE PARAMETROS DE CALCULO	
MAQUINARIA	
MATERIALES	
MANO DE OBRA	
A.P.U.	

CANTIDADES DE OBRA		
5	9	13
6	10	14
7	11	15
8	12	16

<http://www.sipg.gov.co/Default.aspx>

DÓLAR	\$ 2,200.00
ACPM	\$ 8,300.00
SMLLV	\$ 616,000.00

Fuente: Autores



Como se pudo observar en la anterior figura, este panel consta de la edición de los valores de maquinaria, materiales, mano de obra, Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.), las cantidades de obra; así como también la posibilidad de incluir valores que varían constantemente como lo son el dólar, el Aceite Combustible Para Motor (APCM) y el Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV), para lo cual se ha dispuesto un link donde se encuentran actualizados a la fecha de manipulación del programa.

### **8.2.1. Edición valores de Maquinaria**

Oprimiendo el botón de Maquinaria con el mouse del computador, se entra a la hoja resumen de 26 Tarifas Horarias Equipo de Construcción, allí se puede evidenciar los costos por hora de la maquinaria del Ejército Nacional, así como de la empresa privada, con sus respectivos porcentajes del costo de posesión o propiedad del equipo; además, se han incluido los valores referencia de entidades estatales como lo son, la gobernación de Cundinamarca, el Instituto Nacional de Vías y del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá IDU, precios del 2014.

Esta hoja contiene datos importantes como el nombre del equipo a usar en obra y el tipo de la máquina, con el fin de identificar los distintos modelos; porque aunque se tengan dos excavadoras no es lo mismo una 320D a una 340D que tiene una capacidad mayor a la primera y por lo tanto su tarifa es superior, por ello la importancia de identificar bien las máquinas a usar.

El usuario podrá editar cualquiera de los valores referencia de las entidades estatales, las tarifas de Ejército Nacional y de la Empresa Privada debe ingresar al vínculo en la parte inferior de la tabla que dice "RESUMEN MAQUINARIA", como se puede observar a continuación:



Figura 16 Tarifas Horarias Equipo de Construcción

Tarifas Horarias Equipo de Construcción										Menú
No.	EQUIPO	TIPO	TARIFA HORARIA	DEMERITO	TARIFA CIVIL	POSESIÓN	PRECIOS GOB CUNDINAMARCA	PRECIOS INVIVAS	IDU	
1	TERMINADORA DE ASFALTO	AP600D	\$ 173,441	47%	\$ 236,498	46%	\$ 260,000	\$ 183,430	\$ 63,800	
2	IRRI GADOR DE ASFALTO	4300 I	\$ 71,076	65%	\$ 97,375	64%	\$ 72,750	\$ 75,920		
3	COMPACTADOR NEUMÁTICO (LLANTAS)	PS150C	\$ 77,235	36%	\$ 98,754	38%	\$ 84,600	\$ 98,400	\$ 85,228	
4	VIBROCOMPACTADOR 10 TON	CS533C	\$ 70,392	34%	\$ 90,557	36%	\$ 90,000	\$ 95,200	\$ 78,618	
5	VIBROCOMPACTADOR (DOBLE TÁNDEM)	CB434D	\$ 67,793	44%	\$ 90,186	44%	\$ 90,000	\$ 99,500		
6	CARGADOR	928H	\$ 84,188	44%	\$ 112,425	44%	N.R.	\$ 102,500	\$ 88,428	
7	RETROEXCAVADORA	420E	\$ 85,822	33%	\$ 112,340	33%	\$ 101,400	\$ 173,000		
8	EXCAVADORA	320D	\$ 131,927	39%	\$ 169,746	40%	\$ 174,000	\$ 168,700	\$ 172,547	
9	MOTONIVELADORA	120K	\$ 117,296	42%	\$ 154,743	43%	\$ 177,228	\$ 133,400	\$ 162,625	
10	TRACTOR SOBRE ORUGAS	D6K	\$ 97,284	35%	\$ 124,170	36%	\$ 113,680	\$ 127,400		
11	CARROTANQUE DE AGUA	7600	\$ 56,792	60%	\$ 78,788	59%	\$ 86,037	\$ 55,600	\$ 37,500	
12	VOLQUETA 3 EJES	7600D	\$ 75,052	35%	\$ 98,579	36%	N.R.	\$ 52,500		
13	VOLQUETA 2 EJES	4300	\$ 49,316	35%	\$ 68,375	34%	\$ 52,300	\$ 52,500	\$ 35,000	
14	FRESADORA DE PAVIMENTO	PM102	\$ 391,097	20%	\$ 437,421	24%	\$ 438,100	\$ 467,900	\$ 134,647	
15	MINI CARGADOR (LLANTA)	236B3	\$ 55,388	35%	\$ 73,514	35%	\$ 50,500			
16	MINI CARGADOR (ORUGAS)	247B3	\$ 58,367	34%	\$ 76,625	34%	N.R.			
17	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	trimble	\$ 9,577	75%	\$ 12,470	78%	N.R.	\$ 11,500		
18	MOTOSIERRA	Husqvarna	\$ 3,053	17%	\$ 6,726	9%	\$ 5,200	\$ 8,750	\$ 3,625	
19	COMPACTADOR MANUAL (CANGURO)	Canguro	\$ 2,699	19%	\$ 7,811	7%	\$ 6,250	\$ 8,500	\$ 9,764	
20	MEZCLADORA DE CONCRETO (2 BULTOS)	HONDA	\$ 2,641	23%	\$ 7,768	9%	\$ 7,500	\$ 6,300	\$ 6,207	
21	VIBRADOR DE CONCRETO	4.2 caballos	\$ 3,025	29%	\$ 6,879	14%	\$ 6,250	\$ 5,800		
22	CAMIONETA 4X4	MAZDA BT 50	\$ 22,092	37%	\$ 32,530	24%	\$ 28,438	\$ 28,400		
23	GUADAÑADORA	Husqvarna	\$ 2,487	25%	\$ 5,454	13%	\$ 4,300	\$ 4,550		
24	VEHICULO DELINEADOR	#N/A	\$ 140,000	0%	\$ 140,000	0%	\$ 185,000	\$ 93,800	\$ 17,500	
25	MARTILLO DEMOLEDOR 60 lb	BOSCH 120 CFM	\$ 7,066	82%	\$ 9,264	84%	\$ 9,000		\$ 5,689	
26	COMPRESOR DE 250 CFM	MD5050	\$ 61,096	10%	\$ 77,097	11%	\$ 90,000	\$ 63,700	\$ 39,440	

NOTA: PARA EDITAR LOS VALORES DE LA TARIFA HORARIA DEL EQUIPO DEBE INGRESAR EN EL SIGUIENTE HIPERVINCULO [RESUMEN MAQUINARIA](#)  
 Fuente: Autores

Al entrar a la hoja resumen maquinaria, hay una tabla con el nombre de Cálculo de las Tarifas Horarias Equipo de Construcción, en ella se encuentran los datos del nombre de la máquina, tipo, marca, modelo, año de adquisición, precio de entrega, precio de entrega 2014 y costos de seguros datos que el usuario puede editar directamente. Por otro lado se encuentra el resumen de los resultados del cálculo de la tarifa de los tres principales costos, posesión, operación y operador, sumados en un total del cual posteriormente se calcula el porcentaje (%) del demerito o posesión o propiedad del equipo del Ejército Nacional y de la empresa privada.

En esta hoja hay una breve instrucción de lo que debe hacer el que está manipulando los datos como se muestra:

- Datos para editar e ingresar:
1. Tipo de maquinaria (Vehículo ó Equipo)
  2. Marca del Equipo
  3. Modelo
  4. Año de la compra del equipo
  5. Precio de entrega
  6. Tasa de seguros para Maquinaria

DOLLAR	\$	2,200
ACPM	\$	8,300
SMMLV	\$	616,000
Tasa de seguros para Maquinaria		
Equipo		3.420%
Vehículo		1.972%



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

De igual forma en esta hoja de cálculo puede entrar por intermedio de hipervínculos a las hojas de cálculo de cada uno de las máquinas, de acuerdo al formato que provee el Manual de Rendimiento de Caterpillar, según lo visto en el numeral “6.1. Tarifa Horaria”, como se puede observar en la Figura 17; en esta tabla se editan los valores de las columnas tipo, marca, modelo, año y precio de entrega.

Figura 17 Cálculo de las Tarifas Horarias Equipo de Construcción

Menú Cálculo de las Tarifas Horarias Equipo de Construcción								
No.	NOMBRE MAQUINA	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	PRECIO DE ENTREGA	PRECIO ENTREGA (2014)	COSTO SEGUROS
1	Terminadora de asfalto	Equipo	Caterpillar	AP600D	2014	\$ 640,285,293.00	\$ 640,285,293.00	\$ 21,897,757.02
2	Irrigador de asfalto	Vehiculo	Internacion	4300 I	2014	\$ 396,000,000.00	\$ 396,000,000.00	\$ 7,809,120.00
3	Compresor de 250 CFM	Equipo	Sullivan	MD5050	2013	\$ 44,800,000.00	\$ 44,934,400.00	\$ 1,536,756.48
4	Compactador Neumático (llantas)	Equipo	Caterpillar	PS150C	2014	\$ 220,135,345.00	\$ 220,135,345.00	\$ 7,528,628.80
5	Vibrocompactador 10 Ton	Equipo	Caterpillar	CS533C	2012	\$ 185,600,000.00	\$ 191,539,200.00	\$ 6,550,640.64
6	Vibrocompactador (doble tándem)	Equipo	Caterpillar	CB434D	2013	\$ 235,000,000.00	\$ 235,705,000.00	\$ 8,061,111.00
7	Cargador	Equipo	Caterpillar	928H	2014	\$ 294,400,000.00	\$ 294,400,000.00	\$ 10,068,480.00
8	Retroexcavadora	Equipo	Caterpillar	420E	2012	\$ 191,300,000.00	\$ 197,421,600.00	\$ 6,751,818.72
9	Excavadora	Equipo	Caterpillar	320D	2012	\$ 352,700,000.00	\$ 363,986,400.00	\$ 12,448,334.88
10	Motoniveladora	Equipo	Caterpillar	120K	2012	\$ 382,100,000.00	\$ 394,327,200.00	\$ 13,485,990.24
11	Tractor sobre orugas	Equipo	Caterpillar	D6K	2013	\$ 266,614,183.00	\$ 267,414,025.55	\$ 9,145,559.67
12	Carrotanque de agua	Vehiculo	Internacion	7600	2012	\$ 296,336,000.00	\$ 305,818,752.00	\$ 6,030,745.79
13	Volqueta 3 ejes	Vehiculo	Internacion	7600D	2013	\$ 223,738,000.00	\$ 224,409,214.00	\$ 4,425,349.70
14	Volqueta 2 ejes	Vehiculo	Internacion	4300	2013	\$ 147,438,000.00	\$ 147,880,314.00	\$ 2,916,199.79
15	Fresadora de pavimento	Equipo	Caterpillar	PM102	2013	\$ 608,551,000.00	\$ 610,376,653.00	\$ 20,874,881.53
16	Mini cargador (llanta)	Equipo	Caterpillar	236B3	2012	\$ 132,700,000.00	\$ 136,946,400.00	\$ 4,683,566.88
17	Mini cargador (orugas)	Equipo	Caterpillar	247B3	2012	\$ 135,000,000.00	\$ 139,320,000.00	\$ 4,764,744.00
18	Equipo de topografía	Equipo	Trimble	trimble	2013	\$ 34,162,000.00	\$ 34,264,486.00	\$ 1,171,845.42
19	Motosierra	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 2,180,104.00	\$ 2,186,644.31	\$ 74,783.24
20	Compactador manual (canguro)	Equipo	Husqvarna	Canguro	2013	\$ 3,536,000.00	\$ 3,546,608.00	\$ 121,293.99
21	Mezcladora de concreto (2 bultos)	Equipo	Husqvarna	HONDA	2013	\$ 4,375,000.00	\$ 4,388,125.00	\$ 150,073.88
22	Vibrador de concreto	Equipo	Honda	4.2 caballos	2013	\$ 1,380,000.00	\$ 1,384,140.00	\$ 47,337.59
23	Camioneta 4X4	Vehiculo	Mazda	MAZDA BT 50	2013	\$ 81,188,504.00	\$ 81,432,069.51	\$ 1,605,840.41
24	Guadañadora	Equipo	Husqvarna	Husqvarna	2013	\$ 1,916,784.00	\$ 1,922,534.35	\$ 65,750.67
25	Martillo Demoledor 60 lb	Equipo	Bosch	BOSCH 120 CFM	2012	\$ 9,537,000.00	\$ 9,842,184.00	\$ 336,602.69

Fuente: Autores

En el Anexo 1. Tarifas Horarias Equipo de Construcción, se puede observar el formato del Manual de Rendimiento de Caterpillar que es editable de acuerdo a las condiciones propias de cada caso, para estos cálculos como se describió en el numeral 6.1. Se hicieron para trabajos medios de complejidad.



### 8.2.2. Edición costos de Materiales

El programa permite le edición de los materiales en la obra, al oprimir el botón de “MATERIALES” se entra a una tabla en la cual se puede ver un numero consecutivo, la descripción del material, la unidad de medida bajo el cual se compra y el precio unitario como se observa en la siguiente figura; todos estos datos pueden ser actualizados e inclusive insertar nuevos si se requieren, para posteriormente ser usados en la análisis de precios unitarios. Se incluyen una celda en la cual el usuario deben ingresar la fecha para la cual se hizo el reajuste de acuerdo a las condiciones propias de la zona a construir.

Figura 18 Edición Materiales en la Obra

Materiales en la Obra				Menú
FECHA DE ACTUALIZACIÓN		22 de septiembre de 2014		
No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	
1	MOJONES, PINTURA, ESTACAS, TACOS	gb	\$ 200.00	
2	ACERO DE $F_y=4200$ Kg/cm <sup>2</sup>	kg	\$ 2,556.00	
3	AGREGADO	m <sup>3</sup>	\$ 31,500.00	
4	AGREGADO PÉTREO GRAVILLA DE 1/2"	m <sup>3</sup>	\$ 55,000.00	
5	AGUA	lt	\$ 25.20	
6	ALAMBRE GALVANIZADO	kg	\$ 1,764.00	
7	ALAMBRE NEGRO PARA AMARRE	kg	\$ 3,225.00	
8	AMORTIGUADOR DEFENSA METÁLICA	und	\$ 29,000.00	
9	ANFO	kg	\$ 4,914.00	
10	ARENA LAVADA	m <sup>3</sup>	\$ 55,000.00	
11	ASFALTO TIPO 190/220 200KG	kg	\$ 3,308.00	
	ASFALTO TIPO 60/70	kg	\$ 1,100.00	
12	BARRERA PROTECTORA	gb	\$ 2,316.00	
13	CEMENTO GRIS	kg	\$ 590.00	
14	CONCRETO CLASE D $f_c=3000$ PSI	m <sup>3</sup>	\$ 349,033.24	
15	CONCRETO CLASE F $f_c=2000$ PSI	m <sup>3</sup>	\$ 300,694.24	
16	CONCRETO CLASE G $f_c=2000$ PSI	m <sup>3</sup>	\$ 195,744.39	
17	CORDON DETONANTE	m	\$ 1,244.00	
18	DEFENSAS METÁLICAS (3.81 m)	und	\$ 407,117.00	
19	DERECHO DE BOTADERO	m <sup>3</sup>	\$ 4,000.00	
20	DETONADOR No. 08	und	\$ 808.00	
21	DISOLVENTE THINNER	ab	\$ 32,975.00	

Fuente: Autores

Oprimiendo el botón de Menú regresa a la pantalla inicial del programa.



### **8.2.3. Edición costos de Mano de Obra**

Los costos de la mano de obra al contrario de las otras hojas de cálculo se editan desde el tablero inicial del programa en la última celda de recuadro azul de la figura 15, que solicita el valor del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV) en pesos colombianos COP; de allí automáticamente se actualizan los valores de la mano de obra en los A.P.U. y en las tarifas horarias de la maquinaria.

Si se oprime el botón se puede visualizar los distintos valores de la mano de obra no calificada y sus cuadrillas como se describió en el numeral “6.2.4. *Mano de Obra*”.

### **8.2.4. Edición Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.)**

Entrando a este link se puede acceder al listado de todos los Análisis de Precios Unitarios que se tuvieron en cuenta para el costo por kilómetro de los distintos proyectos, divididos en seis capítulos. Esta tabla contiene el número de la especificación INVIAS a la cual hace referencia el APU, el nombre de la actividad, la unidad de pago, el valor unitario de Ejército Nacional y el % de posesión de la maquinaria para esa labor; así como también, el hipervínculo para acceder a cada una de las tareas (ver figura 18).

Entrando a cada uno de los análisis de precios unitarios de las actividades se encuentra la misma estructura organizacional descrita en el numeral “6.2. *Análisis de Precios Unitarios*”, sin embargo para los numerales I – Equipo, II –Materiales en la Obra y IV – Mano de Obra en las celdas de descripción se elige de una lista desplegable anidada a las tablas anteriormente descritas en los numerales 8.2.1., al 8.2.3.



Figura 19 Edición Análisis de Precios Unitarios

PRECIOS UNITARIOS DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA CUADRO No. 4					
					Menú
ESP.	ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN	EJÉRCITO
<b>I. PRELIMINARES</b>					
-	1.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	km	\$ 1,583,653	48.58%	1.1.
<b>II. EXPLANACIONES</b>					
INV 200.1	2.1.1. DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 1,318,149	37.04%	2.1.1.
INV 200.2	2.1.2. DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOScosa (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 169,114	26.49%	2.1.2.
INV 201.P	2.2.1. DEMOLICIÓN CONCRETO SIMPLE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	m3	\$ 26,491	26.15%	2.2.1.
INV 201.P	2.2.2. DEMOLICION CONCRETO ESTRUCTURAL (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m3	\$ 78,772	26.24%	2.2.2.
INV 210.2.2	2.3.1. EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 5,649	11.41%	2.3.1.
INV 210.2.2	2.3.2. EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 18,633	8.55%	2.3.2.
INV 220.1	2.4. TERRAPLENES	m3	\$ 17,684	21.63%	2.4.
INV 211.1	2.5. REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	\$ 5,403	11.44%	2.5.
INV 211.1	2.6. TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-km	\$ 1,121	34.89%	2.6.
<b>III. ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>					
INV 600.4	3.1.1. EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 12,540	12.39%	3.1.1.
INV 600.2	3.1.2. EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 27,238	17.87%	3.1.2.

Fuente: Autores

El usuario además, podrá editar los recuadros que se encuentran de fondo azul para todos los numerales del I al IV de cada uno de los A.P.U., lo que conllevará a que se actualicen automáticamente las demás hojas de cálculo.

### 8.2.5. Edición Cantidades de Obra

Por último en esta ventada se encuentran 12 botones que van desde el numero 5 al 16 (ver Figura 15) en los cuales se pueden entrar a modificar las cantidades de



Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

obra de las distintas tipologías de carreteras para las cuales fue diseñado el programa, ya que si se cuenta con una fuente como la de los estudios y diseños o memorias de cálculo que provean datos reales o aproximados de la obra, estos se pueden modificar de acuerdo al requerimiento, basta con modificar las celdas de color amarillo como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 20 Edición Cantidades de Obra

PRECIOS UNITARIOS DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA				TIPOLOGÍA 16 CARRETERA TERCIARIA ESCARPADA AFIRMADA					
<b>Nota: Para editar cambie los recuadros en amarillo</b>				CONSTRUCCIÓN			MEJORAMIENTO		
ACTIVIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	% POSESIÓN	CANT	TOTAL	TOTAL POSESIÓN	CANT	TOTAL	TOTAL POSESIÓN
<b>I. PRELIMINARES</b>									
1.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	km	\$ 1,583,653	48.58%	1	1,583,653	769,266	1	1,583,653	769,266
<b>II. EXPLANACIONES</b>									
2.1.1. DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 1,318,149	37.04%	1	659,075	244,137	0	131,815	48,827
2.1.2. DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOSEA (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	ha	\$ 169,114	26.49%	1	84,557	22,396	0	33,823	8,958
2.2.1. DEMOLICIÓN CONCRETO SIMPLE (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5KM)	m3	\$ 26,491	26.15%	-	-	-	2	52,982	13,857
2.2.2. DEMOLICIÓN CONCRETO ESTRUCTURAL (INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA DE 5 KM)	m3	\$ 78,772	26.24%	-	-	-	2	157,545	41,345
2.3.1. EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 5,649	11.41%	29,500	166,648,210	19,016,000	8,700	49,147,099	5,608,108
2.3.2. EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	m3	\$ 18,633	8.55%	12,500	232,906,694	19,906,611	3,800	70,803,635	6,051,610
2.4. TERRAPLENES	m3	\$ 17,684	21.63%	2,000	35,368,864	7,650,804	600	10,610,659	2,295,241
2.5. REMOCIÓN DE DERRUMBES	m3	\$ 5,403	11.44%	4,200	22,693,127	2,596,402	1,500	8,104,688	927,286
2.6. TRANSPORTE DE MATERIALES	m3-km	\$ 1,121	34.89%	241,000	270,118,736	94,252,067	73,000	81,820,198	28,549,381
<b>III. ESTRUCTURAS Y DRENAJES</b>									
3.1.1. EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 12,540	12.39%	390	4,885,671	605,351	234	2,931,403	363,211
3.1.2. EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	m3	\$ 27,238	17.87%	43	1,179,152	210,742	26	707,491	126,445

Fuente: Autores



## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es importante denotar que en todos los casos se realizó el cálculo de los costos directos de obra para la Empresa Privada, toda vez que el Ejército Nacional a través de sus Ingenieros Militares cuando excede su capacidad técnica y logística, subcontrata algunos ítems u obras; por lo cual este trabajo permite tener los valores para cada uno de los casos; convirtiéndose en una herramienta muy importante a la hora de realizar presupuestos de obra, ya sea para cuando se ejecutan los trabajos directamente o se contraten a través de un tercero.

En general, se puede decir que el Estado a través de los Ingenieros Militares del Ejército Nacional subsidian en sus obras costos directos importantes, iniciando por la tarifa horaria de la maquinaria, en donde los precios más bajos por importación del equipo, los valores de los seguros (asociados directamente al precio del bien), el no cobro de: impuestos, estacionamiento, bodegaje y costos de operación (sueldos de operadores); finalmente hacen que esta tarifa sea más baja en comparación con la empresa privada.

De acuerdo con las tarifas horarias calculadas, para las máquinas del Ejército Nacional son menores que las de una empresa privada, ya que la diferencia radica en que el Estado subsidia la maquinaria y estos gastos no son cargados a los costos directos de la obra. Hablando en porcentajes, el Ministerio de Defensa Nacional por cada equipo pesado que se usa en obra, subsidia entre un 11% al 33% de la tarifa horaria dependiendo la máquina; que posteriormente se ve representado en mayor cantidad de obra ejecutado.

De igual forma se pudo identificar que el porcentaje de propiedad o posesión del equipo (demerito, desgaste y reposición para el caso del Ejército Nacional) dentro de la tarifa horaria, no tiene un comportamiento estandarizado, ya que cada máquina posee un porcentaje distinto de incidencia de este índice, valores que



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

pueden oscilar entre el 10% y el 80%, tanto para el Ejército Nacional como para la empresa privada.

Hay otro factor que puede reducir la brecha de los costos asumidos por el Estado en la construcción de obras civiles por parte de los Ingenieros Militares, con respecto a la empresa privada, y es que los precios de los materiales e insumos para las obras, así como la de repuestos para la maquinaria, al Ejército Nacional le corresponde por su configuración de institución pública comprarlos a todo costo, mientras que una constructora privada los puede negociar y adquirir a montos más económicos.

En los Análisis de Precios Unitarios se halló que el porcentaje de propiedad o posesión del equipo está directamente relacionado con la utilización de la maquinaria en cada actividad, de tal forma que hay actividades que tienen una incidencia del 0%, así como otras que poseen alrededor del 30%; estos altos valores están correlacionados con el transporte de los materiales, así como también con el uso de la maquinaria para los trabajos.

Las incidencias específicas del costo de propiedad o posesión (demérito, desgaste y reposición) de la maquinaria para proyectos de construcción, mejoramiento y rehabilitación, conllevan a realizar las siguientes conclusiones:

Para la categoría de proyectos de construcción, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila en un rango entre el 11% y el 19% de los costos directos de la obra; mientras que para una empresa privada estos varían entre un 11.5% al 20.5%, mostrando un punto y medio (1.5%) por encima del Ejército Nacional, lo que se traduce en que a los privados les cueste más poseer sus propios equipos, en algunas de las tipologías ya que para las tipologías 7, 8, 10,11, 14,15 y 16, a los Ingenieros Militares les cuesta más que a la empresa privada.



Por otro lado, para los proyectos de mejoramiento, el porcentaje del costo de propiedad o posesión del equipo oscila entre el 8% y un 14% de los costos directos de la obra; para la empresa privada están entre un 8% y un 16%. En este tipo de obras, al Ejército Nacional si le cuesta menos poseer el equipo con respecto a una empresa privada; además se puede identificar que en promedio, con respecto a los proyectos de construcción, estos costos representan una reducción del 4% aproximadamente, debido a la menor incidencia de la maquinaria en las actividades propias de la obra.

Por último, para los proyectos de rehabilitación, los porcentajes de costo de propiedad o posesión de la maquinaria para el Ejército Nacional tienen los valores más bajos con respecto a los dos proyectos anteriormente mencionados con un 3.5%, así como un valor máximo del 17.5%; por otro lado a la empresa civil en este tipo de proyectos tienen un porcentaje mínimo y máximo del 3.3%, 19.2% respectivamente.

En cuanto al objetivo general del trabajo, el cual era determinar el porcentaje del costo de propiedad del equipo de construcción en el presupuesto general de la obra, para distintos tipos de proyectos viales que ejecuta el Ejército Nacional; los autores proponen como una herramienta el uso de un programa basado en las distintas hojas de cálculo que se elaboraron para calcular la matriz de porcentajes de incidencia del costo de posesión en el presupuesto general de obra para los diferentes tipos de carreteras.

El programa se hizo con un lenguaje fácil y didáctico, para que el usuario final pueda modificar y actualizar los datos base de los cálculos, y así brindar la oportunidad de mantener vigente el trabajo realizado y tener las referencias que necesita el Ejército Nacional a la hora de hacer las negociaciones con las otras entidades estatales.



## Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

Para terminar se puede concluir que los Ingenieros Militares en este momento pueden justificar y demostrar a los demás entes gubernamentales que dentro de sus costos directos, el poseer la maquinaria representa en el más bajo de los escenarios un 3.5% y en el mayor un 19% aproximadamente; por lo cual deben reconocer estas incidencias monetariamente para que el Ejército Nacional continúe con su capacidad operativa.



## BIBLIOGRAFÍA

- CÁMARA COLOMBIANA DE LA INFRAESTRUCTURA. Manual tarifas de arrendamiento para equipos de construcción. Colombia. 2009.
- CONPES, Renovación de la administración Pública: Programa para la Gestión Eficiente de Activos Públicos. Fase I: Activos Fijos – Inmobiliarios; 2003.
- CULTURAL S.A. Camiones y Vehículos Pesados, Reparación y Mantenimiento. ED. Cultural S.A. Tomo I., México D.F., México. 2001. pp. 120-133
- ENCICLOPEDIA MCGRAW-HILL de Ciencia y Tecnología. Tomo 1. Ed. McGraw-Hill. New York, EE.UU. - 1991
- ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES. Administración y empleo del equipo. Bogotá D.C., Colombia, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Colombia, 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Colombia, 2008.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE – DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. Estructura de Costos para Proyectos de Carreteras. Colombia, 2002.
- NICHOLS, Herbert L. Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada, Segunda Edición. McGraw-Hill Interamericana. México, 1999. 1010p.
- PUBLICACIÓN DE CATERPILLAR INC. Improving Fuel System Durability: Publicación SENR9620. Peoria, Illinois, EE.UU. Diciembre de 2000. Pp. Completo.



#### Porcentaje costo de propiedad del equipo de construcción para obras del Ejército

- PUBLICACIÓN DE CATERPILLAR INC., Manual de Rendimiento de Caterpillar. Peoria, Illinois, EE.UU. Enero de 2002.
- SINGH, Sanjiv. El estado del arte en la automatización de movimiento de tierras, en revista ASCE de ingeniería aeroespacial, vol. 10, No. 4, octubre de 1997, pp 1-29.