

**APOYO AL SISTEMA DE GESTIÓN VIAL DE LA EMPRESA INDUPALMA  
LIMITADA.**

**TOMMY JOYLEN SANABRIA CERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2013**

**APOYO AL SISTEMA DE GESTIÓN VIAL DE LA EMPRESA INDUPALMA  
LIMITADA.**

**TOMMY JOYLEN SANABRIA CERA**

**Trabajo de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial como  
requisito para obtener el título de Ingeniero Civil**

**Director  
LUIS ALBERTO CASTAÑEDA  
Docente planta escuela de Ingeniería Civil - UIS**

**Tutor de la práctica empresarial  
ANDRÉS MAURICIO BELALCAZAR LÓPEZ  
Ingeniero Civil  
Director del departamento de infraestructura**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a DIOS por la inmensidad de sus bendiciones y el don de la vida, por haberme dado fuerzas y sabiduría para afrontar día a día los retos que se requieren para alcanzar el título de Ingeniero Civil.

La empresa INDUPALMA LTDA por haberme brindado la oportunidad de impartir mis prácticas profesionales en un medio muy poco conocido por los ingenieros civiles.

A los ingenieros Andrés Mauricio Belalcazar y Julio Cesar Palma por sus sabios consejos y enseñanzas brindadas en el transcurso de esta práctica.

Al profesor Luis Eduardo Castañeda por sus enseñanzas y dirección tanto en las materias de la carrera que me impartió como en la elaboración de este documento.

A mis compañeros de Carrera por sus consejos en momentos oportunos y su grata compañía.

## **DEDICATORIA**

A Dios fuente de vida y sabiduría.

A mis padres que con sus consejos llenos de amor hicieron posible este logro

A mi hermana por su apoyo y sagrada compañía.

A mis tíos y abuelos por su constante motivación.

A mi novia por recorrer a mi lado los feos y bellos momentos de la vida universitaria.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	18
1. OBJETIVOS .....	19
1.1 Objetivo general.....	19
1.1.1 Objetivos específicos .....	19
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	20
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA.....	20
2.1.2 Reseña histórica .....	20
2.2.2 Misión .....	21
2.2.3 Visión.....	21
3. DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL DE LA PLANTACIÓN .....	22
3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CORREDORES .....	22
3.1.1 Vías primarias.....	22
3.1.2 Vías secundarias .....	23
3.1.3 Vías terciarias .....	24
3.2 ASPECTOS GEOMÉTRICOS.....	24
3.2.1 Configuración longitudinal.....	25
3.2.1.1 Zona norte .....	25
3.2.1.2 Zona sur .....	26
3.2.2 Configuración transversal .....	26
3.3 ESTRUCTURA DEL AFIRMADO.....	29
3.3.1 Patologías observadas .....	30
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL TRANSITO.....	32
3.4.1 Volúmenes de tráfico .....	33
3.4.2 Estimación de carga por ejes.....	37
4. MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA MALLA VIAL DE LA EMPRESA INDUPALMA LTDA.....	60
4.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO VIAL .....	60
4.2 OBJETIVO DEL MANUAL .....	60
4.3 DEFINICIONES .....	60
4.3.1 Vía en afirmado. ....	60
4.3.2 Elementos de la vía en afirmado.....	60
4.3.3 Deterioros de vías en afirmado.....	64
4.4 CICLO DE VIDA FATAL DE LOS CAMINOS .....	72
4.4.1 FASE A. Construcción .....	73
4.4.2 FASE B. Deterioro lento y poco visible .....	73

4.4.3 FASE C. Deterioro acelerado.....	74
4.4.4 FASE D. Descomposición total .....	74
4.5 CICLO DE VIDA DESEABLE .....	74
4.6 MANTENIMIENTO VIAL .....	76
4.7 MANTENIMIENTO RUTINARIO .....	76
4.8 MANTENIMIENTO PERIODICO .....	77
4.9 REHABILITACION.....	78
4.10 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO .....	78
4.11 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	91
4.12 GENERALIDADES SOBRE ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL MANTENIMIENTO.....	92
4.12.1 Especificaciones dadas por el instituto nacional de vías (Invias).....	92
4.12.2 Propiedades recomendadas por el ARRB (Australia).....	94
4.12.3 Propiedades que deben cumplir los materiales a utilizar en el mantenimiento y construcción de vías en afirmado para la red vial de la plantación. ....	95
4.13 DIMENSIONES DE ESPESOR REQUERIDO DE AFIRMADO.....	96
4.13.1 Método Aashto.....	96
4.13.2 Método TRL.....	98
4.13.3 Método de Peltier.....	98
5. COSTOS DE MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLA .....	100
5.1 Definición de costo .....	100
CONCLUSIONES .....	102
BIBLIOGRAFIA.....	103
ANEXOS .....	104

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Análisis de cargas Chevrolet - Kodiak.....	42
Tabla 2. Análisis de cargas Renault - Kerax .....	43
Tabla 3. Análisis de cargas camiones de terceros .....	45
Tabla 4. Análisis de cargas – camiones de terceros C2-P .....	46
Tabla 5. Elementos de la vía en afirmado .....	61
Tabla 6. Daños de la superficie ahuellamiento.....	65
Tabla 7. Daños de la superficie - Corrugaciones .....	66
Tabla 8. Daños de la superficie - Perdida de agregado .....	68
Tabla 9. Daños de la estructura - Baches .....	69
Tabla 10. Diseños de la estructura – Sección transversal.....	70
Tabla 11. Regiones climáticas .....	97
Tabla 12. Nivel de transito .....	97

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Cantidad promedio tráfico diario, por la valla vial .....	33
Cuadro 2. Especificaciones del camión Renault-Kerax.....	48
Cuadro 3. Especificaciones del camión Chevrolet-Kodiak .....	49
Cuadro 4. Especificaciones Grua kubota 9500 .....	50
Cuadro 5. Especificaciones del Tractor Kubota .....	51
Cuadro 6. Especificaciones Tractor John Deere .....	52
Cuadro 7. Especificaciones para transporte de fibra y tusa .....	53
Cuadro 8. Especificaciones camiones de transporte de fibra y tusa .....	54
Cuadro 9. Bus transporte de personal .....	55
Cuadro 10. Especificaciones camiones de transporte cultivos de terceros tipo C2-G .....	56
Cuadro 11. Especificaciones camiones de transporte cultivos de terceros C2-G..	57
Cuadro 12. Especificaciones tracto camión para transporte de aceite de palma...	58
Cuadro 13. Especificaciones tracto camión, transporte de aceite de palma.....	59
Cuadro 14. Actividades de mantenimiento rutinario .....	78
Cuadro 15. Limpieza de derecho de vía .....	79
Cuadro 16. Reperfilado de la carretera .....	81
Cuadro 17. Bacheo de la superficie en afirmado .....	82
Cuadro 18. Riego de agua.....	84
Cuadro 19. Limpieza y conformación de canales.....	85
Cuadro 20. Limpieza de alcantarillas y box coulvert .....	87
Cuadro 21. Limpieza de badenes .....	89
Cuadro 22. Reposición del material de afirmado .....	91
Cuadro 23. Granulometría .....	93
Cuadro 24. Calidad relativa del suelo de subrasante .....	97
Cuadro 25. Método Aastho .....	97
Cuadro 26. Cotización limpieza alcantarilla de 24” .....	100
Cuadro 27. Cotización limpieza alcantarilla de 36” .....	101

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Vía primaria .....	23
Figura 2. Vía secundaria.....	23
Figura 3. Vía terciaria .....	24
Figura 4. Composición de la malla vial zona norte .....	25
Figura 5. Composición malla vial zona sur.....	26
Figura 6. Sección transversal vías primarias.....	27
Figura 7. Sección transversal vías secundarias .....	28
Figura 8. Sección transversal vías terciarias .....	28
Figura 9. Materiales para manteniendo y conformación de vías en la malla vial de la plantación. ....	29
Figura 11. Sobre un extremo de la báscula se pone el eje delantero del vehículo y se toma inmediatamente el registro del peso.....	38
Figura 12. Se sube todo el vehiculo sobre la bascula y se toma el registro del peso.....	38
Figura 13. Antes de salir a descargar el fruto el vehículo deja el eje trasero sobre la báscula y se toma el registro del peso .....	39
Figura 14. Volco para cosecha de fruto de palma de 9 toneladas.....	40
Figura 15. Diagrama de cuerpo libre para análisis de carga por eje .....	41
Figura 16. Variación de la condiciones de servicio de la carretera sin mantenimiento. ....	73
Figura 17. Comparación de las condiciones del camino sin mantenimiento rutinario y con mantenimiento rutinario. ....	75
Figura 18. Pasos a seguir para limpieza de plataforma .....	80
Figura 19. Pasos a seguir para realizar el bacheo de la superficie en afirmado ....	83
Figure 20. Limpieza de canales o cunetas.....	86
Figure 21. Limpieza de alcantarillas y box couvert .....	88

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Camiones Kodiak .....	34
Gráfico 2. Camiones Kerax.....	34
Gráfico 3. Camiones de terceros .....	35
Gráfico 4. Tracto-camiones.....	36
Gráfico 5. CBR de la subrasante .....	98

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formato para la inscripción de daños en pavimentos en afirmado .....	105
Anexo B. Tolva de recolección de fruto de palma en pico de cosecha .....	106
Anexo C. Patios de recolección de fruto de palma en pico de cosecha .....	107
Anexo D. de recolección de fruto de palma en pico de cosecha .....	108

## GLOSARIO

**Vías en afirmado:** las vías en afirmado son estructuras constituidas por una o más capas de material granular seleccionado colocado, extendido y compactado sobre una subrasante para resistir y distribuir cargas y esfuerzos ocasionados por el paso de los vehículos, y así mejorar las condiciones de comodidad y seguridad del tránsito.<sup>1</sup>

**Patologías en vías en afirmado:** representan los diferentes daños que puede sufrir las vías en afirmado por causa del tránsito.

**CBR (California Bearing Ratio):** es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controlada.<sup>2</sup>

**Trafico promedio diario (TPD):** Se define como tráfico promedio diario a la relación del número de vehículos contados que pasan por determinado punto y el tiempo dado en días en que realizo este conteo.<sup>3</sup>

**Peso neto:** corresponde al peso del vehículo más el peso de la carga (fruto de palma).

**Palma africana:** La palma africana (Palma aceitera africana, Coroto de Guinea, Palmera Aabora, Palmera de Guinea) es una planta tropical propia de climas cálidos cuyo origen se ubica en la región occidental y central del continente africano, concretamente en el golfo de Guinea, de ahí su nombre científico *Elaeis*

---

<sup>1</sup> Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria - (pavimentada y en afirmado).

<sup>2</sup> <ftp://da.montes.upm.es/.../VIAS/CBR-Los%20Angeles.pdf>-17-02-2013.

<sup>3</sup> <http://www.buenastareas.com/ensayos/Trafico-Promedio-Diario/3518454.html>-17-02-2013.

*guineensis* Jacq., donde ya se obtenía desde hace 5 milenios. A pesar de ello, fue a partir del siglo XV cuando su cultivo se extendió a otras regiones de África.<sup>4</sup>

**Numero de ejes equivalentes:** Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes.<sup>5</sup>

---

4

[http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma\\_africana\\_aceitera\\_coroto\\_de\\_guinea\\_aabora.htm](http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm)

<sup>5</sup> <http://www.cuevadelcivil.com/2010/05/ejes-equivalentes.html-17-02-2013>.

## RESUMEN

**TITULO: APOYO AL SISTEMA DE GESTIÓN VIAL DE LA EMPRESA INDUPALMA LIMITADA.\***

**AUTOR: SANABRIA CERA, Tommy Joylen\*\***

**PALABRAS CLAVES:** mantenimiento, afirmado, vías, estructura, drenaje, alcantarilla, fruto, palma.

### CONTENIDO

La presente investigación de campo se llevó cabo, con el fin de establecer un plan de gestión vial en la empresa Indupalma Ltda., ubicada en el kilómetro 10 vía panamericana – municipio de San Alberto. Se incluye generalidades de la empresa, como la historia, misión, visión y su actividad económica, de tal manera que permitiese conocer más a fondo esta gran empresa del sector agrícola, que a fomentado desarrollo industrial en el país.

Se inició la investigación conociendo el estado actual de la malla vial de la empresa, que son vías primarias, secundarias y terciarias, su aspecto geométrico, como son: su configuración longitudinal dentro de la plantación, su sección transversal, dando también a conocer la estructura del afirmado y diferentes patologías observadas en esta malla vial. Se desarrolló un análisis minucioso a los volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos y la magnitud de las cargas que movilizan; con los datos recolectados en la báscula ubicada en la planta de procesamiento y la colaboración del personal técnico del área de bascula de la empresa.

El análisis de los datos recolectados en la báscula, permitió dividir el peso neto del vehículo entre sus ejes, encontrando porcentajes promedio de la cantidad de carga para cada uno de los ejes, en relación con la carga neta del vehículo, como se demuestra en el capítulo tres del documento. Con el resultado de esta investigación, fue posible la elaboración del manual de mantenimiento vial de Indupalma Ltda., donde propone como actividad crítica el mantenimiento de las estructuras hidráulicas de la malla vial, como son las alcantarillas y los box culvert.

Se concluye la investigación con la elaboración de los costos que generan el mantenimiento de las alcantarillas.

---

\*Proyecto de grado

\*\* Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Alberto Castañeda – Ingeniero Civil. Tutor de la práctica empresarial Andrés Mauricio Belalcazar López - Ingeniero Civil.

## SUMMARY

**I TITLE: I REST TO THE SYSTEM OF ROAD MANAGEMENT OF THE COMPANY LIMITED INDUPALMA.\***

**AUTHOR:** SANABRIA CERA, Tommy Joylen \*\*

**KEY WORDS:** maintenance, road-bed, routes, structure, drainage, sewer, fruit, palm.

### CONTAINED

The present investigation of field took end to itself, in order Indupalma Ltda established a plan of road management in the company, located in the kilometre 10 Pan-American route - San Alberto's municipality. Generalities of the company are included, as the history, mission, vision and his economic activity, in such a way that it was allowing to know more thoroughly this great company of the agricultural sector, that to promoted industrial development in the country.

The investigation began knowing the current condition of the road mesh of the company, which they are primary, secondary and tertiary routes, his geometric aspect, since they are: his longitudinal configuration inside the plantation, his transverse section, giving to know also the structure of the road-bed and different pathologies observed in this road mesh. A meticulous analysis developed to the volumes of traffic, the types of vehicles and the magnitude of the loads that they mobilize; with the information gathered in the scale located in the plant of processing and the collaboration of the technical personnel of the area of scale of the company.

The analysis of the information gathered in the scale, it allowed to divide the clear weight of the vehicle between his axes, finding percentages I mediate of the quantity of load for each of the axes, in relation with the clear load of the vehicle, since it is demonstrated in the chapter three of the document. With the result of this investigation, there was possible the production of the manual of Indupalma Ltda's road maintenance., where he proposes as critical activity the maintenance of the hydraulic structures of the road mesh, since they are the sewers and the box culvert.

One concludes the investigation with the production of the costs that generate the maintenance of the sewers.

---

\* Project of degree

\*\* Industrial university of Santander, Faculty of Engineerings Physicist - Mechanics, School of Civil Engineering. The director: Luis Alberto Castañeda - Civil Engineer. Tutor of the managerial practice Andrés Mauricio Belalcazar Lopez - Civil Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La empresa INDUPALMA Ltda. cuenta con una plantación ubicada en el municipio de San Alberto – Cesar, en la malla vial de aproximadamente 600 kilómetros de vías en afirmado, para la empresa este conjunto de vías representa lo mismo que la red de vías terciarias o caminos vecinales en el país, ya que por ellas se moviliza la producción diaria de fruto de palma hacia la planta de extracción ubicada en la misma plantación, para ser procesado y obtener productos como el aceite rojo, aceite de palmiste y otros subproductos de gran importancia para la industria cosmética y alimenticia. Por la importancia que tiene la malla vial se debe contar con buenas prácticas de mantenimiento que garanticen durabilidad en las condiciones de servicio.

Para asegurar la durabilidad en el servicio, se deben conocer las características principales de este tipo de vías como lo son especificaciones técnicas de los materiales que componen su estructura, comportamiento frente al tránsito, especificaciones técnicas de su geometría, patologías y practicas o metodologías que permitan tomar correctivos de forma eficaz en el mantenimiento de estas vías.

Todo lo mencionado es el contenido del manual de mantenimiento, como resultado de diferentes estudios en países como: Perú, Bolivia y Colombia que buscan que todos los parámetros establecidos sean aplicados en las vías de acceso de la plantación de palma africana.

El manual está abierto a la ampliación de sus metodologías de mantenimiento y especificaciones de los materiales a utilizar, debido que cada día gracias a los constantes estudios e investigaciones se encuentran mejores prácticas de mantenimiento, en obras civiles viales.

## 1. OBJETIVOS

**1.1 Objetivo general.** Apoyar la empresa INDUPALMA Ltda., en la implementación del plan de gestión vial en sus instalaciones.

**1.1.1 Objetivos específicos.** Recolectar información existente sobre procedimientos de evaluación y mantenimiento para vías en afirmado.

- Buscar y organizar información de las propiedades geométricas (ancho, longitud, sección transversal, etc.) e información sobre materiales (ensayos de granulometría, CBR, plasticidad, etc.) utilizados en los procedimientos de construcción y mantenimiento.
- Relacionar los diferentes tipos de procedimientos de mantenimiento encontrados con las condiciones presentes en la empresa INDUPALMA Ltda.
- Elaborar un manual de procedimiento para el mantenimiento rutinario de la red vial de INDUPALMA Ltda.

## **2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA**

Indupalma Ltda., es una empresa promotora de negocios e inversión en palma y caucho. Garantiza a sus clientes excelencia en el conocimiento técnico, acompañamiento continuo e integral, calidad en los productos y servicios a un costo competitivo entregando confianza y una rentabilidad superior bajo un esquema de prácticas socialmente responsables.

Indupalma Ltda., forma parte del grupo de empresas Gutt – Haime. Este grupo atiende las necesidades del mercado nacional e internacional en los sectores de grasas, aceites comestibles, concentrados, jabones y detergentes, a través de sus inversiones en Colombia y Ecuador.

En Colombia, las empresas que conforman el conglomerado de producción agroindustrial y comercialización de aceites y sus derivados son: Indupalma, Grasco, Gracetales, Detergentes, Jabonería Central, Raza y C.I. Grasde.

**2.1.2 Reseña histórica.** Industria Agraria la Palma Ltda., fue fundada por el empresario Moris Gutt en el año de 1961, en el municipio de San Alberto, localizado al sur del departamento del Cesar, con el objetivo de cultivar y procesar el fruto de Palma Africana y proveer de materia prima en la industria nacional de grasas, aceites, jabones, detergentes y productos industriales.

En estos años, Indupalma era una empresa ejemplo a nivel nacional por su evolución y desarrollo, pues contaba con la planta extractora con la mejor tecnología de la época. Su crecimiento fue acelerándose hasta el punto de contar con alrededor de 2000 trabajadores.

A finales de la década de 1970, la actividad agroindustrial, impulsada por Indupalma en más de cinco mil hectáreas cultivadas de Palma Africana, motivó el crecimiento demográfico de la zona y el establecimiento de San Alberto al sur del Cesar.

Actualmente Industria Agraria la Palma Ltda., es una empresa especializada en el cultivo de palma de aceite, la extracción de aceites y sus derivados. Cuenta con 12.207 hectáreas de tierra, una Planta Extractora de aceite rojo, una de aceite de palmiste y se encuentran en proceso la planta de blanqueo de aceite y la de compostaje. Indupalma Banca de Inversión, Operación de Negocios y comercializadora de la producción (IBIO), es una empresa prestadora de servicios en palma y caucho, especializada en promover, diseñar, estructurar, consolidar y administrar negocios agroindustriales asegurando la comercialización del producto.

**2.2.2 Misión.** Somos promotores de negocios e inversiones con rentabilidad competitiva a través de los cultivos de la Palma de aceite y el Caucho.

Nuestro modelo está sustentado en un ejercicio de Responsabilidad Social empresarial, experiencia y avance tecnológico, generando desarrollo económico y social sostenible.

**2.2.3 Visión.** En el año 2020 estaremos administrando 75.000 hectáreas, 55.000 en palma y 20.000 en caucho. Desarrollaremos el clúster de la oleo química en Palma Africana en el Magdalena Medio y en el Meta y el del Caucho en el Vichada - Colombia. El fortalecimiento de la comunidad palmera y el desarrollo de la comunidad en el Vichada serán banderas del desarrollo sostenible en Colombia.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL DE LA PLANTACIÓN

#### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CORREDORES

INDUPALMA LTDA., cuenta con aproximadamente 600 kilómetros de vías en afirmado clasificadas en:

- Vías primarias
- Vías secundarias
- Vías terciarias

**3.1.1 Vías primarias.** Son vías con un ancho que varía entre los 8 y 7 metros y su utilización principal es transportar el fruto hacia la planta extractora. Por las vías primarias se movilizan los camiones propiedad de la empresa los cuales son de dos tipos: camiones Chevrolet Kodiak, con capacidad de 9 toneladas y los camiones kerax Renault con capacidad de 14 toneladas. Además de soportar el tránsito de los camiones propios, las vías primarias reciben el tránsito de los vehículos propiedad de los contratistas que realizan trabajos en la plantación. Dentro de las vías primarias la que presenta el mayor tránsito es la vía que conduce desde la entrada a la plantación por la carretera panamericana hacia la planta extractora, por esta vía también circulan los camiones con el fruto de palma de otras plantaciones, los cuales poseen capacidad de carga igual o superior a los camiones propios de la empresa, también se movilizan tracto camiones que son los encargados de transportar el aceite rojo, aceite de palmiste y otros productos de la planta extractora hacia la industria nacional. En la figura 1, se puede observar una de las vías primarias de la plantación ubicada en la zona norte.

**Figura 1. Vía primaria**



Fuente: autor del proyecto

**3.1.2 Vías secundarias.** Constituyen los corredores viales a través de los cuales se traslada el fruto desde el interior de las parcelas hacia las vías principales, poseen un ancho que oscila entre los 7 y 5 metros. El tránsito en las vías secundarias lo constituyen maquinaria agrícola integrada por tractores kubota 4400, grúa kubota 9500 y grúa John Deere. Los tractores kubota transportan un remolque con capacidad de 3 toneladas, la grúa kubota 9500 es la encargada de realizar el cargue del remolque del tractor kubota 4400 y, la grúa John Deere transporta un remolque con capacidad de 9 toneladas al cual ella carga por sí misma. En la figura 2, se puede observar una de las vías secundarias de la plantación ubicada en la zona norte.

**Figura 2. Vía secundaria**



Fuente: autor del proyecto

**3.1.3 Vías terciarias.** Constituyen vías de acceso hacia el interior de la parcelas, poseen un ancho entre los 4 y 3 metros. Su importancia se encuentra en el poder movilizar maquinaria y herramientas para realizar labores al cultivo. En la figura 3, se puede observar una de las vías terciarias de la plantación ubicada en la zona norte.

**Figura 3. Vía terciaria**



Fuente: autor del proyecto

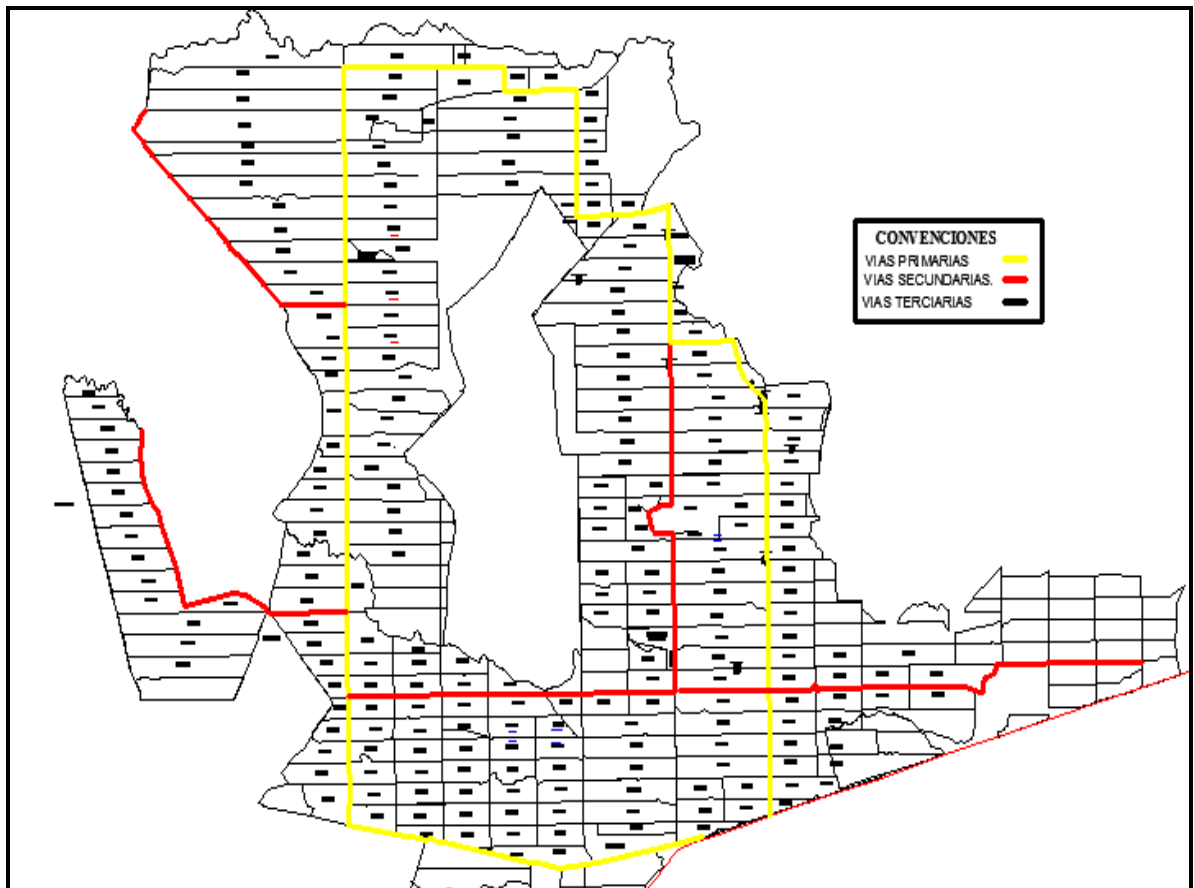
### **3.2 ASPECTOS GEOMÉTRICOS**

La malla vial de la plantación se encuentra dividida en dos zonas, zona norte y zona sur, que tiene como línea divisoria la vía panamericana. Las vías están dispuestas para ambas zonas en sentido norte-sur y este-oeste.

### 3.2.1 Configuración longitudinal

#### 3.2.1.1 Zona norte

Figura 4. Composición de la malla vial zona norte

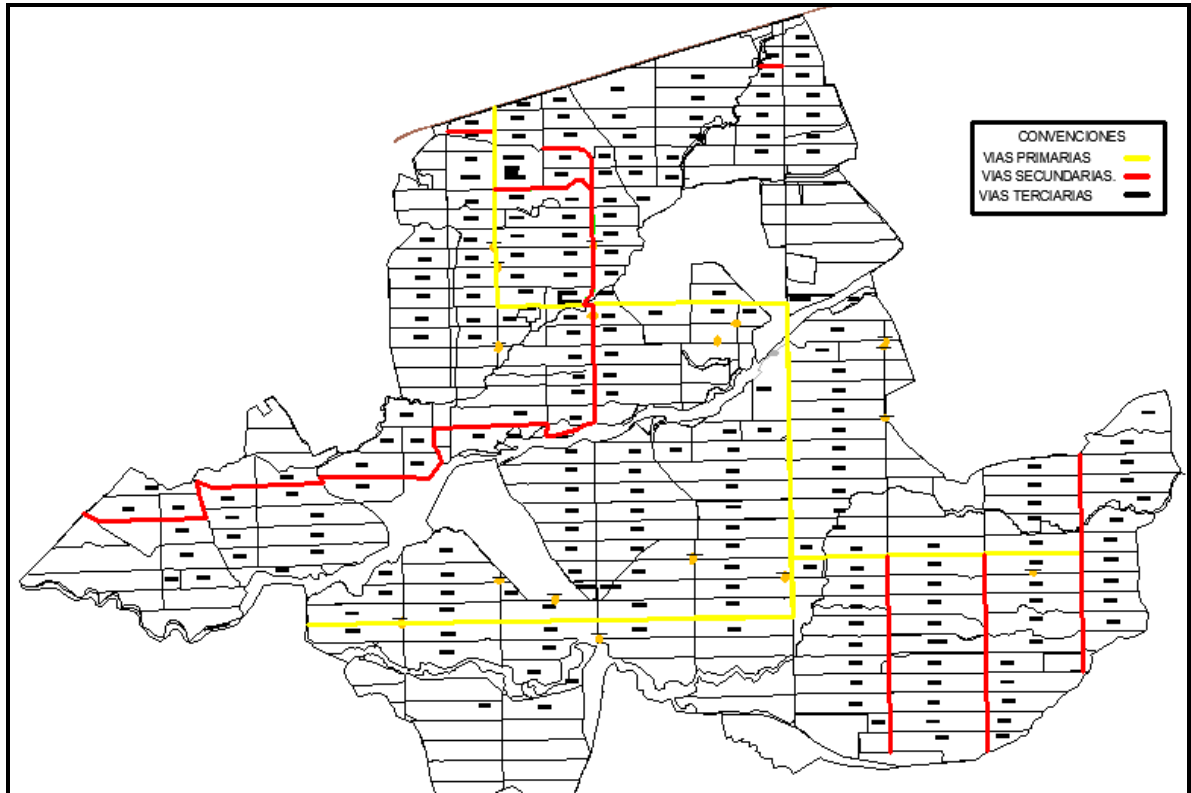


Fuente: Indupalma Ltda.

La zona norte de la plantación se encuentra comprendida por 4135,11 hectáreas dentro de las cuales se encuentran las subdivisiones: Altamira, Jauja, Paraíso, Caño mono, Aguas Blancas, Caño Azul, El puma, La Ilusión La Palma, La Viuda, Colubion, Rincón de los Monos y Palmita. Esta zona posee 27,5 [km] de vías primarias, 19,5 [km] de vías secundarias y 248 [km] en vías terciarias.

### 3.2.1.2 Zona sur

Figura 5. Composición malla vial zona sur



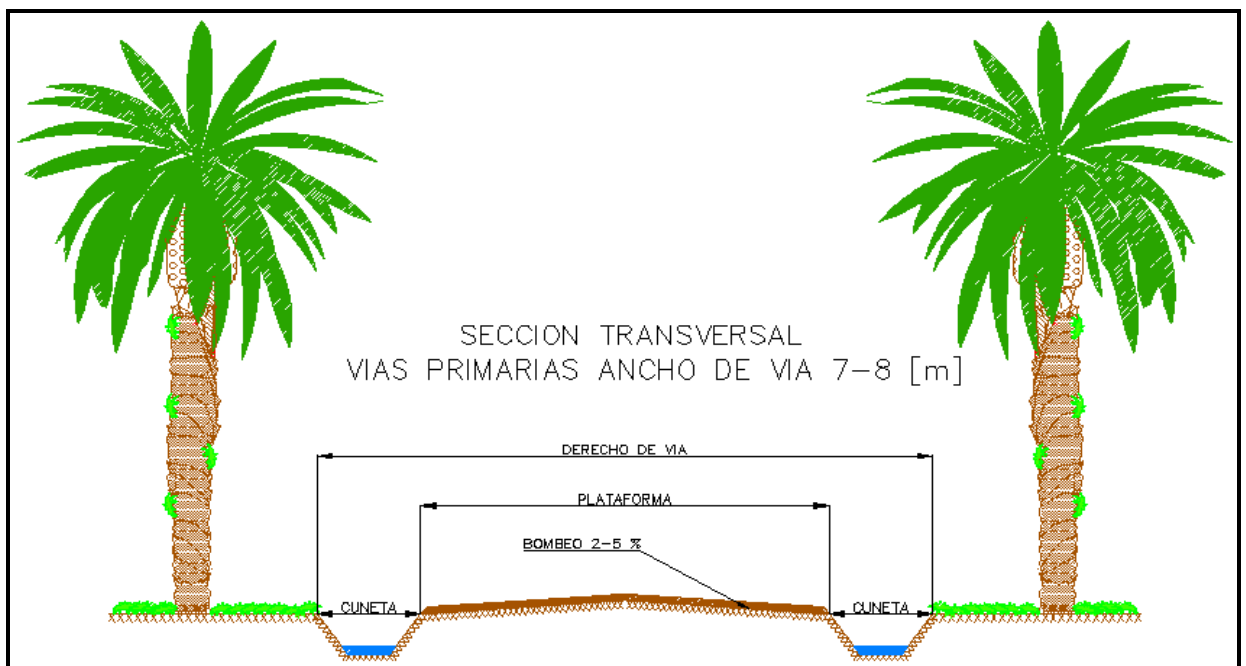
Fuente: Indupalma Ltda.

La zona sur de la plantación se encuentra comprendida por 4438,19 hectáreas, dentro de las cuales se encuentran las subdivisiones: Selva Ilusión, Santa Helena, Palmeras, La Machaca, Palestina, Jardín Granero, La Unión, Limoncito, Candilejas, El Ruby, Tierra Nueva, Sur del Rio, Caño Oscuro, Agualinda, La cuña y Caño la Mona. Esta zona posee 16.8 [km] en vías primarias, 16.5 [km] en vías secundarias y 267 [km].

**3.2.2 Configuración transversal.** Actualmente la malla vial de la plantación no cuenta con una sección típica para cada uno de los de corredores que la componen, pero aun así se exige en las actividades de mantenimiento periódico la

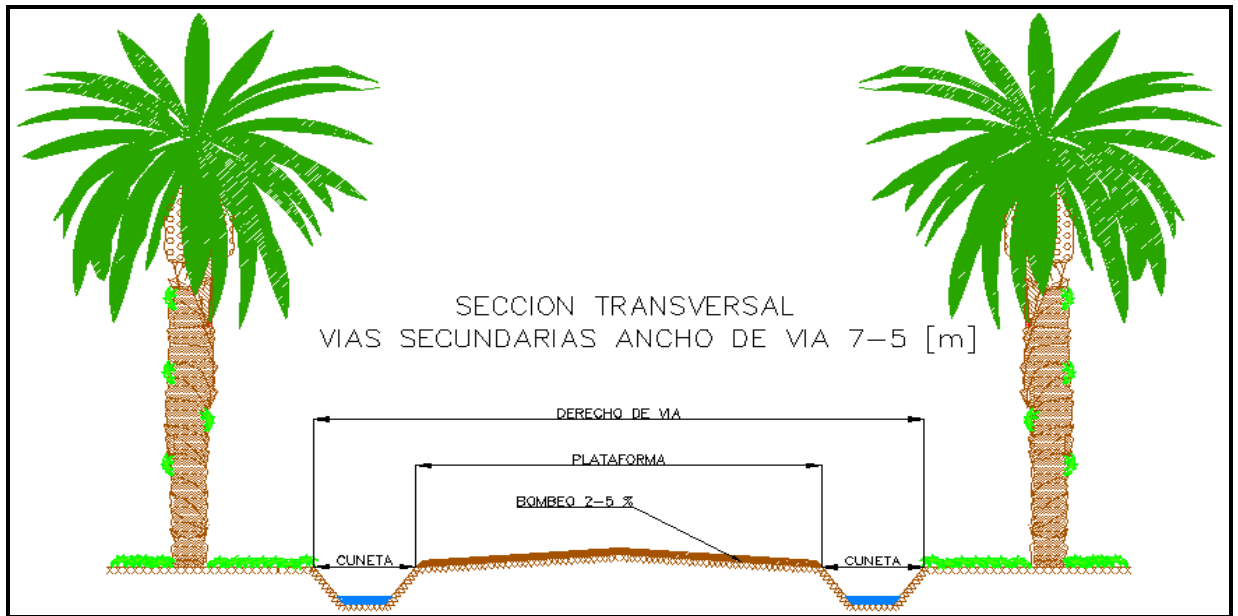
buena ejecución de conformación del afirmado teniendo en cuenta el bombeo y la limpieza de los drenajes, para los cuales tampoco se tiene una sección transversal definida. A continuación se muestra un esquema de la configuración transversal de los corredores primarios, secundarios y terciarios y también las secciones transversales típicas para las vías primarias, secundarias y terciarias en las figuras 6,7 y 8 respectivamente.

**Figura 6. Sección transversal vías primarias**



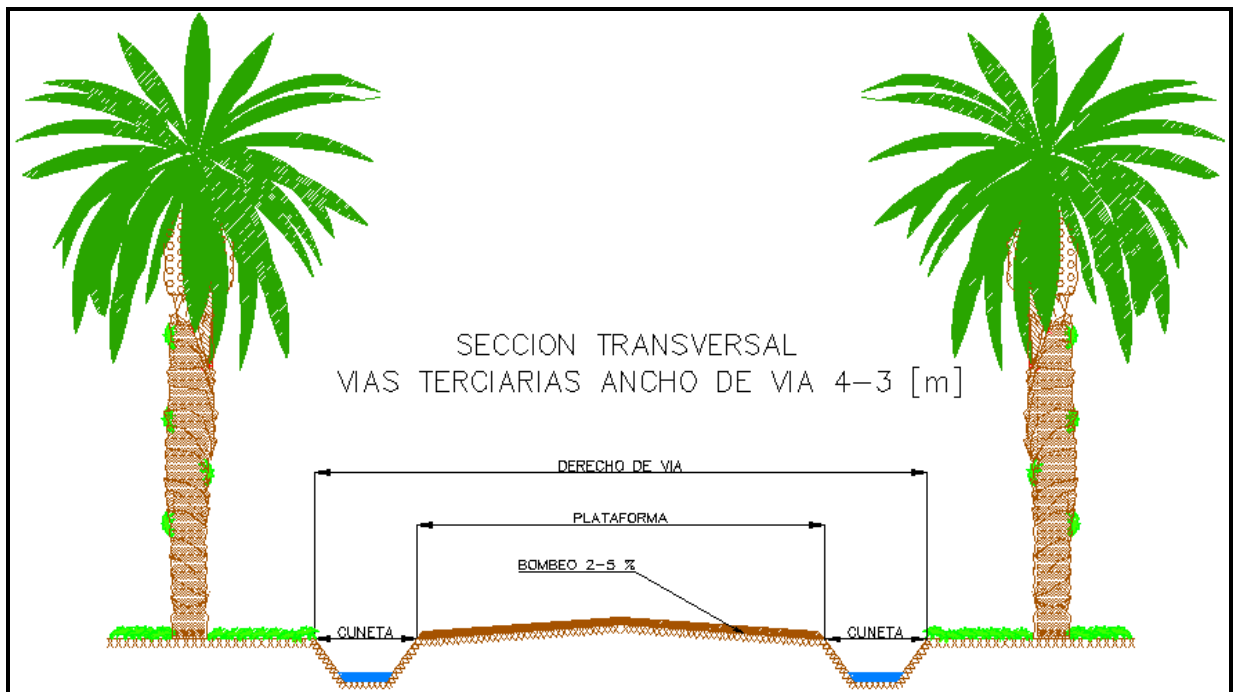
Fuente: autor del proyecto

**Figura 7. Sección transversal vías secundarias**



Fuente: autor del proyecto

**Figura 8. Sección transversal vías terciarias**



Fuente: autor del proyecto

### 3.3 ESTRUCTURA DEL AFIRMADO

Para las actividades de mantenimiento periódico en la malla vial de la plantación se utilizan dos tipos de materiales para la conformación de la capa de rodadura, estos materiales son denominados internamente por la interventoría y el contratista encargados del mantenimiento como material de río y material de peña, la elección de conformación con alguno de los dos materiales e incluso mezclas de ambos es criterio del interventor. Para el material de río y de peña se desconocen sus características granulométricas, plásticas y de resistencia debido que no se cuenta con ensayos de caracterización de estos materiales. Al igual que el desconocimiento de las propiedades de los materiales utilizados en los corredores viales tampoco se cuenta con una metodología teórica para la elección del espesor a utilizar, donde la determinación de esta variable es también criterio de la interventoría. En la figura 9, se presentan los materiales utilizados para el mantenimiento y conformación de la malla vial de la plantación.

**Figura 9. Materiales para manteniendo y conformación de vías en la malla vial de la plantación.**

MATERIALES UTILIZADOS PARA EL MANTENIMEINTO DE VIAS EN LA PLANTACION	
<p>MATERIAL DE RIO</p> 	<p>VIA CONFORMADA CON MATERIAL DE RIO</p> 



Fuente: autor del proyecto

**3.3.1 Patologías observadas.** Dentro de las patologías presentes en la red vial de la plantación las más comunes son baches y pérdida de material fino. Los baches se presentan debido a la falta de homogeneidad en la mezcla de los materiales de afirmado y su severidad en las vías de la plantación aumenta en la época de invierno, también los baches encuentran su origen en las operaciones realizadas por la maquinaria de alce y transporte de fruto ya que al realizar el alzado de los volkos sobre los camiones estos dejan hendiduras en la plataforma que permite el depósito de agua en su interior y sumándole el tránsito el tamaño de esta hendidura aumenta con el tiempo. Los baches también se presentan en zonas con niveles freáticos altos ya que se disminuye la capacidad de soporte de la subrasante.

La pérdida de material fino se debe principalmente en las falta de plasticidad de los materiales utilizados para el afirmado, este daño es más notorio en las vías que han sido intervenidas con material de rio, el cual posee alto contenido de cantos rodados que permiten las fácil expulsión de los agrados finos por las falta de caras fracturas que posee este material. Otra causa para la pérdida del material fino son la inundaciones a las cuales se ve sometido el cultivo en épocas de

invierno, las cuales realizan un lavado de la plataforma dejando únicamente los agregados gruesos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, existe un agente generador en común, y es la falta de limpieza y adecuación de las estructuras de drenajes como los son las alcantarillas, box culvert y canales que en épocas de invierno sufren obstrucciones generalmente por material vegetal residual de las obras de limpieza realizados a los cultivos y por frutos de palma que caen en los canales, estas obstrucciones generan la reducción de la capacidad hidráulica de los canales y la constante condición húmeda de los taludes que conforman la vía disminuyendo su capacidad de soporte. Ver la siguiente figura.

**Figura 10. Baches, pérdidas de finos y alcantarillados obstruidos**





Alcantarillado con obstrucción

Fuente: autor del proyecto

### **3.4 CARACTERIZACIÓN DEL TRANSITO**

El tránsito que se moviliza por la malla vial de la plantación se encuentra compuesto por los vehículos que son propiedad de la empresa y por los vehículos tanto de transporte de fruto de palma de otros cultivos, como los vehículos que transporta productos como el aceite de palma generado por la planta extractora.

Dentro de los vehículos propiedad de la empresa encontramos la maquinaria agrícola encargada de realizar tareas como la recolección de fruto, fumigación y transporte de tuza o fibra hacia el interior de las parcelas, también se tienen los camiones C2-G Y C3 encargados del transporte de los volkos con el fruto de palma hacia la planta extractora. Los vehículos encargados del transporte de fruto de palma de otros cultivos corresponden a camiones C2-G, C2-P y C3, y los vehículos que transportan los productos obtenidos del fruto de palma corresponden a tracto camiones C3-S2 y C3-S3. Dentro de la malla vial de la plantación, el tramo que conduce desde la entrada a la plantación por la vía panamericana es el más concurrido, ya que es este tramo el que conduce a los camiones con fruto de otros cultivos y los tracto camiones que transportan el aceite de palma, contando además los vehículos propios de la empresa. A continuación se relaciona un tabla donde se muestran el tráfico promedio diario de

los vehículos anteriormente mencionados, estos datos fueron obtenidos de la báscula que se encuentra dentro de las instalaciones de la planta extractora.

**3.4.1 Volúmenes de tráfico.** A continuación se relaciona un cuadro donde se muestran el tráfico promedio diario de los vehículos que transitan por la malla vial de la plantación, estos datos fueron obtenidos de la báscula que se encuentra dentro de las instalaciones de la planta extractora, son datos registrados desde el mes de enero hasta el mes de octubre del año 2012, en el cuadro 1, además del tráfico promedio diario (TPD) se relaciona la muestra la carga máxima y la carga promedio transportada por cada tipo de vehículo en este lapso de tiempo.

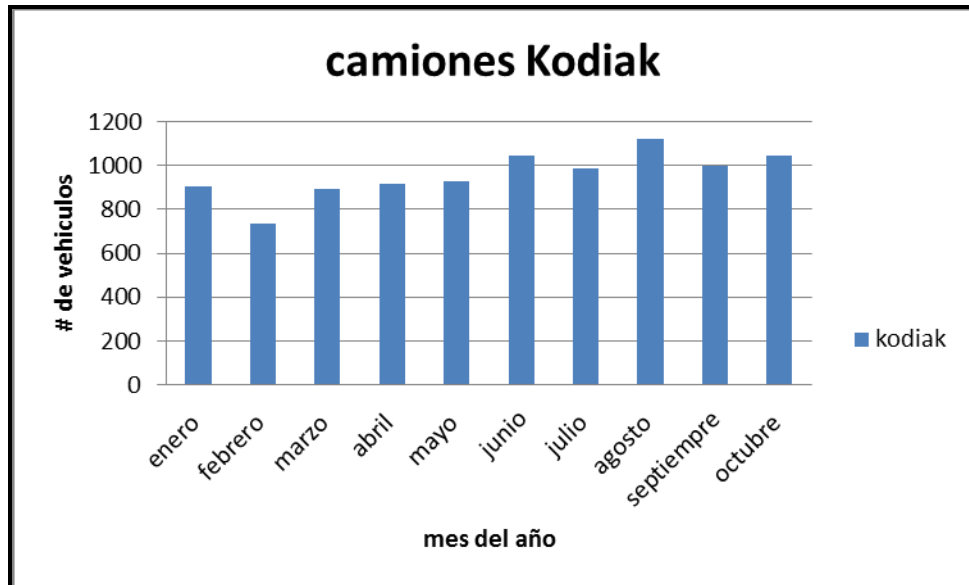
**Cuadro 1. Cantidad promedio tráfico diario, por la valla vial**

TIPO DE VEHÍCULO	PROPIEDAD	# de vehículos	TPD	Carga máxima [ton]	carga promedio [ton]
Camion Chevrolet Kodiak C2-G	INDUPALMA Ltda.	9591	38.06	25.68	19.72
Camión Renault Kerax C3	INDUPALMA Ltda.	5343	21.20	35.69	25.24
camiones C2-G y C2-P	TERCEROS	7649	30.35	33.88	20.98
Tracto camiones C3-S2 Y C3-S3	TERCEROS	1865	7.40	53.19	50.21
TRANSPORTE DE FIBRA EN TRACTOR + ZORRO	COOPERATIVAS.	3704	14.70	22.57	10.33
TRANSPORTE DE FIBRA EN CAMIONES	COOPERATIVAS.	880	3.49	27.67	13.53
TRANSPORTE DE TUSA EN TRACTOR +ZORRO	COOPERATIVAS.	6257	24.83	25.25	13.79
TRANSPORTE DE TUSA EN CAMIONES	COOPERATIVAS.	1447	5.74	24.57	17.11

Fuente: autor del proyecto

En las siguientes graficas se presenta los volúmenes de tráfico para los camiones Kodiak, kerax, de terceros y los tractocamiones y su comportamiento a lo largo de 10 meses, tiempo asignado para este estudio.

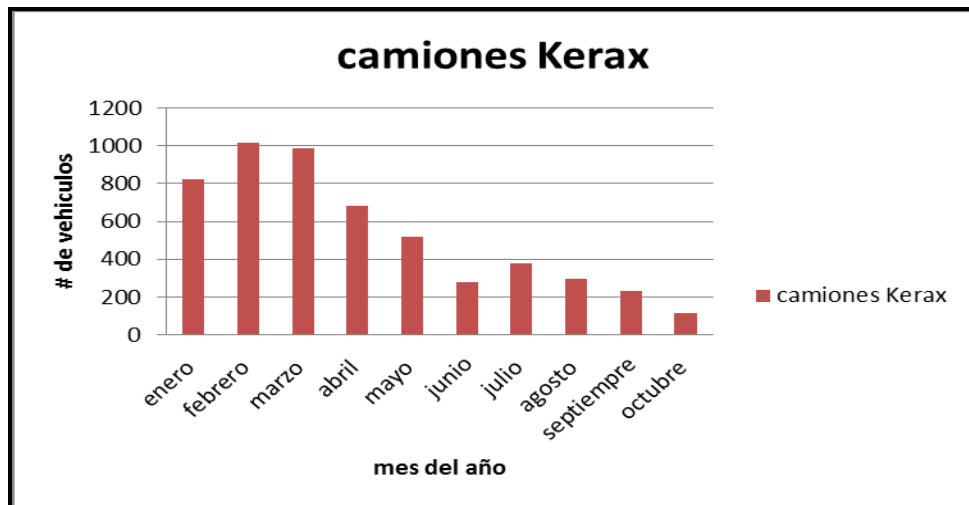
**Gráfico 1. Camiones Kodiak**



Fuente: autor del proyecto

Para los camiones Kodiak, se puede decir que fue constante, ya que durante 9 meses, de los 10, los registro fueron superados por los 800 vehículos presentando un máximo de 1.119 camiones en el mes de agosto.

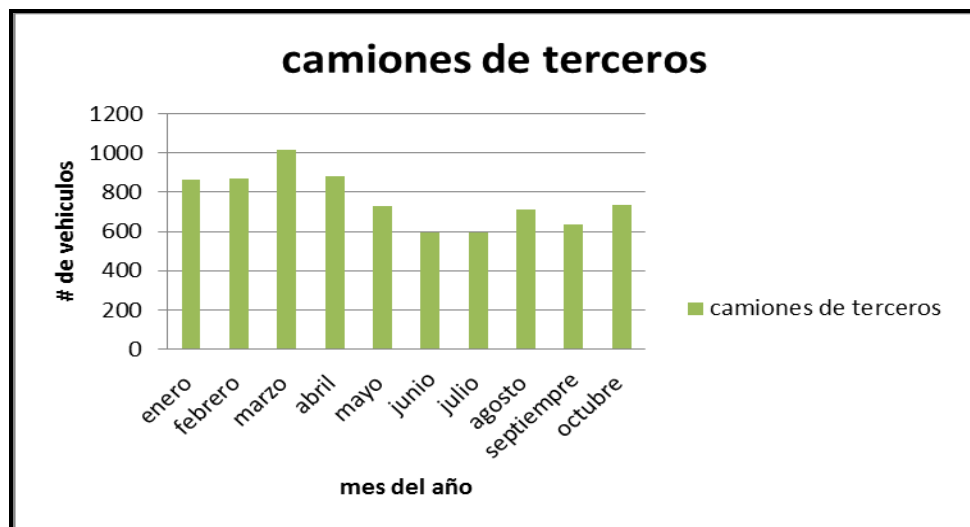
**Gráfico 2. Camiones Kerax**



Fuente: autor del proyecto

Los camiones kerax, en los primeros meses del año (enero, febrero, marzo y abril) fueron de mucho movimiento, pero presentaron mayores registros en el pesos en la báscula, con un máximo en el mes de febrero 1.018 vehículos, para los demás meses del año el tráfico se va reduciendo considerablemente, esto debido a daños mecánicos, el cual explica el casi constante comportamiento de los camiones Kodiak, ya que estos tenían que suplir la recolección de fruto de los kerax.

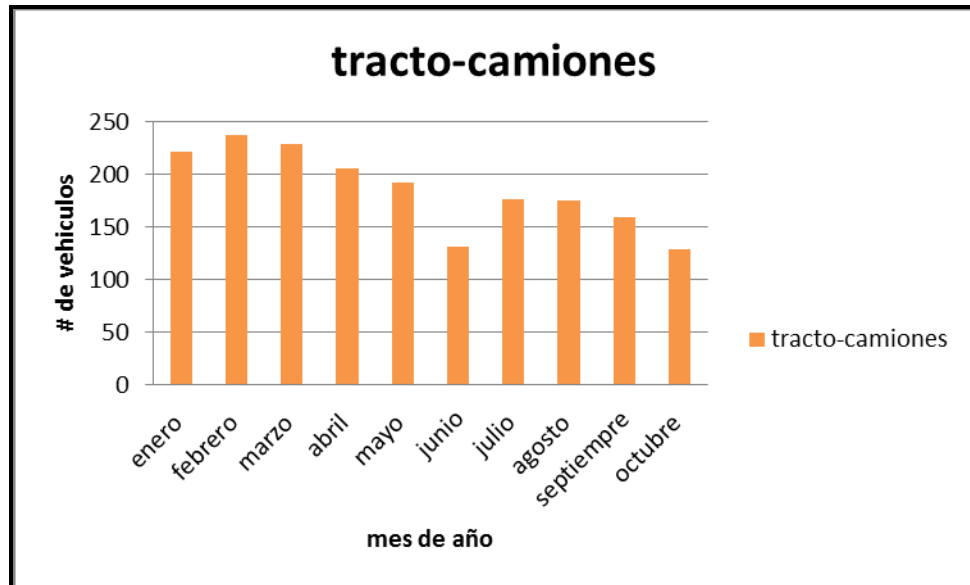
**Gráfico 3. Camiones de terceros**



Fuente: autor del proyecto

En los camiones de terceros el comportamiento es similar al de los camiones kerax, pero se mantiene después del llamado pico de cosecha, el cual va desde el mes de enero hasta marzo, cabe recalcar que el tráfico de estos camiones se le debe sumar solo al tramo que conduce desde la entrada por la vía panamericana hacia la planta extractora.

**Gráfico 4. Tracto-camiones**



Fuente: autor del proyecto

Los tracto camiones presentan también su máximo número de vehículos para los meses que corresponden al pico de cosecha, ya que tiene que sacar rápidamente la gran cantidad de aceite producido para esta época debido a que la permanencia del aceite en los tanques de almacenamiento aumenta su acidez, lo que implica una fuerte reducción en su valor comercial. El máximo valor para los tracto camiones se presenta para el mes de febrero con un total de 237 vehículos.

Con los datos del cuadro 1, se podría estimar el número total de vehículos que transitan diariamente por el corredor principal (vía panamericana-planta extractora), este número sería la suma de los camiones de tercero, los tracto camiones y las mitad del tráfico de los kerax y los Kodiak, dando como resultado 68 vehículos en promedio. Este número de vehículos es indispensable para el cálculo de espesor de afirmado con cualquiera de los métodos ya descrito.

**3.4.2 Estimación de carga por ejes.** Los datos de carga registrados por la bascula ubicada en la planta de procesamiento corresponde al peso en bruto del vehiculo, y el peso del producto que este moviliza, ya sea el fruto de palma y los camiones ( C2-P, C2-G Y C3) o´ aceite de palma para los tractocamiones ( C3-S2 Y C3-S3).

El peso en bruto del vehículo consta del peso del mismo mas el peso de la carga que moviliza. Para los camiones propiedad de la empresa, el fruto de palma cosechado es movilizado por medio de volkos (ver figura 14) con capacidad de 9 toneladas y de 14 toneladas que son cargados por el mismo vehiculo por medio de un sistemas hidraulico. La carga del fruto de palma no es una constante, dado la variabilidad de la cosecha y como resultado se tienen diariamente registros diferentes de carga en la bascula, igualmente sucede para los vehiculos que transportan el fruto de palma de otros cultivos.

Debido a que los datos arrojados en la bascula corresponden solo a pesos totales y no a carga por ejes ,se decidio realizar la toma de datos para la carga por ejes de los camiones propiedad de la empresa y los camiones de terceros con el fin de estimar porcentajes de carga para los ejes independientemente del peso bruto del camion.

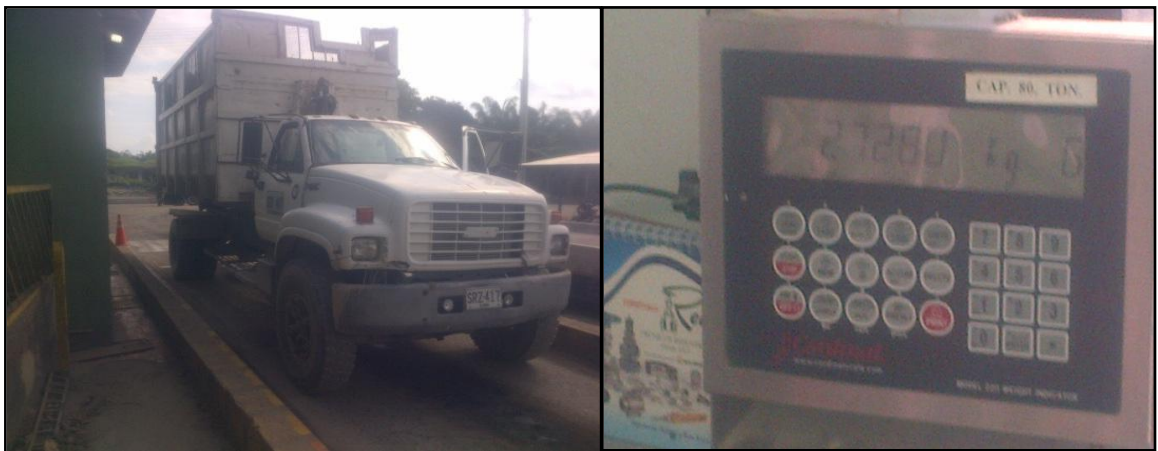
Para la toma de datos por ejes se seguio el siguiente procedimiento:

**Figura 11. Sobre un extremo de la báscula se pone el eje delantero del vehículo y se toma inmediatamente el registro del peso.**



Fuente: autor del proyecto

**Figura 12. Se sube todo el vehículo sobre la bascula y se toma el registro del peso.**



Fuente: autor del proyecto

**Figura 13. Antes de salir a descargar el fruto el vehículo deja el eje trasero sobre la báscula y se toma el registro del peso.**



Fuente: autor del proyecto

Con los datos obtenidos y por medio de la aplicación de ecuaciones de estática, se puede obtener la ubicación promedio del centro de gravedad del vehículo, cuando este se encuentra cargado y sin carga, además se puede encontrar la relación promedio de la carga del eje delantero con respecto al peso total del vehículo.

La aplicación del procedimiento anteriormente descrito y el análisis de los datos facilita la implementación de métodos de dimensionamiento para carreteras en afirmado, como lo son el método AASHTO, método TRL y método de peltier que exigen para su aplicación saber la carga que soportará la capa de afirmado.

**Figura 14. Volco para cosecha de fruto de palma de 9 toneladas**



Fuente: autor del proyecto

A continuación se presenta el análisis utilizado para estimar la ubicación promedio del centro de gravedad y la relación promedio de la carga en el eje delantero con respecto al peso del vehículo. El análisis se realizó solo para los camiones C2-P, C2-G Y C3.

### **APLICANDO ECUACIONES DE ESTÁTICA**

Análisis estático para camiones C2-P

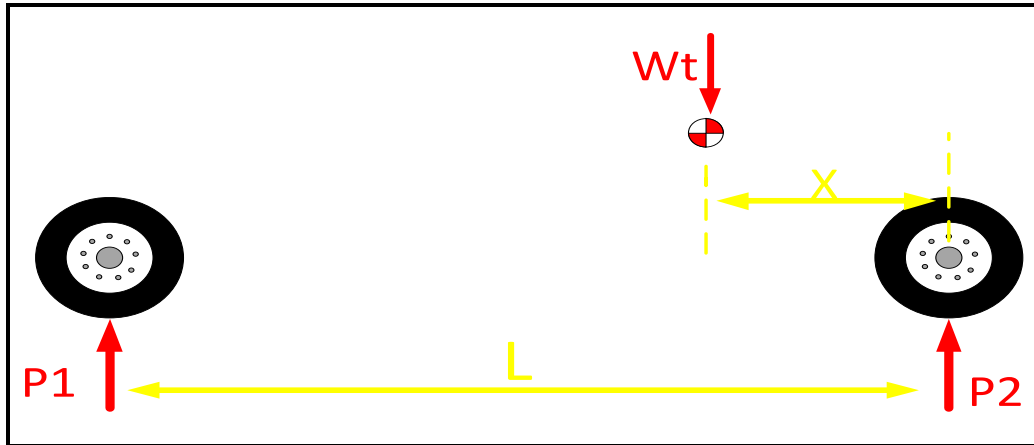
**P1**=carga sobre el eje delantero.

**P2**=carga sobre el eje trasero.

**L**= distancia entre el eje delantero y el eje trasero.

**X**= distancia del eje delantero medida desde el eje trasero

Figura 15. Diagrama de cuerpo libre para análisis de carga por eje



Fuente: autor del proyecto

Se realiza la sumatoria de momentos en el centro de gravedad de vehículo cargado.

Ecuación 1:

$$\sum M = 0: P2 * X = (L - X) * P1 = 0$$

Ecuación 2:

$$\frac{P2}{P1} = \frac{L - X}{X}$$

$$\frac{P2}{P1} + 1 = \frac{L}{X}$$

$$\frac{P2 + P1}{P1} = \frac{L}{X}$$

Ecuación 3:

$$\frac{Wt}{P1} = \frac{L}{X}$$

$$\frac{P1}{Wt} = \frac{X}{L}$$

De las ecuaciones anteriormente presentadas se puede observar que la relación entre la carga en el eje delantero (P1) y el peso total del vehículo (Wt) es igual a la relación existente entre la ubicación del centro de gravedad (x) y la longitud entre los ejes trasero y delantero (L).

- **Análisis estático para camiones Kodiak.** Para los camiones Kodiak se tiene una longitud entre ejes (L) de 6.3 [m] los cálculos para establecer la ubicación promedio del centro de gravedad (G) y la relación peso de eje delantero con respecto al peso total del vehículo (P1/Wt) se muestra a continuación.

**Tabla 1. Análisis de cargas Chevrolet - Kodiak**

ANÁLISIS DE CARGAS CHEVROLET KODIAK				
Condición	P2 [ton]	P1 [ton]	G [m]	(P1/Wt)
lleno	15130	4250	1.38	0.22
lleno	16610	3730	1.16	0.18
lleno	15420	3950	1.28	0.20
lleno	14430	4020	1.37	0.22
lleno	14750	4400	1.45	0.23
lleno	15510	5220	1.59	0.25
lleno	15000	5230	1.63	0.26
lleno	14430	4750	1.56	0.25
lleno	13620	3560	1.31	0.21

lleno	14701	4430	1.46	0.23
lleno	12807	3630	1.39	0.22
lleno	15547	4103	1.32	0.21
lleno	13886	3634	1.31	0.21
lleno	15934	4486	1.38	0.22
lleno	14530	4094	1.38	0.22
lleno	16218	3492	1.12	0.18
lleno	15818	3462	1.13	0.18
lleno	16345	4314	1.32	0.21
PROMEDIO			1.36	0.22

Fuente: autor del proyecto

Como se puede observar la ubicación promedio del centro de gravedad del vehículo se encuentra a 1.36 [m], medidos desde el eje trasero y la relación P1/Wt es del 0.22; lo que quiere decir que el eje delantero carga un 22% del peso total del vehículo cuando este se encuentra cargado.

- **Estático para camiones Kerax.** Para los camiones Kerax se tiene una longitud entre ejes (L) de 4.27 [m]. Los cálculos para establecer la ubicación promedio del centro de gravedad (G) y la relación peso de eje delantero con respecto al peso total del vehículo (P1/Wt) se muestra a continuación.

**Tabla 2. Análisis de cargas Renault - Kerax**



Condición	P2 [ton]	P1 [ton]	G [m]	(P1/Wt)
lleno	22840	5340	0.79	0.19
lleno	22250	6600	0.95	0.23
lleno	21090	6130	0.93	0.23
lleno	20080	5520	0.89	0.22
lleno	18950	5720	0.96	0.23
lleno	19650	6700	1.06	0.25
lleno	22160	6540	0.95	0.23
lleno	25990	7010	0.88	0.21
lleno	29780	7610	0.84	0.20
lleno	21790	5540	0.84	0.20
lleno	21830	5220	0.80	0.19
lleno	22460	5100	0.77	0.19
lleno	24990	6860	0.89	0.22
lleno	25090	6890	0.89	0.22
lleno	24460	6050	0.82	0.20
lleno	23500	5010	0.73	0.18
lleno	26780	6570	0.82	0.20
lleno	20000	4500	0.76	0.18
PROMEDIO			0.87	0.21

Fuente: autor del proyecto

Como se puede observar la ubicación promedio del centro de gravedad del vehículo se encuentra a 0.87 [m] medidos desde el eje trasero y la relación P1/Wt es del 0.21 lo que quiere decir que el eje delantero carga un 21% del peso total del vehículo cuando este se encuentra cargado

- **Análisis estático para camiones C2-G.** Para los camiones C2-G propiedad de terceros se tiene una longitud entre ejes (L) de 5.6 [m]. Los cálculos para establecer la ubicación promedio del centro de gravedad (G) y la relación peso de

eje delantero con respecto al peso total del vehículo ( $P1/Wt$ ) se muestra a continuación.

**Tabla 3. Análisis de cargas camiones de terceros**

ANÁLISIS DE CARGAS CAMIONES DE TERCEROS				
<p>El diagrama muestra un camión de color amarillo cargado con carbón. Se han superpuesto elementos de análisis de fuerzas: una flecha roja hacia abajo en el centro de la carga etiquetada como <math>Wt</math>; una flecha roja hacia arriba en el eje delantero etiquetada como <math>P1</math>; una flecha roja hacia arriba en el eje trasero etiquetada como <math>P2</math>; una línea horizontal amarilla que indica la distancia <math>G</math> entre los ejes; y una línea horizontal amarilla que indica la distancia <math>x</math> desde el eje trasero hasta el centro de la carga.</p>				
Condición	P2 [ton]	P1 [ton]	G [m]	(P1/Wt)
lleno	17820	6170	1.38	0.26
lleno	14270	4890	1.37	0.26
lleno	16650	6470	1.50	0.28
lleno	10510	4020	1.48	0.28
lleno	17930	3190	0.81	0.15
lleno	12500	4030	1.31	0.24
lleno	18530	3860	0.92	0.17
lleno	16350	6430	1.51	0.28
lleno	17380	6320	1.43	0.27
lleno	11890	4325	1.43	0.27
lleno	14367	4310	1.24	0.23
lleno	15578	3456	0.97	0.18
lleno	11670	4050	1.38	0.26
lleno	11340	4350	1.49	0.28
lleno	15435	5060	1.32	0.25
lleno	17670	6339	1.42	0.26
lleno	14170	5470	1.49	0.28
lleno	15600	4670	1.23	0.23
PROMEDIO			1.32	0.25

Fuente: autor del proyecto

Como se puede observar la ubicación promedio del centro de gravedad del vehículo se encuentra a 1.32 [m] medidos desde el eje trasero y la relación P1/Wt es del 0.25 lo que quiere decir que el eje delantero carga un 25% del peso total del vehículo cuando este se encuentra cargado.

- **Análisis estático para camiones C2-P.** Para los camiones C2-P propiedad de terceros se tiene una longitud entre ejes (L) de 5.3 [m]. Los cálculos para establecer la ubicación promedio del centro de gravedad (G) y la relación peso de eje delantero con respecto al peso total del vehículo (P1/Wt) se muestra a continuación.

**Tabla 4. Análisis de cargas – camiones de terceros C2-P**

ANÁLISIS DE CARGAS CAMIONES DE TERCEROS C2-P				
<p>El diagrama muestra un camión blanco cargado con frutas en un remolque marrón. Se han superpuesto líneas amarillas y rojas para representar el análisis estático. Una línea horizontal amarilla indica la longitud entre ejes (L). Una línea vertical amarilla indica la distancia (X) desde el eje trasero hasta el centro de gravedad (G), que está marcado con un punto rojo y blanco. Una línea vertical roja indica el peso total (Wt) actuando desde el centro de gravedad. Una línea horizontal roja indica la fuerza P1 actuando en el eje delantero, y otra línea horizontal roja indica la fuerza P2 actuando en el eje trasero.</p>				
Condición	P2 [ton]	P1 [ton]	G [m]	(P1/Wt)
lleno	14250	4320	0.97	0.23
lleno	14170	5450	1.15	0.28
lleno	15290	5380	1.08	0.26
lleno	14630	5220	1.09	0.26
lleno	13760	3400	0.82	0.20
lleno	14950	6052	1.20	0.29
lleno	15700	5749	1.11	0.27
lleno	15220	5126	1.05	0.25

lleno	14780	5664	1.15	0.28
lleno	14130	6111	1.25	0.30
lleno	16000	5265	1.03	0.25
lleno	15160	4757	0.99	0.24
lleno	15140	5104	1.05	0.25
lleno	15200	5208	1.06	0.26
lleno	14810	5732	1.16	0.28
lleno	14410	5104	1.09	0.26
lleno	15670	5871	1.13	0.27
lleno	14590	5266	1.10	0.27
PROMEDIO			1.08	0.26

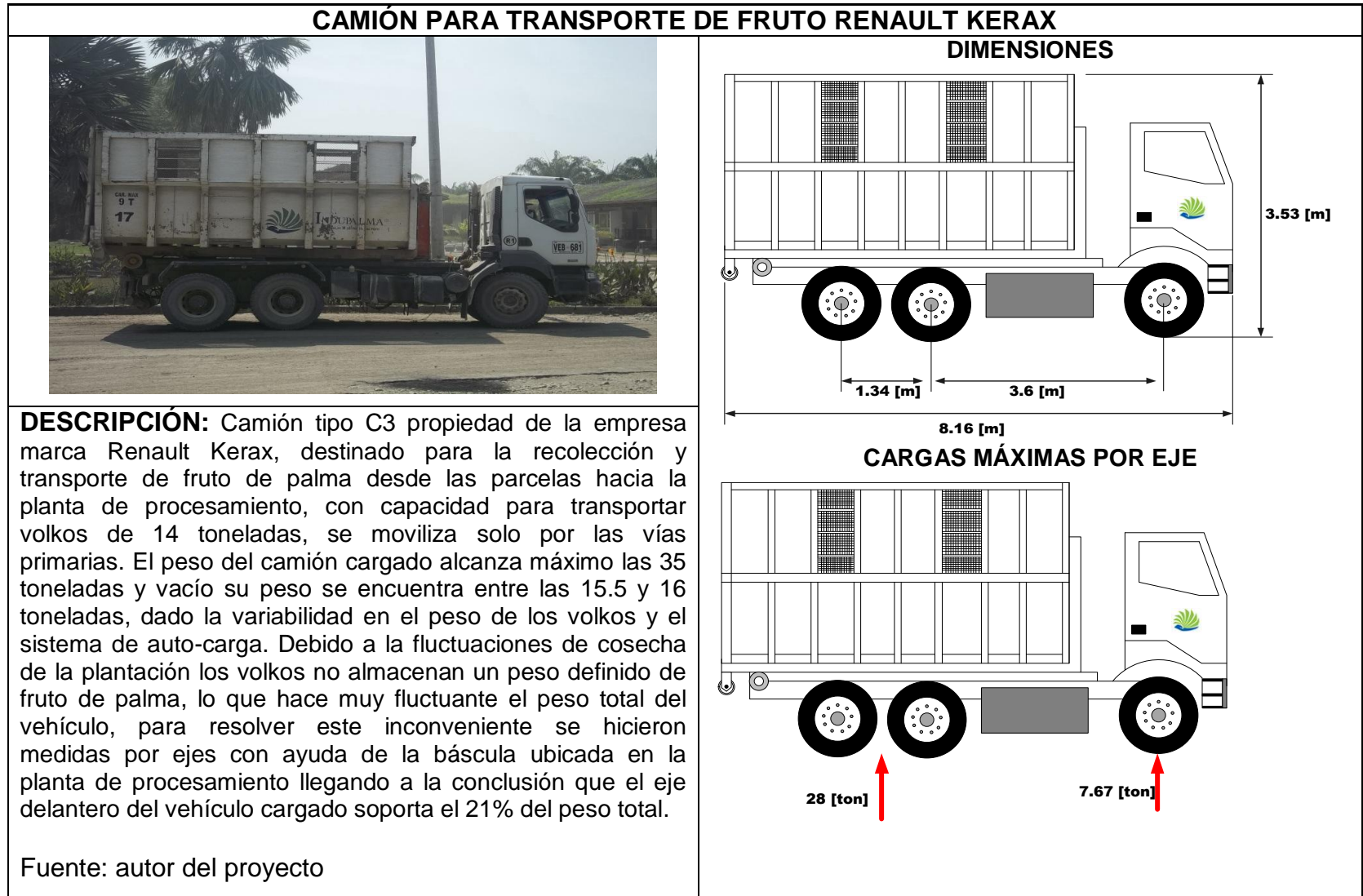
Fuente: autor del proyecto

Como se puede observar la ubicación promedio del centro de gravedad del vehículo se encuentra a 1.08 [m], medidos desde el eje trasero y la relación P1/Wt es del 0.26; lo que quiere decir que el eje delantero carga un 26% del peso total del vehículo cuando este se encuentra cargado.

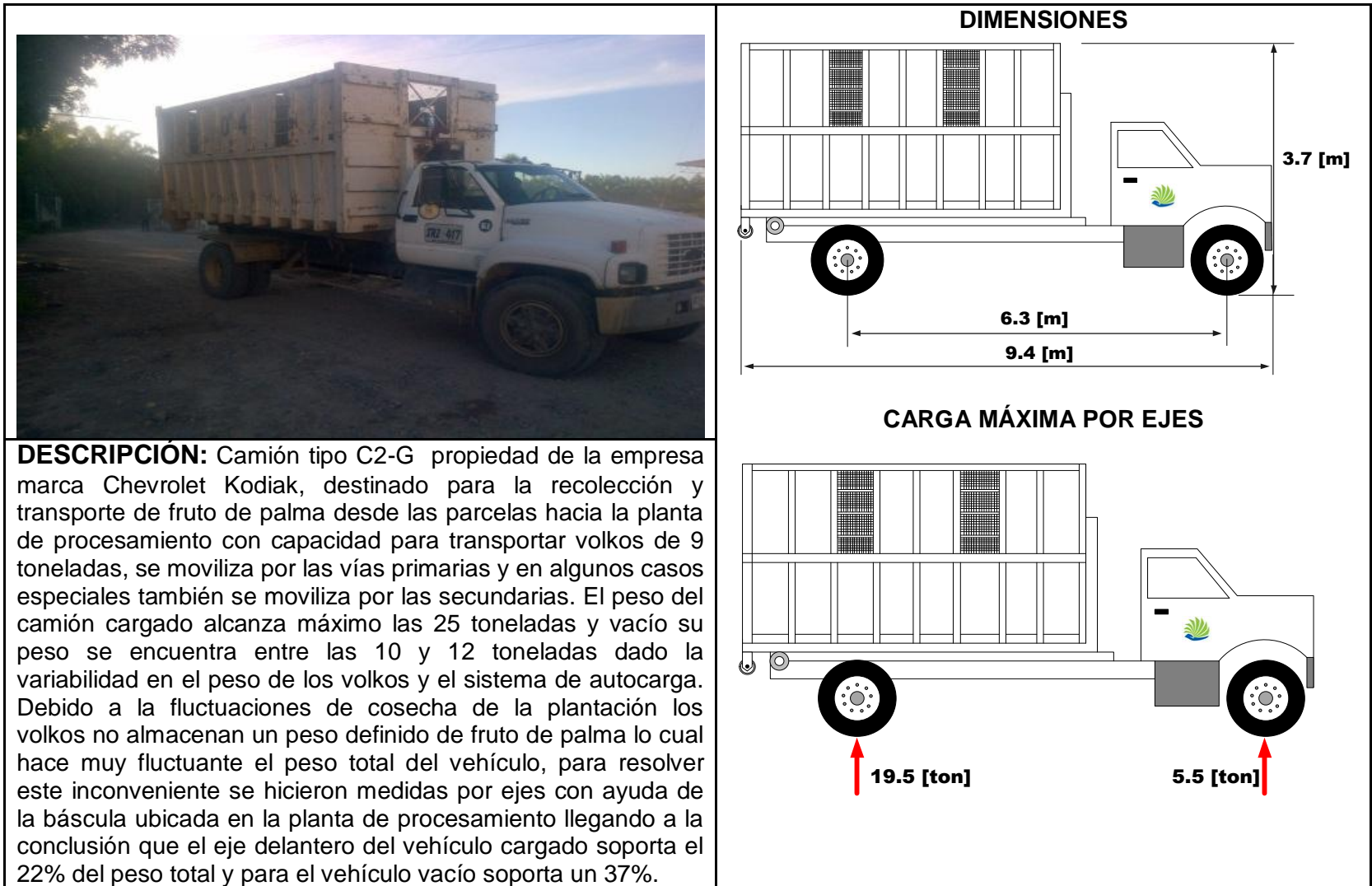
El poder determinar los porcentajes de carga que asume cada eje del vehículo independiente de la carga total de fruto de palma, ayuda en la estimación del número de ejes equivalentes para el diseño de espesor del afirmado a suministrar para aquellas vías de la malla vial que presentan un gran volumen de tráfico, como es el caso de la vía primaria que conduce desde la entrada principal de la plantación hacia la planta extractora.

La aplicación para la ubicación del centro de gravedad del vehículo cuando este se encuentra cargado es de utilidad para la empresa ya que puede utilizar esta información y relacionarla con la operación del vehículo. En cuadros que se presentan a continuación, se realiza una descripción más detallada para cada uno de los vehículos que hace uso de la malla vial de la plantación, también se presentan las dimensiones, cargas máximas por ejes y su papel dentro de la operación diaria del cultivo de palma africana.

**Cuadro 2. Especificaciones del camión Renault-Kerax**


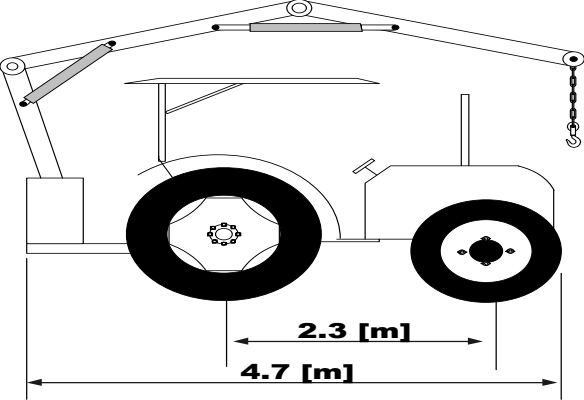
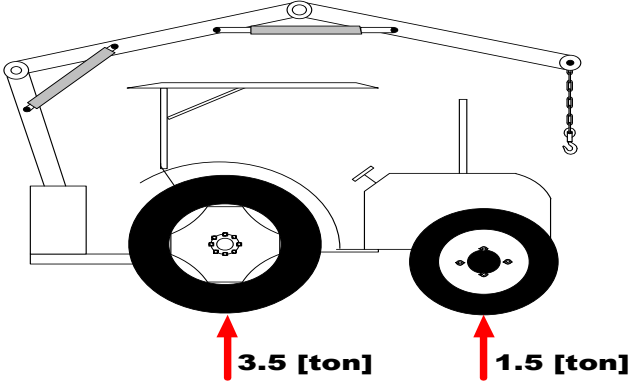


**Cuadro 3. Especificaciones del camión Chevrolet-Kodiak**



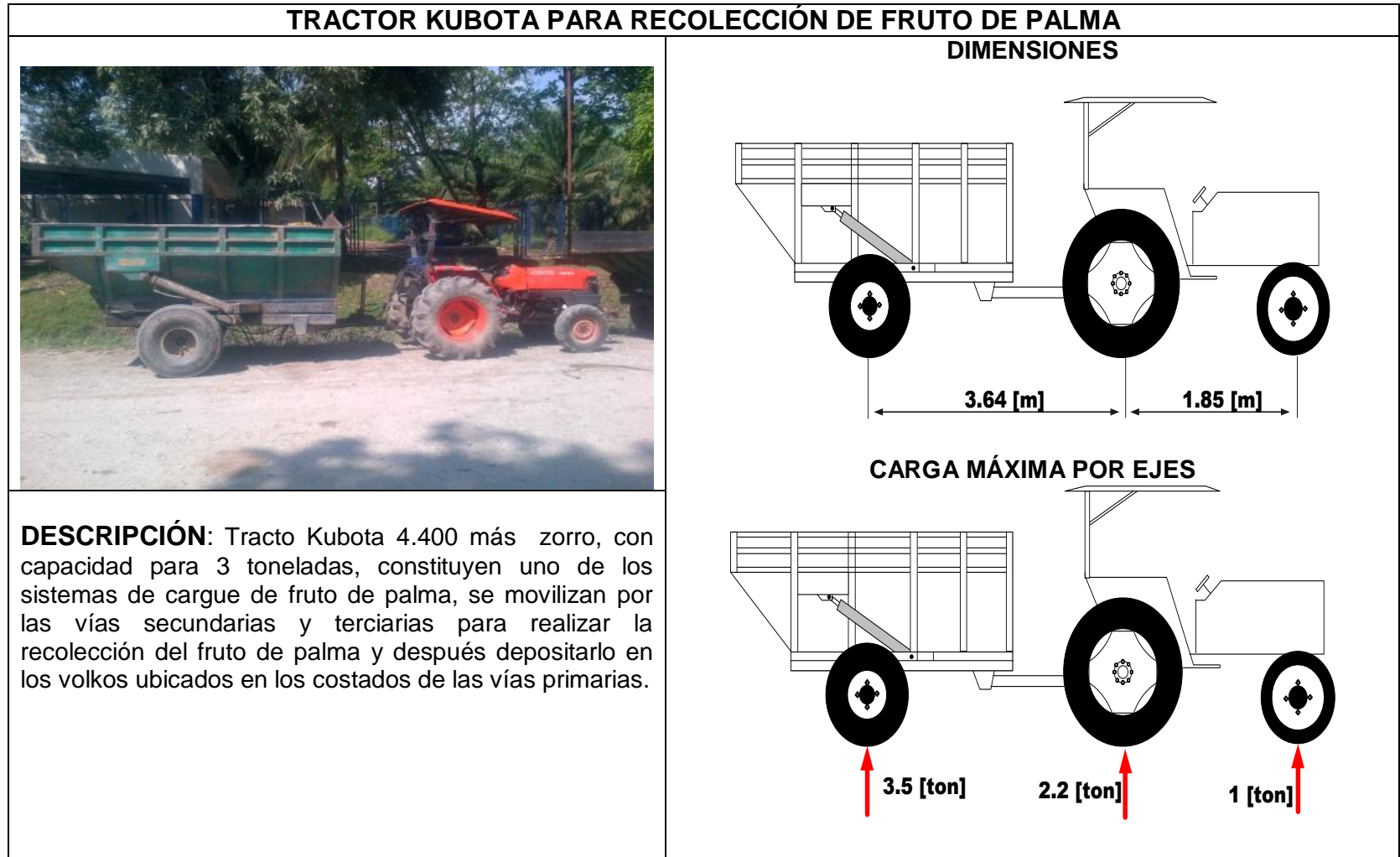
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 4. Especificaciones Grúa kubota 9500**

<b>GRÚA KUBOTA 9500 PARA PESAJE Y CARGUE DE FRUTO DE PALMA</b>	
	<p><b>DIMENSIONES</b></p>  <p><b>CARGAS MÁXIMAS POR EJE</b></p> 
<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Grúa Kubota 9500, es la encargada de realizar el alce, pesaje y cargue de las mallas con fruto de palma las cuales deposita en el zorro del tractor Kubota 4400. La grúa Kubota comprende junto con el tractor Kubota el primer sistema de alce y transporte del fruto de palma y por la tanto su red de circulación dentro de la malla vial es la secundaria.</p>	

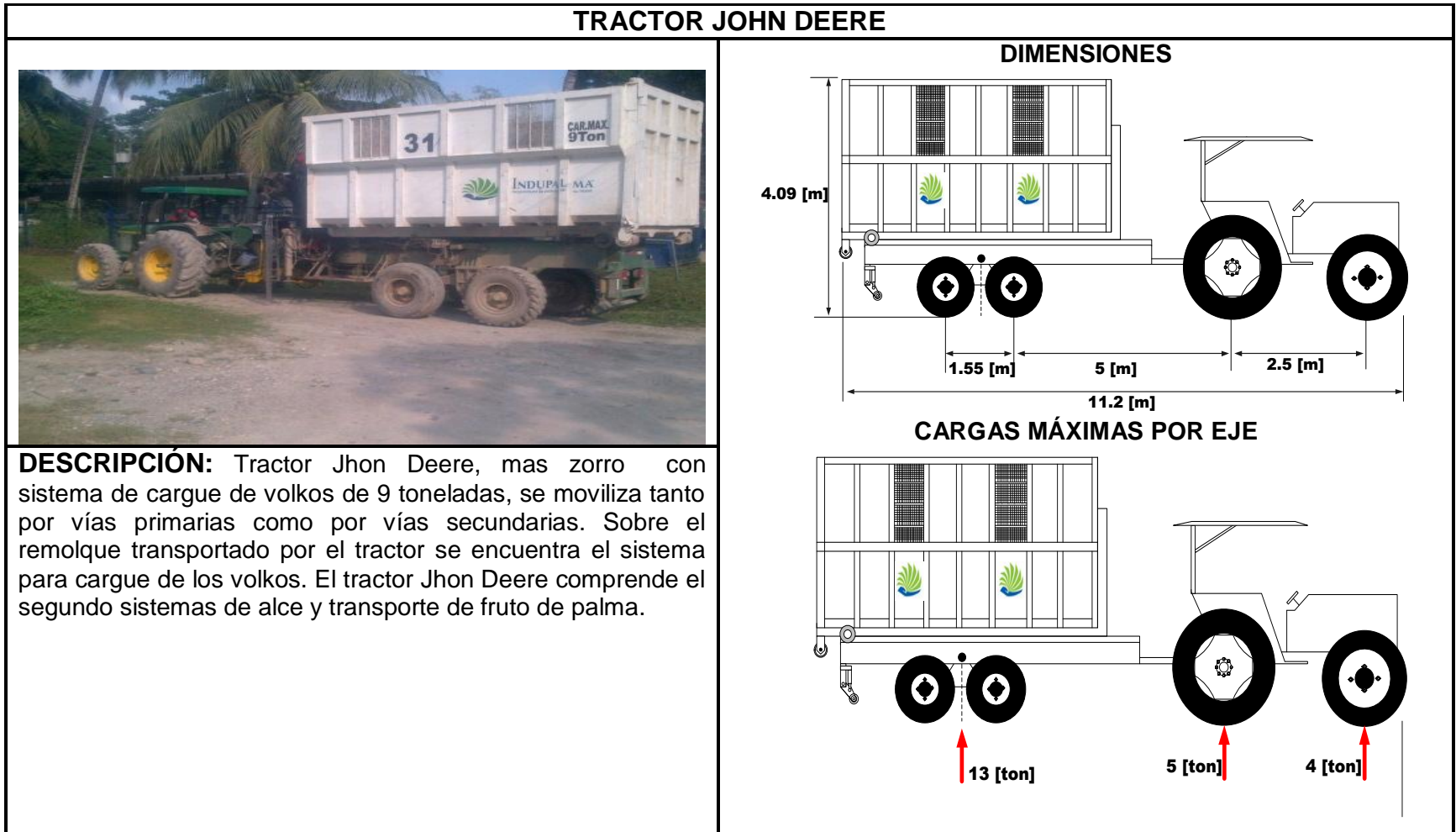
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 5. Especificaciones del Tractor Kubota**



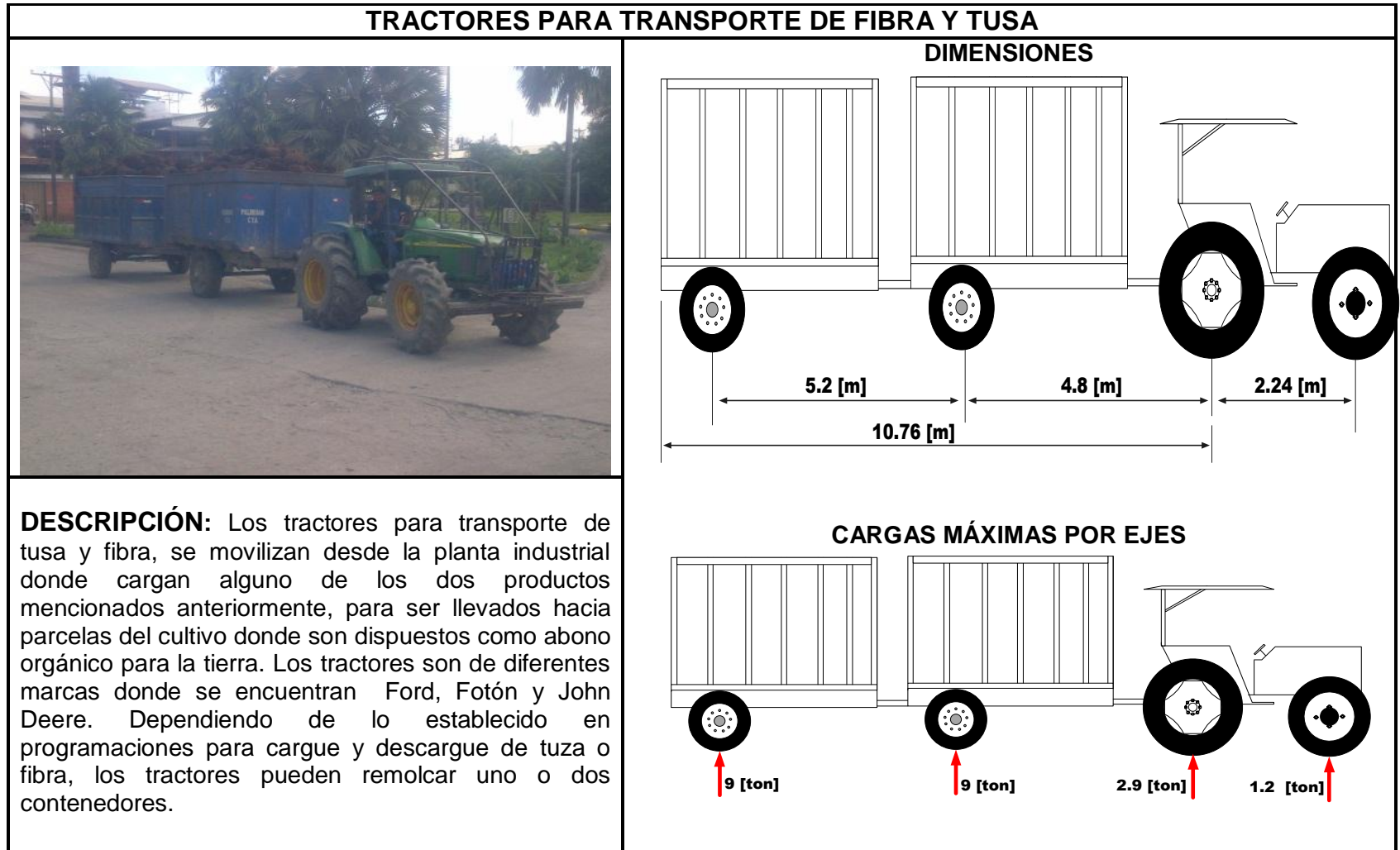
Fuente: autor del proyecto

Cuadro 6. Especificaciones Tractor John Deere




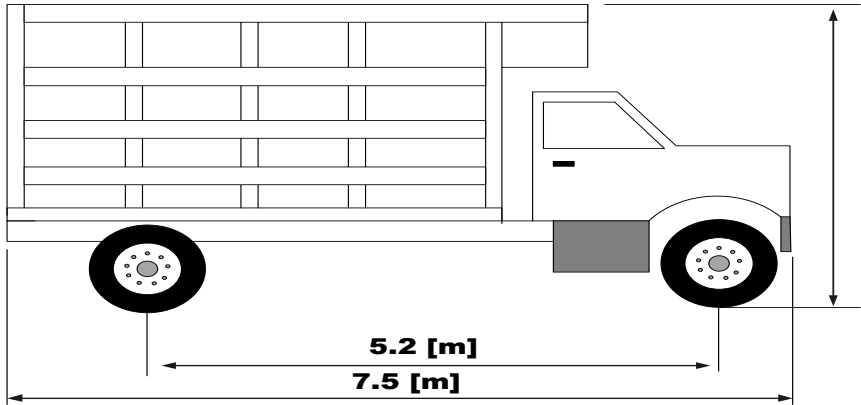
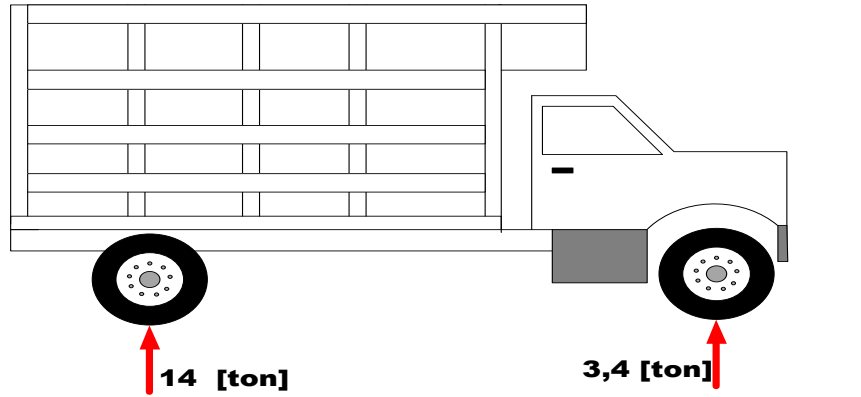
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 7. Especificaciones para transporte de fibra y tusa**



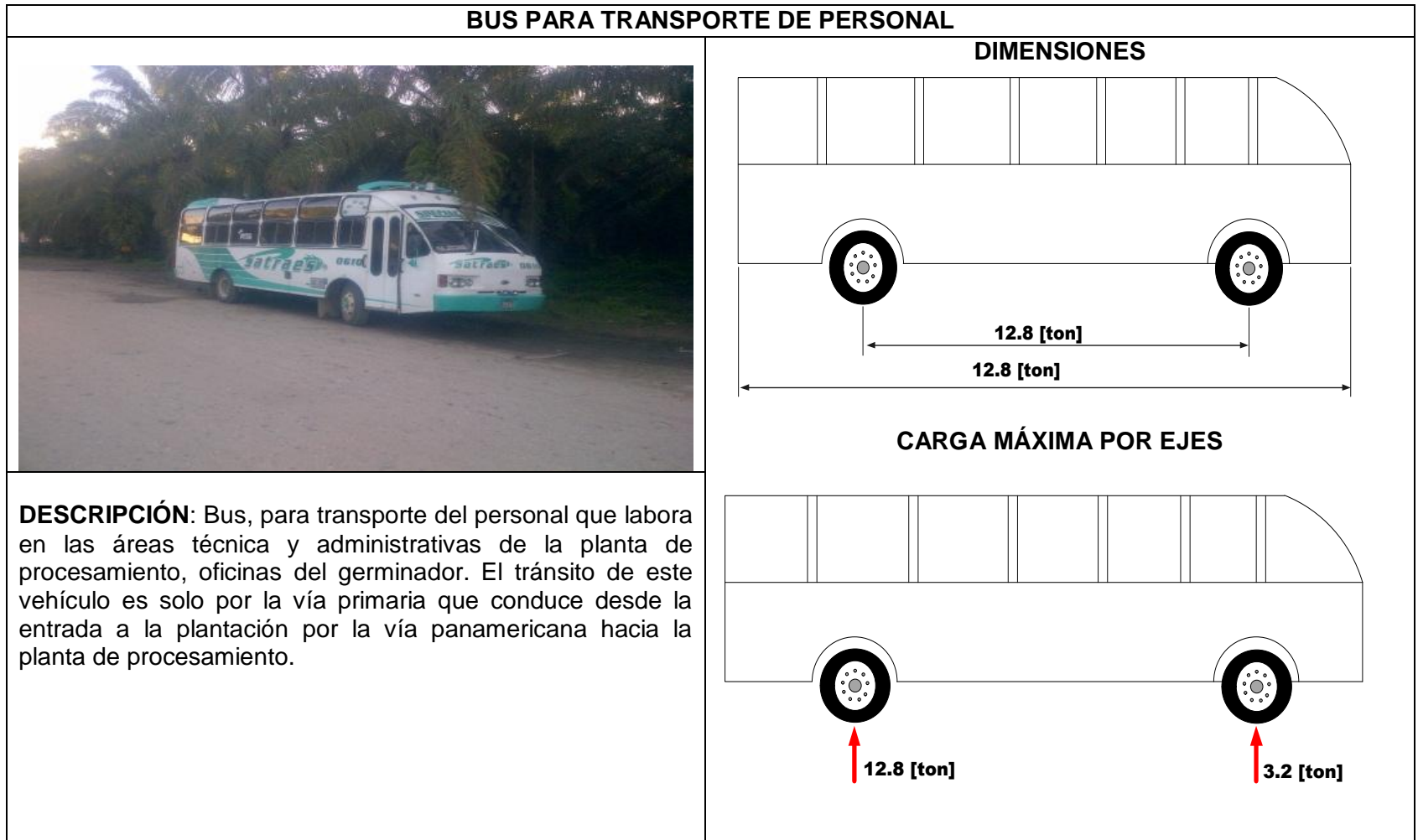
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 8. Especificaciones camiones de transporte de fibra y tusa**

<b>CAMIONES PARA TRANSPORTE DE FIBRA Y TUSA</b>	
	<p><b>DIMENSIONES</b></p> 
<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> camión C-2, pequeño para transporte de fibra o tusa, se moviliza por las vías primarias, secundarias y terciarias, ya que conduce la tusa o fibra hacia el interior de las parcelas del cultivo para depositarla en las área de cultivo, con el fin de proporcionar abono orgánico al suelo.</p>	<p><b>CARGA MÁXIMA POR EJES</b></p> 

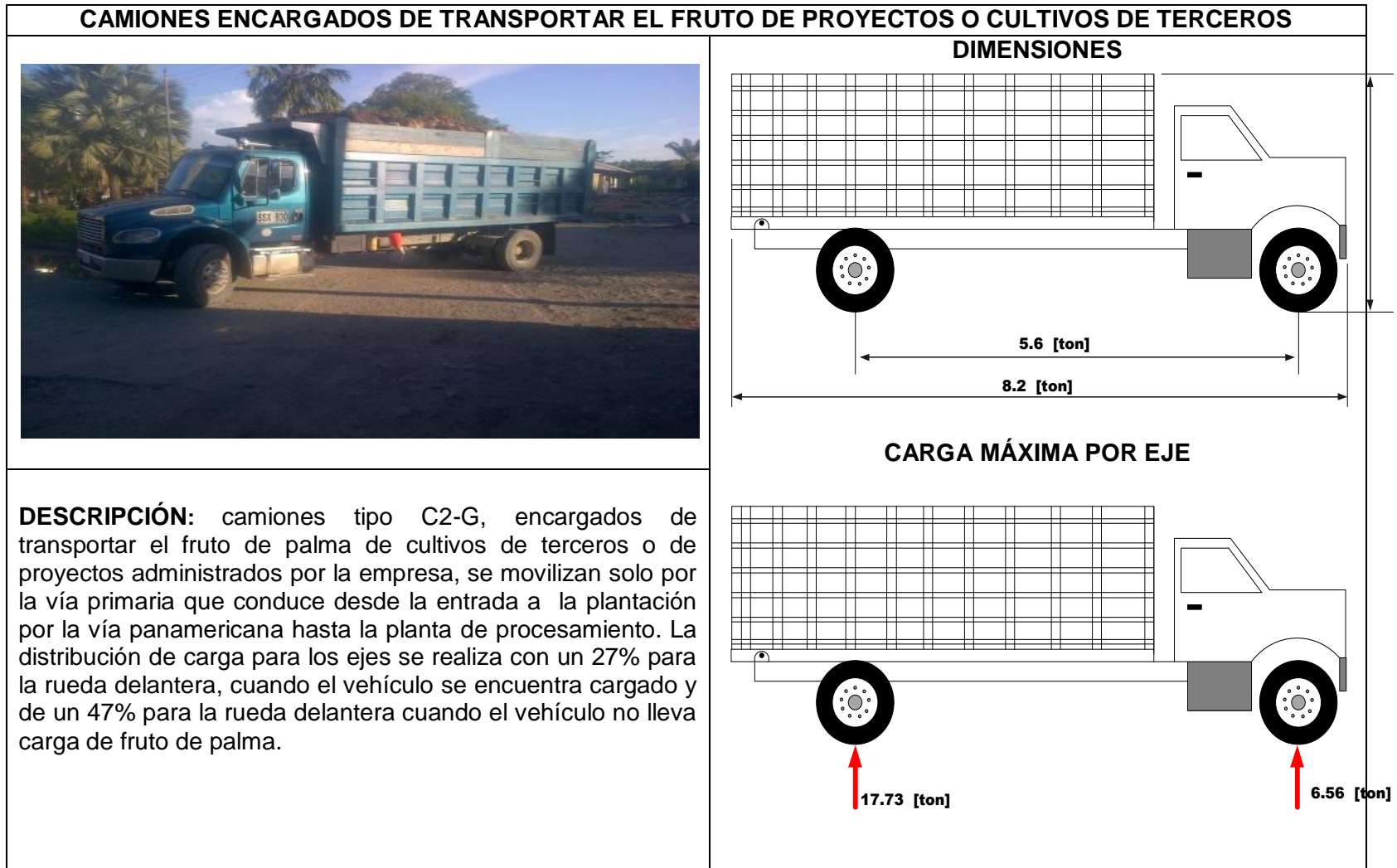
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 9. Bus transporte de personal**



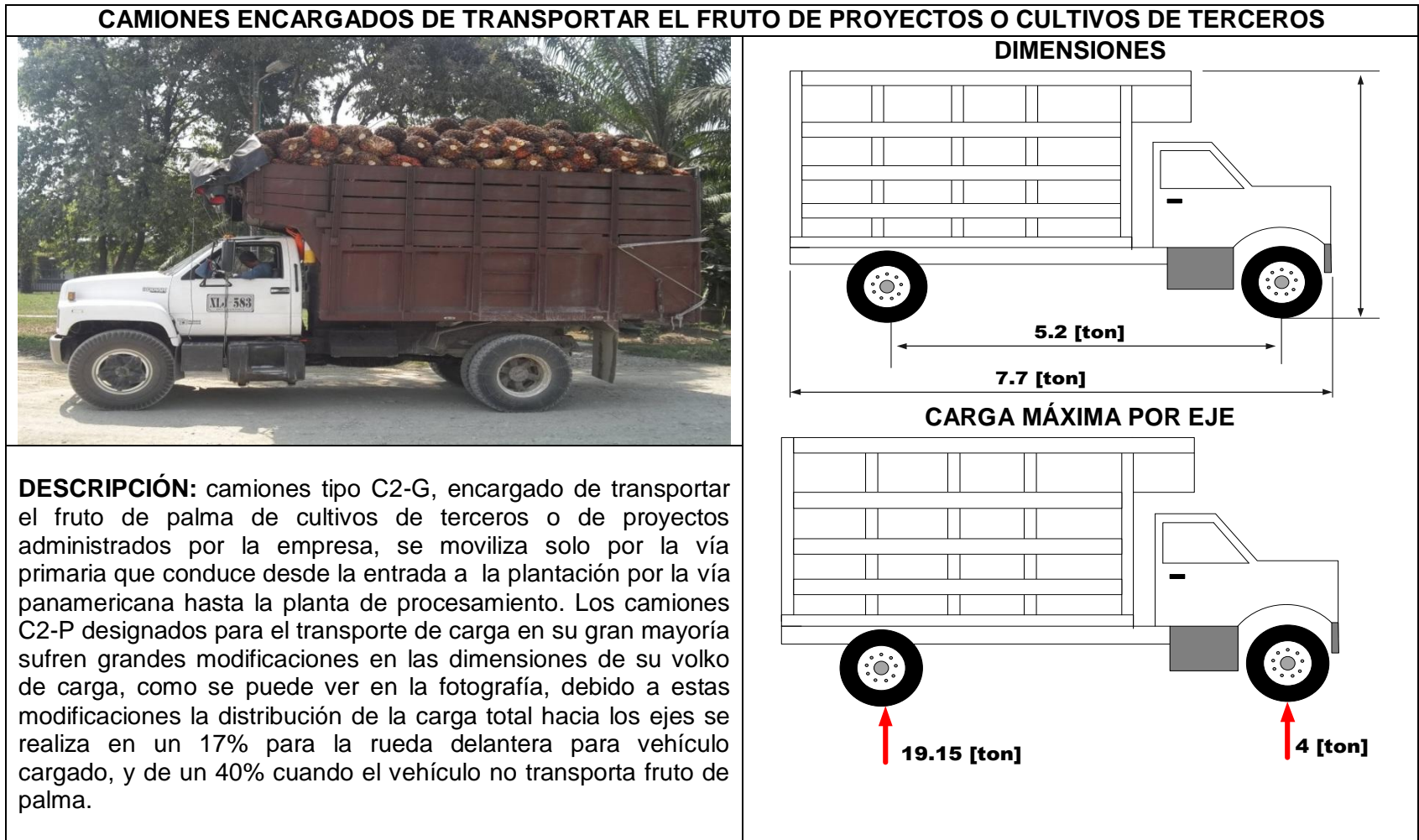
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 10. Especificaciones camiones de transporte cultivos de terceros tipo C2-G**



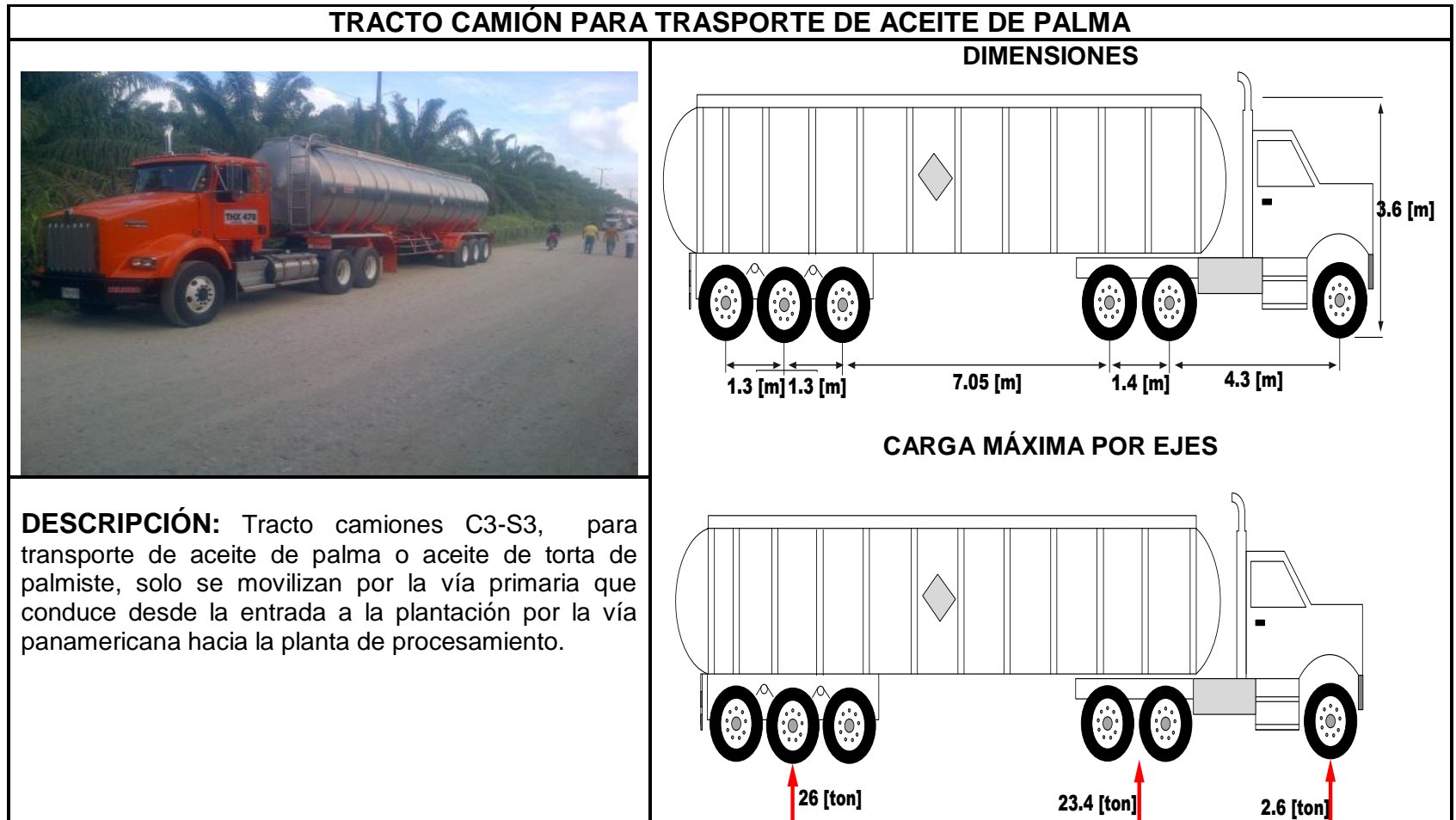
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 11. Especificaciones camiones de transporte cultivos de terceros C2-G**



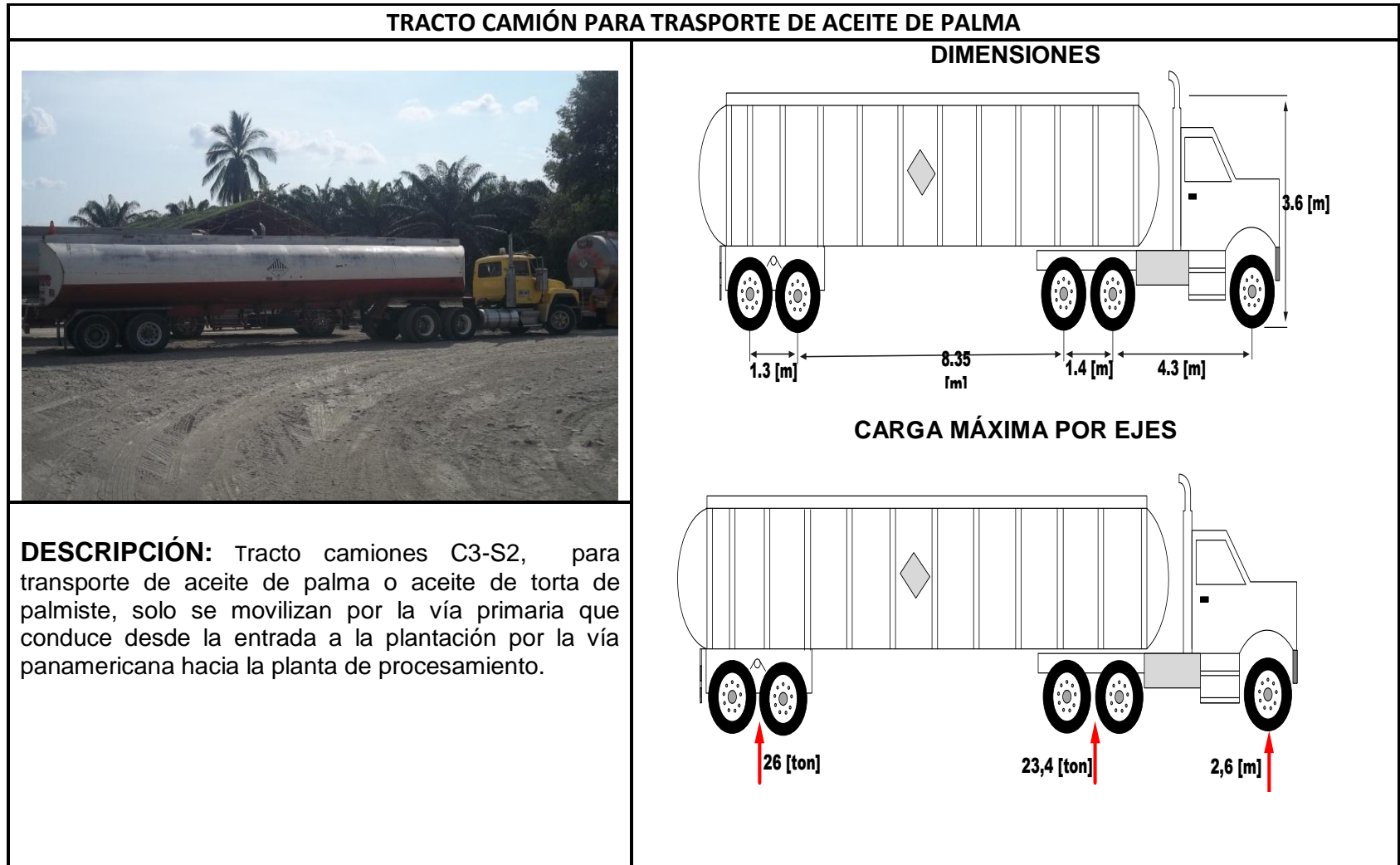
Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 12. Especificaciones tracto camión para transporte de aceite de palma**



Fuente: autor del proyecto

**Cuadro 13. Especificaciones tracto camión, transporte de aceite de palma**



Fuente: autor del proyecto

## **4. MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA MALLA VIAL DE LA EMPRESA INDUPALMA LTDA.**

### **4.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO VIAL**

- Preservar las inversiones efectuadas en la construcción y rehabilitación de los caminos.
- Garantizar la circulación permanente de la producción de fruto de palma.
- Proporcionar comodidad y seguridad en la circulación dentro de la plantación.
- Ahorro en costos de operación de los vehículos tanto propios de la empresa como externos.
- Disminución en los ciclos de recolección y descargue en la planta de extracción.

### **4.2 OBJETIVO DEL MANUAL**

El presente instructivo tiene como objeto establecer las actividades necesarias para garantizar la conservación en el tiempo de la infraestructura vial de la plantación, a través de los mantenimientos rutinarios o periódicos.

### **4.3 DEFINICIONES**

**4.3.1 Vía en afirmado.** Estructura vial cuya superficie de rodadura la compone el terreno natural reforzado con una capa de material seleccionado. En este tipo de vías el tráfico diario puede superar los 100 vehículos, cuya velocidad de tránsito es función de las condiciones de la capa de rodadura y del mejoramiento del trazado.



#### **4.3.2 Elementos de la vía en afirmado**

- Superficie de rodadura
- Bombeo o pendiente transversal

- Cunetas o canales laterales
- Alcantarillas
- Cruces de canales o box culvert
- Puentes o pontones
- Badenes o pases de cauce
- Muros de contención.

**Tabla 5. Elementos de la vía en afirmado**

Elementos de la vía en afirmado	
<p><b>Superficie de rodadura:</b> Estructura compuesta por la subrasante y una capa de material seleccionado compactado y nivelado, su función es la conducción de los vehículos de forma segura y a una velocidad uniforme.</p>	
<p><b>Bombeo o pendiente transversal:</b> inclinación del carril de la carretera desde el eje de la vía hacia las bermas o cunetas cuya función es drenar el agua de la superficie de rodadura. Para vías en afirmado el bombeo debe estar comprendido entre 2% a 5%.</p>	
<p><b>Canales laterales:</b> estructura hidráulica encargada de la recolección de aguas lluvias drenadas por la superficie de rodadura de la vía, se colocan a disposición del bombeo, que para el caso de las vías ubicadas en la</p>	

<p>plantación es en ambos lados de la carretera.</p>	
<p><b>Alcantarillas:</b> Son estructuras destinadas a facilitar el paso de agua de un lado del camino al otro. Se ubican por debajo de la superficie de rodadura y su tamaño depende de la cantidad de agua que pasara a través de ellas.</p>	
<p><b>Puentes:</b> estructura necesaria para habilitar el paso de los vehículos cuando un accidente topográfico o una circulación de agua se los impide.</p>	



**Badenes:** son estructuras que se construyen en lugares donde un curso de agua atraviesa la carretera y no es posible construir un puente. Su construcción depende de la cantidad de agua y la amplitud del cauce.



Fuente: [www.construcgeek.com](http://www.construcgeek.com)

**Muros de contención:** estructura para dar estabilidad a rellenos de tierra o proteger estructuras como puentes, alcantarillas y canales.



Fuente: [www.ecomur.com.mx](http://www.ecomur.com.mx)

Fuente: autor del proyecto

**4.3.3 Deterioros de vías en afirmado.** Para los caminos no pavimentados la aparición de los daños después de su construcción es solo cuestión de meses, estos daños los podemos dividir en aquellos sufridos por la superficie de rodadura y los daños sufridos por la estructura del afirmado.

- Daños de la superficie de rodadura
  - Ahuellamientos
  - Corrugaciones
  - Perdida de agregados
- Daños de la estructura
  - Baches
  - Sección transversal inadecuada

A continuación se realiza una descripción para cada tipo de daño, de acuerdo a relacionado en las siguientes tablas, se mencionan sus posibles causas, su nivel de severidad y la medición en campo para establecer en qué estado de severidad se encuentra el tramo en estudio. La evaluación del nivel de severidad se realizará según lo establecido en el anexo A, en la cual se consignan lo siguientes datos:

- Nombre de la persona quien realiza la evaluación.
- Fecha en que se ejecuta la evaluación.
- Nombre de la vía.
- Tipo de vía.
- Nombre de la zona.
- Supervisor de la zona.
- Código de la vía.
- Parcela 1
- Parcela 2

Después de plasmar los datos anteriormente mencionados, se presenta la codificación para cada tipo de daño en vías en afirmado:

- Corrugaciones CO.
- Ahuellamiento AH.
- Perdida de agregados PG.
- Sección transversal inadecuada STI.
- Baches BA.

Con los códigos mostrados se realiza la toma de dimensiones para cada uno de los daños observados en el tramo vial en estudio, para establecer si el nivel de severidad y finalmente recomendar el tipo de intervención a realizar, las cuales son descritas en el manual de mantenimiento.

**Tabla 6. Daños de la superficie ahuellamiento**

<b>DAÑOS DE LA SUPERFICIE</b>	
<p><b>Ahuellamiento:</b> deformación que altera la pendiente transversal longitudinal del camino. Para casos extremos de deformación la sección transversal de la vía muestra un perfil en w.</p> <p><b>Posibles causas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acción de las cargas transmitidas por vehículos y su frecuencia de circulación.</li> <li>• Condiciones climáticas que afectan el comportamiento de los materiales de la capa de</li> </ul>	<p><b>MEDICIÓN.</b> Proporción del área afectada (m<sup>2</sup>) respecto al área total en tramos de 100 m.</p> <p><b>INTERVENCIÓN RECOMENDADA.</b> En cualquier nivel de severidad, reperfilado de carreteras no pavimentadas (PR-16), y en caso de ser necesario, agregar material faltante (PP-09).</p>

rodadura, por ejemplo para la estación seca se realiza desplazamiento lateral de los materiales poco cohesivos y en época de lluvias se produce pérdida de la estabilidad del afirmado o de la capa de soporte.

- Capacidad de los materiales frente a las condiciones de servicio.

**Nivel de severidad.** La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella. Esta se mide con una regla de 2 m de longitud, colocada transversalmente al eje de la carretera. La medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3m de largo de la huella. Se definen tres niveles de severidad (baja, media y alta)

- Bajo: la profundidad promedio es menor de 20 [mm].
- Medio: la profundidad promedio es mayor de 50 [mm].
- Alto: la profundidad promedio es mayor de 50 [mm].



Fuente: autor del proyecto

**Tabla 7. Daños de la superficie - Corrugaciones**

<b>DAÑOS DE LA SUPERFICIE</b>	
<b>Corrugaciones:</b> ondulaciones paralelas en el superficie de rodadura orientada perpendicularmente	<b>MEDICIÓN</b> Proporcione del área afectada [m <sup>2</sup> ] respecto al área total en tramos de 100 [m].
	<b>INTERVENCIÓN RECOMENDADA</b>

con respecto a la dirección del tránsito. Su longitud de onda varía entre 30 centímetros para calzadas arenosas y 100 centímetros en calzadas con alto contenido de gravas. El deterioro se presenta para épocas secas en donde los materiales de la superficie de rodadura pierden su cohesión.

**Posibles causas:**

- Acción del tránsito.
- Características plásticas y cohesivas del material que constituye la capa de rodadura ya que el daño se presente en materiales con baja plasticidad y poca cohesión
- Condiciones ambientales debido a que el daño aparece para la estación seca.

**NIVEL DE SEVERIDAD.** Se mide de acuerdo con la profundidad promedio de la corrugación. Su clasificación se realiza como se indica a continuación:

- Bajo: la profundidad promedio es menor de 20 [mm].
- Medio: la profundidad promedio está comprendida entre 20 [mm] y 50 [mm].
- Alto: la profundidad

En cualquier nivel de severidad, reperfilado de carreteras no pavimentadas (PR-16) y en caso de ser necesario, agregar material faltante (PP-09).



promedio es mayor de 50 [mm].	
-------------------------------	--

Fuente: manual para mantenimiento de red vial secundaria pavimentada y en afirmado.

**Tabla 8. Daños de la superficie - Perdida de agregado**

<b>DAÑOS DE LA SUPERFICIE</b>	
<p><b>Perdida de agregados:</b> perdida de la homogeneidad de la superficie por causa de la separación de los materiales granulares y los materiales finos. El daño se identifica a simple vista ya que los agregados granulares forman camellones o surcos en la longitud de la vía afectada y los agregados finos ocasionan nubes de polvo.</p> <p><b>Posibles causas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acción del tránsito sobre capas conformadas con materiales que poseen poca plasticidad y cohesión.</li> <li>• Falta de caras fracturadas de los materiales gruesos.</li> </ul> <p><b>Nivel de severidad.</b> Según la altura de los cordones longitudinales sueltos, se definen tres niveles de severidad (baja, media y alta).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja: altura promedio del desperfecto menor de 5 [cm].</li> <li>• Media: altura promedio del desperfecto</li> </ul>	<p><b>MEDICIÓN.</b> Proporción del área afectada [m<sup>2</sup>] respecto al área total en tramos de 100 [m].</p> <p><b>INTERVENCIÓN RECOMENDADA.</b> En cualquier nivel de severidad, reposición del material de afirmado (PP-09).</p> 

<p>entre 5 [cm] y 10 [cm].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta: altura promedio del desperfecto mayor de 10 [cm].</li> </ul>	
--	--

Fuente: manual para mantenimiento de red vial secundaria pavimentada y en afirmado.

**Tabla 9. Daños de la estructura - Baches**

DAÑOS DE LA ESTRUCTURA	
<p><b>Baches:</b> cavidades o depresiones localizadas de forma más o menos circular que se desarrollan principalmente en época lluviosa debido a la saturación del material y la acción del tránsito.</p> <p><b>Posibles causas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de uniformidad en la mezcla de los agregados gruesos y finos, donde una concentración de muchos finos es más susceptible a la erosión y socavación.</li> <li>• defectos constructivos.</li> <li>• Falta de un drenaje adecuado.</li> </ul> <p><b>Nivel de severidad</b></p> <p>Se define de acuerdo con la profundidad del bache y el área afectada con respecto al tramo evaluado. Se definen tres niveles de severidad (baja, media y alta) en función de dicho parámetro.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja: área afectada menor al 2% con respecto</li> </ul>	<p><b>MEDICIÓN.</b> Proporción del área afectada [m<sup>2</sup>] respecto al área total en tramos de 100 [m] y la profundidad del bache [cm].</p> <p><b>INTERVENCIÓN RECOMENDADA.</b> Baja y media: reposición del material granular para el afirmado. (PP-09).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta: bacheo de la superficie del afirmado. (PR-17)</li> </ul> 

<p>al era total de los tramos y profundidad del bache menor de 2,5 [cm].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Media: área afectada entre el 2% y el 10% con respecto al área total de los tramos y profundidad entre 2,5 [cm] y 4,0 [cm].</li> <li>• Alta: área afectada mayor al 10% con respecto al área total de los tramos y profundidad mayor a 4,0 [cm].</li> </ul>	
---	--

Fuente: manual para mantenimiento de red vial secundaria pavimentada y en afirmado.

**Tabla 10. Diseños de la estructura – Sección transversal**

<b>DAÑOS DE LA ESTRUCTURA</b>	
<p><b>Sección transversal inadecuada:</b> deformaciones en la pendiente de bombeo de la sección transversal que impiden el drenaje, generándose acumulaciones de agua en una gran longitud de la carretera que dificultan el tránsito de los vehículos.</p> <p><b>Posibles causas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asentamientos diferenciales de la carretera.</li> <li>• Error en el proceso constructivo.</li> <li>• Acciones del tránsito.</li> </ul> <p><b>NIVEL DE SEVERIDAD.</b> La sección transversal es inadecuada cuando existan altas posibilidades de que el agua quede acumulada en su superficie (empozamientos). Se definen tres niveles de severidad (baja, media, alta) en función de dicho parámetro.</p>	<p><b>MEDICIÓN.</b> Proporción del área afectada [m<sup>2</sup>] respecto al área total en tramos de 100 [m].</p> <p><b>INTERVENCIÓN RECOMENDADA.</b> En cualquier nivel de severidad, re perfilado de carreteras no pavimentadas (PR-16).</p>

- Baja: cuando los empozamientos ocupan menos del 10% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.
- Media: cuando los empozamientos ocupan entre el 10% y el 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos.
- Alta: cuando los empozamientos ocupan más del 30% de la sección transversal de la carretera y son poco profundos o cuando estos originan grades acumulaciones de agua.



Fuente: autor del proyecto

#### **4.4 CICLO DE VIDA FATAL DE LOS CAMINOS**

Los caminos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: agentes climáticos y el tráfico. Estos elementos afectan al camino, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo a tal punto que lo puede convertir en intransitable.<sup>6</sup>

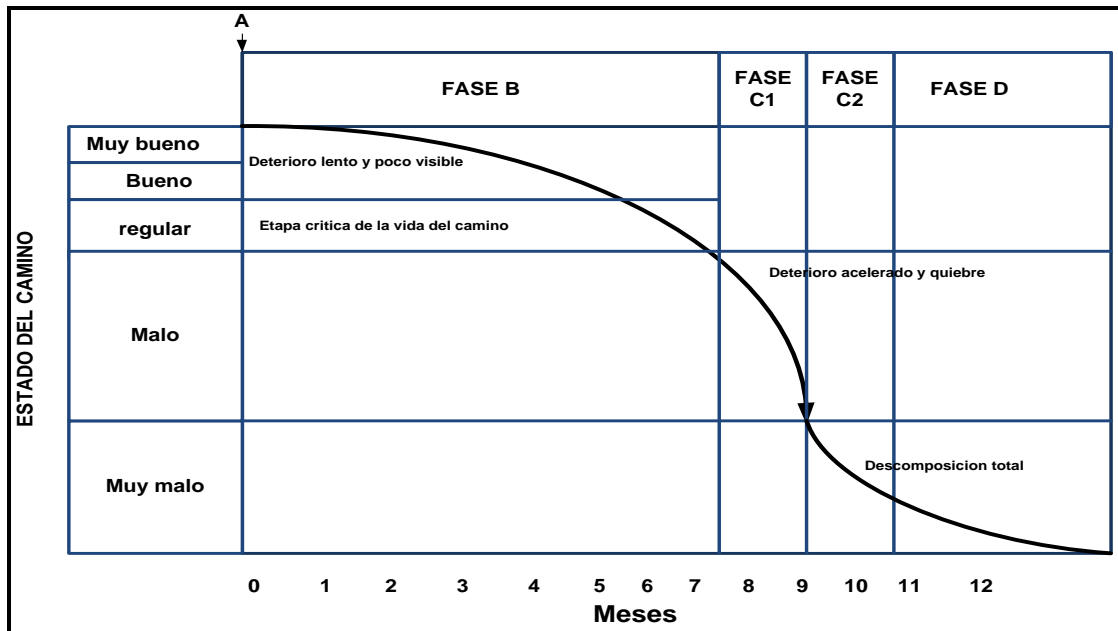
El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para luego deteriorarse rápidamente al punto de la descomposición total.

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el camino, extendiéndolo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo. La duración del servicio de un camino independientemente de la estructura que conforme la capa de rodadura sigue una misma tendencia al pasar el tiempo y uso de la carretera, esta tendencia se representa por un ciclo denominado ciclo fatal del camino donde se describe en 4 fases las condiciones del camino cuando no es intervenido con actividades de mantenimiento. El ciclo o variación de las condiciones de la carretera se muestra en la figura 16.

---

<sup>6</sup> Manual técnico - Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, pág. 4.

**Figura 16. Variación de la condiciones de servicio de la carretera sin mantenimiento.**



Fuente: manual técnico - José Rafael Menéndez. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 5. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

**4.4.1 FASE A. Construcción.** Corresponde al instante de apertura del camino al tráfico, donde este se encuentra en excelentes condiciones para garantizar comodidad y seguridad al tránsito.<sup>7</sup>

**4.4.2 FASE B. Deterioro lento y poco visible.** Con el paso de los meses el camino va sufriendo desgaste de los materiales de soporte que constituyen la superficie de rodadura, la velocidad del desgaste es proporcional al tránsito, las condiciones climáticas y de las características de los materiales usados en la construcción.

<sup>7</sup> Ibíd.

**4.4.3 FASE C. Deterioro acelerado.** Después de varios meses de servicio la superficie de rodadura y otros elementos del camino comienzan a dar muestras de daños como baches, pérdida de agregados, alteraciones en la pendiente transversal, ahuellamientos y otros daños más, que aunque le restan calificación en el servicio el camino puede permitir la circulación del tráfico normalmente. En esta fase sin la intervención oportuna de los daños observados en el camino conlleva al aumento de su gravedad ocasionando la disminución de la velocidad de operación de los vehículos.<sup>8</sup>

**4.4.4 FASE D. Descomposición total.** La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios meses, durante este periodo el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a solo una fracción de la original. Los caminos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis. En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la probabilidad de accidente aumenta también.

#### **4.5 CICLO DE VIDA DESEABLE**

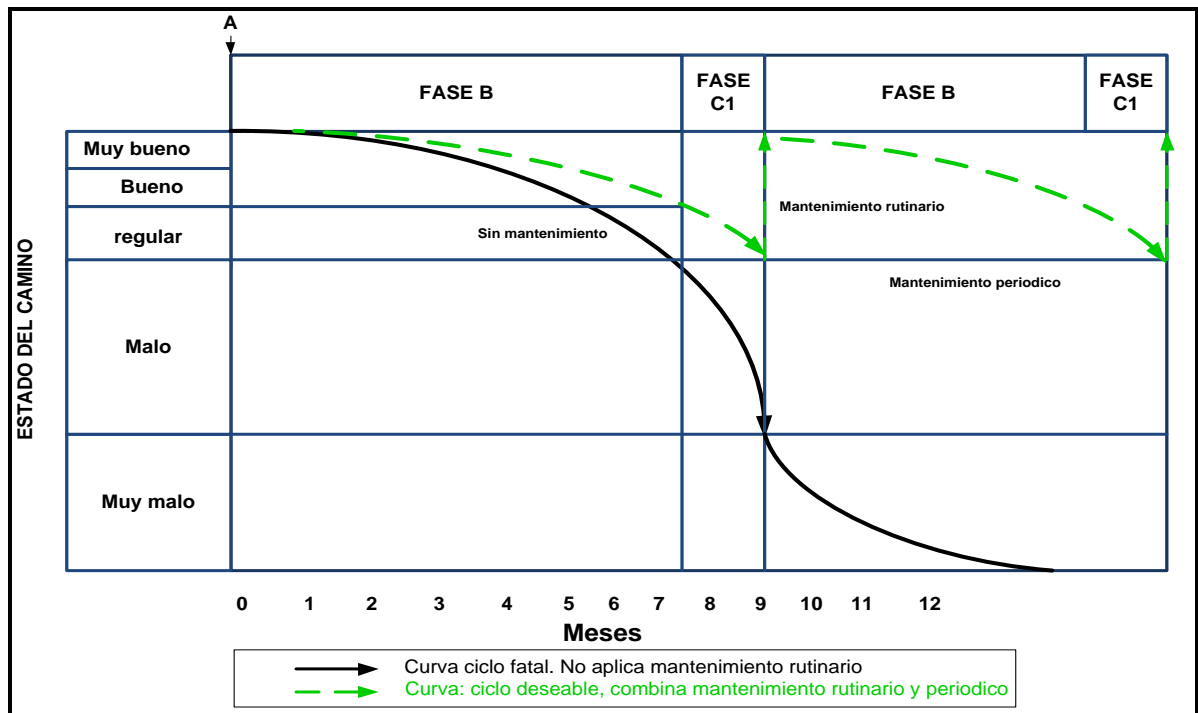
El proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar fatal, por que conduce al deterioro total del camino, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en la siguiente figura.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Ibíd.

<sup>9</sup> Ibíd.

**Figura 17. Comparación de las condiciones del camino sin mantenimiento rutinario y con mantenimiento rutinario.**



Fuente: manual técnico - José Rafael Menéndez. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 5. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

En la anterior figura, se compara un camino sin mantenimiento y un camino con mantenimiento rutinario y periódico. Se pueden observar las diferencias en el estado y duración del camino. Un mantenimiento rutinario prolonga la duración de tiempo para que un camino cambie de estado y un mantenimiento periódico intenta devolverle su estado inicial de servicio. El ciclo vida deseable del camino depende de la gestión y buena ejecución de los mantenimientos rutinarios para el camino y así mantener óptimas condiciones de servicio y ahorro en la operación del parque automotor.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Ibíd.

#### 4.6 MANTENIMIENTO VIAL

El mantenimiento vial es el conjunto de actividades cuyo objetivo principal es la conservación de las condiciones de servicio mediante el control y reparación de los elementos que constituyen la vía. El mantenimiento vial dependiendo del lapso de tiempo entre intervenciones y del costo de estas intervenciones lo podemos clasificar en mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y rehabilitación.<sup>11</sup>

#### 4.7 MANTENIMIENTO RUTINARIO

Es el relacionado con intervenciones mínimas en las vías para efectos de mantener las condiciones de tráfico bajo las cuales ha sido diseñado el corredor vial. Algunas de estas actividades son:

- **ROCERIA:** consiste en la eliminación de toda la hierba y arbustos que hayan crecido en las cunetas, descoles y encoles así como en la entrada y salida de las alcantarillas y cauces de agua permanente en zonas próximas a la vías.
- **LIMPIEZA DE CUNETAS, RONDAS, ZANJAS, DESCOLES, ENCOLES Y ALCANTARILLAS:** consiste en remover y retirar todos los sedimentos, escombros y elementos extraños que se encuentren obstruyendo las obras mencionadas anteriormente, reduciendo su sección transversal y por tanto su capacidad para conducir y evacuar las aguas lluvias.
- **REPARACION DE BACHES EN AFIRMADO:** consiste en rellenar los baches o depresiones que se presentan en zonas blandas o inestables de reducida extensión en la vía. Para ello se debe disponer la remoción de todo material saturado o contaminado que pueda encontrarse en esas cavidades; luego de regularizar los bordes del bache cortándolo normalmente a la superficie, se reemplaza este por otro material granular del mismo tipo y/o que obedezca a la especificaciones presentadas en este manual. El material colocado deberá ser compactado.

---

<sup>11</sup> Ibíd.

- **PERFILADO Y COMPACTACION DE LA SUPERFICIE EN AFIRMADO:** Una de las principales actividades del mantenimiento periódico de vías en afirmado es la perfilada y compactación de la superficie de rodamiento, que consiste en corregir por medio de equipo mecánico las irregularidades de la superficie que se hayan producido por la acción del tránsito o agentes climáticos, restituyéndole a la vía su pendiente longitudinal y transversal para dar comodidad al tránsito y permitir drenaje superficial a la vía.

#### **4.8 MANTENIMIENTO PERIODICO**

Está asociado con obras de mayor envergadura que permitan conservar las condiciones de operatividad de la vía. Algunas de estas actividades son:

- **RECONFORMACION Y RECUPERACION DE LA BANCA:** cuando la zona que presenta inestabilidad, baches o depresiones en una extensión considerable o el desgaste de la superficie sea apreciable; conviene escarificar la superficie, agregar y mezclar material granular adicional hasta conseguir el espesor respectivo, y luego reconformar con motoniveladora la superficie y compactarla nuevamente para conseguir la textura superficial.

- **RECONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE:** consiste en la reparación de aquellas obras de concreto que por efectos del tránsito, derrumbes o agentes atmosféricos hayan sufrido daños que puedan afectar su estabilidad o la de la vía. Se considera como una actividad de mantenimiento rutinario la reparación de obras de drenaje menores tales como muros de contención, cabezotes de alcantarillas, muros o aletas de entrada y salida, tubos rotos, etc.

- **CONSTRUCCION DE OBRAS DE PROTECCION Y DRENAJES MENORES:** Consiste en la construcción de obras tales como alcantarillas, muros en concreto o gaviones, pontones, cunetas y bateas que no se tuvieron en cuenta cuando se

construyó la vía, y que se hacen necesarias para el adecuado drenaje y corrección de fallas que atenten contra la estabilidad de la vía.

#### 4.9 REHABILITACION

Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro. Pudiendo incluir algunos mejoramientos en el sistema de drenaje y contención. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura. Las actividades que contempla la rehabilitación consisten en:

#### 4.10 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO

**Cuadro 14. Actividades de mantenimiento rutinario**

<b>ESTRUCTURA TRATADA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CODIGO</b>
Plataforma	Limpieza del derecho de vía	PR-01
Pavimento en afirmado	Reperfilado de la carretera.	PR-02
	Bacheo de la superficie del afirmado.	PR-03
	Riego de agua.	PR-04
Drenaje longitudinal	Limpieza y conformación de canales.	DR-01
Drenaje transversal-alcantarillas	Limpieza de alcantarillas y box culvert	DR-02
	Limpieza de badenes	DR-03

Fuente: Indupalma Ltda.

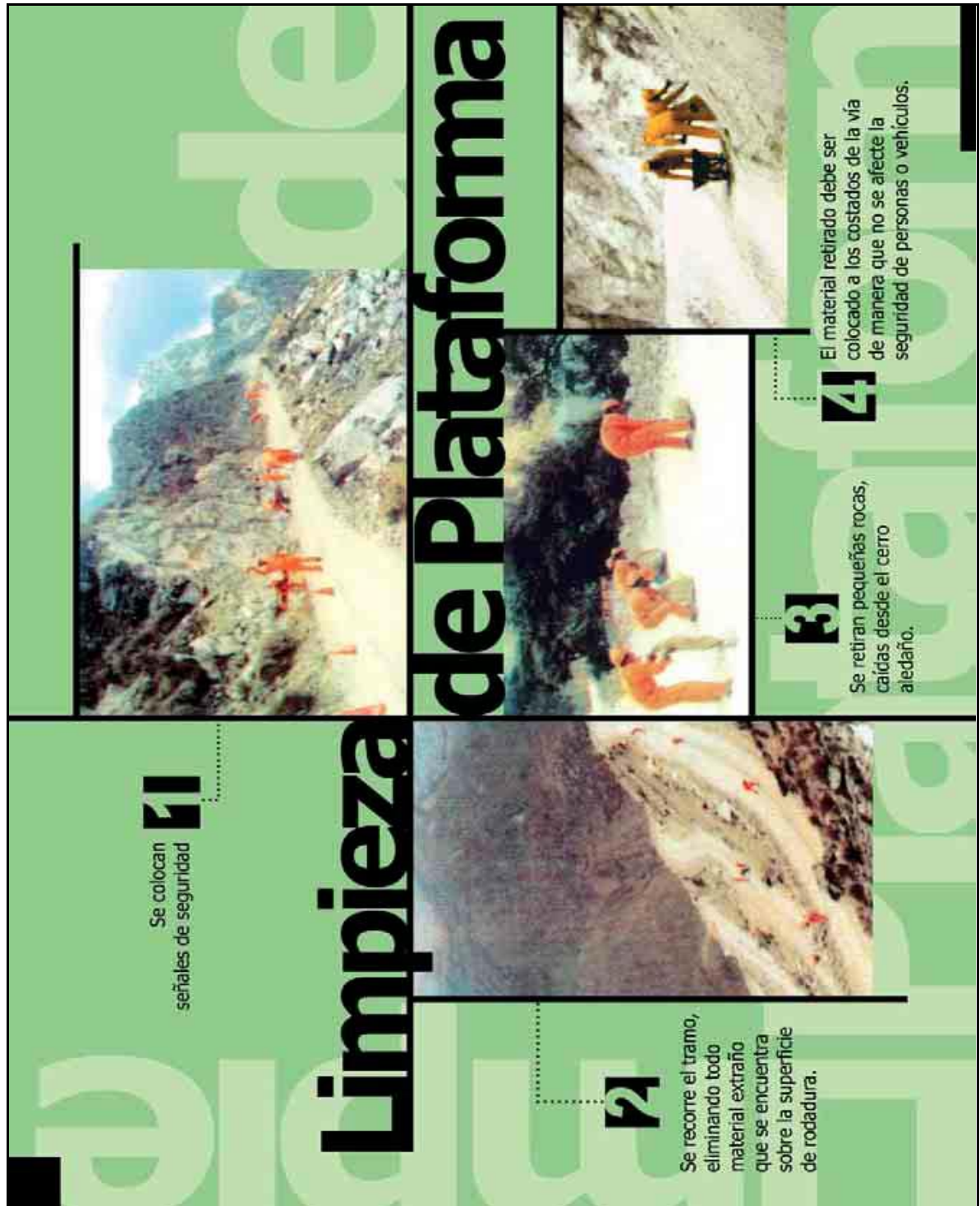
A continuación se hace la descripción para cada una de las actividades a tener en cuenta para cada una actividades a realizar en el mantenimiento rutinario.

**Cuadro 15. Limpieza de derecho de vía**

<b>ACTIVIDAD - LIMPIEZA DE DERECHO DE VÍA</b>		<b>CODIGO: PR-01</b>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Eliminación de la basura, piedras, desperdicios y obstáculos generados por labores realizadas al cultivo y que se encuentren dentro del derecho de vía, e impidan una buena circulación de los usuarios.</p>	<p><b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrer el tramo recogiendo las basuras y desperdicios, retirar piedras u obstáculos del camino, poda de palmas cuyas hojas invada el espacio de la carretera y trasladarlos a la volqueta, haciendo uso de las herramientas menores.</li> <li>• Realizar la actividad de rocería y desmonte manual de vegetación que obstaculicen la visibilidad del conductor. La vegetación deberá permanecer con una altura máxima de diez centímetros (10 [cm]), medida desde el nivel de terreno natural. Las hojas de palmas que invadan espacios del camino deberán ser podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 [m]) a partir de la superficie misma.</li> </ul>	
<p><b>2. PROPOSITO.</b> Mantener limpia la carretera para mejorar la seguridad del usuario, el aspecto y buen estado de los costados de la vía.</p>		
<p><b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Se debe realizar cuando se compruebe que se ha acumulado basura, cuando las hojas de las palmas cubren ya un espacio significativo del camino impidiendo una buena visibilidad o se encuentren obstáculos en el camino.</p>		
<p><b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.</p>		
<p><b>5. MATERIALES.</b> Ninguno.</p>		
<p><b>6. EQUIPO.</b> Establecido en los términos de referencia (TDR).</p>		
<p><b>7. HERRAMIENTAS.</b> Palas, rastrillos, azadones, machetes, carretillas, señales.</p>		
<p><b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Metros de vía limpiada [m].</p>		
<p><b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Altura máxima de la vegetación 10 [cm].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No debe existir hojas de palma que se encuentren a menos de 6 [m] por encima de la calzada de circulación.</li> <li>• Obras de drenaje limpias.</li> </ul>		

Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 110.

Figura 18. Pasos a seguir para limpieza de plataforma



Fuente: manual técnico - Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 31. Serie: ISBN 92-2-315513-4

**Cuadro 16. Reperfilado de la carretera**

<b>ACTIVIDAD - REPERFILADO DE LA CARRETERA</b>		<b>CODIGO PR-02</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN:</b> Conformación de la superficie de rodadura sin añadir material adicional, conservando la sección típica transversal y longitudinal.	<b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escarificar a una profundidad de 10 [cm] con la ayuda de la motoniveladora a lo largo del tramo que se va intervenir.</li> <li>• Mezclar y conformar humedeciendo el material cuando sea necesario, por medio de riegos hasta alcanzar su humedad optima o airearlo cuando este saturado.</li> <li>• compactar de acuerdo con la especificación en el ancho del área reparada utilizando el equipo indicado en los términos de referencia elaborados para dicha actividad</li> </ul>	
<b>2. PROPOSITO.</b> Mantener el perfil de la carretera en buenas condiciones de servicio y proveer una superficie de rodadura uniforme.		
<b>2. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Esta actividad se llevara a cabo cuando la superficie tenga muchas irregularidades, se trabajara el material a la humedad óptima de acuerdo con el ensayo de compactación.		
<b>3. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.		
<b>4. MATERIALES.</b> Señales.		
<b>6. EQUIPO.</b> Establecido en los términos de referencia (TDR).		
<b>7. HERRAMIENTAS.</b> Palas, rastrillos, azadones, machetes, carretillas, señales.		
<b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Metros [m].		
<b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Verificar que se conserve la sección típica de la vía, incluyendo el ancho y la pendiente longitudinal y transversal de la superficie.		

Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 134.

**Cuadro 17. Bacheo de la superficie en afirmado**

<b>ACTIVIDAD - BACHEO DE LA SUPERFICIE EN AFIRMADO</b>		<b>CODIGO: PR-03</b>
<p><b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Reparaciones de pequeñas áreas de pavimento en afirmado que presentan irregularidades como baches y depresiones, colocando el material que cumpla con las especificaciones descritas en el capítulo tal.</p>	<p><b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar y transportar el material apropiado hacia el lugar de disposición.</li> <li>• Demarcar el bache y extraer el material orgánico o cualquier otro material indeseable que este dentro del área que se va a reparar. Si es necesario, se debe compactar el fondo del bache. Si la causa dela falla es un nacimiento de agua se recomienda realizar subdrenes.</li> <li>• Esparcir el material de afirmado en capas de 10 [cm] para compactación manual, para compactación con equipos en capas de 15 [cm] hasta llegar a las rasante. El material granular debe cumplir con la humedad óptima. Si el material le falta humedad, regarle agua con la regadera de mano hasta que cumpla.</li> <li>• Verificar que el área quede bien nivelada con relación a la superficie circundante, por medio de regla de 3 [m] y recoger los excesos de material.</li> </ul>	
<p><b>2. PROPOSITO.</b> Corregir las irregularidades para la preservación del pavimento en afirmado, evitar la formación de depresiones y ofrecer seguridad y comodidad a los usuarios, para minimizar el costo de operación de los vehículos.</p>		
<p><b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Esta actividad debe ser realizada con base en el nivel de severidad obtenido de la evaluación o diagnóstico del tramo, teniendo en cuenta que para niveles bajos y medios se realizan una reposición del material granular que cumpla con las especificaciones y para un nivel alto de severidad se realizara el bacheo del tramo evaluado.</p>		
<p><b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.</p>		
<p><b>5. MATERIALES.</b> Material de afirmado, agua, señales.</p>		
<p><b>6.EQUIPO:</b> Establecido en los términos de referencia (TDR)</p>		
<p><b>7. HERRAMIENTAS:</b> Palas, rastrillos, machetes, carretillas, señales.</p>		
<p><b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Metro cubico de material de afirmado [m3].</p>		
<p><b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Verificar que se conserve la sección típica de la vía, incluyendo el ancho y la pendiente longitudinal y transversal de la superficie.</p>		

Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 135.

Figura 19. Pasos a seguir para realizar el bacheo de la superficie en afirmado

# Bacheo

**1** Extracción del material clasificado y carguío del mismo.

**2** Colocación de señales y elementos de seguridad.

**3** Se humedece levemente la superficie a cortar.

**4** Obsérvese que el corte se hace formando una figura cuadrada o rectangular cuya profundidad es uniforme.

**5** Se rellena con material clasificado extraído de la cantera.

**6** Finalmente se compacta.

Fuente: manual técnico - Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 35. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

**Cuadro 18. Riego de agua**

<b>ACTIVIDAD - RIEGO DE AGUA</b>		<b>CODIGO: PR-04</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Consiste en el riego de agua sobre la carretera que conduce desde la entrada de la plantación hasta la planta extractora.	<b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar una fuente de agua cercana al tramo para llenar el camión irrigador, usando una bomba de agua.</li> <li>• Regar el agua sobre la carretera, dando las pasadas necesarias para que la superficie quede húmeda, pero sin llegar a formar charcos.</li> </ul>	
<b>2. PROPOSITO.</b> Evitar la pérdida de finos del material de recubrimiento, las molestias y los peligros a los usuarios por el exceso de polvo.		
<b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Esta actividad debe ser realizada cuando la superficie pierda mucha humedad y empiece a levantar polvo con el tránsito.		
<b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.		
<b>5. MATERIALES.</b> Ninguno.		
<b>6. EQUIPO.</b> Establecido en los términos de referencia (TDR)		
<b>7. HERRAMIENTAS.</b> Ninguna.		
<b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Metros de vía regada [m].		
<b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Garantizar que no hay levantamiento de material con el paso de los vehículos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• No deben presentarse empozamientos.</li> </ul>		

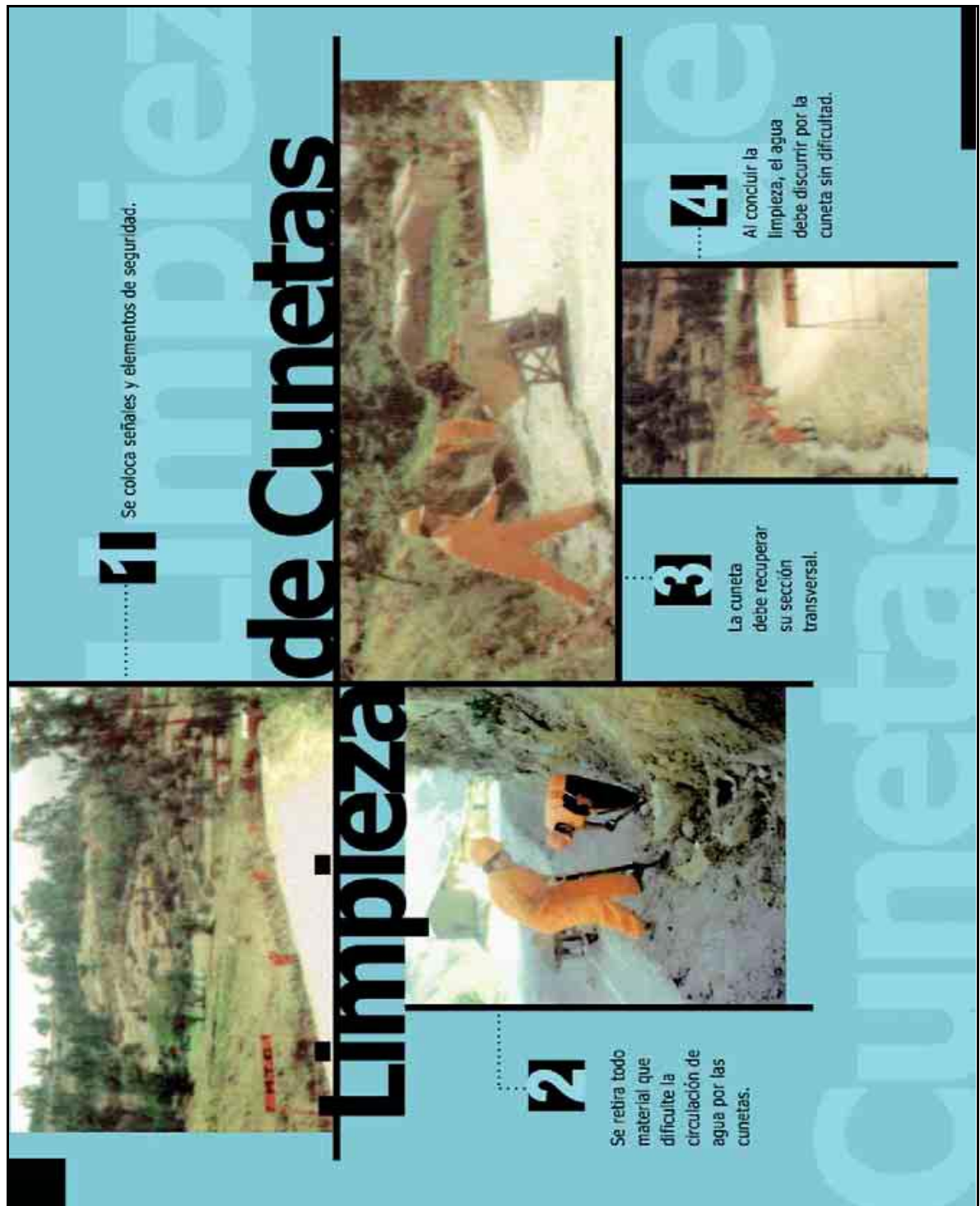
Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 136.

**Cuadro 19. Limpieza y conformación de canales**

<b>ACTIVIDAD - LIMPIEZA Y COFORMACION DE CANALES</b>		<b>CODIGO:</b> DR-01
<b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Consiste en el retiro manual y/o mecánico de vegetación, sedimentos, basura y materiales extraños que obstaculicen o dificulten el flujo de agua.	<b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar por medio manual y/o mecánico de basuras, piedras, sedimentos, vegetación u otro material extraño y depositarlos en los lugares establecidos para tal fin, teniendo cuidado en no depositarlos donde a lluvia pueda arrástralos.</li> <li>• Verificar que las propiedades del canal como lo es su sección transversal y pendiente longitudinal no se vean afectados por la ejecución de las tareas</li> </ul>	
<b>2. PROPÓSITO.</b> Mantener los canales en buenas condiciones que permitan el drenaje del agua.		
<b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Cuando se observe que la sección del canal ha sido colmatada por vegetación, sedimentos u otros objetos debe llevarse a cabo la limpieza.		
<b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.		
<b>5. MATERIALES.</b> Ninguno.		
<b>6. EQUIPO.</b> Establecido en los términos de referencia (TDR).		
<b>7. HERRAMIENTAS.</b> En caso de ejecutar la tarea de limpieza de una forma manual o cuando se requiere limpiar canales que el sistema mecánico no puede se necesitan las siguientes herramientas: Palas, rastrillos, azadones, machetes, carretillas, señales.		
<b>8) UNIDAD DE MEDIDA</b> Metro lineal de canal limpiado [m].		
<b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Se debe garantizar por parte del contratista que este cumple con drenar el agua sin generarse estanqueidad en dicho tramo.		

Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 137.

Figura 20. Limpieza de canales o cunetas



Fuente: manual técnico - Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 35. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

**Cuadro 20. Limpieza de alcantarillas y box coulvert**

<b>ACTIVIDAD - LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS Y BOX COULVERT</b>		<b>CODIGO:</b> DR-02
<b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Consiste en remover vegetación y todo material extraño de las alcantarillas y box coulvert, de tal manera que permanezcan libres de basuras y sedimentos.	<b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar basuras, piedras, sedimentos, vegetación y cualquier elemento extraño de los cauces de entrada, ducto y salida de las alcantarillas o box coulvert.</li> <li>• Disponer el material en el sitio indicado por la empresa evitando que por acción de las lluvias o acción antrópica retornen a los drenajes.</li> <li>• Reportar daños de mayor escala al supervisor encargado de la zona.</li> <li>• Verificar que la alcantarilla o box coulvert drenen adecuadamente.</li> </ul>	
<b>2. PROPOSITO.</b> Mantener todos los elementos de las alcantarillas y box coulvert, caja de toma, ducto, aliviadero cumpliendo su función hidráulica.		
<b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Ejecutar los trabajos antes del inicio de la estación lluviosa y periódicamente durante dicha época inspeccionar con frecuencia el estado de las alcantarillas y box coulvert.		
<b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.		
<b>5. MATERIALES.</b> Ninguno		
<b>6. EQUIPO.</b> Ninguno.		
<b>7. HERRAMIENTAS:</b> Palas, rastrillos, azadones, machetes, carretillas, señales.		
<b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Unidad (U).		
<b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Los elementos de entrada, el ducto y elementos de salida de la alcantarilla o box coulvert deben estar completamente limpios y que sus condiciones para drenar el agua no hayan sido alteradas.		

Fuente: autor del proyecto

Figura 21. Limpieza de alcantarillas y box couvert

The infographic is titled "Limpieza de Alcantarilla" (Cleaning of Manhole) and is divided into six numbered steps, each with a photograph and a brief instruction. The background is yellow with large, faint numbers 1 through 6.

- 1** Siempre debe haber personal en la vía que indique a los conductores la presencia de personal efectuando el mantenimiento. 
- 2** Se retiran troncos, ramas y todo resto de vegetación. 
- 3** Obsérvese el retiro de un tronco. 
- 4** También se eliminan rocas. 
- 5** Los dos accesos deben ser igualmente limpiados. 
- 6** Al concluir la limpieza, la sección de la alcantarilla debe quedar totalmente libre de desperdicios. 

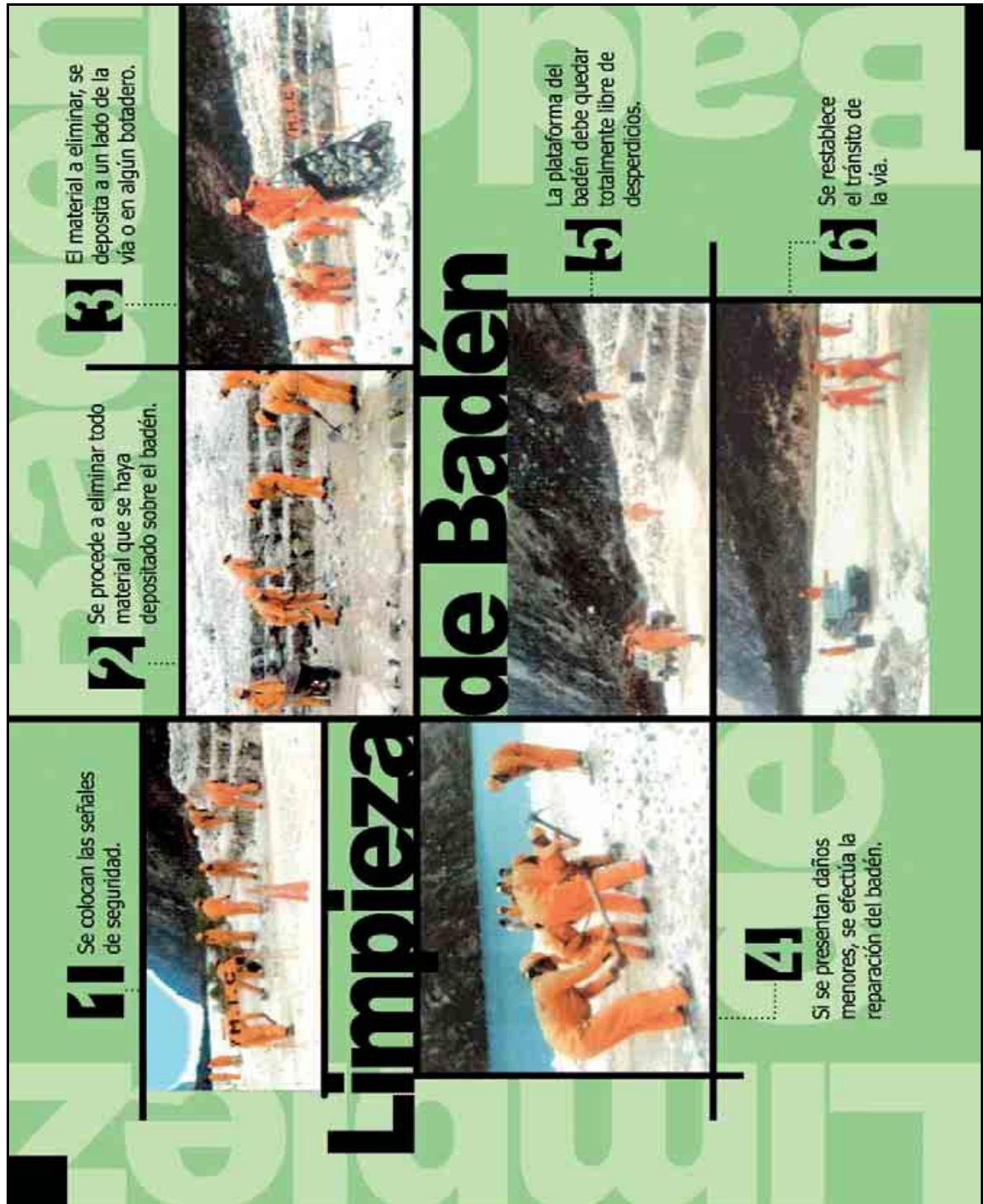
Fuente: manual técnico José Rafael Menéndez. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 43. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

**Cuadro 21. Limpieza de badenes**

<b>ACTIVIDAD - LIMPIEZA DE BADENES</b>		<b>CODIGO: DR-03</b>	
<b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Consiste en retirar mediante trabajo manual, basuras y todo tipo de material extraño que obstruya el libre paso del agua a través del badén.	<b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar el cauce del badén y eliminar el material sedimentado y cualquier otro tipo de obstáculo.</li> <li>• Cuando exista erosión natural del terreno en los extremos del badén proteger las orillas con material seleccionado y encauzar el agua hacia el badén, evitando así socavación lateral.</li> </ul>		
<b>2. PROPOSITO.</b> Garantizar el libre paso del agua por el badén y brindar seguridad al usuario.			
<b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Limpiar cada vez que se encuentren materiales y residuos que obstruyan el flujo libre del agua.			
<b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector, obreros.			
<b>5. MATERIALES.</b> Ninguno.			
<b>6. EQUIPO.</b> Ninguno.			
<b>7. HERRAMIENTAS:</b> Palas, rastrillos, machetes, carretillas, señales.			
<b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Unidad (U).			
<b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Se verificara la calidad de limpieza del badén y sus orillas para corroborar el control de la erosión.			

Fuente: manual técnico de mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – pág. 44

Figure 22. Limpieza de badenes.



Fuente: José Rafael Menéndez. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. 1 ed. Lima: OIT, 2003. p 45. Serie: ISBN 92-2-315513-4.

## 4.11 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

**Cuadro 22. Reposición del material de afirmado**

ACTIVIDAD - REPOSICION DEL MATERIAL DE AFIRMADO	CODIGO: PP-01
<p><b>1. DESCRIPCIÓN.</b> Reponer el material perdido por desgaste, erosión, etc., con material que cumpla las especificaciones del capítulo tal; incluye escarificación, conformación y compactación.</p>	<p><b>9. PROCEDIMIENTO.</b> Durante el desarrollo de esta actividad Se deben cumplir con las disposiciones y requisitos establecidos por la empresa en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Descripción de las políticas y medidas de seguridad industrial.</p>
<p><b>2. ROPOSITO.</b> Mejorar la superficie y valor de soporte de la capa de rodadura y recuperar la rasante y sección transversal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumular el material de afirmado en sitios predeterminados.</li> <li>• Escarificar la superficie de rodadura y limpiar la motoniveladora. Si estuviera seca, regar agua ligeramente, sin exceder la humedad óptima.</li> </ul>
<p><b>3. CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN.</b> Es recomendable llevar a cabo esta actividad cuando el material granular de un tramo tenga menos de la mitad del espesor original.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar, transportar el material granular, extendiéndolo sobre la superficie escarificada.</li> <li>• Controlar la humedad del material teniendo en cuenta su humedad óptima.</li> </ul>
<p><b>4. MANO DE OBRA.</b> Inspector de vías, obreros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclar con la motoniveladora y confirmar.</li> </ul>
<p><b>5. MATERIALES.</b> Material de afirmado, señales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactar la superficie y verificar densidad.</li> </ul>
<p><b>6. EQUIPO.</b> Volquetas, camión irrigador de agua, cargador frontal, motoniveladora, compactador vibratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción del tránsito mientras no se haya completado la compactación. Se ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre la vía se distribuirá en forma tal que no se concentren ahuellamientos en la superficie.</li> </ul>
<p><b>7. HERRAMIENTAS:</b> Palas, picos, mazos, carretillas.</p>	<p><b>10. CONDICIONES DE RECEPCIÓN.</b> Verificar que la superficie se encuentre nivelada con la superficie de la vía y no presente baches.</p>
<p><b>8. UNIDAD DE MEDIDA.</b> Metro cubico de afirmado [m3].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe realizar el control de la compactación y volumen de la capa.</li> </ul>

Fuente: manual para el mantenimiento de la red vial secundaria – pág. 157-158.

#### **4.12 GENERALIDADES SOBRE ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL MANTENIMIENTO.**

Las propiedades deseables para los materiales utilizados en los materiales de afirmado son: <sup>12</sup>

- Resistencia al deslizamiento
- Brindar una superficie lisa (baja rugosidad)
- Propiedades cohesivas
- Resistencia a la pérdida de grava y a la erosión
- Estabilidad en condiciones secas y húmeda
- Baja permeabilidad
- Buena capacidad de distribución de esfuerzos
- Facilidad para su conformación y compactación.

Tomando como base las características anteriormente expuestas se realizó la consulta en diferentes manuales que ofrecieran una mayor claridad sobre las mismas, en términos de las propiedades granulométricas, plásticas y de resistencia de los materiales a disponer como afirmado. Se consultó las **ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS** del instituto nacional de vías (INVIAS) y las propiedades dadas por el ARRB de Australia. A continuación se presentan lo considerado por estas dos instituciones.

**4.12.1 Especificaciones dadas por el instituto nacional de vías (Invias).** De acuerdo con las especificaciones generales de construcción de carreteras redactadas por el instituto nacional de vías INVIAS (2007) establece en su artículo 311-07 las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales utilizados para la conformación de afirmados. De este artículo se ha tomado los aspectos técnicos de granulometría y propiedades mecánicas que debe cumplir el material

---

<sup>12</sup> Norma. Especificaciones generales de construcción de carreteras – Instituto nacional de vías y ministerio de transporte, artículo 311-07.

que se utilizara en el mantenimiento de las vías de la plantación. A continuación se presentan dichos aspectos técnicos.

- **Granulometría.** Los agregados para la construcción y reparación del afirmado se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la siguiente tabla.

**Cuadro 23. Granulometría**

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	A-1	A-2
37,5 mm	1 1/2 "	100	-
25 mm	1"	-	100
19 mm	3/4"	80-100	90-100
9,5 mm	3/8"	60-85	65-90
4,75 mm	No.4	40-65	45-70
2,0 mm	No.10	30-50	35-55
425 μm	No.40	13-30	15-35
75 μm	No.200	9-18	10-20

Fuente: especificaciones generales de construcción de carreteras – art. 311-07.

Simultáneamente al cumplimiento del requisito granulométrico de la tabla anterior se deberán satisfacer las siguientes relaciones.

$$0,20 < \frac{\% \text{ pasa tamiz N}^\circ 200}{\% \text{ pasa tamiz N}^\circ 10} < 0,45$$

$$16 \leq \{[(\% \text{ pasa tamiz de 1"}) - (\% \text{ pasa tamiz N}^\circ 10)] * [\text{pasa tamiz N}^\circ 4]\} \leq 34$$

$$100 \leq [(\% \text{ de contraccion lineal}) * (\% \text{ pasa tamiz N}^\circ 40)] \leq 240$$

- **Desgaste de la máquina de los ángeles E-128:** el desgaste presente en las máquina de los ángeles en seco y 500 revoluciones debe ser inferior al 50%.
- **Durabilidad E-220:** las pérdidas presentes en el ensayo de solidez en sulfatos deberán ser para el sulfato de sodio menor al 12% y para el sulfato de magnesio menor al 18%.

**Limpieza:**

- Límite líquido (E-125) menor al 40%
- Índice de plasticidad (E-126) 4-9 %
- **Resistencia del material.** CBR mayor del 15% (E-148). Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en una nota sometida a 4 días de inmersión. Método D.

**4.12.2 Propiedades recomendadas por el ARRB (Australia).** El ARB es una empresa australiana dedicada a la investigación y consultaría en temas de infraestructura vial creada en 1960. Gracias a su gran experiencia el ARRB propone las siguientes especificaciones que deben cumplir los materiales utilizados para la construcción de vías en afirmado.<sup>13</sup>

- Para facilidad de conformación y compactación y para brindar comodidad y seguridad y seguridad al tránsito, el 100% del material debe pasar el tamiz de 25 [mm] (1").
- Para brindar resistencia a la pérdida de material, el porcentaje retenido en el tamiz de 2,36 [mm] (No 8) se debe encontrar entre 20% y 60%.

---

<sup>13</sup> [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf-Ing](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf-Ing). Fernando Sánchez Sabgal-30-10-2012.

- Para brindar estabilidad y reducir la permeabilidad, la relación entre los pasantes de los tamices de 75 [µm] (No 200) y de 2,36 [mm] (No 8) debe encontrarse entre 0,2 y 0,4.
- El índice plástico (IP) debe encontrarse entre 4 y 15.
- Los menores valores del rango se recomiendan en climas húmedos, en vías con altos volúmenes de tránsito y donde los materiales tengan bajo contenido de grava, en tanto que los valores más altos se recomiendan para la situación contraria.
- El producto plástico (IP\* % pasa tamiz de 0,425 [mm]) debe encontrarse entre 300 y 400.
- El límite de contracción debe encontrarse entre 4 y 8.
- Los menores valores del rango se recomiendan en vías en climas húmedos y con altos volúmenes de tránsito y donde los materiales tengan bajo contenido de grava, en tanto que los valores más altos son recomendables donde se presente la situación contraria.
- El CBR debe ser mayor de 11 para el 95% de compactación.

**4.12.3 Propiedades que deben cumplir los materiales a utilizar en el mantenimiento y construcción de vías en afirmado para la red vial de la plantación.** De las propiedades establecidas en las ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS del instituto nacional de vías (INVIAS) y las propiedades dadas por el ARRB de Australia se recomienda el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- La granulometría dada por el INVIAS, ya que abarca un mayor tamaño para el material grueso.
- Para prevenir la rápida pérdida de material fino se recomienda por el ARRB quien establece que el porcentaje retenido en el tamiz de 2,36 [mm] (No 8) se debe encontrar entre 20% y 60%.

- Para las propiedades de plasticidad se deben asumir lo expuesto por el INVIAS para un límite líquido menor al 40% y un índice de plasticidad que se encuentre 4-9 %.
- Para la permeabilidad ambos manuales siguieren el mismo criterio.
- se debe establecer la resistencia del material al desgaste por medio del ensayo de la máquina de los ángeles y corroborar el resultado con lo sugerido por el INVIAS.
- El CBR para el material debe ser mayor al 15%.

El cumplimiento de las propiedades anteriormente expuestas queda a merced del criterio económico ya que los costos de un material que cumpla con estos criterios puede llegar a ser muy costoso, pero el objetivo es poder establecer en qué grado de cercanía se encuentran aquellos materiales disponibles en la zona con las condiciones ideales para así poder tomar una decisión objetiva sobre que material disponer para el mantenimiento y conformación de la malla vial

#### **4.13 DIMENSIONES DE ESPESOR REQUERIDO DE AFIRMADO**

Para el dimensionamiento de espesores de afirmado se cuenta con métodos empíricos para su diseño, dentro de los cuales tenemos.

**4.13.1 Método Aashto.** Este método establece el espesor requerido de en función de tres parámetros: región climática, calidad relativa del suelo de subrasante y nivel de tránsito.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Ibíd.

**Tabla 11. Regiones climáticas**

REGIÓN	CARACTERÍSTICAS
I	húmeda, sin heladas
II	húmeda con ciclo de congelamiento y deshielo
III	húmeda, con alta penetración de la helada
IV	seca, sin helada
V	seca, con ciclos de congelamiento y deshielo
VI	seca, con alta penetración de helada

**Cuadro 24. Calidad relativa del suelo de subrasante**

REGIÓN CLIMÁTICA	MUY POBRE	POBRE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA
I	2800*	3700	5000	6800	9500
II	2700	3400	4500	5500	7300
III	2700	3000	4500	4400	5700
IV	3200	4100	5600	7900	11700
V	3100	3700	5000	6000	8200
VI	2800	3100	4100	4500	5700

\* módulo resiliente efectivo, en lb/pul<sup>2</sup>

**Tabla 12. Nivel de transito**

NIVEL	NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 KN
alto bajo	60000 - 100000
medio	30000 - 60000
bajo	10000 - 30000

**Cuadro 25. Método Aastho**

CALIDAD RELATIVA DEL SUELO DE LA SUBRASANTE	NIVEL DE TRANSITO	REGIÓN CLIMÁTICA					
		I	II	III	IV	V	VI
		ESPESOR DE AFIRMADO EN PULGADAS					
MUY BUENA	Alto	8	10	15	7	9	15
	Medio	6	8	11	5	7	11
	Bajo	4	4	6	4	4	6
BUENA	Alto	11	12	17	10	11	17
	Medio	8	9	12	7	9	12
	Bajo	4	5	7	4	5	7
REGULAR	Alto	13	14	17	12	13	17

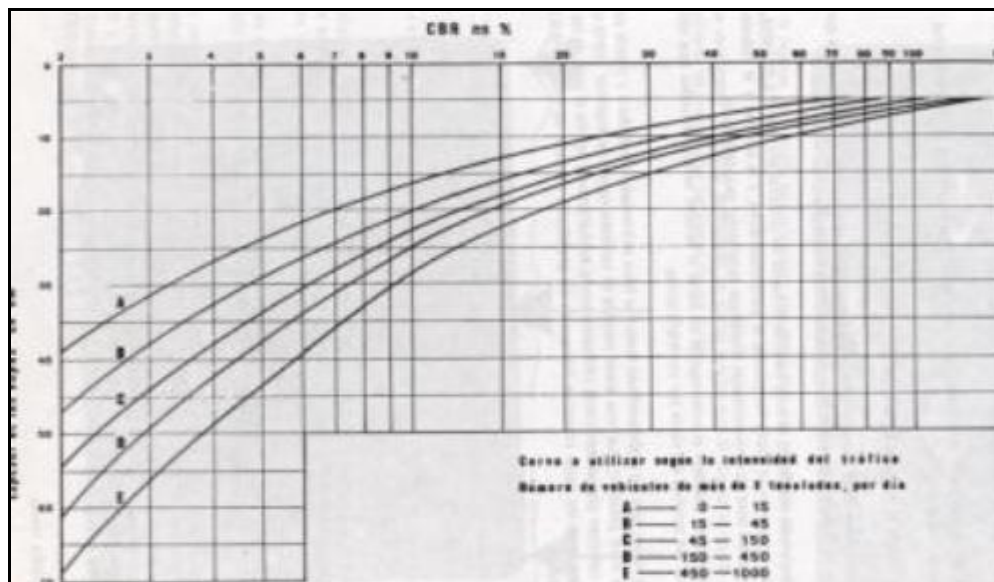
	Medio	11	11	12	10	10	12
	Bajo	6	6	7	5	5	7
POBRE	Alto	**	**	**	**	**	**
	Medio	**	**	**	15	15	**
	Bajo	9	10	9	8	8	9
MUY POBRE	Alto	**	**	**	**	**	**
	Medio	**	**	**	**	**	**
	Bajo	11	11	10	8	8	9

El modulo del material de afirmado es de 30000 psi

\*\* Se recomienda la construcción de un pavimento

**4.13.2 Método TRL.** Este método relaciona por medio de una gráfica el CBR de la subrasante, la intensidad y cargas de tráfico y el espesor de afirmado a construir.

**Gráfico 5. CBR de la subrasante**



Fuente: módulo 21 – Ing. Fernando Sánchez

**4.13.3 Método de Peltier.** A diferencia de los dos anteriores métodos este utiliza una ecuación para el cálculo de espesor de afirmado, cuyas variables con el CBR de la subrasante y la carga máxima registrada en el eje de un vehículo que harán uso de la vía.

$$e = \frac{100 + 150 \sqrt{P}}{I + 5}$$

Dónde:

E=espesor de la calzada en [cm].

P=carga máxima por rueda en toneladas.

I=CBR del suelo de la subrasante.


La ecuación solo es válida para valores de CBR inferiores a 15.

## 5. COSTOS DE MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLA

**5.1 Definición de costo.** Por costo se entiende la suma de erogaciones en que incurre una persona física o moral para la adquisición de un bien o de un servicio, con la intención que genere ingresos en el futuro.<sup>15</sup>

Se solicitó cotización para el mantenimiento preventivo de las alcantarillas, para poder determinar el costo de mantenimiento de las mismas.

### Cuadro 26. Cotización limpieza alcantarilla de 24"

San Alberto Cesar, 16 de Febrero de 2013				
Señores: <b>INDUPALMA LTDA</b> Gestión Logística				
<b>COTIZACIÓN</b>				
<b>DESCRIPCION= LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS DE 24"</b>				
<b>UBICACIÓN = SECTOR CANDILEJAS</b>				
DETALLE	UND	CANT	V/R UNID	TOTAL
Limpieza de encole y descole de la alcantarilla.	Glo	1	\$ 250.000	\$ 250.000
limpieza, sacada de materiales extraños dentro de la tubería de 24"	Glo	1	\$ 180.000	\$ 180.000
hechura de loza de aproximación de entrada y salida de alcantarilla en concreto reforzado con malla electro soldada.	m2	4	\$ 62.000	\$ 248.000
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>\$ 678.000</b>
Administración e imprevistos				0
Utilidades				0
IVA SOBRE COSTO DIRECTO		16%		\$ 108.480
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 786.480</b>
<b>SON:</b> Setecientos ochenta y seis mil cuatrocientos ochenta pesos m/cte.				
 <b>ANGELMIRO VILLAMIZAR BUENO</b> C.C. 91.241.957 de Bucaramanga Santander			* Disponibilidad = inmediata * Forma de pago = Contra-entrega * Entrega de la obra = 4 días hábiles * Garantía = 100%	

<sup>15</sup> Texto – Contabilidad administrativa – pág. 34.

**Cuadro 27. Cotización limpieza alcantarilla de 36"**

<p><b>CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS ANGEL VILLA</b>                  OBRAS CIVILES METALMECANICA Y TRANSPORTE      CELULAR: 317 8510063                  CL 3 Nº 4 – 513 VIA LA PALMA – SAN ALBERTO CESAR      314 5330648                  E-mail: construangel555@yahoo.es      Nit. 91.241.957-8</p>				
<p>San Alberto Cesar, 16 de Febrero de 2013</p>				
<p>Señores:  <b>INDUPALMA LTDA</b>                  Gestión Logística</p>				
<p><b>COTIZACIÓN</b></p>				
<p><b>DESCRIPCION= LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS DE 36"</b>  <b>UBICACIÓN = SECTOR CANDILEJAS</b></p>				
DETALLE	UND.	CANT.	V/R UNID	TOTAL
Limpieza de encole y descole de la alcantarilla.	Glo	1	\$ 450.000	\$ 450.000
limpiza, sacada de materiales extraños dentro de la tubería de 24"	Glo	1	\$ 280.000	\$ 280.000
hechura de loza de aproximación de entrada y salida de alcantarilla en concreto reforzado con malla electrosoldada	m2	6	\$ 62.000	\$ 372.000
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>\$ 1.102.000</b>
Administración e imprevistos				\$ -
Utilidades				\$ -
IVA SOBRE COSTO DIRECTO		16%		\$ 176.320
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1.278.320</b>
<p><i>SON: un millón doscientos setenta y ocho mil trescientos veinte pesos m/cte.</i></p>				
 ANGELMIRO VILLAMIZAR BUENO C.C. 91.241.957 de Bucaramanga Santander			<ul style="list-style-type: none"> <li>* Disponibilidad = inmediata</li> <li>* Forma de pago = Contra-entrega</li> <li>* Entrega de la obra = 4 días hábiles</li> <li>* Garantía = 100%</li> </ul>	

## **CONCLUSIONES**

Haber realizado esta práctica en la empresa más grande del sector palmero, ha sido muy enriquecedor para la formación profesional del autor, ya que la ingeniería civil puede ser aplicado a gran profundidad en el sector agrícola.

Con la realización de esta práctica empresarial, se puede establecer la importancia que tiene elaboración de un plan de gestión vial, para poder tomar una decisión acertada con respecto a la situación analizada, de tal manera que se vea reflejada en la disminución de costo por concepto de mantenimiento vial.

Desarrollar esta investigación, permitió profundizar los conocimientos en vías en afirmado, conociendo sus componentes, aspectos de diseños, características de los materiales que la deben componer, sus patologías y las buenas prácticas mantenimiento que conllevan a una larga duración de las mismas.

Desarrollar y documentar esta investigación le permitirá a la empresa Indupalma Ltda., conocer más a fondo su maya vial, los vehículos que la transitan y las buenas prácticas de mantenimiento que se deben ejecutar para asegurar día a día el transporte del fruto de palma.

## BIBLIOGRAFIA

- + Manual técnico - Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas.
- + Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria.
- + Norma. Especificaciones generales de construcción de carreteras – Instituto nacional de vías y ministerio de transporte, artículo 311-07.
- + RAMÍREZ PADILLA, David Noel; Contabilidad administrativa 7<sup>a</sup> edición – editorial Mc Graw Hill, México 2005.
- + [www.google.com](http://www.google.com)
- + <https://www.mintransporte.gov.co/>

# **ANEXOS**



**Anexo B. Tolva de recolección de fruto de palma en pico de cosecha**



**Anexo C. Patios de recolección de fruto de palma en pico de cosecha**



**Anexo D. de recolección de fruto de palma en pico de cosecha**

