



## **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727 - 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DEL CAMINO JUCUTACATO – CUTZATO TRAMO DEL Km. 0+000 AL Km 3+500, LOCALIDAD DE JUCUTACATO MUNICIPIO DE URUAPAN EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.**

Tesis  
que para obtener el título de  
Ingeniero Civil  
Presenta:

**Jorge Alberto López Villanueva.**  
**Asesor: Ing. Guillermo Navarrete Calderón**

Uruapan, Michoacán, 2008.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

- A Dios doy gracias hacerme la persona que soy, por darme la familia que tengo, darme la fortaleza de terminar mi carrera satisfactoriamente, por darme la dicha de vivir hasta este momento bendito seas señor.

### **A MIS PADRES:**

- A mis Padres, Ezequiel López González y Evelia Villanueva Hernandez, por haberme brindado todo el apoyo, cariño, amor y comprensión durante toda la carrera; por su gran sabiduría y buen ejemplo que me han enseñado en trayecto de mi vida. Mil gracias de todo corazón queridos padres.

### **A MIS HERMANOS:**

- A mis hermanos Cristina y Enrique, les doy las gracias por su comprensión y apoyo en todo el transcurso de mi carrera, y por la gran unión familiar que tenemos. ¡Gracias hermanos míos!

### **A MI HIJA:**

- A mi hija Liliana Monserrat por darme tanta felicidad, ser una luz en mi vida, mi razón de vivir y mi motivo a superarme día a día como ahora lo estoy haciendo con este trabajo de tesis.

### **A MI ESPOSA:**

- A mi esposa Yesenia por su apoyo, comprensión, por darme la dicha de ser padre y el amor brindado en esta etapa de mi vida.

### **AL ING. ANASTASIO BLANCO SIMIANO:**

- Al Ingeniero Anastasio Blanco, director de la carrera de Ingeniería Civil le doy las gracias por toda la enseñanza y apoyo brindado en el transcurso de la carrera, porque nunca nos ha dejado caminar solos. Gracias por todo su apoyo.

### **A LA UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.:**

- Gracias a la Universidad Don Vasco y a mis profesores, por todo el apoyo y oportunidad que me brindaron, los conocimientos que me transmitieron para poder desarrollarme en el ámbito profesional.

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes .....	1
Planteamiento del Problema .....	4
Objetivos .....	5
Pregunta de Investigación .....	5
Justificación .....	5
Delimitación .....	6

## CAPÍTULO 1.- VÍAS TERRESTRES.

1.1. Antecedentes .....	7
1.2. Inventario de los Caminos .....	9
1.2.1. Aplicaciones de los inventarios en caminos .....	10
1.3. Elementos Usados en la Ingeniería de Tránsito para el Proyecto.....	10
1.3.1. El Problema del Tránsito .....	10
1.3.2. Soluciones al Problema del Tránsito .....	11
1.3.3. Elementos del tránsito .....	12
1.4. Velocidad .....	17
1.5. Volumen de tránsito .....	18
1.6. Densidad de tránsito .....	19
1.7. Derecho de vía .....	19

<b>1.8. Capacidad y Nivel de Servicio de los Caminos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.8.1. La capacidad y sus objetivos .....</b>	<b>22</b>
<b>1.8.2. Capacidad para condiciones de circulación continúa .....</b>	<b>23</b>
<b>1.8.3. Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio .....</b>	<b>23</b>
<b>1.8.3.1. Factores relativos al camino .....</b>	<b>24</b>
<b>1.8.3.2. Factores relativos al tránsito .....</b>	<b>25</b>
<b>1.9. Distancia de Visibilidad en los Caminos .....</b>	<b>25</b>
<b>1.10. Mecánica de Suelos .....</b>	<b>39</b>
<b>1.10.1. Tipos de suelos .....</b>	<b>31</b>
<b>1.10.2. Propiedades físicas de los suelos .....</b>	<b>32</b>
<b>1.10.3. Granulometría .....</b>	<b>34</b>

## **CAPÍTULO 2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO.**

<b>2.1. Alineamiento Vertical .....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. Alineamiento horizontal .....</b>	<b>40</b>
<b>2.3. Sección transversal .....</b>	<b>42</b>
<b>2.4. Elementos constituyentes de un pavimento .....</b>	<b>49</b>
<b>2.4.1. Sub-base .....</b>	<b>50</b>
<b>2.4.2. Base Hidráulica .....</b>	<b>55</b>
<b>2.4.3. Carpetas Asfálticas .....</b>	<b>61</b>
<b>2.5. Materiales asfálticos .....</b>	<b>68</b>
<b>2.6. Compactación de los materiales en caminos .....</b>	<b>71</b>
<b>2.7. Controles de laboratorio necesarios .....</b>	<b>74</b>

<b>2.8. Programación de Obras .....</b>	<b>78</b>
---	-----------

## **CAPÍTULO 3.- MARCO DE REFERENCIA**

<b>3.1. Generalidades .....</b>	<b>83</b>
<b>3.1.1. Objetivo .....</b>	<b>83</b>
<b>3.1.2. Alcance del proyecto .....</b>	<b>84</b>
<b>3.2. Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>84</b>
<b>3.3. Entorno Geográfico .....</b>	<b>87</b>
<b>3.3.1. Macro y Microlocalización .....</b>	<b>88</b>
<b>3.3.2. Topografía Regional y de la Zona en Estudio .....</b>	<b>90</b>
<b>3.3.3. Geología Regional y de la Zona en Estudio .....</b>	<b>90</b>
<b>3.3.4. Hidrología Regional y de la Zona en Estudio .....</b>	<b>90</b>
<b>3.3.5. Uso de Suelo Regional y de la Zona en Estudio .....</b>	<b>91</b>
<b>3.4. Informe Fotográfico .....</b>	<b>92</b>
<b>3.4.2. Problemas de Drenaje Superficial .....</b>	<b>92</b>
<b>3.4.3. Estado Físico Actual .....</b>	<b>93</b>
<b>3.4.4. Vehículos que circulan por la vía .....</b>	<b>94</b>
<b>3.4.5. Obstáculos Especiales .....</b>	<b>95</b>
<b>3.5. Estudio de Transito .....</b>	<b>95</b>
<b>3.5.1. Tipo y Clasificación de los Vehículos .....</b>	<b>96</b>
<b>3.5.2. Aforo Vehicular .....</b>	<b>97</b>
<b>3.6. Alternativas de Solución .....</b>	<b>98</b>
<b>3.6.1. Planteamiento de Alternativas .....</b>	<b>98</b>

<b>3.6.2. Alternativas a usar .....</b>	<b>99</b>
---	-----------

## **CAPÍTULO 4.- METODOLOGÍA**

<b>4.1. Método Empleado .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1.1. Método Matemático .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1.2. Método Analítico .....</b>	<b>102</b>
<b>4.2. Enfoque de la Investigación .....</b>	<b>103</b>
<b>4.2.1. Alcance .....</b>	<b>103</b>
<b>4.3. Diseño de la Investigación .....</b>	<b>104</b>
<b>4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal .....</b>	<b>104</b>
<b>4.4. Instrumentos de recopilación de Datos .....</b>	<b>105</b>
<b>4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación .....</b>	<b>107</b>

## **CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

<b>5.1. Reciclado del Pavimento Para Sub-base .....</b>	<b>108</b>
<b>5.2. Construcción de la Base Hidráulica .....</b>	<b>111</b>
<b>5.2.1. Riego de Impregnación .....</b>	<b>113</b>
<b>5.3. Construcción de la Superficie de Rodamiento .....</b>	<b>115</b>
<b>5.3.1. Riego de Liga .....</b>	<b>116</b>
<b>5.3.2. Construcción de la Carpeta Asfáltica .....</b>	<b>117</b>
<b>5.3.3. Riego de Sello .....</b>	<b>118</b>
<b>5.4. Señalamiento horizontal .....</b>	<b>119</b>
<b>5.4.1. Pintura para marcas en el pavimento .....</b>	<b>120</b>

<b>5.4.2. Recubrimiento de Cunetas .....</b>	<b>120</b>
<b>5.5. Bancos de Material .....</b>	<b>122</b>
<b>5.6. Presupuesto y Programación de la Obra .....</b>	<b>124</b>
<b>5.7. Comparativa del Procedimiento de Construcción .....</b>	<b>141</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>167</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis referente al Análisis comparativo del proceso de construcción para el pavimento del tramo: Jucutacato – Cutzato del Km. 0+000 al km. 3+500, en el estado de Michoacán, teniendo como objetivo realizar un buen procedimiento de construcción para un mejor desarrollo en la elaboración y construcción del pavimento; así mismo tener un buen control de calidad en la obra, es necesario saber durante el transcurso de la obra saber bien cual es el procedimiento que se debe seguir para la construcción del pavimento, aprovechando el existente, describiendo en el desarrollo de los capítulos un buen desarrollo de este procedimiento utilizado, destacando en gran importancia el seguimiento y buen control de calidad, así como el buen manejo de la normatividad aplicada para caminos y carreteras, teniendo un gran propósito para el mejoramiento del pavimento debido al gran crecimiento poblacional y a su vez al crecimiento vehicular derivado de las actividades socio-económicas de la población, por lo que este trabajo beneficiará a la comunidad de Ingeniería Civil, estudiantes de Ingeniería Civil, la población del tramo carretero y en general quien consulte este trabajo o viaje por ese tramo carretero. Dentro de lo que cabe mencionar, este trabajo de tesis es de gran importancia ya que se hace mención de los antecedentes de los caminos, las velocidades de proyecto, en sí lo de más importancia en vías terrestres de acuerdo con José Alfonso Mier, una de las cosas importantes que trato este trabajo es el alineamiento horizontal y vertical, teniendo de referencia el manual del proyecto geométrico de la SCT y las normas, tratando la sección transversal, los elementos que constituyen un pavimento, se estudian los materiales asfálticos y las zonas en

que son aplicadas. La metodología usada en este trabajo fue el método matemático cuantitativo apoyado en el método analítico, siendo una investigación no experimental, teniendo un presupuesto real, haciendo un análisis de los precios unitarios de cada concepto usado en el procedimiento de construcción, ya que en la actualidad en el estado de Michoacán, se han venido inversiones necesarias para reconstrucción de caminos de gran necesidad, como es el caso del tramo Jucutacato – Cutzato, cumpliendo de gran manera con nuestro objetivo, llegando a un buen resultado económico y un buen procedimiento de construcción, cumpliendo con toda la normatividad de la SCT y buen control de calidad en la obra, dejando en buenas condiciones el funcionamiento de esta vía de comunicación y una buena seguridad para el usuario, ya que se tiene un buen reforzamiento en la estructura del pavimento, cumpliendo con todos los requerimientos por la SCT.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

De acuerdo con la página electrónica //es.encarta.msn.com, desde la antigüedad, la construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.C.; los chinos, que construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y los incas de Sudamérica, que construyeron una avanzada red de caminos que no pueden ser considerados estrictamente carreteras, ya que los incas no conocían la rueda. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia.

De las carreteras aún existentes, las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la vía Faminia hacia el 220 a.C. En la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 80.000 Km., consistente en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña. Las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. Según la ley

romana toda persona tenía derecho a usar las calzadas, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; durante la edad media (del siglo X al XV), con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano, el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer.

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm de piedra quebrada compacta.

Las variables más importantes a tener en cuenta en la ingeniería de caminos moderna son la inclinación de la tierra sobre la que se construye la carretera, la capacidad del pavimento para soportar la carga esperada, la predicción de la intensidad de uso de la carretera, la naturaleza del suelo que la sostiene y la composición y espesor de la estructura de pavimentación. El pavimento puede ser rígido (permitiendo poca latitud de flexión) o flexible. El pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tráfico pesado. Los pavimentos rígidos se

construyen con una mezcla de cemento Portland y agregado grueso y fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tráfico que deba soportar, y a veces se utiliza un refuerzo de acero para evitar la formación de grietas. Bajo el pavimento se emplea arena o grava fina como base para reforzarlo.

En cuanto a investigaciones hechas acerca de las vías terrestres, se encontró que en la Universidad Don Vasco A.C. se realizó una sola tesis sobre este tema llevando un título de: Procedimientos Constructivos De Terracerías Para La Autopista Morelia – Lázaro Cárdenas Del Subtramo Uruapan – Nueva Italia Del Km. 11+000 al 18+000 . Realizada por Ignacio Quintero Vizcarra – Rigoberto Cervantes Zamora en Marzo 1999, llevando los siguientes capítulos: marco general del Estado de Michoacán, antecedentes y descripción del proyecto, movimiento de tierras, procedimiento constructivo de terracerías, control de calidad de los materiales y mecanismo de supervisión externa.

En la página de Internet //catarina.udlap.mx, de la Universidad de las Américas Puebla, se encontró otra investigación de tesis teniendo como título: Propuesta de Reconstrucción del Camino San Luis Tehuiloyocan, realizada por Joaquín María De Uriarte Buergo en Abril 2005, investigándose lo referente a: Importancia de las vías terrestres , tipo de vehículo, señalamiento vial, características regionales, terracerías en caminos, pavimentos, bancos de materiales, diseño del pavimento, ejecución del proyecto, catálogo de conceptos.

## **Planteamiento del Problema.**

El crecimiento de una red carretera y el uso de la misma obligan a otorgar una particular solución a su conservación, dentro de los programas de inversiones. Dentro de esto, algunos tramos deben ser reconstruidos, como es el caso del tramo de Jucutacato - Cutzato, éstas nuevas obras se incluyen en un plan de inversión por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas (SCOP) de Michoacán, siendo éste un importante enlace carretero y beneficio para el usuario de este poblado.

Con la ejecución de los programas de caminos se contribuye al desarrollo regional, al combate a la pobreza, a la generación de empleo, la descentralización, y a favorecer el desarrollo y consolidación de la comunicación terrestre en el medio rural, se atiende la modernización y construcción de estos caminos rurales y alimentadores estratégicos y prioritarios en coordinación con los Gobiernos Estatales y los Sectores Productivos, con el propósito de atender las demandas más sentidas de las comunidades y promover su desarrollo económico y social, según la página de Internet //uicdr.sct.gob.mx

## **Objetivos.**

### **Objetivo General:**

Realizar un buen procedimiento de construcción para un mejor desarrollo en la elaboración y construcción del pavimento en el camino Jucutacato - Cutzato del en el municipio de Uruapan Michoacán.

### **Objetivos Particulares.**

- 1.- Definir qué es una vía terrestre.
- 2.- Mejorar la calidad del camino logrando que éste cumpla con los requerimientos de este tipo de vialidades, para evitar así problemas a los usuarios de la vialidad.
- 3.- Llevar a cabo un buen control de calidad en el procedimiento constructivo para la elaboración del pavimento de esta carretera.

### **Pregunta de investigación:**

¿Cuál es el procedimiento a seguir para la construcción de un pavimento aprovechando el pavimento existente?

¿Cuál es la ventaja que se tiene el llevar un control de calidad en la construcción del pavimento de una vía carretera?

¿Para qué sirve la topografía en el proceso de construcción de un pavimento de una vía carretera?

### **Justificación.**

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento constructivo de un pavimento de un tramo carretero, en el cual se destaca la importancia que tiene por todos los puntos a tratar, como es el seguimiento y buen control de calidad de la obra, así como el buen manejo de la normatividad aplicada para caminos y carreteras. El propósito general para la modernización del camino antes mencionado es: el mejoramiento del pavimento de este tramo carretero para las localidades que son unidas por dicha vialidad, esto debido al crecimiento poblacional y a su vez, al aumento vehicular derivado de las actividades socio-económicas de la población.

Por lo que este trabajo beneficiará a la comunidad de Ingeniería Civil, estudiantes de Ingeniería Civil, la población del tramo carretero y en general quien consulte este trabajo o viaje por ese tramo carretero.

### **Delimitación.**

Debido a la política seguida por el gobierno se les ha dado cada vez mayor importancia por parte de la SCOP a las comunidades donde sus tramos carreteros se encuentran muy dañados.

También es importante señalar que últimamente se han venido haciendo estudios en tramos cortos para pavimentarlos comprendiendo la terracería y una base estabilizada con emulsiones asfálticas.

Este trabajo va relacionado directamente con el centro SCOP de Michoacán, ya que esta dependencia lleva la supervisión de la construcción del tramo Jucutacato - Cutzato su procedimiento de construcción se llevará a cabo conforme a las normas y especificaciones de la SCT, Ya que se involucran las principales funciones que debe llevar a cabo todo Residente de Obra para un buen procedimiento de construcción, lo que debe saber para darle un buen seguimiento a cualquier obra relacionada con las carreteras, así como el control técnico, planeación y de calidad total, por lo que este trabajo de investigación sólo estudiará lo relativo a la pavimentación mediante un reciclado del pavimento existente para usarlo en la estructura de la capa de sub-base, una base hidráulica nueva y una carpeta asfáltica por el sistema en el lugar del tramo: Jucutacato- Cutzato del Km. 0+000 a Km. 3+500, en lo que se refiere a su procedimiento constructivo.

# **CAPÍTULO 1**

## **VÍAS TERRESTRES**

En el presente capítulo se abordará lo relacionado con los antecedentes de los caminos, el inventario de los caminos tanto sus aplicaciones, los elementos usados en la ingeniería de tránsito para el proyecto y sus problemas y soluciones, la velocidad en el proyecto, el volumen de tránsito, la densidad de tránsito, el derecho de vía, la capacidad y nivel de servicio de los caminos tanto sus objetivos y sus factores que la afectan, la distancia de visibilidad y la mecánica de suelos siendo una de las ramas de la ingeniería más importantes.

### **1.1. Antecedentes.**

Se entiende por vías terrestres a los caminos que se construyen para ayudar a toda la humanidad a transportarse de un lugar a otro a través de un vehículo, motocicleta, bicicleta, etc. En México se construye permitiendo su capacidad económica, una gran cantidad de caminos de todos tipos, desde los de cuota, de altas especificaciones, hasta los más sencillos como son brechas. Este importante crecimiento de caminos constituye uno de los factores de desarrollo del país con la creación de la Comisión Nacional de Caminos por la ley del 30 de marzo de 1925, expedida por el presidente de la república, Gral. Plutarco Elías Calles, iniciándose la nueva construcción de caminos y mejoramiento de los existentes. Un nuevo organismo llegó y alcanzó un gran desarrollo en la construcción de caminos en el año de 1932 esta comisión pasó a depender de la Secretaría de Comunicaciones y

Obras Públicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos. En 1958 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se divide en dos: Secretaría de Obras Públicas y Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Los españoles al llegar a lo que es actualmente el territorio nacional, vieron que los pobladores desconocían el uso de la rueda en vehículos y tampoco disponían de animales de carga; pero contaban con una gran cantidad de caminos, veredas y senderos. Las primeras modificaciones a los caminos existentes, se realizaron por la gran necesidad que existía de comunicar el centro de la nueva España con los puertos marítimos para hacer llegar los productos al país, 7,605 y 19,920 kilómetros, variaron su estado de acuerdo con su importancia, siendo así una gran evolución de los caminos y el transporte. Según José Alfonso Mier S. 1987.

El desarrollo de este proyecto del Procedimiento de Construcción del pavimento en el Tramo: Jucutacato - Cutzato, tendrá una buena rehabilitación de la superficie de rodamiento de este camino, siendo así que la población de Jucutacato, situada al suroeste de la ciudad de Uruapan en la parte centro este de estado dentro del municipio de Uruapan, destaca por su actividad económica de la agricultura, la ganadería, siendo el mayor punto de comercio en la zona, Por tal motivo en años anteriores fue necesario la adecuación del camino que comunican las poblaciones de Uruapan- Jucutacato, teniendo sobre la terracería existente una capa de carpeta asfáltica de mínimo espesor muy deformada, es necesario un buen pavimento para dar confianza al tránsito vehicular, se requiere la rehabilitación y restauración de ésta vía. Con estos trabajos se complementará la red carretera que conectará a la Cd. Uruapan, dando una mayor afluencia vehicular por la gran demanda del

comercio existente en la zona oriente, con la poniente y centro del estado de Michoacán.

## **1.2. Inventario de los Caminos.**

Para obtener un inventario de un camino existente se pueden seguir varios procedimientos como es, recorriendo el camino en un vehículo e ir anotando la información necesaria que pueda obtenerse a simple vista, hasta realizarlo por medios topográficos mas exactos, así se dará la información sobre el camino. El primer método no llena los requisitos y el de por medios topográficos suele ser costoso y lento. Existe un método llamado: METODO ODÓGRAFO-GIRÓSCOPO-BAROMÉTRICO.- “éste método cumple con los requisitos de precisión, rapidez y economía, hace lo que es el levantamiento odógrafo-giroscópico de la planta del camino, el dibujo del perfil por medio de un sistema barométrico y anexando el levantamiento directo de los aspectos del camino que se consideren importantes”. (Mier, 1987: 5)

Los datos que se deben de obtener para un inventario son: la planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por donde se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal y vertical, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías, características de los poblados por donde pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y algunos mas datos que se consideren importantes.

### **1.2.1. Aplicaciones de los inventarios en caminos.**

De acuerdo con Alfonso Mier (1987), una de las aplicaciones para el inventario es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red, esta capacidad queda determinada por factores que comprenden las características geométricas del camino y el tránsito que circula por él. Las principales características que influyen en su capacidad son su sección transversal, comprendiendo ancho de carriles, distancia a obstáculos laterales, ancho de los acotamientos, alineamiento horizontal, vertical y distancia de visibilidad de rebase.

Otra importante aplicación consiste en la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción.

### **1.3. Elementos Usados en la Ingeniería de Tránsito para el Proyecto.**

“La ingeniería de tránsito es una de las ramas más importantes para la ingeniería y se dedica al estudio del movimiento de las personas, los vehículos en las calles y los caminos, con el propósito de hacerlo mas rápido, seguro, libre y eficaz”.  
(Mier, 1987: 21)

#### **1.3.1. El Problema del Tránsito.**

Este problema se da en la gran cantidad que existen de vehículos modernos y los caminos antiguos en que tienen que circular. Muchos de los caminos actuales son nadamas mejoramientos de las rutas ya existentes de las civilizaciones más antiguas y otros fueron diseñados para vehículos de hace 40 años y no cumplen las necesidades de vehículos modernos.

Los principales factores que afectan el problema del tránsito son: que existen varios tipos de vehículos en el mismo camino como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etc.; vías inadecuadas con trazos urbanos muy antiguos, las calles y los caminos demasiados angostos y muy fuertes pendientes, banquetas insuficientes; existen calles y caminos proyectados sin especificación alguna, falta de educación vial y ausencia de reglamentos y leyes de tránsito que se ajusten a las necesidades del usuario.

### **1.3.2. Soluciones al Problema del Tránsito.**

De acuerdo con Alfonso Mier (1987), existen tres tipos de soluciones que se le pueden dar al problema del tránsito:

Solución Integral: consiste en realizar un tipo nuevo de camino que sea de gran utilidad para el vehículo moderno dentro de un tiempo previsto. Proyectarse ciudades con nuevos trazos, caminos donde se puede circular con seguridad de acuerdo a los nuevos vehículos y proyecciones de la carretera. En ciudades actuales es casi imposible estas soluciones ya que se tendría que prescindir de todo lo existente.

Solución parcial de alto costo: se trata de solucionar los cambios necesarios en caminos actuales haciendo ciertas modificaciones que se requiere de inversiones fuertes, tales como darle mas ancho a las calles, construcciones rotatorias y pasos a desnivel, mas construcciones de estacionamientos, sistemas de control automático en semaforización, etc.

Solución parcial de bajo costo: consiste en darle solución y aprovechar al máximo lo ya existente con un gran mínimo de obras y un máximo de regulación al tránsito: se deben dictar leyes y reglamentos adaptados a las necesidades del tránsito, realizar

campañas de educación vial, realizar varios cambios de circulación en calles, proyectos de semáforos y señalamientos, etc.

Para que se realice un tránsito seguro y muy eficiente deben de existir tres elementos fundamentales: La ingeniería de tránsito, la educación vial y la legislación y vigilancia policíaca.

### **1.3.3. Elementos del tránsito.**

Continuando con Mier, los elementos que constituyen el tránsito son tres: el usuario, el vehículo y el camino.

El usuario.- se constituye como usuario de los caminos y las calles ya sea como conductor o como peatón. El conductor se considera como medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo una gran responsabilidad de él su buen manejo y el peatón se tiene que adaptar a las condiciones existentes y se caracteriza por su elasticidad de movimientos, se dice que el peatón en mas del 25% es víctima, el 65% de los casos es culpable y el 80% de los atropellados no saben conducir.

El vehículo.- existe un promedio de ocupación de los vehículos que es de 2.9 personas por automóvil y de 24 pasajeros por autobús, este estudio fue realizado por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en distintos lugares de la red de carreteras federales. El vehículo se ha convertido en una herramienta de primera necesidad.

Las características geométricas de los vehículos están dadas por su radio de giro. Debido a la variedad de vehículos y transformación que surgen con el tiempo no es posible tomar para el proyecto de los caminos uno en especial, deben tomarse las

características promedio de los vehículos tomando en cuenta futuras tendencias para que los caminos sigan sirviendo en las próximas generaciones.

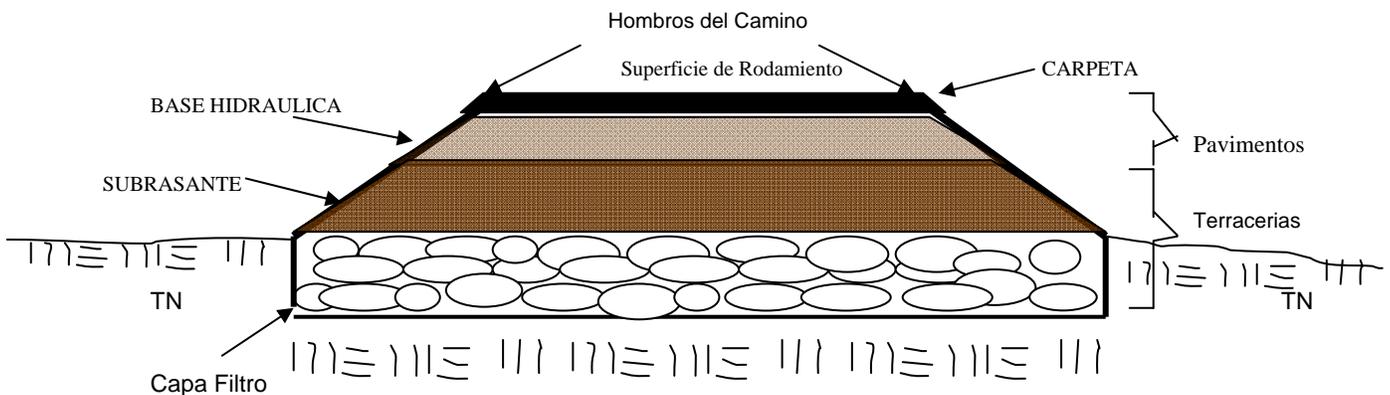
El camino.- un camino es la vía por donde se transita habitualmente. Los caminos son clasificados como:

Clasificación de transitabilidad.-

———— Camino pavimentado: es cuando sobre la base hidráulica se ha construido totalmente el pavimento diseñado para el tipo de estructura.

— — — Camino revestido: es cuando sobre la subrasante se ha colocado una o varias capas de material según las necesidades del camino.

==== Camino de terracería: este camino es a nivel subrasante y es transitable en tiempo de secas.



**FIG. 1.- SECCIÓN TIPO DE UN CAMINO**

De acuerdo a las normas técnicas utilizadas para el desarrollo del proyecto y construcción, los diferentes tipos de caminos se pueden clasificar de la siguiente manera:

### **TIPO “A”**

Los caminos tipo “A” son los caminos pavimentados, con dos carriles de circulación, acotamientos revestidos, cuentan con control parcial de accesos y entronques a nivel. Esta diseñado para recibir mayor tránsito pesado.

### **TIPO “B”**

Los caminos tipo “B” son pavimentados, con dos carriles de circulación, y cuenta con acotamientos revestidos. Además con un control parcial de accesos entronques a nivel.

### **TIPO “C”**

Son pavimentados, con dos carriles de circulación, generalmente están bajo jurisdicción de la administración estatal para su construcción y mantenimiento.

### **TIPO “D”**

Son pavimentados con características geométricas muy modestas así como su pavimentación. Cuenta con una capa de revestimiento de material compactado de 20 cms. a 30 cms. de espesor.

### **TIPO “E”**

Dentro de estos existen las llamadas brechas, y los caminos revestidos. Entendiendo por brechas a aquellas vías de comunicación improvisadas, habilitadas por los propios usuarios y no cuentan con obras de drenaje solo son transitables en algunos meses del año.

FIG. 2.- "SECCIÓN EN TERRAPLEN" DE UN CAMINO

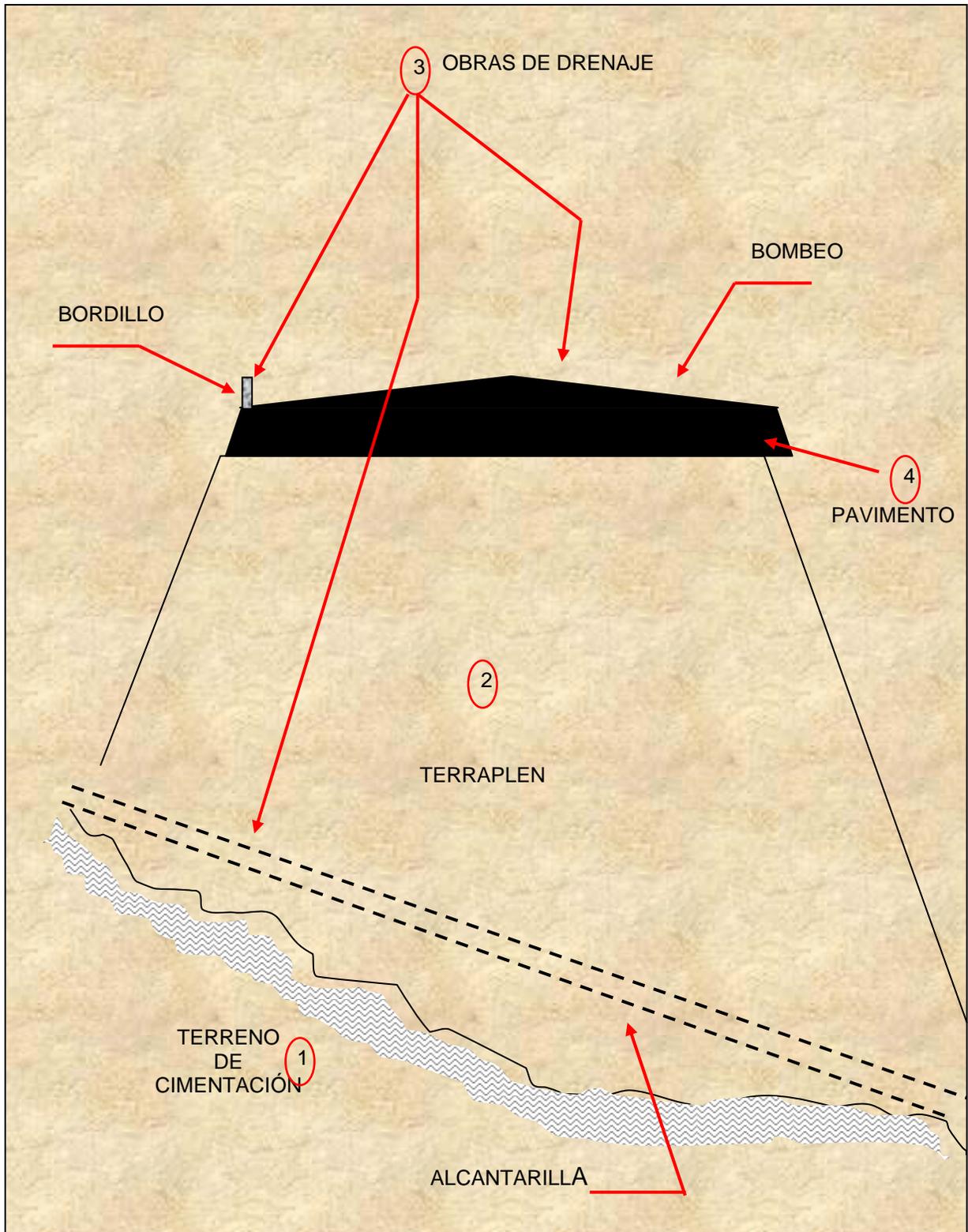
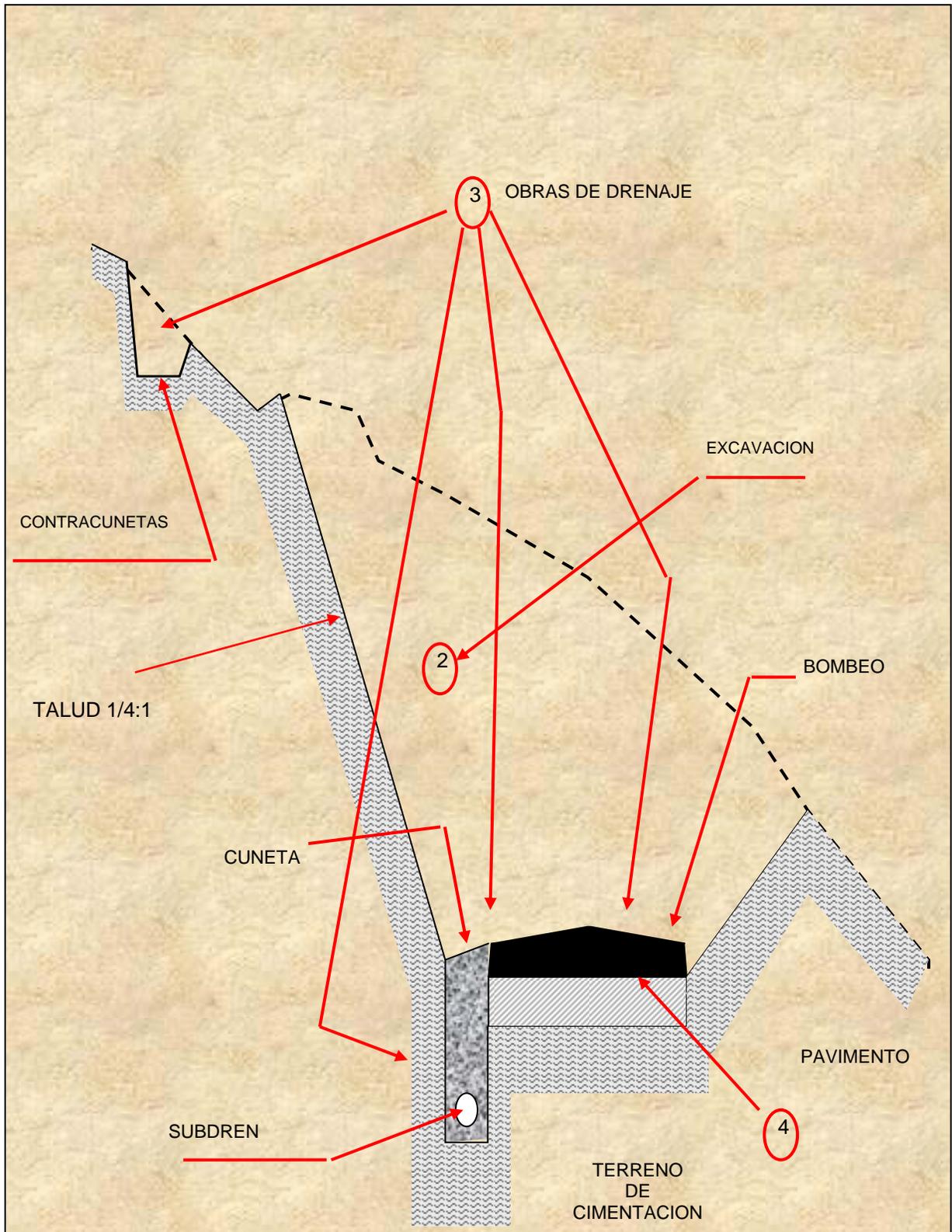


FIG. 3.- "SECCIÓN EN CORTE"  
EN CAMINOS



#### **1.4. Velocidad.**

Siguiendo con Mier, la velocidad es fundamental para la proyección de un camino, ya que de ésta depende la seguridad de las personas y mercancías que viajan por él. Existen cuatro tipos de velocidad en los proyectos de caminos que son: de proyecto, de operación, de punto y efectiva.

Velocidad de proyecto.- Es la velocidad máxima que da seguridad al usuario que transita por esta vía, debe de tener una secuencia a las condiciones del terreno y tipo de camino. La buena determinación de la velocidad de un camino esta dada por la topografía de la región, tipo de camino, por la gran cantidad de tránsito y por el uso de la tierra.

Velocidad de operación.- Es la velocidad real de los vehículos que transitan por el camino, manteniéndose esta velocidad en un tramo a lo largo del camino, se determina dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo. Este tipo de velocidad es afectada al momento que el tránsito aumenta ya que debido a esto los conductores ya no pueden circular a la velocidad deseada, se ven afectados por las interferencias del gran volumen de tránsito.

Velocidad de punto.- Es la velocidad que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado. Esta velocidad se puede medir mediante el Enoscopio, este aparato funciona colocado horizontalmente viendo los vehículos que pasan por una marca pintada enfrente del observador, quién hace andar un cronómetro cuando el vehículo circula enfrente de él, midiendo el tiempo que tarda en pasar por una segunda marca que se ve a través del Endoscopio.

Velocidad efectiva.- Es la velocidad promedio de un vehículo a una cierta distancia del camino, se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo realizado, incluyendo cualquier inconveniente en el trayecto del camino.

### **1.5. Volumen de tránsito.**

“Es el número de vehículos que pasan por un tramo de una carretera en un tiempo determinado, estos tiempos más usuales son la hora y el día” (Manual SCT, 1974: 96-97). Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos carreteros se utilizan los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

Estudios de origen y destino.- Aquí el principal objetivo es conocer el movimiento de los vehículos de acuerdo a los puntos de partida y términos de los viajes. El más apropiado es de entrevistar al conductor, ya que se obtienen los datos en forma directa y rápida el origen, destino y algún punto intermedio del viaje de cada vehículo entrevistado. Se registra lo que es las rutas diferentes de los vehículos, los pasajeros o productos que transportan en cada sentido de la carretera, así como las longitudes de su destino, de acuerdo al manual de proyecto geométrico SCT (1974).

Muestreos de tránsito.- El gran crecimiento del tránsito en los tramos carreteros ha influido a que se instalen estaciones de aforo en toda la red captando el tránsito que circula por cada tramo y así mismo registren un tránsito promedio diario con base a una semana, lo cual se tendría un tránsito promedio anual.

Los contadores de los vehículos se realiza por contadores manuales o electromecánicos registrando el volumen del tránsito clasificándolos en vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados.

Estaciones maestras.- Para complementar los estudios de muestreo se han instalado estaciones permanentes en toda la red carretera con contadores automáticos, cuya función es contar el tránsito de todo el año. En la Secretaría de Obras Públicas se han utilizado dos tipos de contadores el neumático que cada 24 horas detecta el número de ejes que circulan por la vía y los eléctricos que estos registran en lapsos de una hora el número de vehículos que circulan por la estación.

En las casetas de cobro, la dependencia de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, funcionan como estaciones maestras, registran el número de vehículos, así como su composición en forma continua. Manual de proyecto geométrico de carreteras por la SCT 1974.

#### **1.6. Densidad de tránsito.**

La densidad se puede definir como “el número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud del camino en un instante dado” (Mier, 1987: 54-55). No se debe confundir la densidad con el volumen de tránsito ya que el volumen expresa el número de vehículos que circulan en un tiempo determinado, de tal forma que cuando un camino se encuentra totalmente lleno el volumen llega a ser cero por lo tanto la densidad es muy alta.

#### **1.7. Derecho de vía.**

De acuerdo con Alfonso Mier (1987), se llama derecho de vía a las distancias laterales de terreno de un ancho suficiente para alojar una vía de comunicación, siendo parte integrante de la misma. Para caminos en México se ha dado un derecho de vía de 40 metros como mínimo, 20 metros de cada lado pariendo el eje de la

carretera hacia sus extremos, habiendo excepciones en pasos por zonas urbanas o tratándose de autopistas o brechas muy reducidas se puede variar el ancho para este tipo de casos.

Adquisición del derecho de vía.- Es importante comprender y conocer los aspectos legales y los conocimientos de este problema, así como los reglamentos para adquirir la propiedad del derecho de vía y los factores legales que controlan los costos de la propiedad y liquidaciones de los daños. Es conveniente comenzar con este trámite mucho antes de la construcción del camino ya que es muy lento el trámite.

Procedimientos para adquirir la propiedad.- Para adquirir esta propiedad del derecho de vía varía en México de acuerdo al tipo de camino ya sea federal, del estado o municipal. Para los caminos federales se sigue por el artículo de la ley de vías generales de comunicación, esta ley establece que:

ARTICULO 1º. Son vías generales de comunicación:

- Cuando los caminos se entronquen con vías de países extranjeros.
- Cuando se intersecten dos o mas entidades federativas.
- Cuando se construyan por la federación o simplemente la mayor parte.

ARTICULO 2º. Son partes integrantes de las vías de comunicación:

- Las obras, construcciones, servicios auxiliares y dependencias y accesorios de las mismas.
- Los terrenos y aguas que se ocupen para el derecho de vía y todos los servicios que se ocupen, todo esto lo fijara la secretaría según sea el caso federal o del estado.

Todos los trámites y pagos de alguna afectación que se tengan que efectuar se realizarán en la Dirección General de Asuntos Jurídicos en el departamento de derecho de vía, siempre y cuando se presente toda la documentación que compruebe la propiedad afectada y valuando la misma con precios unitarios ya dados por la secretaría.

Cuando es un camino de ingresos tripartita, lo que establece la cooperación de los beneficiados no se realizara ningún pago por la adquisición del derecho de vía, se hará con cargo al presupuesto. Este problema lo deberá realizar el interesado de la construcción del camino, mediante la cesión de derechos de los terrenos donde pasará el camino.

### **1.8. Capacidad y Nivel de Servicio de los Caminos.**

Siguiendo con Alfonso Mier, la capacidad de un camino es el número de vehículos máximo que circula por la vía bajo condiciones del tránsito que circula por el camino en un lapso de tiempo dado. Se da un tiempo específico bien definido siendo la capacidad el máximo volumen de tránsito que circula en ese lapso de tiempo. Las condiciones de un camino son primordialmente los alineamientos vertical y horizontal, el número y ancho de los carriles. No se pueden cambiar estas condiciones solo que se modifique el camino con una reconstrucción, siendo que las condiciones del tránsito esas si pueden cambiar durante el transcurso del día. También se ve afectada la capacidad por unos factores ambientales como lluvia, neblina, frío, calor, etc. Siendo así estos factores no se toman en cuenta para el análisis de la capacidad.

El nivel de servicio “es una medida cualitativa del efecto de varios factores como es la velocidad, el tiempo de recorrido, interrupciones del tránsito, seguridad, comodidad y libertad de manejo, costos de operación, etc. Que determinan condiciones de operación que ocurren en un camino cuando se presentan volúmenes diferentes de tránsito”. (Mier; 1987:60-61)

Un camino puede funcionar a muchos niveles de servicio, dependiendo del número de vehículos y del tránsito y velocidades en que circulan. Un volumen de servicio corresponde a un nivel de servicio.

Los caminos por lo regular tienen diferentes características geométricas, alineamientos y pendientes distintas según la topografía del camino, de tal manera que dependiendo de estas características se afecta la operación de vehículos pesados y por consiguiente la capacidad del camino de la siguiente forma:

En caminos de terreno plano los vehículos pesados se mantienen a una velocidad parecida que los ligeros, en terrenos de lomerío las características del camino hacen que los vehículos pesados disminuyan su velocidad mas lentos que los vehículos ligeros y los caminos en terreno montañoso con mas razón los vehículos pesados van con velocidades muy lentas en toda la longitud del tramo.

### **1.8.1. La capacidad y sus objetivos.**

La capacidad da solución a dos problemas en la ingeniería de caminos siendo uno de ellos que cuando es una obra nueva, un proyecto de reciente creación la capacidad del camino influye en las características geométricas del camino nuevo, permitiendo obtener un volumen de tránsito igual al volumen horario de proyecto. La otra solución es que cuando se requiera conocer las condiciones de operación de un

camino ya existente se podrá determinar el nivel de servicio del tramo y una fecha cercana cuando se saturará el mismo.

### **1.8.2. Capacidad para condiciones de circulación continua.**

Los volúmenes ya registrados máximos junto con los análisis de las características del tránsito, sirven de guía para tener rangos de la capacidad en diferentes tipos de caminos. Cuando las características de un camino son diferentes también la capacidad del camino difiere siendo que depende uno de otro. Las condiciones ideales de un camino son: la circulación continua, solamente circular vehículos ligeros, los anchos de cada carril del camino de 3.65 m con adecuados acotamientos en 1.8 m sobre la calzada sin obstáculos, un alineamiento horizontal y vertical bien estructurado y bien estipulado para las velocidades de proyecto con adecuada visibilidad de rebase, según Alfonso Mier (1987).

### **1.8.3. Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio.**

Cuando los caminos son ideales para lo que fueron diseñados la capacidad y el volumen de servicio son máximos y siendo que cuando un camino no se elabora en buenas condiciones esta capacidad y el volumen de servicio se ve afectada. Por lo general en los caminos se aplican factores de ajuste en la capacidad y volumen de servicio que son en dos categorías distintas siendo la primera:

### 1.8.3.1. Factores relativos al camino.

-Obstáculos laterales: cualquier obstáculo que se encuentre a 1.8 m sobre el acotamiento del camino se reduciría el ancho, en la tabla siguiente se muestran como influyen los obstáculos en ambos lados del camino.

Distancia de la orilla del pavimento a la obstrucción (m)	Ancho efectivo de 2 carriles de 3.65 m (m)	Capacidad de los 2 carriles de 3.65 m (% de capacidad)
1.8	7.3	100
1.2	6.6	92
0.6	6	83
0.00	5.10	72

-Ancho de Carriles: el ancho ideal de un camino es de 3.65 m siendo menor este ancho tendría una capacidad menor en circulación continua.

-Acotamientos: los acotamientos del camino son muy necesarios ya que alguna obstrucción de algún vehículo descompuesto reduciría la capacidad del camino y mas aún si el ancho del carril es menor a 3.65 m, no habiendo acotamiento el vehículo descompuesto obstruiría el camino ya que los demás vehículos tendrían que circular en un solo carril y velocidades menores a las del proyecto, siendo así los acotamientos de gran importancia en un camino.

-Condiciones de la superficie de rodamiento: para que un camino este en sus condiciones de buen funcionamiento y capacidad del mismo la superficie debe de estar en buenas condiciones sin deformaciones ni baches en el tramo, siendo así se tendría una mala capacidad del camino.

-Carriles Auxiliares: estos carriles se usan para cambios de velocidad, vueltas, separar vehículos con baja velocidad en pendientes pesadas y cualquier situación que auxilien al tránsito, también proporcionan un seguro refugio a los vehículos descompuestos.

-Alineamientos: los alineamientos vertical y horizontal de un camino afectan a la capacidad y nivel de servicio del camino, ya que la velocidad puede variar en el trayecto del camino debido a la topografía de la carretera y los alineamientos están diseñados en base a la velocidad de proyecto.

-Pendientes: las pendientes afectan en gran medida los volúmenes de servicio, lo que es la distancia de visibilidad de rebase la reduce en caminos de dos carriles, se reducen o aumentan las distancias de frenado en diferentes pendientes, siendo esto que hay espacios mas cortos entre los vehículos que suben pendientes y aumentan el espacio entre vehículos que descienden.

#### **1.8.3.2. Factores relativos al tránsito.**

Los factores que afectan al tránsito y que intervienen en la capacidad y volumen de servicio son principalmente los camiones, autobuses, distribución por carriles, variación en el volumen de tránsito y interrupciones del mismo.

#### **1.9. Distancia de Visibilidad en los Caminos.**

De acuerdo con el manual de la SCT (1974), a una cierta distancia que el conductor ve sobre la carretera al ir conduciendo, siempre y cuando las condiciones climatológicas se lo permitan se le llama distancia de visibilidad. Se consideran en los caminos dos distancias de visibilidad que son:

-Distancia de visibilidad de parada: es la distancia mínima en cualquier punto de la carretera que un conductor lleva, ya sea a la velocidad de proyecto o menor que al encontrarse con algún objeto pueda detener el vehículo antes de tocar al mismo. Esta distancia esta formada por la suma de dos distancias: la distancia que recorre el vehículo desde el momento que el conductor ve al objeto sobre la carretera hasta que pone su pie en el pedal de frenado y la distancia que recorre el vehículo durante el lapso de la aplicación de frenado, a la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda distancia de frenado.

Expresándose de la siguiente manera:

$$\underline{D_p = d + d'}$$

$D_p$  = distancia de visibilidad de parada.

$d$  = distancia de reacción.

$d'$  = distancia de frenado.

La distancia de reacción se calcula mediante la fórmula:  $d = Kvt$  donde:

$d$  = distancia de reacción (m).

$t$  = tiempo de reacción (seg).

$v$  = velocidad del vehículo (km/h).

$K$  = factor de conversión de km/h a m/seg, que equivale a 0.278.

La distancia de frenado se calcula igualando la energía cinética del vehículo con el trabajo que realiza la fuerza para detenerlo que es:

$$\underline{\frac{1}{2} mV^2 = Wfd' + Wpd}$$
 donde:

$m$  = masa del vehículo (  $m = W/g$  ).

$V$  = velocidad del vehículo (m/seg).

$W$  = peso del vehículo.

f = coeficiente de fricción longitudinal.

p = pendiente de la carretera

g = aceleración de la gravedad (  $g = 9.81 \text{ m/seg}^2$  ).

d' = distancia de frenado.

-Distancia de visibilidad de rebase: una carretera tiene distancia de visibilidad de rebase cuando en un tramo se tenga esta visibilidad para proceder con el rebase de otro vehículo y que esta distancia sea considerable para adelantársele al vehículo de rebase sin peligro alguno de interceptarse con un tercer vehículo que circule en sentido contrario y se vea afectada esta maniobra. En pendientes fuertes la distancia de visibilidad de rebase es menor que en un tramo de terreno plano, siendo que el vehículo tiene la posibilidad de un mayor aceleramiento y reducirse el tiempo de rebase sin peligro alguno. Existen algunas hipótesis para la visibilidad de rebase, según la AASHO, siendo:

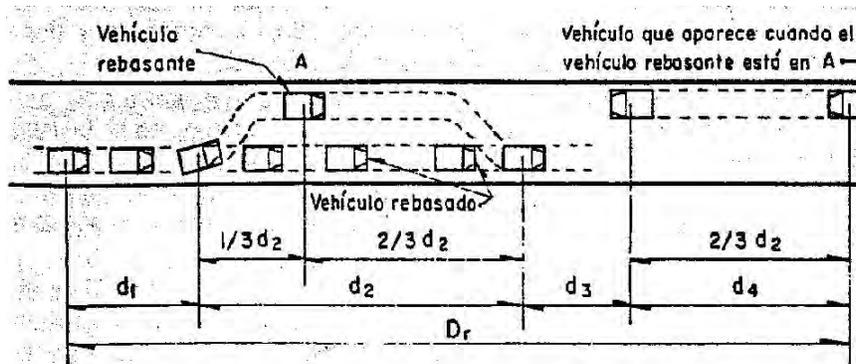
- El vehículo que va a ser rebasado va a una velocidad uniforme.
- El vehículo que va a rebasar logra alcanzar al vehículo que va ser rebasado y comienza a hacer las maniobras a la misma velocidad.
- El vehículo que va a rebasar acelera durante la maniobra y su velocidad media durante el rebase en el carril contrario sería de 15 KPH mas que el vehículo que se esta rebasando.
- El vehículo que viene en sentido contrario viene a la misma velocidad que el que se está rebasando y el tiempo crítico es de 2/3 del tiempo que ocupa el vehículo que está rebasando en el carril izquierdo. La distancia de visibilidad de rebase es casi

siete veces la velocidad de proyecto por lo que se considera demasiado elevada para las condiciones aquí en México.

Llegando a una expresión según la SCT como sigue:  $D_r = 4.5v$  en la que:

$D_r$  = distancia de visibilidad de rebase (m).

$v$  = velocidad de proyecto (kph).



- d1 - Distancia recorrida durante el tiempo de reacción y durante la aceleración inicial hasta el punto en donde el vehículo rebasante invade el carril izquierdo.
- d2 - Distancia recorrida por el vehículo rebasante desde que invade el carril izquierdo hasta que regresa a su carril.
- d3 - Distancia entre el vehículo rebasante al terminar su maniobra y el vehículo que viene en sentido opuesto.
- d4 - Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto.

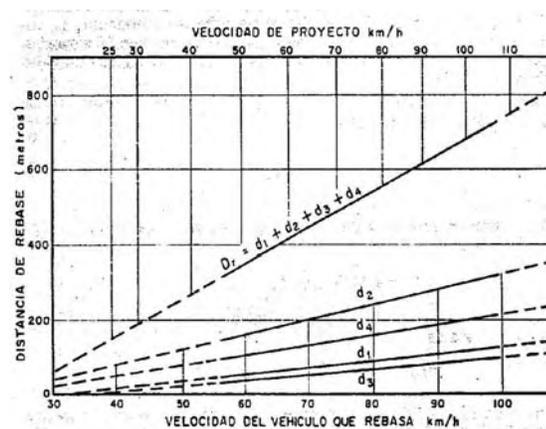


FIGURA 5.21. MANIOBRA DE REBASE SEGÚN AASHO

**FIG.4.- VISIBILIDAD DE REBASE SEGÚN AASHO Y SAHOP.**

Generalmente es antieconómico tener en un camino longitudes pronunciadas con una visibilidad efectiva en todo el tramo para un buen rebase con seguridad, se debe de ajustar según la topografía del camino, en caminos con volúmenes altos de tránsito es necesario que los tramos de rebase sean largos y frecuentes y donde hay volúmenes medianos y pequeños no son tan indispensables. En caminos de muy bajas especificaciones y pendientes fuertes es necesario realizar en tramos donde resulte muy necesario carril auxiliar para alojar los vehículos pesados mientras que los ligeros van ascendiendo.

#### **1.10. Mecánica de Suelos.**

La mecánica de suelos es una de las ramas de la ingeniería civil, que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen directa e indirectamente al conocimiento del suelo y problemas de ingeniería que trata con sedimentos de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas.

En los diferentes terrenos sobre los cuales se van a construir estructuras de índole variable por diversas razones el hombre ha estudiado durante siglos el suelo donde vive presentando teorías sobre las presiones del mismo y sobre métodos para determinar la capacidad de carga para diversos tipos de cimentaciones sin embargo se puede decir que quien organizó conceptos y los hizo crecer hasta formar una rama de la ingeniería civil es el doctor Karl Terzaghi desde 1925, según la página electrónica de Internet //documentos.arq.com.mx

Las propiedades de los suelos que afectan principalmente el comportamiento de cualquier obra civil son:

-Compresibilidad: está relacionada a la deformación que sufre un material al aplicarle una carga o al disminuir su volumen.

-Resistencia al corte: se puede medir la resistencia de un material por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar el material y el esfuerzo límite es el que causa la falla en el suelo por fractura o por flujo plástico.

-Permeabilidad: es la capacidad que un material tiene para permitir que el agua fluya sin alterar su estructura interna.

Se entiende que un suelo es un material que está formado por partículas minerales producidas por la descomposición de las rocas y vacíos, se pueden distinguir un suelo con una roca ya que el suelo se puede disgregar manualmente o empleando agua si es necesario, mientras que las rocas se demuestran todo lo contrario.

Lo que da lugar a la alteración de las rocas para formarse los suelos son:

-Desintegración Mecánica: la congelación de agua haciendo un efecto de cuña al aumentar el volumen del agua, los cambios de temperatura, efectos de los organismos como son las raíces, los esfuerzos tectónicos, efectos abrasivos del agua y viento, efectos telúricos como son sismos y terremotos, efectos de la gravedad siendo taludes, derrumbes, etc.

-Descomposición Química: ocurre cuando el agua influye y otras sustancias naturales, lo que genera suelos finos. Algunos suelos se producen al reaccionar diferentes minerales de unas rocas como el ácido carbónico producido por el agua y

el bióxido de carbono natural del aire, las rocas ígneas y silíceas contienen feldespato, propio del granito, produciendo suelos arcillosos, los materiales formados por hidróxidos de fierro son dados por el intemperismo en rocas que contienen minerales de fierro, en general en regiones con alta humedad existen suelos finos limosos o arcillosos.

#### **1.10.1. Tipos de suelos.**

\*Suelos Residuales.- Estos suelos se encuentran en el sitio donde fueron formados, estos suelos son casi siempre buenos para resistir una edificación habiendo excepciones de que hubiera filtraciones de agua ocasionando huecos en los suelos o un alto grado de intemperismo.

\*Suelos Transportados.- Estos suelos son formados por la alteración de las rocas removidas por cualquier movimiento de sismo, corrientes de agua, viento, gravedad, etc. y son depositadas en lugares diferentes al de su origen, estos suelos se dividen en:

\*Suelos Aluviales.- Aquí el principal factor de este tipo de suelo es el agua, se forman depósitos de suelos gruesos y finos según sea la corriente del agua y su velocidad, cuando el agua tiene una cierta velocidad se forman depósitos de gravas, los cantos rodados o arenas en los lechos de los ríos. Los depósitos de suelos finos se forman ya cuando el agua pierde su velocidad.

\*Suelos Lacustres.- Estos suelos también suelen ser por acarreo de corrientes pero ya casi sin velocidad como pueden ser en lagos, formándose depósitos finísimos, en estos suelos es muy difícil cualquier cimentación ya que poseen una estructura muy abierta, lo recomendable en este tipo de suelos es una

cimentación por medio de pilotes asentándose en un suelo de roca sólida o algún estrato resistente.

\*Suelos Eólicos.- Son los suelos que han sido arrastrados por el viento y posteriormente depositados, se encuentran lo que son las Dunas y los Loess. Las Dunas se forman en estado suelto que se encuentran bien o poco compactas por la lluvia. Los Loess son sedimentos de origen eólico que son formados por polvos de arcillas y limos donde hay vegetación, estos suelos son malos cuando aumentan su humedad sufren hundimientos, por lo que es recomendable antes de construir sobre este suelo provocar su hundimiento removiendo y compactando con máquinas adecuadas presentando una buena resistencia.

\*Depósitos de pie de monte.- Son formados directamente por la gravedad, son constituidos por fragmentos de roca, materiales finos como limos y arcillas, gravas, arenas una característica es su heterogeneidad y su baja compacidad, de acuerdo con Carlos Arias (1986).

### 1.10.2. Propiedades físicas de los suelos.

-Estructura de los suelos gruesos: la estructura de un suelo se le conoce como la ubicación, arreglo y orientación, los suelos pueden ser gruesos o finos según:

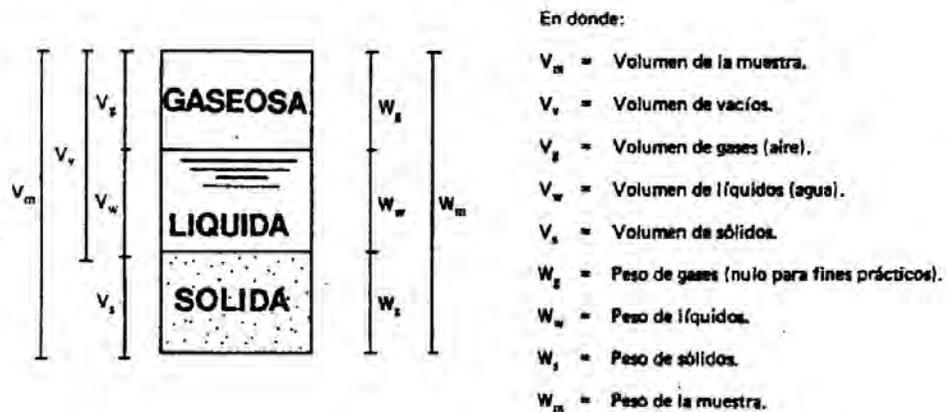
7.6 cm > Suelos gruesos > 0.074mm (malla no. 200) > Suelos finos

Nombre	Limites de Tamaño	Ejemplo Vulgar
Boleo	305mm (12plg) o mayores	Mayor que una pelota de balón cesto
Canto rodado	76mm (3plg) a 305mm (12plg)	Toronja
Grava gruesa	19mm (3/4plg) a 76mm (3plg)	Limón o naranja
Grava fina	4.76mm (T. No. 4) a 19mm (3/4plg)	Chicharo o uva
Arena gruesa	2mm (T. No. 10) a 4.76mm (T. No. 4)	Sal mineral
Arena mediana	0.42mm (T. No. 40) a 2mm (T. No. 10)	Azúcar o sal de mesa
Arena fina	0.074mm (T. No. 200) a 0.42mm (T. No. 40)	Azúcar en polvo
Finos	Menores que 0.074mm (T. No. 200)	No se distinguen a una dist. De 20m.

“La estructura de los suelos gruesos es cuando las partículas se apoyan una de la otra en forma continua, las fuerzas que hay entre el contacto de las partículas se deben a la gravedad, o sea que se deben al peso propio” (Arias, 1986: 3-4). En general el agua sobre suelos gruesos es favorable se disminuye la resistencia al corte y aumenta su compresibilidad. Un factor importante es la compacidad del suelo por lo que un suelo compacto es más útil que uno suelto.

-Estructura de los suelos finos: aquí se incluyen las fuerzas electromagnéticas de partículas y las de origen molecular, estos suelos son pequeñísimos ya que no pueden ser observadas las partículas que los forman a simple vista.

-Propiedades volumétricas y gravimétricas: un suelo observándose se define como un sistema de partículas y sus espacios libres pueden estar parcial o totalmente llenos de agua teniendo tres fases en juego: sólida, líquida y gaseosa, se establecen relaciones entre los pesos y volúmenes de las fases, como se acostumbra a idealizar a una muestra de suelo de la siguiente forma:



De acuerdo con Arias Rivera (1986), un suelo que esta formado por la fase sólida y líquida se le llama suelo saturado, otro que se forma por las fases sólida y gaseosa es un suelo seco y uno que esta integrado por las tres fases se le denomina suelo parcialmente saturado.

### **1.10.3. Granulometría.**

“Es la parte de la mecánica de suelos que estudia lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que forman un suelo” (Arias, 1986: 32-33).

Este análisis granulométrico por lo regular se realiza en suelos gruesos, o sea los que se encuentran entre 0.074 y 76.2mm, los suelos bien graduados tienen mejor comportamiento que los suelos con granulometría uniforme, ya que en el suelo bien graduado los huecos que existen entre las partículas de mayor tamaño las ocupan otras de menor tamaño y así sucesivamente lo que no sucede en el suelo uniforme y disminuye su capacidad de carga.

En la mecánica de suelos existe lo que es la plasticidad que se conoce como la capacidad de un material por lo cual es capaz de soportar deformaciones sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable, ni grietas.

Existen varios antecedentes dentro de la mecánica de suelos de que haya una clasificación de suelos que norme un criterio para el proyectista respecto a sus cualidades y propiedades mecánicas, se muestra la tabla realizada por A. Casagrande, que dieron al llamado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), distinguiendo los suelos finos de los gruesos de acuerdo a las partículas que pasan por la malla No. 200 (0.074mm). de acuerdo con Arias Rivera (1986).

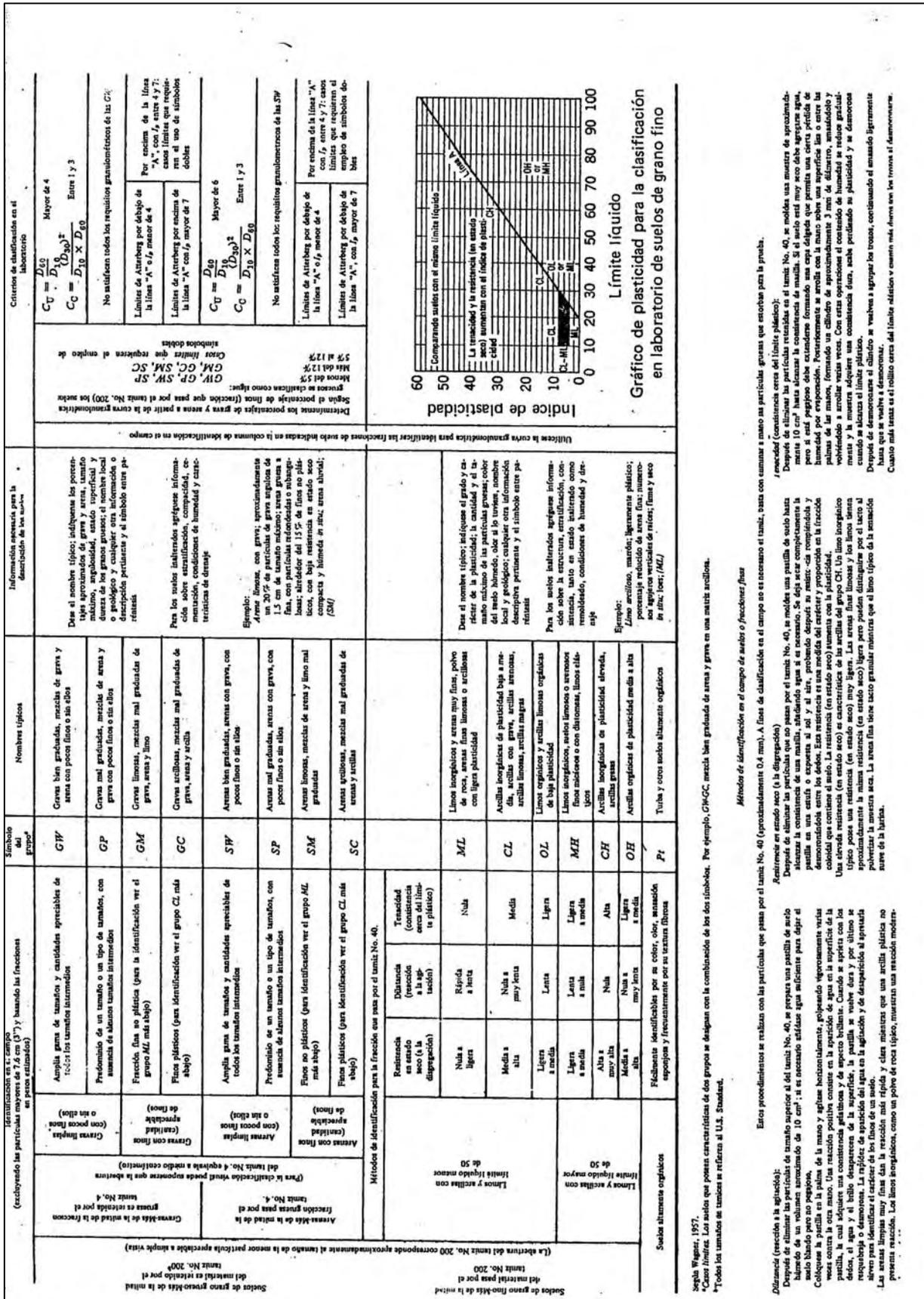


FIG. 5.- CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

Es muy importante en la construcción de un camino el estudio de los suelos ya que se conocen las propiedades del suelo y si es un suelo bueno para la construcción del camino, o que mejorías se le deben de aplicar al suelo para que cumpla con las especificaciones requeridas y se realice en base al tipo de suelos un buen diseño de terracerías y pavimentos.

## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO**

En el presente capítulo se abordará lo que es el alineamiento vertical y horizontal, sección transversal, los elementos que constituyen un pavimento, como también se estudiarán los materiales asfálticos y controles de laboratorio necesarios para un camino ya que el sistema de caminos y calles en México está compuesto predominantemente por pavimentos flexibles con carpeta asfáltica, los cuales requieren de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar su buen comportamiento a lo largo de su vida útil. La acción combinada del tránsito y los escurrimientos pluviales producen daños que pueden variar desde la destrucción parcial o total de la superficie de rodamiento, hasta el deterioro de las capas subyacentes con la consecuente pérdida de la capacidad estructural del pavimento.

#### **2.1. Alineamiento Vertical**

De acuerdo con el manual de proyecto geométrico por la secretaria de comunicaciones de obras públicas (1976).

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. El diseño del alineamiento vertical que incluye subrasante, tangentes y curvas verticales cóncavas o convexas, está influido por la consideración del terreno, el costo y la seguridad.

En el perfil longitudinal de un camino, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. El trazo de la subrasante depende de la

topografía, del tipo de camino, de la zona donde se va a realizar la obra y algunos factores más.

### **Tangentes.**

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, se representa como  $T_v$ . La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

Pendiente gobernadora.- Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la topografía del terreno; la mejor pendiente gobernadora, será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

Pendiente máxima.- Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

Se empleara en casos especiales, desde el punto de vista económico, para conservar ciertos obstáculos, siempre que se rebase la longitud crítica.

Pendiente mínima.- La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

Longitud crítica.- de una tangente del alineamiento vertical.- Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir la velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son: el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

### **Curvas verticales.**

Son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de esta se representa como PCV y como PTV, el punto común de la tangente y la curva al final de esta.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente. (M.P.G. SCT, 1974: 351-357)

## **2.2. Alineamiento horizontal.**

Definición: el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino. Los elementos que integran al alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y curvas de transición.

### **Tangentes.**

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . La longitud de una tangente es la distancia entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, ya que causa somnolencia al conductor, por tal motivo es conveniente limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

### **Curvas circulares.**

Las curvas circulares están constituidas por los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

-Curvas circulares simples: Es cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. Las curvas pueden ser hacia la izquierda o a la derecha en sentido del cadenamiento del camino.

-Curvas circulares compuestas: Son las que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se les llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

En la construcción de los caminos deben de evitarse este tipo de curvas, porque se pone en riesgo al usuario ya que introducen cambios de curvatura peligrosos, en intersecciones se pueden emplear siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación.

### **Curvas de transición.**

Es cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva circular, se debe de hacer en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y ampliación necesarias, para realizar este cambio gradual se usan las curvas de transición. Definiéndose las curvas de transición como a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular. (MGP. SCT, 1974: 297-304)

### **2.3. Sección transversal.**

De acuerdo con el manual de la secretaria de comunicaciones de obras públicas (1976), en un punto cualquiera de un camino la sección transversal es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Define la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos que integran una sección transversal tipo son: La Corona, Subcorona, Cunetas y Contracunetas, Taludes y partes Complementarias.

**Corona:** Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

**a) Rasante.-** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal se representa por un punto.

**b) Pendiente transversal:** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

**1.- Bombeo.**

**2.- Sobreelevación.**

**3.- Transición del bombeo a la sobreelevación.**

**1.- Bombeo.-** El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente.

**2.- Sobreelevación:** La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular es:

$$S = 0.00785 \cdot \frac{V^2}{R} - \mu$$

En donde:

S: Sobreelevación, en valor absoluto.

V: Velocidad del vehículo, en km. / h.

R: Radio de la curva, en m.

$\mu$ : Coeficiente de fricción lateral.

**3.- Transición del bombeo a la sobreelevación:** siguiendo con el manual de la secretaria de comunicaciones de obras publicas, en el alineamiento horizontal al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta

y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente, debido a que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y solo se emplean en casos especiales.

**c) Calzada.-** Calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

1.- Ancho de calzada en tangente.- Para determinar el ancho de calzada en tangente, debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de la vida del camino; con este dato y los estudios económicos correspondientes, pueden determinarse el ancho y número de carriles,

de manera que el volumen de tránsito en ese año no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio prefijado.

2.- Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal.- Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreaño se la llama ampliación, el cual debe darse tanto a la calzada como a la corona. En la figura siguiente se ilustra la forma en que intervienen cada uno de los elementos mencionados en el cálculo de la ampliación para obtener el ancho de calzada en curva.

**d) Acotamientos.-** Los acotamientos son definidos como las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen las siguientes ventajas:

- 1.- Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada.
- 2.- Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
- 3.- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
- 4.- Facilitar los trabajos de conservación.
- 5.- Dar mejor apariencia al camino.

**Subcorona:** Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

**1.- Subrasante.-** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

**2.- Pendiente Transversal.-** La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según que la sección este en tangente, en curva o en transición.

**3.- Ancho.-** El ancho de la subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho esta en función del ancho de corona y del ensanche.

**Cunetas y contracunetas:** Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

**1.- Cunetas.-** Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; con talud generalmente de 3:1.

**2.- Contracunetas.-** Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente

máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar.

**Taludes:** Es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. En caminos también se le llama talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman. Dado un control que se tiene en la extracción y colocación de material de un talud en terraplenes, un valor empleado es de 1.5. En los cortes debido a la variedad en el tipo de los materiales es realizar un mejor estudio para definir el talud en cada caso.

**Partes complementarias:** Con esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

**1.- Guarniciones y bordillos.-** Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

Los bordillos son elementos que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, con la finalidad de encauzar el agua que escurre por la corona hacia las salidas de las obras como en lavaderos contruidos sobre el talud del terraplén, de otra manera causaría erosiones en el talud del terraplén.

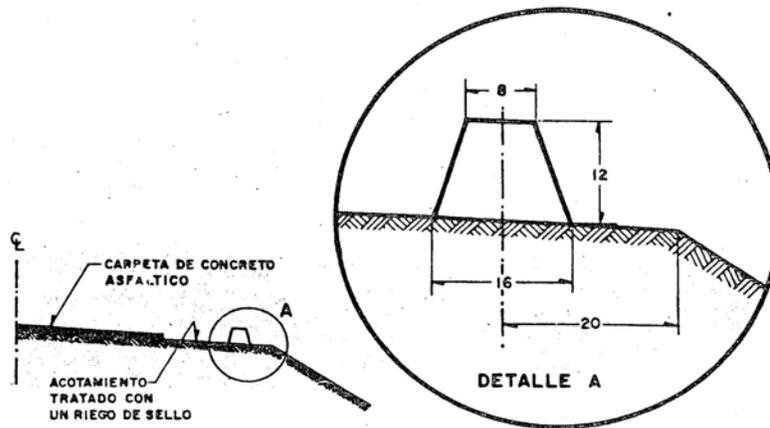


FIG. 6.- BORDILLO

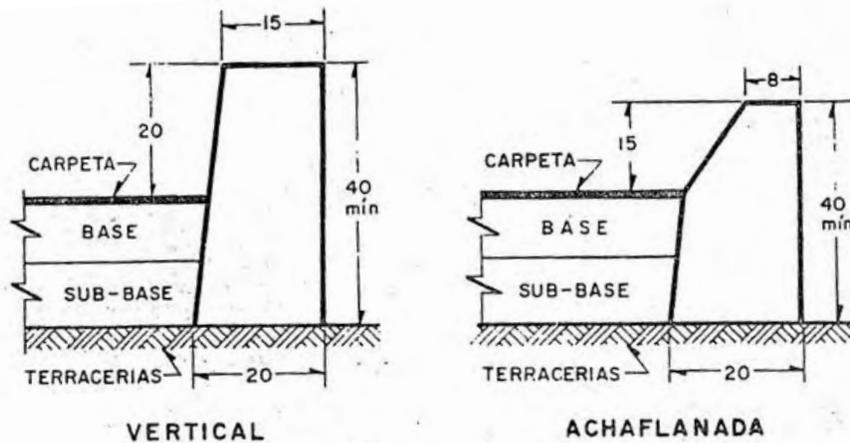


FIG. 7.- TIPOS DE GUARNICIONES

**2.- Banquetas.-** “Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias”. (MGP. SCT, 1974: 297-304)

**3.- Fajas separadoras y camellones.-** son las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o también para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas de separadoras centrales y a las otras fajas separadoras laterales.

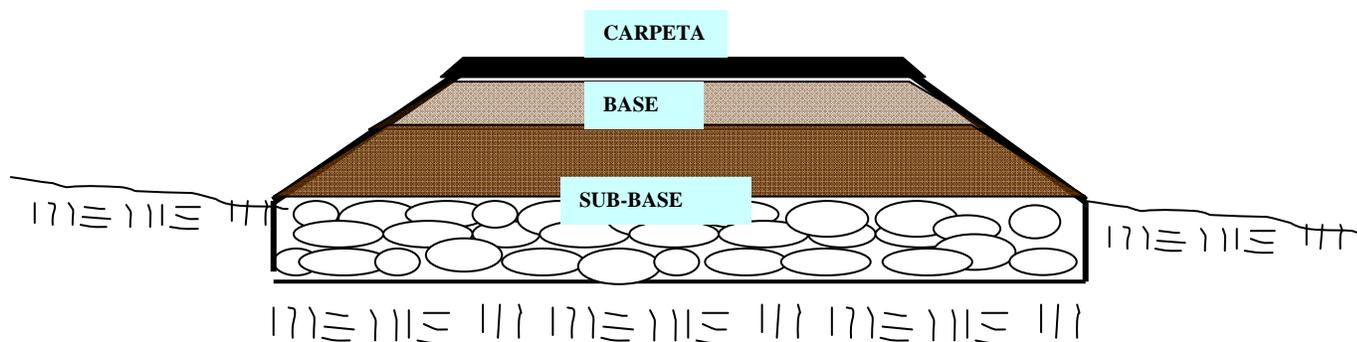
“Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para tener un nivel superior al de la calzada, se llaman camellones, igualmente pueden ser centrales o laterales: la anchura es variable depende del costo del derecho de vía y necesidades del tránsito. El ancho mínimo es de 1.20m.”  
(MGP. SCT, 1974: 367-393)

#### **2.4. Elementos constituyentes de un pavimento.**

Un pavimento se puede definir como la capa o conjunto de capas de materiales diseñados y apropiados para un pavimento, comprendido entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, siendo su principal función proporcionar una superficie uniforme con una textura apropiada, resistencia a la acción del tránsito y a la del intemperismo, así como emitir adecuadamente los esfuerzos producidos por las cargas del tránsito a las terracerías. Un pavimento hace que la seguridad del usuario sea adecuada en su trayecto de un camino.

La duración de un pavimento depende fundamentalmente de las características de los materiales que se emplean para su construcción y cumpliendo con las normas de calidad de los materiales a emplear.

Los elementos que constituyen un pavimento en general son la sub-base, la base y la carpeta, representándose de la siguiente manera:



### 2.4.1. Sub-base.

De acuerdo a la Norma N-CTR-CAR-1-04-002/00 la sub-base es una capa de materiales pétreos seleccionados, esta capa se construye sobre la subrasante, cuyas funciones es dar un buen apoyo uniforme a la capa de base de una carpeta asfáltica y resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

De acuerdo a la norma de la SCT N-CMT-4-02-001/04, el material natural para sub-base cribado, parcialmente triturado, totalmente triturado o mezclado que sea utilizado para la construcción de subbases para pavimentos asfálticos deben de cumplir con:

El material debe de cumplir con las características granulométricas que se fijan en la tabla 1 y se muestran en la fig. 1, y requisitos de calidad de la tabla 2, en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados, de (8,2) toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento ( $\Sigma L$ ).

La curva granulométrica del material debe tener una forma semejante a la de las curvas que se muestran en la figura 1, sin cambios bruscos de pendiente. La

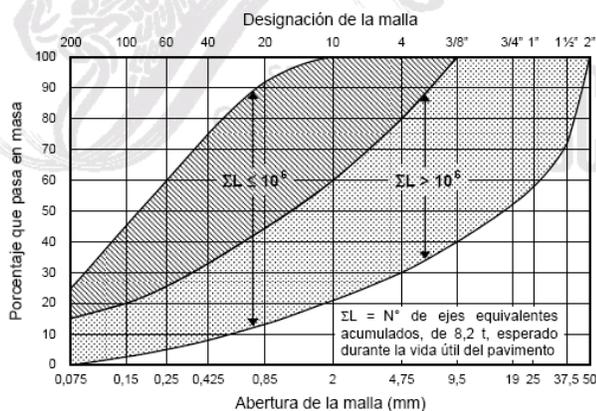
relación entre el porcentaje en masa que pase la malla con abertura de (0,075) milímetros (Nº.200) al que pase la malla con abertura de (0,425) milímetros (Nº.40) no será mayor de (0,65).

Si por alguna razón la granulometría del material del banco no cumple se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con los requisitos y garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación, no será aceptable si se mezcla con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

**TABLA 1.- Requisitos de granulometría de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
50	2"	100	100
37,5	1½"	72 - 100	72 - 100
25	1"	58 - 100	58 - 100
19	¾"	52 - 100	52 - 100
9,5	¾"	40 - 100	40 - 100
4,75	Nº4	30 - 100	30 - 80
2	Nº10	21 - 100	21 - 60
0,85	Nº20	13 - 92	13 - 45
0,425	Nº40	8 - 75	8 - 33
0,25	Nº60	5 - 60	5 - 26
0,15	Nº100	3 - 45	3 - 20
0,075	Nº200	0 - 25	0 - 15

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.



**FIGURA 1.- Zonas granulométricas recomendables de los materiales para subbases**

**TABLA 2.- Requisitos de calidad de los materiales para subbases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	30	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo <sup>1</sup>	10	6
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2,3]</sup> , mínimo	50	60
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	30	40
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , máximo	50	40
Grado de compactación <sup>[2,4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C, de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Según la pagina de Internet [//www.arqhys.com](http://www.arqhys.com), la construcción de las sub-bases consiste en el suministro, transporte, colocación, sobre la subrasante definida en los planos de construcción, conformándola y teniendo una compactación al 95 % con la prueba AASHTO de grava, piedra partida, arenilla u otro material granular aprobado por la Dependencia. El trabajo se extenderá a las bermas, si así lo indican los planos o lo exige la secretaría. El material para sub-base se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos.

En cada caso, sean suelos naturales o mezclados, se debe de obtener una capa uniforme, compacta, libre de terrones de arcilla, materia orgánica, basuras, escombros, u otros elementos que puedan perjudicar la capa.

Siguiendo con la misma pagina de Internet la granulometría propuesta de los materiales de sub-base, estará dentro de los límites especificados en la tabla anterior, con una variación uniforme de los tamaños gruesos a los finos.

- Límites de Consistencia. La fracción del material que pasa el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad menor de 6 y un límite líquido menor de 25.

-Desgaste. El material al ser sometido al ensayo de abrasión en la máquina de los Angeles, debe presentar un desgaste menor del 50%.

- Equivalente de Arena. La fracción del material que pasa por el tamiz No. 4 debe presentar un equivalente de arena mayor del 20%.

- Valor Relativo de Soporte, CBR. El CBR será mayor de 25% para una densidad seca mínima del 95% con relación a la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado

Los materiales se extraerán de canteras o depósitos aluviales estudiados y aceptados por la Secretaría, con estudio y control de calidad realizados y aceptados, si se desea utilizar materiales diferentes a los acordados inicialmente, se pedirá autorización por escrito, presentando los estudios de laboratorio que demuestren el cumplimiento de las especificaciones indicadas en este documento y los costos derivados correrán por cuenta del constructor y certificará que dichas fuentes cuentan con el material suficiente para garantizar el avance satisfactorio de los trabajos.

La construcción de una sub-base tiene las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario: Extensión y humedecimiento necesario de una capa, conformación, compactación y acabado de la misma capa. No se podrá dar comienzo a los trabajos sin la aprobación de la secretaria, teniendo bien definido los bancos de materiales para este tipo de capa, se debe tener bien definida la capa de la subrasante incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras definidas para así mismo comenzar con la capa de la sub-base. Se colocará en capas no mayores de 20 cm. de espesor, medido antes de la compactación, y mantendrá un contenido de humedad cercano al óptimo para alcanzar una compactación a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. Cuando se trate de realizar una sub-base aprovechando el material existente, se realizara de la siguiente manera: se escarificará en una profundidad de 10 cm. o la que se indique

en el proyecto y en las especificaciones particulares. Se conformará y compactará al 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado. Si el espesor de la sub-base por colocar, está proyectado para corregir irregularidades menores de la calzada, la secretaría podrá autorizar la colocación y mezcla del material de sub-base con el material existente ya escarificado. Se colocará el material de sub-base de tal manera que no produzca segregación y no cause daño a la superficie de asiento.

Los equipos para la ejecución de los trabajos especificados comprenden: Motoniveladora debidamente equipada con cuchilla y escarificadores en buenas condiciones, Pipa de agua que permita un riego uniforme sobre la superficie. El espesor de cada capa y el número de pasadas del equipo de compactación se determinarán de acuerdo a la capacidad del equipo que se tenga disponible y el material a compactar. La secretaría exigirá que el equipo cumpla con las especificaciones determinadas, plazo y programa de trabajo. Las tolerancias admisibles para la aceptación de la sub-base serán las siguientes: La cota de cualquier punto de la sub-base conformada y compactada no deberá variar en más o menos un centímetro (+ /-1 cm.) de la cota proyectada. El espesor verificado por medio de perforaciones en la sub-base terminada no deberá ser menor del noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño. En los proyectos de mejoramiento de vías existentes en las que el afirmado forma parte de la sub-base, la secretaría determinará el procedimiento de control de espesores, cotas y pendientes longitudinales y transversales según lo estime conveniente. El precio unitario cubrirá los costos directos e indirectos, necesarios para la realización de la actividad. En los proyectos de mejoramiento, el precio unitario deberá cubrir los costos de

escarificación, conformación y compactación del afirmado existente aún en aquellos tramos en que las cantidades de materiales de sub-base por colocar sean mínimas o nulas. En los tramos de vías existentes en que solamente se requiere cantidades pequeñas de sub- base, para la conformación de irregularidades de la calzada, ensanches menores o aumentos de espesor menores de 10 cm., la secretaría podrá medir en m<sup>3</sup> el volumen suelto del material, medido en los camiones de transporte. En este caso y para fines de pago, el volumen suelto se convertirá a volumen compactado, de acuerdo con la relación que determine la secretaría, mediante un ensayo de compactación en el laboratorio.

#### **2.4.2. Base Hidráulica.**

La base es una capa de materiales pétreos seleccionados, esta capa se construye sobre la sub-base, cuyas funciones es dar un buen apoyo uniforme a la carpeta asfáltica y resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inferior proporcionando a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea. Según la Norma N-CTR-CAR-1-04-002/03

De acuerdo con Mier (1987) Los materiales que se emplean para bases son los siguientes:

Materiales que no requieren tratamiento: son poco o nada cohesivos como los limos, arenas y gravas que al extraerlos quedan sueltos y no contienen mas del 5% de partículas mayores de 2”

Materiales que requieren ser disgregados: son tezontles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas, que al ser extraídos del banco salen con terrones pero al ser sometidos al equipo de disgregación, no contienen más del 5% de partículas mayores de 2”.

Materiales que requieren ser cribados: son los materiales poco o nada cohesivos, como son las mezclas de gravas, arenas y limos que al extraerlos quedan sueltos con un contenido de el 5% y el 25% de material mayor de 2”; por consiguiente deben ser cribados por la malla de 2” para cumplir con lo especificado y eliminar el material mayor.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados: estos materiales son poco o nada cohesivos, como son mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y contienen mas del 25% de partículas mayores de 2”, por lo cual debes triturarse y cribarse por la malla de 1 ½”; pueden ser tezontles también y materiales cohesivos como tepetates, caliche, conglomerado, aglomerados y rocas alteradas que al ser extraídos resulten con terrones que pueden disgregarse por el equipo mecánico y posteriormente contienen mas del 5% de partículas mayores a 2” debiendo triturarse y cribarse por la malla de 1 ½” .

Materiales que requieren trituración total y cribado por la malla de 1 ½”: son los materiales que son extraídos de mantos de roca, piedra de pepena, piedra suelta de depósitos naturales o algún desperdicio que requieren de un tratamiento mecánico de trituración total y cribado con el equipo adecuado, para satisfacer la composición granulométrica.

Materiales mezclados: son los materiales que resultan de la mezcla de dos o más materiales sean arenas gravas y limos, cribados o triturados según lo especifique la secretaría.

Para una base hidráulica ya sea cribada, parcialmente triturada, totalmente triturado o mezclado empleada en un pavimento debe de cumplir con los siguientes requisitos:

El material que se empleara en una base hidráulica será 100% de trituración de roca sana cuando el tránsito esperado durante la vida útil del pavimento sea mayor de diez millones de ejes acumulados de 8.2 toneladas; cuando ese tránsito sea de 1 a 10 millones, el material contendrá como mínimo 75% de partículas producto de la trituración de roca sana y si dicho tránsito es menor de 1 millón el material tendrá como mínimo 50% de trituración.

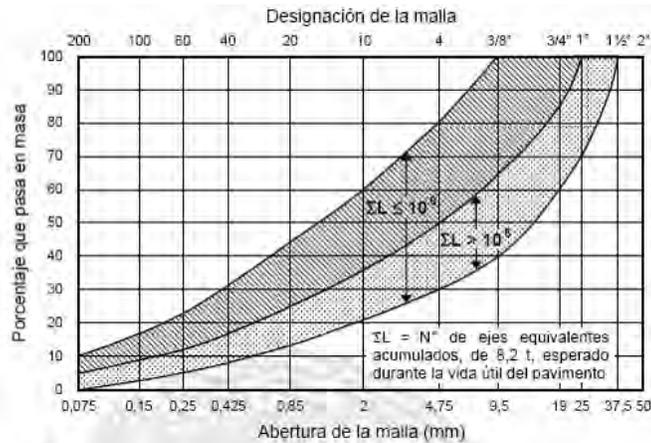
Al colocar una carpeta asfáltica después de la construcción de la base hidráulica, el material para la base tendrá la siguiente granulometría en función de la intensidad del tránsito en términos del número de ejes equivalentes acumulados, de 8.2 toneladas esperado durante la vida útil del pavimento.

En la siguiente tabla se presentan los requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37,5	1½"	100	100
25	1"	70 - 100	70 - 100
19	¾"	60 - 100	60 - 86
9,5	⅜"	40 - 100	40 - 65
4,75	N°4	30 - 80	30 - 50
2	N°10	21 - 60	21 - 36
0,85	N°20	13 - 44	13 - 25
0,425	N°40	8 - 31	8 - 17
0,25	N°60	5 - 23	5 - 12
0,15	N°100	3 - 17	3 - 9
0,075	N°200	0 - 10	0 - 5

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

En la siguiente figura se muestran las zonas granulométricas recomendadas para bases hidráulicas.



Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.

TABLA 4.- Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2,3]</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Angeles <sup>[2]</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y ladeadas <sup>[2]</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>[2,4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Al tener preparado el material para base ya cumpliendo con la granulometría de la normatividad se extenderá en todo lo ancho de la corona y se conformará de tal manera que se tenga una capa sin compactar de un espesor uniforme, se comenzara a compactar el material de tal manera que las capas que se empiecen a compactar tengan un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar. La compactación se realizará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en tangentes, y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. Se realizaran diferentes calas para checar la compactación y espesores de la base haciendo el número de calas como se indica en la siguiente fórmula:

$$C = L / 50$$

C = Número de calas por realizar, aproximado a la unidad superior

L = Longitud del tramo construido en un día de trabajo en metros.

Todos los grados de compactación deberán estar dentro de lo que fije el proyecto o apruebe la secretaría, al ser aprobado el tramo verificado los huecos de las calas se rellenaran con el mismo material usado para la base.

De acuerdo con la pagina de Internet //www.construaprende.com, Uno de los primeros pasos para la construcción de una base hidráulica es ubicar el banco de préstamo, de donde se traerá el material, pudiendo emplearse en estas capas gravas, arenas de río, depósitos de roca (aglomerados) o materiales ligeramente o fuertemente cementados (conglomerados), se recomienda no usar tezontles ya que estos materiales tienden a desmoronarse y pueden provocar cambios volumétricos,

en caso de que sea necesario su empleo deberán mezclarse con algún tipo de material fino como los tepetates (60% tepetate y 40% tezontle); en algunos casos se deberán aplicar tratamientos previos y estos podrán ser: el cribado, la trituración, en algunas ocasiones se les estabiliza en planta con cemento o con cal para darle mayor resistencia. Estos materiales son llevados a la obra, donde se acamellonan para poder llevar a cabo el cálculo del volumen y ver si existe algún faltante.

Cuando el material de banco tiene cierta humedad, ésta se calcula para saber si estamos por debajo o por encima de la humedad óptima de compactación, en base a esto sabemos que cantidad de agua debemos adicionarle, otra cosa que se puede hacer es voltear el material para que por evaporación pierda el agua sobrante. El material acamellonado se abre parcialmente y se humedece con una cantidad de agua cercana a la óptima, siendo para los caminos una humedad menor a la obtenida en laboratorio. El agua se riega en varias pasadas, se hace un primer riego y la moto niveladora abre una nueva cantidad de material, el cual coloca sobre el material que se humedeció para que vuelva a pasar la pipa; esto se hace comúnmente en tres etapas, para después con la misma maquinaria, homogenizar la humedad. Cuando se llega a la humedad deseada se distribuye el material en toda la corona para formar la capa con el espesor suelto necesario, debiendo cuidar que no se separe el material fino del grueso. Ya extendido se compacta con un rodillo liso o de neumáticos, o con una combinación de ambos hasta alcanzar el grado de compactación que marca el proyecto.

Cuando en las bases se alcanza la compactación de proyecto, ésta se deja secar superficialmente, se barre para retirar cualquier tipo de basura y partículas sueltas. Después de esto se le aplica un riego de emulsión asfáltica de fraguado lento o superestable que se conoce como riego de impregnación. Este elemento sirve para impermeabilizar y estabilizar la base y le ayudará a protegerla de la intemperie cuando no se va a colocar una carpeta en poco tiempo, además favorece la adherencia entre la base y la futura carpeta. La cantidad por regar variará de acuerdo con la abertura de poro que presente la base, para conocer cual es la cantidad adecuada se recomienda efectuar mosaicos de prueba, los cuales variarán de 0.6 a 1.2 lts/m<sup>2</sup> de emulsión. La SCT recomienda que este asfalto penetre dentro de la base de 3 a 5 mm, no debiendo quedar charcos o natas de asfalto que puedan desestabilizar la capa superior. Se recomienda no efectuar este tratamiento cuando amenace lluvia, cuando la temperatura sea menor de 5 ° C o bien, cuando exista mucho viento. La base impregnada puede abrirse al tránsito con un tiempo de reposo de 24 horas como mínimo, pero si lo ordena la secretaría se abrirá antes, esta capa es recomendable que se cubra con un poreo de arena para evitar que los vehículos se lleven la película de asfalto.

### **2.4.3. Carpetas Asfálticas.**

“Las carpetas asfálticas se pueden realizar de las siguientes maneras: por el sistema de riegos, por el sistema de mezcla en el lugar y por medio de mezcla asfáltica en caliente elaborada en planta, siendo de cualquiera de estas maneras deben de cumplir con los siguientes requisitos: no se deben desplazar ni desintegrar

por la acción del tránsito, deben de tener una buena resistencia al intemperismo y soportar pequeñas deformaciones sin sufrir agrietamiento. Se debe de tener en cuenta y tomar la precaución de que el espesor de la carpeta sea igual o mayor a los 3cm compactos y no es conveniente que los camellones sean de mas de 5 km de longitud” (Mier, 1987: 318-319). De acuerdo con Mier (1987), Los materiales asfálticos mas usados son cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido y aditivos.

Las carpetas asfálticas por el sistema de riegos se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados, en la siguiente tabla se muestra la denominación de los materiales pétreos para carpetas por el sistema de riego.

Denominación del material pétreo	Que pase por la malla de	Y se retenga en la malla de
1	1”	1/2”
2	1/2”	1/4”
3-A	3/8”	Núm. 8
3-B	1/4”	Núm. 8
3-E	3/8”	Núm. 4

La granulometría que debe cumplir los materiales pétreos para carpetas por el Sistema de riegos es:

## DENOMINACIÓN DEL MATERIAL PETREO

MALLAS	CONDICIONES	1	2	3-A	3-B	3-E
1 ¼"	Debe pasar	100%				
1"	Debe pasar	95% mín.				
¾"	Debe pasar		100%			
½"	Debe pasar Debe retenerse		95% mín. 95% mín.	100%		100%
3/8"	Debe pasar			95% mín.	100%	95% mín.
¼"	Debe pasar Debe retenerse		95% mín.		95% mín.	
Núm. 4	Debe retenerse					95% mín.
Núm. 8	Debe retenerse		100%	95% mín.	95% mín.	100%
Núm. 40	Debe retenerse			100%	100%	

**Carpetas de un riego:** siguiendo con Mier para realizar una carpeta de un riego primero se barre la superficie de la base impregnada, ya estando libre de cualquier partícula se realiza un riego de material asfáltico en una cantidad determinada por el laboratorio, cubriendo enseguida con material pétreo 3-A o 3-E en cantidad según proyecto y por ultimo se rastrea y se plancha el material pétreo. Después de un tiempo de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se halla adherido al material asfáltico.

**Carpetas de dos riegos:** para este sistema se realizará primeramente el barrido de la base impregnada y sobre la base limpia se da un riego de material asfáltico, enseguida se cubre con material pétreo, se rastrea y plancha el material,

enseguida se da un segundo riego de material asfáltico del tipo y cantidad fijada, cubriendo enseguida con material pétreo 3-B, el cual se rastrea y plancha. Después de un tiempo de tres días se barre la superficie y se remueve el material que no se halla adherido al material asfáltico. Las dosificaciones de material pétreo y asfálticos para carpetas de dos riegos es la siguiente:

concepto	Denominación del material pétreo	
	1er. Riego	2º. Riego
I. Material pétreo		
1)Granulometría	Número 2	Número 3-B
A)que pasa por la malla de	½"	¼"
B)que quede retenido en la malla de	¼"	Número 8
2)dosificaciones (Its/m2)	8 – 12	6 - 8
II. Material Asfáltico		
1)Cemento asfáltico (Its/m2)	0.6-1.1	0.8-1.1
2)FR-3 .....	0.8-1.5	1.1-1.5
3)FR-4 .....	0.8-1.4	1.0-1.4
4)Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0-1.5

**Carpetas de tres riegos:** para este sistema se realizará primeramente el barrido de la base impregnada y sobre la base limpia se da un riego de material asfáltico, enseguida se cubre con material pétreo número 1, se rastrea y se realiza una pasada con el equipo de compactación, enseguida se da un segundo riego de material asfáltico del tipo y cantidad fijada, cubriendo enseguida con material pétreo número 2, el cual se rastrea y compacta, dándole dos pasadas completas con el equipo; seis horas después se puede abrir el tránsito por un tiempo no mayor de dos semanas, enseguida se le da una barrida a la carpeta para eliminar el material pétreo suelto, a continuación se da el 3er. Riego de material asfáltico cubriéndolo con material pétreo 3-B y procediendo a su compactación, por ultimo a los tres días se

barre la superficie recolectando el material pétreo que no se adhirió a la superficie.

Las dosificaciones para este sistema de tres riegos es el siguiente.

I. Material pétreo	1er. Riego	2º. Riego	3er. Riego
1) Granulometría	Número 1	Número 3	3-B
A) que pasa por la malla de	1"	1/2"	1/4"
B) que quede retenido en la malla de	1/2"	1/4"	Núm. 8
2) dosificaciones (lts/m <sup>2</sup> )	20 - 25	8 - 12	6 - 8
II. Material Asfáltico			
1) Cemento asfáltico (lts/m <sup>2</sup> )	0.6-1.1	1.0-1.4	0.7-1.0
2) FR-3 .....	0.8-1.5	1.3-1.9	0.9-1.3
3) FR-4 .....	0.8-1.4	1.2-1.8	0.9-1.2
4) Emulsión catiónica o aniónica	0.8-1.0	1.0-1.5	1.0-1.5

La compactación de las carpetas se debe de realizar de las orillas hacia el centro en tangentes y del lado interior al exterior en las curvas. Para que una carpeta por el sistema de riegos se de por terminado debe de cumplir con las siguientes tolerancias:

Ancho de la carpeta del eje a la orilla	+ 5 centímetros
Pendiente transversal	+/- ½ %
Profundidad de presiones observadas colocando una regla de tres metros de longitud paralela y normalmente al eje.	1 cm.

### **Carpetas Asfálticas de Mezcla en el Lugar.**

Estas carpetas se construyen mediante un mezclado, tendido y compactado de materiales pétreos y un material asfáltico, estos materiales asfálticos son rebajados de fraguado rápido o medio, o emulsiones de rompimiento medio o lento y en los riegos de liga son cementos asfálticos y rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

Para iniciar con la construcción de este tipo de carpeta debe de estar la base debidamente terminada e impregnada, primeramente se da un riego de liga con petrolizadora en toda la superficie que llevara carpeta, si se emplea una motoconformadora para realizar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos este último debe de aplicarse con petrolizadora, si es conveniente en varios riegos sobre el material pétreo extendido, procediendo después de cada riego a mezclarlos para obtener un producto homogéneo. La mezcla elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándola, se mezclara con la motoconformadora el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla. Cuando se elabore con emulsiones de rompimiento medio o lento, se aplicará un riego de agua para dar la humedad fijada.

Para su compactación se empleara un compactador de llantas neumáticas a un mínimo del 95% de su peso volumétrico máximo, después se empleara una plancha lisa para borrar las huellas que dejen loa compactadores neumáticos. Cuando la carpeta este terminada se realizara un riego de sello cuando esta resulte con mayor permeabilidad del 10% permitido.

### **Carpetas con mezcla asfáltica en caliente.**

Continuando con Mier Este tipo de carpetas se elaboran en una planta estacionaria utilizando cementos asfálticos, estas plantas deben de constar de: un secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras, con una buena capacidad para secar un buen volumen de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta. A lo que es la salida del secador debe de haber un pirógrafo para registrar automáticamente la

temperatura del material pétreo, cribas para clasificar el material pétreo por lo menos en tres tamaños con una capacidad suficiente para mantener las tolvas siempre con material pétreo disponible para la mezcla, tolvas para almacenar el material pétreo y protegerlo de la lluvia y el polvo con capacidad que asegure la operación de la planta cuando menos durante 15 minutos sin ser alimentadas y divididas en compartimientos para almacenar los materiales pétreos por tamaños, dispositivos que permitan dosificar los pétreos, de preferencia por peso, pudiendo hacer un ajuste de la mezcla en cualquier momento, para así mismo obtener la granulometría que indique el proyecto. Un equipo para calentar el cemento asfáltico, provisto de un termómetro con una graduación de 20 a 210 °C. Dispositivos para dosificar el cemento asfáltico con aproximación de +- 2%. Una mezcladora equipada con un dispositivo para el tiempo de mezclado. También se ocupa un recolector de polvo y un dispositivo para agregar finos.

La temperatura del material debe de andar entre 120 y 160 °C al momento de agregarle el cemento asfáltico y la mezcla al salir de la planta debe de tener una temperatura entre 120 y 150 °C

Para tender la mezcla la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La temperatura de la mezcla no deberá ser inferior a 110°C al comienzo del tendido y 85°C al término del proceso. Las mezclas deberán extenderse sobre superficies secas y previamente imprimadas. Sólo deberán colocarse y compactarse mezclas cuando la temperatura ambiental sea de por lo menos 10 °C, sin bruma ni lluvia.

La compactación suele iniciarse utilizando rodillo tándem de dos ruedas de acero, de las orillas hacia el centro del camino en las tangentes y del interior al

exterior en las curvas con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador. Durante la compactación las ruedas de las apisonadoras deberán mantenerse húmedas para evitar que se adhieran al material.

Después de haberse hecho las correcciones que fuesen necesarias después de la compactación inicial, se procede a dar pasadas con el rodillo neumático.

La segunda compactación se considera preferible los rodillos neumáticos adecuados para alcanzar un mínimo de 95% del peso volumétrico máximo, que deben seguir a la compactación inicial tan de cerca como sea posible y mientras la mezcla está aún a una temperatura que permita alcanzar la máxima densidad.

Una compactación final debe realizarse con rodillos tandem de dos ruedas o tres, mientras que el material es aún suficientemente trabajable para permitir suprimir las huellas de los rodillos. La compactación de la mezcla debe terminarse a una temperatura mínima de 70 °C

## **2.5. Materiales asfálticos.**

Según la norma N-CMT-4-05-001/00 Son los materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos que son utilizados en estabilizaciones, riegos de impregnación, de liga y de sello, en la elaboración de carpetas asfálticas y morteros. Los materiales asfálticos son clasificados en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

Los cementos asfálticos son asfaltos que se obtienen del proceso de destilación del petróleo. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, al ser calentados se licúan lo que les permite cubrir todas las partículas del material pétreo.

Para su aplicación se necesita estar a una temperatura adecuada y se utiliza en la elaboración de carpetas de mezcla en caliente, en morteros y estabilizaciones, así también es un elemento base para la elaboración de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

NORMAS		
		N-CMT-4-05-001/00
TABLA 2.- Clasificación de los cementos asfálticos según su viscosidad dinámica a 60°C		
Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P <sup>11</sup> )	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> <li>• En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.</li> </ul>
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> <li>• En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1.</li> <li>• En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.</li> </ul>
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1.</li> <li>• En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1.</li> <li>• En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.</li> </ul>

Las emulsiones asfálticas están formadas por dos fases no miscibles en las que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se llaman emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos y las emulsiones catiónicas cuando les confiere polaridad electropositiva, para su aplicación se necesita agua y son utilizadas en la elaboración de carpetas con mezcla en frío, morteros, riegos y estabilizaciones.

Las emulsiones pueden ser de los siguientes tipos:

**Emulsiones de rompimiento rápido:** este tipo de emulsión se emplea para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos.

**Emulsiones de rompimiento medio:** estas se emplean para la elaboración de mezclas en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos en la mezcla es menor o igual a 2%, también es utilizable en trabajos de conservación como son bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

Emulsiones de rompimiento lento: estas emulsiones se emplean para la elaboración de mezclas en frío en planta y para estabilizaciones asfálticas.

Superestables: se emplean principalmente en estabilizaciones de materiales y trabajos de recuperación de pavimentos.

**NORMAS**

N-CMT-4-05-001/00

**TABLA 3.- Clasificación de las emulsiones asfálticas**

Clasificación	Contenido de cemento asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad
EAR-55	55	Rompimiento rápido	Aniónica
EAR-60	60		
EAM-60	60	Rompimiento medio	
EAM-65	65		
EAL-55	55	Rompimiento lento	
EAL-60	60		
EAI-60	60	Para impregnación	
ECR-60	60	Rompimiento rápido	Catiónica
ECR-65	65		
ECR-70	70		
ECM-65	65	Rompimiento medio	
ECL-65	65	Rompimiento lento	
ECI-60	60	Para impregnación	
ECS-60	60	Sobrestabilizada	

Los asfaltos rebajados son materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, se utilizan solventes y son utilizados en la elaboración de carpetas en frío y para la impregnación de sub-bases y bases.

De acuerdo con Mier (1987), los materiales asfálticos se transportan en auto-tanques que deben de contar con equipo para calentar el producto cuando se requiera, debiendo ser herméticos y con tapa adecuada para así mismo evitar fugas y contaminaciones. Los riegos de asfalto se deben de realizar por medio de petrolizadoras que cuenten con el siguiente equipo: un equipo de calentamiento para tener la temperatura adecuada, una bomba que produzca la presión para obtener una dispersión uniforme en todas las espreas de la barra, un tacómetro para regular

la velocidad y poder regular una dosificación controlada y uniforme en todo el tramo deseado; termómetro y todo lo necesario para una buena operación.

Nunca se deberá de aplicar materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, ni cuando se presente amenaza de lluvia o cuando el viento impida la aplicación del material.

## **2.6. Compactación de los materiales en caminos.**

“La compactación es un proceso donde se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo – deformación: siendo así que se pretende obtener un suelo estructurado que tenga un comportamiento mecánico adecuado durante toda su vida útil del camino” (Mier, 1987: 337). Continuando con Mier es sencillo controlar la compactación de un material determinando el peso volumétrico seco de los materiales compactados. El contenido de agua es un factor de gran importancia en la compactación ya que existe un contenido óptimo que produce el máximo peso volumétrico seco, en la curva de compactación se puede apreciar un máximo absoluto: el peso volumétrico seco correspondiente al máximo absoluto recibe el nombre de peso volumétrico seco máximo y la humedad con la que tal máximo se consigue se le llama humedad óptima como se ve en la figura siguiente en la que también aparece la curva correspondiente al 100% de saturación del suelo.

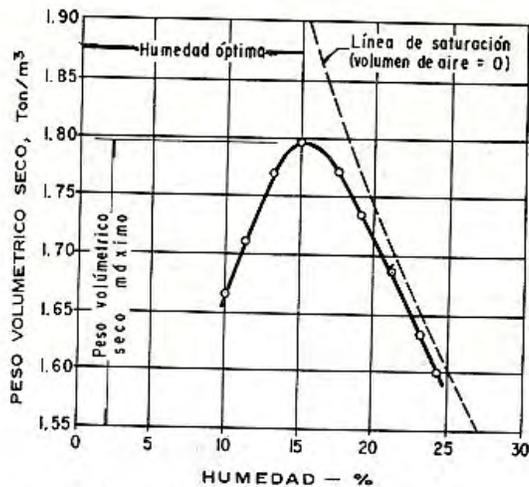


Fig. 24.1. Curva de compactación típica.

La compactación en el campo se logra por 4 maneras diferentes de aplicar la energía de compactación:

1.- Por amasado: los compactadores por amasado son los rodillos pata de cabra, estos suelen tener su peso sobre la pequeña superficie del conjunto de puntas de forma variada, ejerciendo presiones estáticas muy fuertes en los puntos que penetran en el suelo, llegando un momento de que ya no se produce ninguna compactación adicional; la superficie queda distorsionada pero se compacta bajo la siguiente capa que es tendida. la acción del rodillo hace progresar la compactación de la capa de suelo de abajo hacia arriba; en las primeras pasadas las protuberancias y una parte del tambor penetran en el suelo, lo que hace que la mayor presión se ejerza en el lecho inferior de la capa compactada, siempre y cuando el espesor de la capa por compactar no debe ser mucho mayor que la longitud del vástago, a esta acción se le llama acción de amasado. Los rodillos más

comunes tienen vástagos de 20 a 25cm de longitud y son usados para compactar capas de suelo suelto de 30cm aproximados. Este tipo de rodillo tiene buenos resultados en los terraplenes de suelos finos; buena distribución uniforme de la energía de compactación en cada capa y una buena liga entre capas sucesivas.

Existe un rodillo de rejillas que ha sido utilizado en materiales que requieren disgregación, ha dado buenos resultados en las arcillas homogéneas o mezclas de arena, limos y arcillas

El rodillo segmentado se ha utilizado también en materiales que requieren disgregación, pero en si su uso se ha venido dando en suelos como arcillas no muy plásticas.

2.- Compactadores por presión: la compactación por presión se realiza por medio de compactadores de rodillos lisos y neumáticos, los lisos se dividen en remolcados y autopropulsados, los remolcados están formados por dos tambores al que se sujetan los ejes; su peso anda entre 14 y 20 ton. Los autopropulsados están formados por una rueda delantera y una o dos traseras y su peso varía entre 3 y 13 ton., se usan primordialmente en la compactación de la subrasante, de bases hidráulicas y de carpetas asfálticas.

Los compactadores de neumáticos su fundamental acción tiene lugar por la presión que se da a la capa de suelo suelto, produciendo también un efecto de amasado, el rodillo aplica básicamente la misma presión desde la primera pasada siendo dicha presión casi igual a la de inflado de la llanta. Estos rodillos se usan principalmente en la compactación de suelos arenosos con finos poco plásticos y en limos poco plásticos.

3.- Compactadores por impacto: esta compactación se realiza por medio de pizones o bailarinas cuya función se hace en áreas pequeñas, su empleo se realiza principalmente en zanjas, desplante de cimentaciones, alcantarillas o en estribos de

los puentes y donde no pueden usarse equipos de mayor dimensiones por razones de espacios o de un peso excesivo.

4.- Compactadores por vibración: en estos compactadores la ventaja es que la vibración tiene la capacidad de compactar capas de mayores espesores que las que es común con otros equipos, con estos rodillos pueden compactarse hasta capas de 1.2 m usando rodillos muy pesados. Se tienen también una combinación de rodillos la unidad vibrante se acopla a un equipo liso o la combinación de rodillos lisos con neumáticos llamados duopactor teniendo la opción de compactar diferentes tipos de materiales.

Uno de los requisitos recomendables para tener una buena compactación es conocer bien los materiales por compactar haciendo de este conocimiento con un buen recorrido por la línea del camino y realizando muestreos y analizar los bancos de materiales que se emplearan para la construcción del camino, debiendo hacer las pruebas de laboratorio necesarias como es la humedad natural del suelo en el campo, las curvas de compactación, las características de expansión y contracción por secado del suelo.

## **2.7. Controles de laboratorio necesarios.**

De acuerdo a las bases de licitación de la SCT la verificación de calidad durante la construcción de un camino es el conjunto de actividades que permiten corroborar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones del proyecto, ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno, y comprobar el cumplimiento del programa detallado de control de calidad, así como tener una buena verificación de los materiales y equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución, comparándolas con las especificadas en el proyecto y determinar oportunamente si el proceso de producción o el procedimiento de

construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados, entre otras.

Para poder iniciar la obra es necesario contar en el campo con un programa de control de calidad que sea técnicamente factible y aceptable desde el punto de vista de su realización física, así como comprobable en todas y cada una de las actividades programadas; que incluya la forma y los medios a utilizar para evaluar la calidad de los materiales correspondientes a todos los conceptos de obra terminada y de sus acabados, así como de los equipos de instalación permanente que vayan a formar parte integral de la obra. Este programa ha de ser congruente con el programa de ejecución de los trabajos. El personal de control de calidad con el que se debe contar en la obras es un jefe de control de calidad que conozca los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Control de Calidad debe coordinar todos los trabajos para la correcta ejecución del control de calidad, analizar estadísticamente los resultados que se obtengan. Un jefe de verificación de calidad, que conozca ampliamente todos los aspectos relacionados con el tipo de obra de que se trate, así como con el proyecto de la misma y que previamente sea aceptado por la Secretaría. El Jefe de Verificación de Calidad debe coordinar todos los trabajos necesarios para la correcta ejecución de la verificación de calidad, analizar conjuntamente y en forma estadística los resultados que se obtengan del control de calidad y de la propia verificación.

Los responsables del control y la verificación de calidad contarán con los laboratoristas y ayudantes de laboratorio suficientes para atender todos los frentes

de la obra en los aspectos de muestreo, manejo, transporte, almacenamiento y preparación de las muestras; ejecución de las pruebas de campo y laboratorio; mantenimiento y calibración del equipo de laboratorio, entre otros. El personal de laboratorio estará capacitado, y acreditará, mediante evaluaciones ante el Jefe de Verificación de Calidad o el Jefe de la Unidad de Laboratorios si corresponde al grupo de verificación de calidad, el conocimiento de las pruebas y procedimientos correspondientes a las actividades que desempeñe.

Los laboratorios para el control de calidad o para la verificación de calidad, tendrán en sus instalaciones: áreas para almacenamiento, preparación y prueba de las muestras, así como para la calibración del equipo; fuentes de energía y de iluminación; y cuando sea necesario, sistemas de comunicación, de control de temperatura y de ventilación, que permitan la correcta ejecución de las pruebas y de las calibraciones.

Se tendrán que elaborar informes diarios a como se valla avanzando la obra, al término de cada día, que presenten los resultados de las mediciones y pruebas ejecutadas durante el día, señalando aquellos que, en su caso, no cumplan con las especificaciones del proyecto y/o que muestren desviaciones en el proceso de producción o procedimiento de construcción, se deberán corregir de inmediato para no afectar la calidad, así como las posibles causas de falla y las recomendaciones para corregirlas. En cada informe diario se incluirán además el nombre de la obra, el número y la fecha del informe, y el nombre del laboratorista que haya realizado las pruebas, así como el nombre y la firma del Jefe del Control de Calidad, quien lo entregará al Residente o al Superintendente.

Otro informe será el mensual, elaborados al término de cada mes, que contengan como mínimo la descripción de los trabajos de control de calidad ejecutados en el periodo del que se informe; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra ha sido ejecutada de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas, especificadas en el proyecto. Como apéndices se incluirán un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes del control de calidad y las copias de todos los informes diarios elaborados en ese periodo. Los informes mensuales serán firmados por el Jefe de Control de Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el contratista los entregará al Supervisor y así mismo poder cobrar las estimaciones correspondientes.

Al final de la ejecución de la obra se realizará un informe final elaborado al cierre de la obra. Contendrá como mínimo los objetivos, alcances y descripción sucinta de los trabajos para el control de calidad ejecutados desde el inicio de la obra; las cartas de control de las mediciones y pruebas realizadas, y los resultados de otros análisis estadísticos efectuados en toda la obra, para cada material, frente y concepto de obra; el dictamen que certifique que la obra se ejecutó de acuerdo con las características de los materiales, de los equipos de instalación permanente, de los acabados y las tolerancias geométricas especificadas en el proyecto. Como apéndice se incluirá un informe fotográfico que muestre los aspectos más relevantes de la obra terminada. El informe final debe ser firmado por el Jefe de Control de

Calidad y por el Residente o el Superintendente, en cuyo caso el Contratista de Obra lo entregará al Supervisor junto con su estimación de cierre.

Para lo que es el muestreo de materiales asfálticos consiste en obtener una porción representativa del volumen de material asfáltico en estudio. Se realiza en materiales almacenados en uno o varios depósitos, o durante las maniobras de carga, descarga o aplicación. Los materiales asfálticos sólidos o semisólidos se calientan solamente lo indispensable para facilitar su muestreo para la ejecución del muestreo. El equipo a emplear ha de estar en condiciones óptimas para su uso, limpio, completo en todas sus partes y sin desgaste. Consiste fundamentalmente en un muestreador, formado por un recipiente metálico o de vidrio, convenientemente lastrado y provisto de un tapón o corcho que pueda retirarse desde el exterior mediante una cadena o cordel. El recipiente ha de estar sujeto al extremo de una varilla metálica o de madera, o bien a otro cordel, de tal forma que estando tapado y con la boca hacia arriba pueda sumergirse hasta la profundidad deseada.

## **2.8. Programación de Obras.**

Un programa de obra casi siempre está en forma de gráfica de barras, este programa cuenta para una obra cualquiera las operaciones, la cantidad, la unidad y el tiempo de construcción de cada concepto de obra, también muestra las fechas de inicio y terminación de cada concepto y de toda la obra en general. Es necesario insertar un espacio para indicar la cantidad real de trabajo terminado de cada concepto en un tiempo dado, con esto se puede ver en fin de semana o de mes si se realiza un buen adelanto real de la obra y ver si la construcción de la obra va de acuerdo al proyecto.

La base para la construcción de los programas de obra, son los rendimientos de los precios unitarios aplicados a las cantidades de obra de los planos con base en los procedimientos constructivos derivados de las especificaciones.

Entonces el programa debe representar la idealización de la secuencia lógica coherente de las actividades necesarias para la realización de los proyectos de construcción y para llegar a esto, se recomienda el siguiente esquema:

<b>Concepto o Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Duración</b>

Para la construcción del diagrama de Gantt usando este esquema se deben utilizar los rendimientos de los precios unitarios del concepto o actividad de que se trate, con lo cual se logra correlacionar el costo con el tiempo de ejecución y así se logra tener una conciencia clara del comportamiento del proceso de construcción.

Una vez elaborado el plan de trabajo para la realización de un proyecto, es necesario incorporar los recursos suficientes para hacerlo factible. Estos recursos deberán determinarse para cada una de las actividades que integran el plan. La incorporación de los recursos es parte de la programación. Es importante señalar que dentro del análisis de la programación, se deben destacar las actividades críticas que influyen directamente en el avance de la construcción.

Conociendo el tiempo óptimo y el tiempo normal de ejecución estamos en condiciones de analizar el presupuesto, como es sabido el presupuesto de un

proyecto consta de tres elementos, los conceptos, la cantidad y los precios unitarios y si se sabe que la base de los precios unitarios son los rendimientos entonces el análisis se debe centrar en éstos.

Para el análisis de los rendimientos se recomienda la utilización de la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{COSTO MÁXIMO} - \text{COSTO NORMAL}}{\text{DURACIÓN NORMAL} - \text{DURACIÓN MAXIMA}} = \$/\text{TIEMPO OPTIMO}$$

Como se puede observar, la fórmula es muy objetiva para el análisis de los presupuestos y definir si el presupuesto realmente refleja el comportamiento real de la obra respecto al tiempo de ejecución y características particulares de la construcción.

### **Preparación de un programa de obra.**

Antes de todo se tiene que dividir el proyecto en sus respectivos conceptos de obra, se determinaran los volúmenes a construir y para cada cantidad de trabajo se se tendrá que estimar su tiempo o rapidez de trabajo, es necesario a este tiempo determinado, descontarle una cantidad de tiempo apropiada para tiempos no considerables como las lluvias y algún mal tiempo.

Al tener la rapidez con la que debe llevarse a cabo la construcción de la obra se debe de tener en cuenta la economía de la obra. Debe de tenerse el numero de obreros y cuadrillas para el tipo de trabajo y así mismo tener sus respectivos

rendimientos para en base a eso realizar el programa de mano de obra, la maquinaria se tendrá que estudiar de una buena manera para poder sacar sus rendimientos de cada maquina para cada concepto de obra y ver que tipo de equipo es el mas apropiado para ese mismo concepto, así mismo elaborar el programa de maquinaria de obra. Es importante tener en cuenta los materiales que se emplearan en la obra ya que se deberá de escoger materiales de buena calidad y los correctos para cada tipo de construcción, elaborando un programa de los materiales de la obra. Así mismo se tendrá que contar con un personal técnico y administrativo de tal obra que se realizara un programa necesario para este personal.

### **Diagrama de Gantt**

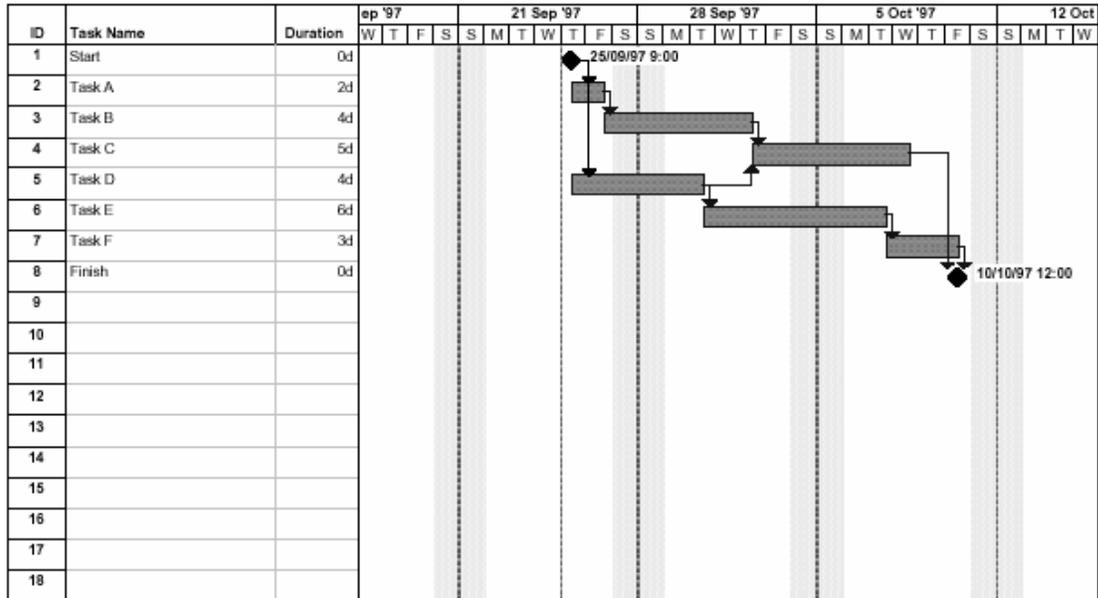
Este diagrama es una representación gráfica de información relacionada con la programación de cualquier obra. “En su forma típica, las actividades a realizar u otros elementos del proyecto se enlistan hacia abajo en el lado izquierdo de la gráfica, las fechas se muestran en la parte superior, y las duraciones de las actividades se muestran como barras sujetas al tiempo considerado”.

Este método fue desarrollado en 1917 por Henry Gantt.

Principales características:

- Muestra las actividades que se van a ejecutar de proyecto bajo la forma de barras proporcionales al tiempo.
- Su eje horizontal corresponde al tiempo, mientras que el vertical a las actividades.
- Son simples de preparar y fáciles de comprender.
- Por si sola, es una herramienta insuficiente para la planificación y control ya que no necesariamente muestra la secuencia lógica de las actividades.

## Forma típica de un diagrama de Gantt



## **CAPITULO 3**

### **MARCO DE REFERENCIA**

En este capítulo se abordarán las generalidades del proyecto, el resumen ejecutivo, el entorno geográfico e informe fotográfico, estudio del tránsito y las alternativas de solución; concluyendo con una solución del proyecto, única para el correcto funcionamiento y comportamiento del camino ya mencionado.

#### **3.1. Generalidades.**

El desarrollo de este trabajo de tesis es referente al proceso de construcción del La Pavimentación Asfáltica del Camino Jucutacato – Cutzato Sub-tramo: del Km. 0+000 al Km. 3+500, Municipio de Uruapan en el Estado de Michoacán teniendo el 0+000 en el poblado de Jucutacato Mich.

##### **3.1.1. Objetivo.**

El objetivo de este proyecto es rehabilitar el pavimento existente por medio de un buen procedimiento de construcción del tramo ya mencionado cumpliendo con los requerimientos de vialidad, y control de calidad adecuada y así mismo brindar la seguridad y comodidad necesaria al usuario que transita por esta vía tan importante. Con la ejecución del proyecto se obtendrá una mejoría en la infraestructura de comunicaciones del municipio de Uruapan, beneficiando directamente a las poblaciones de Jucutacato Y Catzato, que contarán con un mejor vínculo con el resto del municipio, lo que traerá grandes beneficios en las actividades económicas del

municipio y la región. En general la ejecución del proyecto beneficiará directamente a una población total de 2,439 personas.

### **3.1.2. Alcance del proyecto.**

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento constructivo del tramo carretero antes mencionado, el cual es de gran importancia tanto para Cutzato, como toda su Zona de Influencia ya que Cutzato se desempeña por su actividad económica de agricultura y ganadería, siendo el mayor punto de comercio en la zona, además de la extracción de cobre. El mejoramiento de este camino es necesario ya que la superficie existente se encuentra en mal estado, la carpeta asfáltica esta dañada, por lo que se procederá a un mejoramiento de la estructura de pavimento, así como el seguimiento del control de calidad de la obra y el correcto manejo de la normatividad aplicada para caminos y carreteras.

### **3.2. Resumen Ejecutivo.**

Dentro de este trabajo de rehabilitación del pavimento se realizó un estudio de la estructura del pavimento existente ya que se presentan problemas severos en la superficie de rodamiento y varias deformaciones que al circular son notables y riesgosas, se elaboraron los estudios necesarios de ingeniería de acuerdo a los trabajos de topografía, geología, geotecnia, impacto ambiental y el diseño de la estructura nueva. Así como los costos del proyecto dentro del procedimiento de construcción. Se realizó un informe fotográfico para apreciar los problemas antes

mencionados; las fallas estructurales, el estado actual de la superficie de rodamiento y los tipos de vehículos que circulan por el tramo.

Se realizaron sondeos mediante pozos a cielo abierto para así mismo obtener la calidad de la carpeta asfáltica actual, la base hidráulica y sub-base, conociendo la calidad y el estado actual de cada capa y sus materiales respectivos. Al realizar estos sondeos se encontró que la carpeta tenía un espesor de 3 cm., y 15 cm. de revestimiento de terreno natural. Se estudiaron los bancos de materiales, analizando muestras de material propuesto y verificando que cumplan con las normas de calidad para la SCT, para cada capa de la estructura de pavimento, así mismo verificar que los bancos a usar no tengan problemas para su explotación y que no tengan ningún problema ecológico y de impacto ambiental.

Los tipos de fallas presentados en el tramo son grietas en la carpeta tipo Piel de cocodrilo la cual presenta roturas longitudinales y transversales, con separación menor que 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro. Generalmente presenta hundimiento del área afectada, esta es una falla estructural en la carpeta porque ha llegado a su vida útil el pavimento; otra falla en la pérdida de base (calavera o bache superficial) en el que se presenta Desprendimiento del material de la base en la que se apoya la capa de rodadura (carpeta) después de la pérdida de ésta; la falla es debido la Insuficiente penetración (< 0.5 cm) del riego de imprimación en la base hidráulicas, o a la dosificación insuficiente de ligante (asfalto) en base tratada con cemento asfáltico, aplicado en caliente, diluido o emulsificado.

De acuerdo a las necesidades del tramo y viendo las diferentes alternativas de solución, en la mayoría del tramo existen fallas por asentamientos y deformaciones longitudinales y transversales, estos tipos de falla son estructurales, por la baja resistencia al esfuerzo cortante de la terracería, es necesario mejorar la estructura de la siguiente manera:

De la carpeta existente se escarificará y se le adicionara material pétreo de banco para así formar la capa de sub-base hidráulica de un espesor de 20 cm. Compactos al 100% del peso volumétrico seco máximo (P.V.M.S.) AASHTO Modificada, se construirá una base hidráulica con un espesor de 20 cm. Compactos al 100% del peso volumétrico seco máximo (P.V.M.S.) AASHTO Modificada, para la cual se utilizara material pétreo de banco, al cual se le dará el tratamiento de cribado para producir el material a tamaño máximo de 2" a finos. La ejecución de los trabajos cumplirá con lo indicado en las normas de Construcción e Instalaciones Vigentes de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; con el objeto de proteger la perdida de humedad a la capa de Base Hidráulica se dará un riego de Impregnación para lo cual se utilizara emulsión asfáltica tipo rompimiento lento, misma que se deberá elaborar con cemento asfáltico AC-5 y aplicar en proporción de 1.5 a 1.8 Lts./m<sup>2</sup>, debiendo incluir los taludes, previamente al riego de impregnación deberá estar la superficie de la base hidráulica superficialmente seca y barrida, poreando la impregnación a razón de 5 Lts./m<sup>2</sup>, para el poreo se recomienda utilizar arena de banco; se construirá la carpeta asfáltica de un espesor de 5 cm. Compactos al 95% de su P.V.M.S., siendo el tipo de mezcla en el lugar. Para la construcción de la carpeta asfáltica se utilizara material de banco, al cual se le dará tratamiento de cribado para producir el material a tamaño máximo de ¾ a finos. Para la elaboración

de la carpeta asfáltica se utilizara emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico AC-20 de rompimiento medio, previamente al a construcción de la carpeta asfáltica se barrera la superficie de la capa de base hidráulica. Antes de tender la carpeta asfáltica se aplicara un riego de liga con emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico AC-5 de rompimiento rápido en proporción de 0.6 Lts./m<sup>2</sup>. Y finalmente se le aplicara un riego de sello con el objeto de formar una superficie de desgaste y antiderrapante, se aplicara un riego de sello tipo 3-A, para lo que se utilizara material pétreo de banco en una proporción de 12 Lts./m<sup>2</sup>. de material pétreo y emulsión asfáltica de rompimiento rápido, en proporción de 1.7 Lts./m<sup>2</sup>. previamente a la aplicación del riego de liga para sello, se barrera la superficie de la carpeta asfáltica.

### **3.3. Entorno Geográfico.**

En el presente tema se abordara la macro y micro localización de la zona de trabajo y de la región del poblado de Jucutacato, se estudiará la topografía, la geología, la Hidrología y el uso del suelo de esta región.

### 3.3.1. Macro y Microlocalización.



Fig. 1. Ubicación del camino, pudiéndose apreciar el camino Jucutacato – Cutzato marcada la zona en estudio.

En esta figura 1 se representa la zona en estudio con los kilometrajes ubicados del Km. 0+000 al 3+500 y sus poblaciones colindantes, siendo el centros turísticos de mayor importancia La Tzararacua Cascada ubicada a 7 Km. Por la carretera a Lázaro Cárdenas, de acuerdo con la pagina de Internet //www.michoacan-travel.com.

## MICROLOCALIZACIÓN

Localidad de Jucutacato, Estado de Michoacán

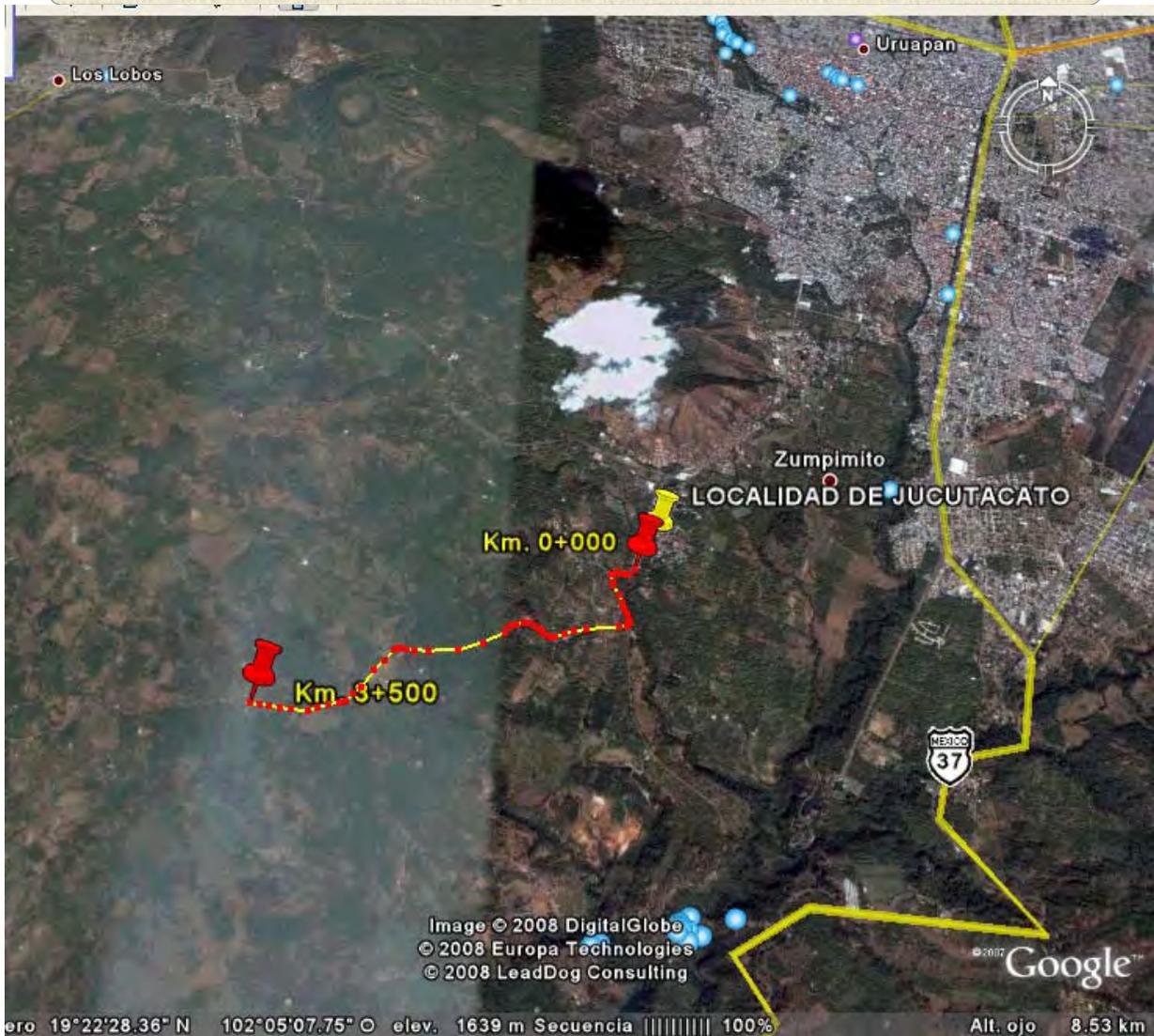


Fig. 2. Ubicación de la zona del tramo, mediante foto satelital.

En la figura 2 se representa el tramo a reconstruir más a detalle con los kilometrajes ubicados, por medio de esta foto satelital tomada a una altura de 8.53 Km, de acuerdo con el programa satelital Google Heart.

### **3.3.2. Topografía Regional y de la Zona en Estudio.**

El camino se localiza al SE de la Ciudad de Uruapan en la parte centro Oeste del Estado de Michoacán a una altura sobre el nivel del mar de 1600 m, con coordenadas geográficas del tramo son 19° 22' 40" de Latitud Norte y 102° 04' 39" de Longitud Oeste. Por estar a una distancia de 3 km. Del municipio, este limita al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 Km. según la pagina de Internet //www.mexico.pueblosamerica.com.

### **3.3.3. Geología Regional y de la Zona en Estudio.**

De acuerdo con la pagina de Internet //www.mexico.pueblosamerica.com. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

### **3.3.4. Hidrología Regional y de la Zona en Estudio.**

La hidrografía de la zona se constituye por el río Cupatitzio, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua.

El clima regional es templado y tropical en verano, Tiene una precipitación pluvial anual de 1, 759. 3, milímetros y temperaturas que oscilan entre 8. 0 a 37. 5 grados centígrados.

### **3.3.5. Uso de Suelo Regional y de la Zona en Estudio.**

De acuerdo con la pagina de Internet [//www.mexico.pueblosamerica.com](http://www.mexico.pueblosamerica.com). Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero

#### **Agricultura**

Es una actividad preponderante en el municipio, siendo sus principales cultivos: el maíz, aguacate, durazno, y hortalizas como jitomate, chile, calabacita y se practica el control de plagas.

#### **Turismo**

El potencial turístico del municipio es muy importante ya que los recursos naturales y arquitectónicos con los que cuenta aunado a la calidad de gente hacen de Uruapan un polo de desarrollo turístico altamente atractivo.

#### **Comercio**

El municipio cuenta con aproximadamente 1,158 comercios clasificados en 80 giros de los cuales el 11.6% son de abarrotes, el 8% farmacias, el 6.6% abarrotes con venta de vinos, el 5.7% tiendas de ropa, el 5.1% refaccionarais y accesorios para autos y aviones, el 4.8% son papelería e imprentas, el 4.5% de zapaterías y el 4.3 por ciento de ferreterías.

### **3.4. Informe Fotográfico.**

Se presenta un informe fotográfico en el que se observa el tipo de terreno y cobertura vegetal, los problemas de drenaje superficial, el estado físico actual del tramo, los vehículos que circulan por esta vía y los obstáculos especiales del camino de Jucutacato – Cutzato del Km. 0+000 al 3+500.

#### **3.4.1. Tipo de Terreno y Cobertura Vegetal.**

En esta zona del tramo a reconstruir tenemos un tipo de terreno plano y lomerío con una cobertura vegetal de plantas.



Se puede apreciar el tipo de vegetación que se presenta en esta zona, se aprecia la planta de pinos y aguacate otras especies como se muestra en la foto A, Teniendo un clima templado y tropical en verano.

**FOTO A**

#### **3.4.2. Problemas de Drenaje Superficial.**

Dentro del camino ya mencionado se percibe que el drenaje superficial es muy escaso, debido a tal consecuencia hay problemas sobre la superficie de rodamiento habiendo deformaciones en la estructura y la carpeta destruida, por tal motivo es necesaria la construcción de obras de drenaje nuevas como cunetas, alcantarillas, bordillos, lavaderos, etc.



**FOTO B**



**FOTO C**

En las fotos B y C se aprecian las cunetas que se hicieron, el agua empieza a socavar los hombros del camino, por tal motivo es necesario tener cunetas de concreto para el buen funcionamiento del camino y un buen mantenimiento del mismo.

### **3.4.3. Estado Físico Actual.**

Enseguida se presenta el estado en que se encuentra la superficie de rodamiento del tramo en cuestión, ya que es muy importante este punto porque de acuerdo al estado del camino y algunas pruebas a la estructura, así es el buen procedimiento constructivo a seguir.



**FOTO D**



**FOTO E**

En las fotos D y E se aprecia el estado en que se encuentra el camino, las malas condiciones en que se encuentra la carpeta asfáltica, se observan las deformaciones en el camino; provocadas por la falta de obras complementarias y una mala estructura del camino, la carpeta tiene un desgaste excesivo ya que es necesario su buena reparación de la misma.

#### **3.4.4. Vehículos que circulan por la vía .**

En este apartado se ve los tipos de vehículos que circulan por el tramo, es muy importante el tipo de carros que transitan por la vía, ya que de acuerdo a los tipos de vehículos y el número de los mismos se diseña la estructura y la carpeta asfáltica de la carretera en cuestión, en las siguientes fotos se aprecian algunos vehículos transitando por la vía.



**FOTO F**



**FOTO G**

Los tipos de vehículos que circulan por este camino son los “Ap”, coches y más frecuentemente camionetas pick-up, también son muy frecuentes los “Ac”, camionetas de doble rodado por el comercio al que se dedica esta zona como se muestra en las fotos F y G. Los camiones de carga que circulan por esta vía son por temporadas, los microbuses son frecuentes por la ruta que llevan de Jucutacato a

Cutzato pasando por la localidad de el Durazno; siendo que este camino es de gran importancia y muy necesario para el usuario que transita por el.

#### **3.4.5. Obstáculos Especiales.**

Dentro de los obstáculos especiales se encuentran varios vados sobre el tramo de Jucutacato – Cutzato, uno de los mas interesantes es el que se muestra en la foto siguiente, ya que el nivel del agua arrebase la superficie de rodamiento y de acuerdo a estas consecuencias es una destrucción fuerte del camino, por tal motivo es muy necesario la construcción de varios puentes en el tramo.



Es esta imagen se aprecia un obstáculo sobre el camino, la presencia de un arroyo, que en tiempo de lluvias afecta considerablemente al camino. La solución a esta situación es la construcción de un puente.

**FOTO H**

#### **3.5. Estudio de Transito.**

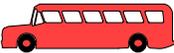
Este punto trata sobre el estudio del tránsito, realizando los aforos en el camino para determinar el tipo y clasificación de los vehículos que circulan por la vía; ya que es fundamental el volumen de tránsito para determinar el tipo de camino que se va a proyectar, así como la estructura de pavimento a colocar.

### 3.5.1. Tipo y Clasificación de los Vehículos.

Los vehículos los clasificamos de la siguiente manera:

- a) Vehículos ligeros menores de 3 toneladas -----“A”
- b) Transporte público de pasajeros ----- “B”
- c) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 2 ejes ----- “C2”
- d) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes ----- “C3”
- e) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 2 ejes -----“T3S2”
- f) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 3 ejes ----- “T3S3”
- g) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes, remolque de 3 ejes y semiremolque de 4 ejes -----“T3S3 R4”

### EN LAS SIGUIENTES FIGURAS SE APRECIA MEJOR LA CLASIFICACIÓN DEL TRANSITO

A		T3S2	
B		T3S3	
C2		T3S2-R4	
C3		OTRO	

### 3.5.2. Aforo Vehicular.

El resultado del estudio se representa mediante una gráfica indicadora del comportamiento y variación vehicular horaria, en esta gráfica se determinan los períodos de mayor afluencia (picos). Asimismo, cabe mencionar que el estudio se desarrolló en dos puntos de referencia; los cuales fueron el Km. 0+000 hacia la localidad de Jucutacato y en el Km. 3+500 hacia el Durazno, tratando con ello de situarse en las zonas de mayor afluencia.

RESUMEN DE AFOROS

DIA	TRANSITO (Vehículos)								
	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3R4	OTROS	TOTAL
04-Oct	315	4	3	2	2	0	0	2	328
	96.03%	1.22%	0.91%	0.60%	0.60%	0.25%	0.00%	0.60%	100.00%
05-Oct	380	4	5	2	1	0	0	5	397
	95.72%	1.00%	1.26%	0.50%	0.67%	0.00%	0.00%	1.26%	100.00%
06-Oct	285	4	8	1	3	0	0	2	303
	94.06%	1.32%	2.64%	0.33%	0.99%	0.00%	0.00%	0.66%	100.00%
<b>PROMEDIO</b>	<b>327</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>343</b>

Los volúmenes de tránsito medidos son bajos, la afluencia promedio de los tres días de aforo durante 12 Hrs. diarias es de 420 vehículos, en ambos sentidos.

Calculando el tránsito diario promedio anual con 24 hrs. diarias durante 1 año, aplicándole un porcentaje del 72% por lo que no todos los días es el mismo tránsito que circula por la vía, por consiguiente se divide entre el número de días del año para sacar el TDPA.

$$\text{TDPA} = \frac{343 \times 24}{12} = 686 \text{ Vehículos/24hrs.} \times 365 \text{ días}$$

TDPA = 250,390 Vehículos/año, se aplicara un 72%

$$\text{TDPA} = 250,390 \times 72\% = 180,280.8 / 365 = 494$$

Calculando el tránsito diario promedio anual nos arroja lo siguiente:

$$\boxed{\text{TDPA} = 494 \text{ Veh/día}}$$

Por lo que se considera un camino tipo C, siendo su TDPA entre 50 a 500 Veh/día.

### **3.6. Alternativas de Solución.**

En este tema se abordaran algunas soluciones a la reconstrucción del tramo de Jucutacato - Cutzato de acuerdo a los estudios ya realizados en el tramo; analizando los sondeos para verificar la estratigrafía de la estructura y el estado actual de la superficie de rodamiento, las deformaciones en la carpeta, etc.

#### **3.6.1. Planteamiento de Alternativas.**

\* Debido a que existen varios tipos de fallas una es la deformación de la carpeta sobre roderas teniendo desprendimiento del material pétreo; la falla es debido a una mezcla excedida de asfalto con temperatura inferior a la necesaria y un material pétreo húmedo, una solución al problema es levantar la carpeta vieja y construir una nueva.

\* Otra falla es que existe un agrietamiento en la carpeta llamado piel de cocodrilo desprendiéndose el material pétreo; esta es una falla estructural en la carpeta porque

ha llegado a su vida útil el pavimento y otra de las alternativas que se pueden presentar es cortar y abrir caja para una nueva subrasante una nueva base hidráulica y construir una nueva carpeta.

\* Existen en algunos tramos ondulaciones transversales algo ligeras sobre la carpeta; es una falla por mal compactación de la carpeta, si se sigue incrementando la ondulación por el tránsito una alternativa sería realizar una sobrecarpeta.

### **3.6.2. Alternativas a usar.**

Esta opción que se tomo tendrá una inversión justa por la necesidad del camino y un buen beneficio para la comunidad. En cuestión del impacto ambiental se selecciono una alternativa de menor daño al ecosistema de la zona, ya que no se atacaran bancos de material en exceso; cabe mencionar también los cambios de temperatura que existen en esta zona, no son muy variables;

Los materiales que fueron empleados en la construcción del camino fueron mala calidad en toda la longitud del tramo; Por lo anterior, se propone que la nueva subbase se conforme con una mezcla de material y carpeta existente, para así mismo aumentar su VRS adicionándole material de banco y lograr una buena calidad de esta capa.

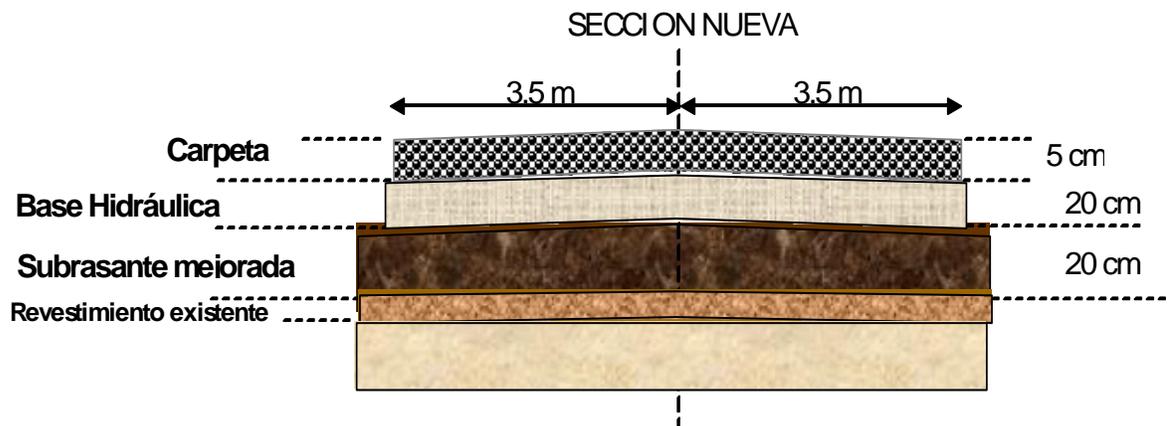
De acuerdo a los sondeos realizados y a la revisión de la estratigrafía del tramo y de acuerdo a las necesidades del tramo, es necesario mejorar la estructura de la siguiente manera:

1.- De acuerdo a la norma N-CSV-CAR-4-02-001/03 de la SCT Recuperación en Frío de Pavimentos Asfálticos; Se recuperara un espesor de 15 cm, de carpeta existente, y el mejoramiento existente a este material recuperado se le incorporara

material de banco con gravas y aumentar su VRS; así mismo se obtendrá una subbase de 20 cm. de espesor.

2.- Se realizara una base hidráulica nueva de 20cm de espesor de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-002/00 de la SCT.

3.- Se construirá una carpeta de 5 cm de espesor compactos, con mezcla asfáltica en el lugar de granulometría densa, de acuerdo a la norma N-CSV-CAR-3-02-005/02.



## **CAPITULO 4**

### **METODOLOGIA**

En el presente capítulo se estudiará la metodología que se empleó para el desarrollo de la tesis, comenzando primeramente con el método empleado, el enfoque de la investigación, su alcance, el diseño de la investigación, instrumentos de recopilación de datos y una descripción del proceso de investigación.

#### **4.1. Método Empleado.**

El método empleado que fue usado para este trabajo fue el método matemático cuantitativo, ya que en el proceso constructivo del tramo Jucutacato - Cutzato se optó por este método por la cuestión de que se involucran cálculos para diferentes situaciones.

##### **4.1.1. Método Matemático.**

El método matemático es aquel en el que se trabaja con números y una serie de cálculos para llegar a un resultado y así mismo poder tener una comparativa para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad.

El método de las matemáticas es el genético que indica el origen del objeto, el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad a sí misma.

“En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para firmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.” (Mendieta; 2005: 48,49).

#### **4.1.2. Método Analítico.**

Se emplea el método matemático pero se apoya con el método analítico que es la observación y examen de hechos, realizando un análisis de datos; entendiendo por análisis la descomposición de un todo en sus elementos.

Según Jurado Rojas (2005), este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar cada uno de ellos por separado, como lo realiza la química, la física y la biología, para luego a partir de él y de la experimentación de varios números de casos, establecer leyes universales.

Para realizar una investigación analítica, se tiene que cubrir sistemáticamente varias fases de manera continua que son:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Descomposición del fenómeno.
4. Enumeración de sus partes.
5. Ordenación.
6. Clasificación.

## **4.2. Enfoque de la Investigación.**

El presente trabajo se enfocó a una investigación cuantitativa que es en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, de acuerdo con Sampieri (2004) este tipo de investigación ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorga un control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Brinda una posibilidad de réplica y un enfoque en puntos específicos y facilita la comparación entre estudios similares.

En este trabajo de tesis se lleva a cabo el procedimiento de construcción de un camino ya ejecutado, se está partiendo de un proyecto ya realizado y se va a realizar una comparativa de resultados entre el trabajo real ejecutado contra el proyecto originalmente contratado, siendo así mismo por lo que se está empleando la investigación cuantitativa para analizar la comparativa de resultados y especificar las soluciones adecuadas de los resultados finales.

### **4.2.1. Alcance.**

El alcance en el presente trabajo es descriptivo y, de acuerdo con Sampieri (2004), el planteamiento consiste en describir situaciones, eventos y hechos. Es decir, cómo es y cómo se manifiesta cada fenómeno estudiado. Los estudios descriptivos especifican propiedades, características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier cosa que se involucre en un análisis. Miden, evalúan y se recolectan datos sobre varios puntos de lo que se investiga.

Para el presente trabajo de tesis es necesario partir de un proyecto ya realizado, investigarlo y ejecutarlo de acuerdo a las normas y especificaciones; y en base a eso realizar las conclusiones necesarias y hacer un análisis y una

comparativa si se cumplió con las normas del procedimiento de construcción del mismo. En sí en el estudio descriptivo se recolecta toda la información de manera independiente o conjunta sobre todos los conceptos a estudiar y necesarios del tema, se selecciona una serie de cuestiones y se describe lo que se investiga.

#### **4.3. Diseño de la Investigación.**

De acuerdo con Sampieri (2004) el diseño de esta investigación es **no experimental** por lo que se clasifica por su dimensión temporal o un número de momentos o puntos en el tiempo, en el cual se recopilan datos importantes para dicha investigación. Dichos diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales; siendo que para este caso de investigación el transeccional es el que va a ser realizado.

##### **4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal.**

Siguiendo con Sampieri, la investigación transversal recolecta datos en un sólo momento, en un tiempo único. Describe variables y analiza su incidencia e interrelación en un momento dado, es como tomar una fotografía de algo que sucede.

La medición bajo el enfoque cuantitativo, ocurre en un momento único. A su vez los diseños transeccionales se dividen en tres partes: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

#### **4.4. Instrumentos de recopilación de Datos.**

Para la recopilación de datos se realiza una observación cuantitativa ya que en ésta según Sampieri (2004), es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionarios en el mismo tiempo, las pruebas necesarias y la recolección de algunos contenidos para el análisis estadístico. Ya que en investigaciones cualitativas se usan entrevistas, algunas observaciones y documentos para tener diferentes apreciaciones sobre las variables, contextos y las personas.

Recolectar los datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos disponibles o desarrollarlos, tanto cualitativos como cuantitativos, dependiendo del tipo de estudio, de su planteamiento y de los alcances de la investigación.
  - b) Aplicar los instrumentos necesarios.
  - c) Se tienen que preparar adecuadamente las mediciones que se obtuvieron o los datos obtenidos en el levantamiento para ser analizados correctamente.
- En el enfoque cuantitativo, el recolectar datos equivale a medir; y el medir es el proceso de vincular los conceptos con indicadores empíricos, mediante una clasificación, siempre se miden las variables contenidas en las hipótesis.
  - En toda recolección de datos debe de existir una confiabilidad y una validez; siendo que la confiabilidad cuantitativa se refiere al grado de que la aplicación repetida de un instrumento de medición al mismo sujeto, de resultados iguales, y la validez cuantitativa se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que se pretende medir. Lo que puede afectar la

validez cuantitativa es la improvisación, utilizar instrumentos hechos en el extranjero y que no han sido validados para nuestro contexto.

- No existe medición perfecta, pero en sí el error que se percate se reduce a límites tolerables.
- La confiabilidad cuantitativa que se tiene se determina calculando un coeficiente de confiabilidad, estos varían entre 0 y 1, siendo que 0 = nula confiabilidad y 1 = total confiabilidad.
- La evidencia sobre la validez de criterio (cuantitativa) se obtiene comparando los resultados de aplicar el instrumento de medición contra los resultados de un criterio externo.
- Los pasos que se siguen para elaborar un instrumento de medición son:
  1. Se enlistan las variables a medir.
  2. Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
  3. Elegir uno ya desarrollado o se construye uno propio.
  4. Indicar niveles de medición de las variables (nominal, ordinal, por intervalos y de razón).
  5. Indicar cómo se habrán de codificar los datos.
  6. Aplicar prueba piloto.
  7. Construir su versión definitiva.

Dentro del trabajo de tesis y de acuerdo al tema en cuestión es necesario la utilización de unos programas computacionales para el correcto funcionamiento del tramo carretero propuesto, los programas a utilizar son el Autocad para la cuestión de los volúmenes de proyecto y el Opus Ole 2.0 para analizar el presupuesto y programación de la obra.

#### **4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación.**

El presente estudio se desarrolló partiendo principalmente de la ubicación del tramo carretero en estudio para posteriormente verificar si se contaba o no con el proyecto de construcción. Luego de lo anterior, fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportará la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos. Posteriormente, se realizó la captura de datos usando el programa computacional Autocad, civil cat, Opus Ole 2.0, y se contrastó con la teoría recabada, haciendo un análisis minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capitulo se abordará el procedimiento constructivo real de la obra, comenzando primeramente con el mejoramiento de la terracería, la construcción de la base hidráulica, la carpeta, ubicación de los bancos de materiales, el control de calidad de los trabajos y por último el costo y programa de ejecución de la obra.

#### 5.1. Reciclado del Pavimento y Construcción de la Subrasante.

En esta parte del trabajo se va a describir el procedimiento de construcción de la subrasante mediante un reciclado del pavimento existente, que es un conjunto de actividades que se utiliza para desintegrar la carpeta asfáltica y algo o todo el material de base, por medios mecánicos en frío, como se muestra en la siguientes fotos 5.1 y 5.2.



FOTO 5.1

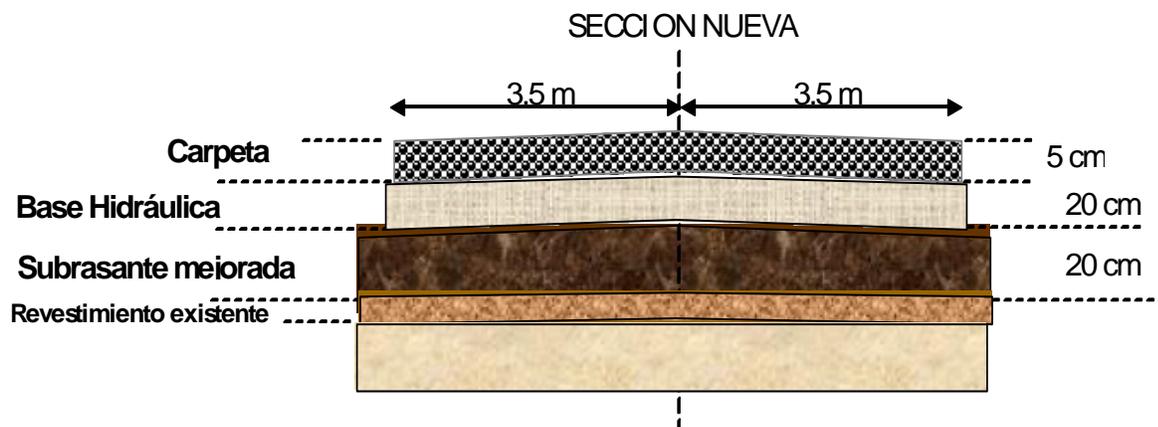


FOTO 5.2

El presente concepto se realizarán de acuerdo a lo que indique la Normativa N-CSV-CAR-4-02-001/03 para la Infraestructura del Transporte, Normas, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como se describe a continuación:

Primeramente se contempla efectuar corte y despalme en terreno natural tipo “B” y compactando el terreno natural al 90% de se P.V.S.M. adicionado con cuñas de sobreebancho ya que el camino existente tiene un ancho de calzada de 6 Mts y se ampliara a 7 Mts.

Se procederá a escarificar en todo el ancho del camino con motoconformadora un espesor de 15cm, teniendo 3 cm de carpeta existente y de 15 cm de revestimiento del terreno natural; así mismo a este material se le adicionara material de banco de buena calidad para la conformación de la capa subrasante en una cantidad suficiente para lograr un espesor de 20 cm.



El material recuperado y el material de banco se mezclarán hasta obtener una mezcla homogénea, se acamellonara el material y se recompactara la superficie descubierta en un espesor de 20 cm compactos al 100% del peso volumétrico seco máximo, aplicándole un porcentaje de agua y obtener su contenido optimo para su recompactación como se ve en la fotos 5.3 y 5.4 siguientes.



**FOTO 5.3**



**FOTO 5.4**

El material acamellonado se procederá a disgregar y eliminando el desperdicio mayor de (3") se le incorporará agua suficiente para lograr una humedad igual a la óptima, posteriormente se tenderá el material con la motoconformadora siguiendo los niveles de topografía y lograr el espesor deseado de 20 cm como se aprecia en la foto 5.5 y 5.6



**FOTO 5.5**



Siguiendo con el procedimiento y una vez que la sub-base que se compacta al 100% de su P.V.M.S. AASHTO Modificada queda terminada como se muestra en la siguiente foto 5.7, se tiene un gran cuidado en la topografía del camino ya que es muy importante tener los niveles adecuados y espesores del mismo.



**FOTO 5.7**

## **5.2. Construcción de la Base Hidráulica.**

Continuando con la elaboración de la base hidráulica, entendiéndose por base la capa de materiales pétreos que se construyen sobre la sub-base, cuyas funciones es proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que estas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez para evitar deformaciones, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

Para este tipo de camino se construye la base de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-002/00 de la SCT, Se realizaron varias pruebas de laboratorio de algunos bancos de material como se verán mas adelante, para la elaboración de la base hidráulica, cumpliendo con las especificaciones requeridas para esta capa. Primeramente se checará que ya se encuentre la capa de sub-base debidamente

compactada y nivelada dentro de las tolerancias, se construirá sobre la sub-base la capa de base con un espesor de 20 cm., con tamaño máximo (1 ½") (38) mm, se va a utilizar material seleccionado de una mezcla de río GW gravas bien graduadas y SM arenas limosas, se adicionará 30% de material triturado del banco el panadero, teniendo como resultado un material para base de buena calidad para ser usado en este tramo carretero, el material se cargara con un cargador frontal y se acarrea del banco hacia el tramo en camiones de 7 m<sup>3</sup>, y tipo trotón 14 m<sup>3</sup>, descargándose el material sobre la sub-base en volúmenes necesarios para cumplir con el proyecto, por estación de 20 m en tramos donde en un turno se pueda tender, conformar y compactar, se preparara el material extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por el medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar el contenido de agua adecuado y lograr su homogeneidad, como se ve en la foto 5.8; esto se hace en tres etapas, ya llegando a la humedad necesaria se distribuye el material en toda la corona para formar la capa de base con el espesor suelto de proyecto, teniendo cuidado que no se separe el material fino del grueso, se cuidara su uniformidad en granulometría y contenido de agua evitando la clasificación, se le dará la compactación al 100% con respecto al P.V.S.M. AASHTO Modificada, realizando la compactación con un rodillo vibratorio como se ve en la foto 5.9; en las tangentes de las orillas hacia el centro, y en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior con un traslape de la mitad del ancho del compactador en cada pasada. Teniendo por terminada la construcción de la base hidráulica como se muestra en la foto 5.10, verificando el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, cumpliendo con las tolerancias fijadas en el proyecto.



**FOTO 5.8**



**FOTO 5.9**



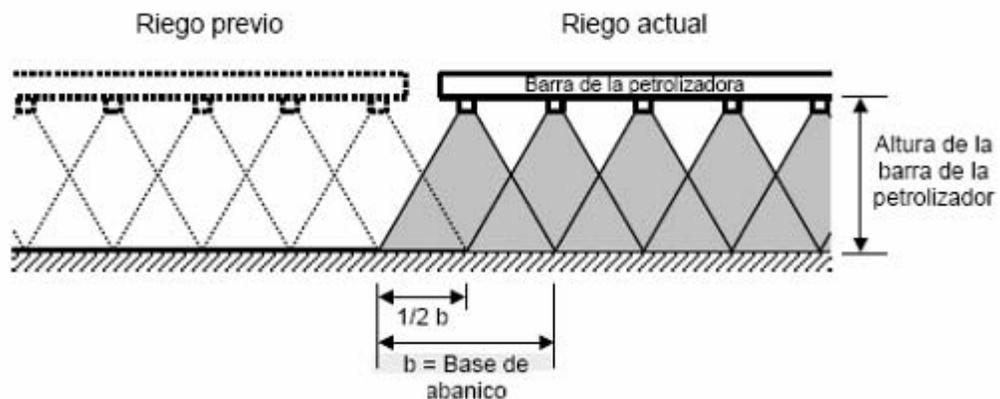
**FOTO 5.10**

### **5.2.1. Riego de Impregnación.**

Continuando con la ejecución del camino se dará un riego de impregnación, el cual consiste en la aplicación de de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como la base del pavimento, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El material que se utilizará para el riego va a ser emulsión de rompimiento lento para impregnación, de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-004/00, este concepto puede omitirse siempre y cuando el espesor de la carpeta sea mayor o igual a 10 cm., por lo que en este caso el espesor es de 5 cm si es necesario su riego de impregnación

Con el objeto de proteger la pérdida de humedad a la capa de Base Hidráulica se dará un riego de Impregnación, para lo cual deberá estar previamente humedecida (de forma ligera), barrida y sin materias extrañas, con cemento asfáltico AC-5 en proporción de 1.5 a 1.8 Lts./m<sup>2</sup>, incluyendo los taludes, se hará el riego con una petrolizadora equipada con odómetro, medidores de presión, medidores adecuados para el volumen aplicado y su termómetro teniendo la emulsión a una temperatura constante de 60° C dentro del tanque y teniendo un flujo uniforme del material asfáltico sobre la base a impregnar, el riego de impregnación no lo aplicaremos sobre superficies con agua, cuando exista amenaza de lluvia ó esté lloviendo, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del asfalto sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar, esté por debajo de los 15°C.

Se ajustará la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico de manera uniforme, de tal manera que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de la boquilla contigua (cubrimiento doble)



La superficie de impregnación deberá ser uniforme sobre la base hidráulica; la penetración del riego deberá ser mayor de (4) milímetros, siendo que por la necesidad del camino y del usuario que transita por la vía es necesaria la circulación de los vehículos, por tal razón se realizará un poreo a razón de 3 a 5 Lts./m<sup>2</sup>, con arena de banco, como se muestra en la siguiente foto 5.11 y 5.12.



**FOTO 5.11**



**FOTO 5.12**

### **5.3. Construcción de la Superficie de Rodamiento.**

En el presente tema se abordará la elaboración de la superficie de rodamiento mediante un concreto asfáltico con mezcla en el lugar.

### **5.3.1. Riego de Liga.**

El riego de liga se hará de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-005/00, mencionando que el riego de liga es la aplicación de un material asfáltico sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr una buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que es construida encima, se utilizara emulsión de rompimiento rápido, la carpeta tendrá un espesor de 5 cm por consecuencia en necesario el riego de liga, si la carpeta fuera de 10cm el espesor o mayor se podría omitir el riego de liga.

El riego de liga se aplicara una vez fraguado el riego de impregnación que nos servirá para que exista una adherencia adecuada entre el suelo de la base y la carpeta, se realizará el riego de liga con una petrolizadora equipada con odómetro, medidores de presión, medidores adecuados para el volumen aplicado y su termómetro teniendo la emulsión a una temperatura constante de 60° C dentro del tanque y teniendo un flujo uniforme del material asfáltico. Se aplicara uniformemente el riego con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.6 Lts./m<sup>2</sup>., como se ve en la foto 5.13; El riego no lo aplicaremos sobre superficies con agua, cuando exista amenaza de lluvia ó esté lloviendo, cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del asfalto sea uniforme y cuando la temperatura de la superficie por impregnar, esté por debajo de los 15°C.

Se ajustará la altura de la barra de la petrolizadora para aplicar el material asfáltico de manera uniforme, de tal manera que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla, cubra hasta la mitad de la base del abanico de la boquilla contigua (cubrimiento doble), la superficie cubierta por el riego de liga,

permanecerá cerrada a cualquier tipo de tránsito hasta que se construya la carpeta asfáltica



**FOTO 5.13**

### **5.3.2. Construcción de la Carpeta Asfáltica.**

La carpeta asfáltica se construirá por medio de mezcla en el lugar, siendo aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, utilizando calor como vehículo de incorporación. Esta carpeta con mezcla en el lugar se construyen para proporcionar al usuario una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, cómoda y segura, además tiene función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.

Se construirá la carpeta asfáltica de un espesor de 5 cm. Compactos al 95% de su P.V.M.S., siendo el tipo de mezcla en el lugar como se muestra en las fotos 5.14 y 5.15, Para la construcción de la carpeta asfáltica se utilizara material del banco el panadero, al cual se le dará tratamiento de cribado para producir el material a tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$  a finos. Para la elaboración de la carpeta asfáltica se utilizara emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico AC-20 de rompimiento medio,

previamente al a construcción de la carpeta asfáltica se barrera la superficie de la capa de base hidráulica.



**FOTO 5.14**



**FOTO 5.15**

### **5.3.3. Riego de Sello**

Finalmente se le aplicara un riego de sello con el objeto de formar una superficie de desgaste y antiderrapante, se aplicara un riego de sello tipo 3-A, para lo que se utilizara material pétreo en una proporción de 12 Lts./m<sup>2</sup>. y emulsión asfáltica de rompimiento rápido, en proporción de 1.7 Lts./m<sup>2</sup>. como se observa el la foto 5.16, A continuación se plancharán para asegurar que el máximo del material pétreo se adhiera al material asfáltico como se ven en la foto 5.17, previamente a la aplicación del riego de liga para sello, se barrera la superficie de la carpeta asfáltica.



**FOTO 5.16**



**FOTO 5.17**

#### **5.4. Señalamiento horizontal.**

Para tener una buena seguridad para el usuario que transita por este camino, se realizaran trabajos correspondientes a lo que es pintado de rayas laterales y centrales sobre la superficie de rodamiento, vialetas, indicadores de alineamiento (fantasmas); cabe mencionar que también se realizaran los trabajos de construcción de cunetas de concreto hidráulico ya que son muy necesarias para el buen funcionamiento del camino.

#### **5.4.1. Pintura para marcas en el pavimento.**

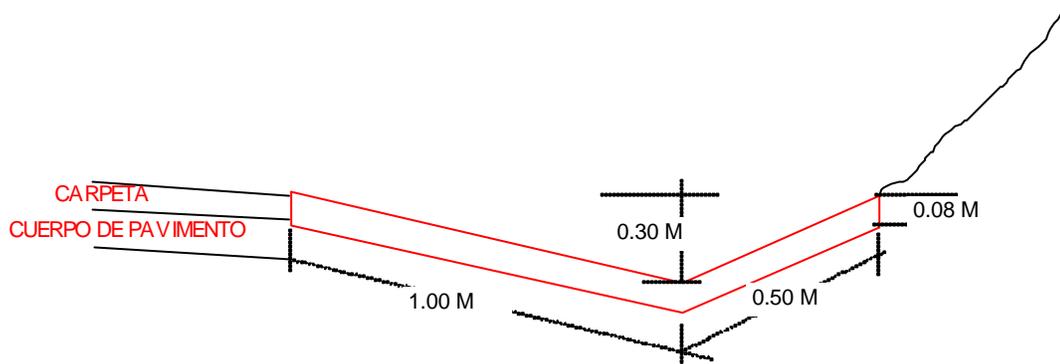
Para la ejecución de este trabajo se realiza con una camioneta pintarrayas, que consta de dos tanques, uno para la pintura amarilla y el otro para la blanca, además cuenta con otro tanque mas pequeño para la micro esfera. Ya teniendo la superficie preparada, bien barrida en todo el ancho y acotamientos, con el fin de eliminar el polvo y materias extrañas que puedan afectar la adherencia con la pintura, enseguida se trazaran sobre el pavimento las marcas del señalamiento, con la calidad y frecuencia para guiar a la pintarrayas, procediendo de inmediato a la aplicación de la pintura, al mismo tiempo se le adiciona la micro esfera para tener un buen reflejo por la noche; siendo una pintura de buena calidad teniendo una viscosidad de 67 a 75 unidades krebs a 25 °C, secado al tacto en unos 5 min. Y secado duro de 20 a 30 min.

El ancho de la raya será de 15 cm. y la proporción que tendremos para la micro esfera es de 700 gm por litro de pintura.

#### **5.4.2. Recubrimiento de Cunetas.**

Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados según la sección del camino, con el objetivo de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes, o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros

## SECCIÓN DE CUNETA CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE DE $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$



El concreto para las cunetas se fabricara con los materiales siguientes: cemento Pórtland, agua limpia exenta de aceites, ácidos u otras sustancias perjudiciales, los agregados pétreos como es grava triturada de  $\frac{3}{4}$ " y arena fina, en una proporción adecuada para alcanzar una resistencia de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ ; sobre el terreno se colocará la cimbra con zunchas de madera y se procederá a su colado alternadamente. Se construirán solamente, donde exista sección en balcón del lado del corte y en cortes en cajón de los dos lados como se ve en las fotos 5.18 y 5.19.



FOTO 5.18



FOTO 5.19

## 5.5. Bancos de Material.

Se realizaron estudios a los diferentes bancos de material de la región, viendo que no presenten problemas para su explotación y que sean las más adecuadas desde los puntos de vista económico, ecológico y que cumplan con las normas de la S.C.T., de calidad de materiales y resistencia, para el uso que serán propuestos.

Se encontró con algunos bancos de material, que a continuación se describen para lo que van a ser utilizados en la obra:

<b>NOMBRE DEL BANCO</b>	<b>DISTANCIA AL CG.</b>	<b>CAPAS P/ EMPLEAR</b>	<b>VOLUMEN A EXTRAER</b>
BANCO EL PANADERO	21.750 Km.	SUBRRASANTE	685 M <sup>3</sup>
BANCO EL PANADERO	21.750 Km.	BASE HIDRAULICA	2600 M <sup>3</sup>
BANCO EL PANADERO	21.750 Km.	CARPETA ASFALTICA	1,123 M <sup>3</sup>
BANCO EL PANADERO	21.750 Km.	SELLO 3-A	123 M <sup>3</sup>

Con la finalidad de dar cabal cumplimiento a la normatividad vigente de la SCT en estos bancos se cuida perfectamente que los materiales cumplan con las siguientes características:

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA SUB-BASES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</b>
--

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>
Límite líquido, máx.	30
Índice plástico, máx.	10
Equivalente de arena, mín.	30
Valor Soporte de California (CBR), mín.	50
Desgaste de Los Ángeles, máx.	50
Grado de compactación, mín.	100

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA BASES  
DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR</b>
Límite líquido, máx.	25
Índice plástico, máx.	6
Equivalente de arena, mín.	40
Valor Soporte de California (CBR), mín.	80
Desgaste de Los Ángeles, máx.	35
Partículas alargadas y lajeadas, máx.	40
Grado de compactación, mín.	100

Las características del material pétreo empleados en la carpeta de concreto asfáltico son las siguientes:

**CARACTERÍSTICAS DE MATERIAL PÉTREO PARA CARPETAS ASFÁLTICAS**

Densidad relativa, mín.	2.4
Desgaste de los Ángeles; %máx.	30
Partículas alargadas y lajeadas; %máx.	35
Equivalente de arena; %mín.	50
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua; % máx.	25

En el banco el panadero, se produce Sello 3-A. Durante la producción se cuidan las siguientes características:

**CARACTERÍSTICAS DE MATERIAL PÉTREO PARA SELLO**

Desgaste de los Ángeles; %máx.	30
Partículas alargadas y lajeadas; %máx.	35
Intemperismo acelerado; %máx.	12
Desprendimiento por fricción; % máx.	25
Cubrimiento con asfalto (Método Inglés); % mín.	90

Se mostraran en los anexos de 1 a 4, algunas de las pruebas de control de calidad realizadas en el tramo, como es la calidad del material de la sub-base, así mismo para la base hidráulica y calidad del material, para la carpeta se mostrará la calidad de la mezcla, así mismo se muestra el anexo 5 del proyecto de ejecución.

#### **5.6. Presupuesto y Programación de la Obra.**

Enseguida se mostrara el presupuesto (E-7), siendo que se compone del análisis de los precios unitarios, así mismo los precios se dividen en el costo directo de la obra, que este se compone de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, dentro de los precios unitarios se cargan lo que es la utilidad, los indirectos, financiamiento y los cargos adicionales de la obra como se muestra enseguida:

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO-CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LOCALIDAD DE JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO				
	TERRACERIAS 3.01.01				
	009-C DESMONTE				
1	C.02 DESMONTE, P.U.O.T. (INCISO 022 - H.02). b) SELVA O BOSQUE	HA	0.28	13,591.92	3,805.74
	<b>Total de 009-C DESMONTE</b>		<b>1</b>	<b>3,805.74</b>	<b>3,805.74</b>
	009-D CORTES				
4	D.05 ESCALONES. P.U.O.T. (INCISO 003-H.03)	M3	262	9.51	2,491.62
5	2) CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICIE	M3	5,930.00	26.42	156,670.60
	<b>Total de 009-D CORTES</b>		<b>1</b>	<b>159,162.22</b>	<b>159,162.22</b>
	009-E PRESTAMOS				
9	E.04 EXCAVACIONES DE PRESTAMOS P.U.O.T. b) DE BANCO (INCISO 004 - H.05) 1) DE BANCO "EL PANADERO"	M3	3,016.00	28.02	84,508.32
	<b>Total de 009-E PRESTAMOS</b>		<b>1</b>	<b>84,508.32</b>	<b>84,508.32</b>
	009-F TERRAPLENES				
10	F.09 COMPACTACION P.U.O.T. a) DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE LOS TERRAPLENES (INCISO 005 - H.09) 2) PARA NOVENTA POR CIENTO (90%)	M3	5,355.00	7.42	39,734.10
13	F.11 FORMACION Y COMPACTACION P.U.O.T. a) DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUÑAS DE SOBREANCHO (005 - H.11) 3) PARA NOVENTA Y CINCO PORCIENTO (95%)	M3	2,754.00	20.61	56,759.94
	<b>Total de 009-F TERRAPLENES</b>		<b>1</b>	<b>96,494.04</b>	<b>96,494.04</b>
	009-I ACARREOS PARA TERRACERIAS				
24	I.03 SOBRECARRERO DE MATERIALES, PRODUCTO EXCAVACIONES DE CORTE Y ADICIONALES ABAJO DE LA SUB-RASANTE, AMPLIACIONES Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCO, DERRUMBES, CANALES, CUANDO SE TRATE DE OBRAS QUE SE PAGUEN P.U.O.T. ( 008 - H.03) d) PARA CUALQUIER DISTANCIA DE MATERIALES DE	M3	2,754.00	5.42	14,926.68

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO-CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LOCALIDAD DE JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
PRESTAMO DE BANCO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CAPA SUB-RASANTE Y PARA COMPLETAR LA CONSTRUCCION DEL CUERPO DEL TERRAPLEN.					
25	2) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3-KM	55,080.00	2.84	156,427.20
	<b>Total de 009-I ACARREOS PARA TERRACERIAS</b>		<b>1</b>	<b>171,353.88</b>	<b>171,353.88</b>
	<b>Total de TERRACERIAS 3.01.01</b>		<b>1</b>	<b>515,324.20</b>	<b>515,324.20</b>
	OBRAS DE DRENAJE 3.01.02				
	047-C EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS				
26	C.02 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, DE ACUEI SU CLASIFICACION, A CUALQUIER PROFUNDAD (022-H.01): h) EXCAVADO P.U.O.T. CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD	M3	75.88	52	3,945.76
	<b>Total de 047-C EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS</b>		<b>1</b>	<b>3,945.76</b>	<b>3,945.76</b>
	047-D RELLENOS				
27	D.02 RELLENOS (INCISO 023-H.01) d) PARA PROTECCION DE OBRAS DE DRENAJE P.U.O.T.	M3	53.84	48.38	2,604.78
	<b>Total de 047-D RELLENOS</b>		<b>1</b>	<b>2,604.78</b>	<b>2,604.78</b>
	047-E MAMPOSTERIA				
28	E.13 MAMPOSTERIAS DE TERCER CLASE, A CUALQ ALTURA, P.U.O.T.(024 - H.12) a) CON MORTERO DE CEMENTO - ARENA 1:5 PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	11	654.01	7,194.11
	<b>Total de 047-E MAMPOSTERIA</b>		<b>1</b>	<b>7,194.11</b>	<b>7,194.11</b>
	047-F ZAMPEADOS				
29	F.07 ZAMPEADOS A CUALQUIER ALTURA, P.U.O.T. ( H.06) a) DE MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE, JUNTEADOS CON MORTERO DE CEMENTO	M3	6.2	486	3,013.20
	<b>Total de 047-F ZAMPEADOS</b>		<b>1</b>	<b>3,013.20</b>	<b>3,013.20</b>
	047-K ALCANTARILLAS DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO				
37	TUBERIA ADS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (I 031-H.02 Y EP-11 DE 61 CMS DE DIAMETRO	ML	22	1,730.75	38,076.50
	<b>Total de 047-K ALCANTARILLAS DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO</b>		<b>1</b>	<b>38,076.50</b>	<b>38,076.50</b>

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO-CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LOCALIDAD DE JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
45	Y.05 RECUBRIMIENTO DE CUNETAS Y CONTRACUN P.U.O.T. (044 - H.04) a) CUNETAS 6) CON CONCRETO HIDRAULICO SIMPLE DE F'c=150 KG/CM2	M3	33.86	1,248.01	42,257.62
	<b>Total de 047-Y TRABAJOS DIVERSOS</b>		<b>1</b>	<b>42,257.62</b>	<b>42,257.62</b>
	<b>Total de OBRAS DE DRENAJE 3.01.02</b>		<b>1</b>	<b>97,091.97</b>	<b>97,091.97</b>
	3.01.03 PAVIMENTOS				
	086-E SUB-BASES Y BASES				
49	E.05 SUB-BASES O BASES, P.U.O.T. (INCISO 074-H a) SUB-BASES 1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%) a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	685	87.97	60,259.45
50	b) BASE 1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%) a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	2,600.00	97.75	254,150.00
	<b>Total de 086-E SUB-BASES Y BASES</b>		<b>1</b>	<b>314,409.45</b>	<b>314,409.45</b>
	086-G MATERIALES ASFALTICOS				
60	G.07 MATERIALES ASFÁLTICOS, POR UNIDAD DE O TERMINADA (INCISO 076-H.07) c) EMULSIONES ASFÁLTICAS 2) EMPLEADAS EN RIEGOS a) EMULSIÓN DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO DE IMPREGNACIÓN.	LTS	38,745.00	4.05	156,917.25
70	b) EMULSION DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO	LTS	18,360.00	4.05	74,358.00
80	3) EMPLEADAS EN CARPETA a) EMULSION DE ROMPIMIENTO MEDIO EN CARPETAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR	LTS	211686	4.05	857,328.30
90	b) EMULSION DE ROMPIMIENTO MEDIO EN RIEGO [	LTS	16,800.00	4.05	68,040.00
	<b>Total de 086-G MATERIALES ASFALTICOS</b>		<b>1</b>	<b>1'156,643.55</b>	<b>1'156,643.55</b>
	F.10 RECOMPACTACION				
100	a) ESCARIFICADO, DISGREGADO, ACAMELLONADO LAS ALAS DE LA CAPA SUPERIOR DE LA SUB-RASANTE EXISTENTES EN CORTES Y TERRAPLENES CONSTRUIDOS CON ANTERIORIDAD, Y SU POSTERIOR TENDIDO YCOMPACTACION. P.U.O.T. (INCISO 005-H.10) 2) PARA NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%)	M3	1,634.00	36.1	58,987.40

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO-CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500

LOCALIDAD DE JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN

ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO -				
	<b>Total de F.10 RECOMPACTACION</b>		<b>1</b>	<b>58,987.40</b>	<b>58,987.40</b>
	<b>086-I RIEGO DE IMPREGNACION</b>				
110	I.02 BARRIDO DE LA SUPERFICIE POR TRATAR, P.U (078-H.01)	HA	2.1	1,190.00	2,499.00
	I.04 ARENA PARA CUBRIR LA BASE IMPREGNADA P.U.O.T. (INCISO 078-H.03)				
120	a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	105	185.13	19,438.65
	<b>Total de 086-I RIEGO DE IMPREGNACION</b>		<b>1</b>	<b>21,937.65</b>	<b>21,937.65</b>
	<b>086-K CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b>				
130	K.03 CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR, (P.U.O.T) ( Inciso 080-H.02)	M3	1,123.00	133.42	149,830.66
	a) Compacta al 95% (noventa y cinco por ciento)				
	1) DEL BANCO "EL PANADERO"				
	<b>Total de 086-K CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b>		<b>1</b>	<b>149,830.66</b>	<b>149,830.66</b>
	<b>086-M RIEGO DE SELLO</b>				
190	M.04 RIEGOS DE SELLO P.U.O.T. (INCISO 082-H.03)	M3	123	212.99	26,197.77
	a) UTILIZANDO MATERIAL PETREO 3-A				
	1) DEL BANCO "EL PANADERO"				
	<b>Total de 086-M RIEGO DE SELLO</b>		<b>1</b>	<b>26,197.77</b>	<b>26,197.77</b>
	<b>086-P ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b>				
200	P.05 ACARREOS P.U.O.T. (INCISO 082-H.04)	M3	913	5.42	4,948.46
	a) DE MATERIALES SELECCIONADOS NATURALES O QUE HAYAN TENIDO UN TRATAMIENTO PARA MEZCLAS O PARA CEMENTOS ASFALTICOS				
	1) MEDIDAS ACAMELLONADOS EN LOS ALMACENAMIENTOS O VEHICULOS DE TRANSPORTE				
	a) PARA EL PRIMER KILOMETRO				
210	b) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3-KM	18,260.00	2.84	51,858.40
220	2) MEDIDAS COMPACTOS EN LA CAPA CONSTRUID. BASE HIDRAULICA Y CARPETA.	M3-KM	74,460.00	2.84	211,466.40
	b) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES				
	<b>Total de 086-P ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b>		<b>1</b>	<b>268,273.26</b>	<b>268,273.26</b>
	<b>Total de 3.01.03 PAVIMENTOS</b>		<b>1</b>	<b>1'996,279.74</b>	<b>1'996,279.74</b>
	<b>Total de PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO</b>		<b>1</b>	<b>2'608,695.91</b>	<b>2'608,695.91</b>

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO-CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LOCALIDAD DE JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO -				
	<b>Total de</b>		<b>1.00</b>	<b>2'608,695.91</b>	<b>2'608,695.91</b>
	<b>Total de</b>		<b>1.00</b>	<b>2'608,695.91</b>	<b>2'608,695.91</b>
	<b>Total de Presupuesto</b>				<b>2'608,695.91</b>

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Importe	2007				
						Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Cantidad
<b>PROGRAMA DE CANTIDADES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS</b>										
PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 3+500 ORIGEN EN JUCUTACATO.										
PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO										
TERRACERIAS 3.01.01										
009-C DESMONTE										
1	C.02 DESMONTE, P.U.O.T. (INCISO 022 - H.02). b) SELVA O BOSQUE	HA	0.28	13,591.92	3,805.74	0.16	0.12			0.28
009-D CORTES										
4	D.05 ESCALONES, P.U.O.T. (INCISO 003-H.03)	M3	262.00	9.51	2,491.62	151.15	110.85			262.00
5	2) CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICE	M3	5930.00	26.42	156,670.60	3,421.15	2,508.85			5930.00
009-E PRESTAMOS										
9	E.04 EXCAVACIONES DE PRESTAMOS P.U.O.T. b) DE BANCO (INCISO 004 - H.05) 1) DE BANCO "EL PANADERO"	M3	3016.00	28.02	84,508.32		2,376.00	638.00		3016.00
009-F TERRAPLENES										
10	F.09 COMPACTACION P.U.O.T. a) DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE LOS TERRAPLENES (INCISO 005 - H.09) 2) PARA NOVENTA POR CIENTO (90%)	M3	5355.00	7.42	39,734.10		5,355.00			5355.00
13	F.11 FORMACION Y COMPACTACION P.U.O.T. a) DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUÑAS DE SOBREAÑO (005 - H.11) 3) PARA NOVENTA Y CINCO PORCIENTO (95%)	M3	2754.00	20.61	56,759.94		2,171.42	582.58		2754.00
009-I ACARREOS PARA TERRACERIAS										

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PROGRAMA DE CANTIDADES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS**

Clave	Descripción	Unida	Cantidad	P. U.	Importe	2007				Cantidad
						Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
24	I.03 SOBRECARGO DE MATERIALES, PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTE Y ADICIONALES ABAJO DE LA SUB-RASANTE, AMPLIACIONES Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCO, DERRUMBES, CANALES, CUANDO SE TRATE DE OBRAS QUE SE PAGUEN P.U.O.T. (008 - H.03) d) PARA CUALQUIER DISTANCIA DE MATERIALES DE PRESTAMO DE BANCO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CAPA SUB-RASANTE Y PARA COMPLETAR LA CONSTRUCCION DEL CUERPO DEL TERRAPLEN. 1) PARA EL PRIMER KILOMETRO 2) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3	2754.00	5.42	14,926.68		2,171.42	562.58		2754.00
25	OBRAS DE DRENAJE 3.01.02	M3-KV	55080.00	2.84	156,427.20		43,428.46	11,651.54		55080.00
26	047-C EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS C.02 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, DE ACUERDO A SU CLASIFICACION, A CUALQUIER PROFUNDIDAD (022-H.01): h) EXCAVADO P.U.O.T. CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD	M3	75.88	52.00	3,945.76	21.89	53.99			75.88
27	047-D RELLENOS D.02 RELLENOS (INCISO 023-H.01) d) PARA PROTECCION DE OBRAS DE DRENAJE P.U.O.T.	M3	53.84	48.38	2,604.78	15.53	38.31			53.84
28	047-E MAMPOSTERIA E.13 MAMPOSTERIAS DE TERCER CLASE, A CUALQUIER ALTURA, P.U.O.T. (024 - H.12) a) CON MORTERO DE CEMENTO - ARENA 1:5 PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	11.00	654.01	7,194.11	3.17	7.83			11.00
29	047-F ZAMPEADOS F.07 ZAMPEADOS A CUALQUIER ALTURA, P.U.O.T. (025 - H.06)	M3	6.20	486.00	3,013.20	1.79	4.41			6.20

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0-000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

<b>PROGRAMA DE CANTIDADES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS</b>																		
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Importe	2007												
						Julio	Agosto	Septiembre	Octubre									
	a) DE MAPOSTERIA DE TERCERA CLASE, JUNTEADOS CON MORTERO DE CEMENTO																	
047-K	ALCANTARILLAS DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO																	
37...	TUBERIA ADS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (INCISO 031-H.02 Y EP-11 DE 61 CMS DE DIAMETRO	ML	22.00	1,730.75	38,076.50	6.35	15.65											22.00
047-Y	TRABAJOS DIVERSOS																	
45	Y 05 RECURRIMIENTO DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS P.U.O.T. (044 - H.04)	M3	33.86	1,248.01	42,257.62			26.56	8.28									33.86
	a) CUNETAS																	
	b) CON CONCRETO HIDRAULICO SIMPLE DE F' C=150 KG/CM2																	
3.01.03	PAVIMENTOS																	
066-E	SUB-BASES Y BASES																	
49	E 05 SUB-BASES O BASES, P.U.O.T. (INCISO (074-H.04):	M3	685.00	87.97	60,259.45			685.00										685.00
	a) SUB-BASES																	
	1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%)																	
	a) DEL BANCO "EL PANADERO"																	
50	b) BASE	M3	2600.00	97.75	254,150.00				2,600.00									2600.00
	1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%)																	
	a) DEL BANCO "EL PANADERO"																	
066-G	MATERIALES ASFALTICOS																	
60	G 07 MATERIALES ASFALTICOS, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (INCISO 076-H.07)	LTS	38745.00	4.05	156,917.25	5,870.85	19,581.18	13,305.06										38745.00
	c) EMULSIONES ASFALTICAS																	
	2) EMPLEADAS EN RIEGOS																	
	a) EMULSION DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO DE IMPREGNACION.																	
70	b) EMULSION DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO DE SELLO	LTS	16360.00	4.05	74,358.00											16,360.00		16360.00

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

PROGRAMA DE CANTIDADES DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U.	Importe	2007				
						Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
80	3) EMPLERADAS EN CARPETA a) EMULSION DE ROMPIMIENTO MEDIO EN CARPETAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR	LTS	211686.00	4.05	857,328.30			136,972.29	74,712.71	211,686.00
90	b) EMULSION DE ROMPIMIENTO MEDIO EN RIEGO DE LIGA	LTS	16800.00	4.05	68,040.00			10,870.59	5,939.41	16,800.00
	<b>F.10 RECOMPACTACION</b>									
100	a) ESCARIFICADO, DISGREGADO, ACAMELLONADO, POR LAS ALAS DE LA CAPA SUPERIOR DE LA SUB-RASANTE EXISTENTES EN CORTES Y TERRAPLENES CONSTRUIDOS CON ANTERIORIDAD, Y SU POSTERIOR TENDIDO Y COMPACTACION. P.U.O.T. (INCISO 805-H.10) 2) PARA NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%)	M3	1634.00	36.10	58,987.40			1,634.00		1,634.00
	<b>086-I RIEGO DE IMPREGNACION</b>									
110	I.02 BARRIDO DE LA SUPERFICIE POR TRATAR, P.U.O.T. (078-H.01) I.04 ARENA PARA CUBRIR LA BASE IMPREGNADA P.U.O.T. (INCISO 078-H.03)	HA	2.10	1,190.00	2,499.00			2.10		2.10
	<b>086-K CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b>									
120	a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	105.00	185.13	19,438.65			105.00		105.00
	<b>086-K CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR, (P.U.O.T.) (Inciso 080-H.02)</b>									
130	K.03 CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR, (P.U.O.T.) (Inciso 080-H.02) a) Compacta al 95% (noventa y cinco por ciento) 1) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	1123.00	133.42	149,830.66			823.53	299.47	1123.00
	<b>086-M RIEGO DE SELLO</b>									
190	M.04 RIEGOS DE SELLO P.U.O.T. (INCISO 082-H.03) a) UTILIZANDO MATERIAL PETREO 3-A 1) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	123.00	212.99	26,197.77				123.00	123.00
	<b>086-P ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTO</b>									
200	P.05 ACARREOS P.U.O.T. (INCISO 082-H.04)	M3	913.00	5.42	4,948.46				913.00	913.00

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

Clave	Descripción	Unida	Cantidad	P. U.	Importe	2007				
						Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Cantidad
210	a) DE MATERIALES SELECCIONADOS NATURALES O QUE HAYAN TENIDO UN TRATAMIENTO PARA MEZCLAS O PARA CEMENTOS ASFALTICOS 1) MEDIDAS ACAMELLONADOS EN LOS ALMACENAMIENTOS O VEHICULOS DE TRANSPORTE a) PARA EL PRIMER KILOMETRO b) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3-KV	18260.00	2.84	51,858.40			16,789.39	1,490.61	18260.00
220	2) MEDIDAS COMPACTOS EN LA CAPA CONSTRUIDA DE LA BASE HIDRAULICA Y CARPETA. b) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3-KV	74460.00	2.84	211,466.40			68,381.63	6,078.37	74460.00



**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PROGRAMA DE MONTOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS**

Descripción	Unidi	Cantidad	P. Unitario	Importe	Porce.	Cobranza					Importe	
						Julio 16-31	Agosto 01-15	16-31	Septiembre 01-15	16-30		Octubre 01-15
2) PARA NOVENTA POR CIENTO (90%)												
F.11 FORMACION Y COMPACTACION P.U.O.T. a) DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUÑAS DE SOBREALCHO (005 - H.11) 3) PARA NOVENTA Y CINCO PORCIENTO (95%)	M3	27754.00	20.61	56,759.94	2.18%		16,373.06	26,373.97	12,006.81			56,759.94
<b>009-I ACARREOS PARA TERRACERIAS</b>												
I.03 SOBRECARRIO DE MATERIALES, PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTE Y ADICIONALES ABAJOS DE LA SUB-RASANTE, AMPLIACIONES Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES, TERRAPLENES EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES EXISTENTES, ESCALONES, DESPALMES, PRESTAMOS DE BANCO, DERRUMBES, CANALES, CUANDO SE TRATE DE OBRAS QUE SE PAGUEN P.U.O.T. (008 - H.03) d) PARA CUALQUIER DISTANCIA DE MATERIALES DE PRESTAMO DE BANCO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CAPA SUB-RASANTE Y PARA COMPLETAR LA CONSTRUCCION DEL CUERPO DEL TERRAPLEN. 1) PARA EL PRIMER KILOMETRO	M3	27754.00	5.42	14,926.68	0.57%		4,805.77	7,463.34	3,157.57			14,926.68
2) PARA KILOMETROS SUBSECUENTES	M3-K	55080.00	2.84	156,427.20	6.00%		45,413.23	78,213.80	30,000.37			156,427.20
<b>OBRAS DE DRENAJE 3.01.02</b>												
<b>047-C EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS</b>												
C.02 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, DE ACUERDO A SU CLASIFICACION, A CUALQUIER	M3	75.88	52.00	3,945.76	0.15%	1,138.20	1,821.12	986.44				3,945.76

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

Descripción	Unid.	Cantidad	Unitario	Importe	Porce.	PROGRAMA DE MONTOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS				Importe	
						Julio 01-15	Agosto 01-15	Septiembre 01-15	Octubre 01-15		
<b>047-D RELLENOS</b>											
PROFUNDIDAD (022-H.01): h) EXCAVADO P.U.O.T. CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD											
D.02 RELLENOS (NCISO 023-H.01) d) PARA PROTECCION DE OBRAS DE DRENAJE P.U.O.T.	M3	53.84	48.36	2,604.78	0.10%	751.36	1,202.21	651.19			2,604.78
<b>047-E MAMPOSTERIA</b>											
E.13 MAMPOSTERIAS DE TERCER CLASE, A CUALQUIER ALTURA, P.U.O.T.(024 - H.12) e) CON MORTERO DE CEMENTO - ARENA 1:5 PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	11.00	654.01	7,194.11	0.28%	2,075.22	3,320.36	1,798.53			7,194.11
<b>047-F ZAMPEADOS</b>											
F.07 ZAMPEADOS A CUALQUIER ALTURA, P.U.O.T. (025 - H.06) a) DE MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE, JUNTEADOS CON MORTERO DE CEMENTO	M3	6.20	486.00	3,013.20	0.12%	865.19	1,390.71	753.30			3,013.20
<b>047-K ALCANTARILLAS DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO</b>											
TUBERIA ADS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (NCISO 031-H.02 Y EP-11 DE 61 CMS DE DIAMETRO	ML	22.00	1,730.75	38,076.50	1.46%	10,965.69	17,573.77	9,519.13			38,076.50
<b>047-Y TRABAJOS DIVERSOS</b>											

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM 0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO, MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

PROGRAMA DE MONTOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Descripción	Unidi.	Cantidad	P. Unitario	Importe	Porce.	Meses					Importe
						Julio 01-15	Agosto 01-15	Septiembre 01-15	Octubre 01-15	Noviembre 01-15	
Y.05 RECUBRIMIENTO DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS P.U.O.T. (044 - H.04) a) CUNETAS b) CON CONCRETO HIDRAULICO SIMPLE DE F'C=150 KG/CM2	M3	33.86	1,248.01	42,257.62	1.62%			11,288.70	20,659.28	30,339.64	42,257.62
<b>3.01.03 PAVIMENTOS</b>											
<b>086-E SUB-BASES Y BASES</b>											
E.05 SUB-BASES O BASES, P.U.O.T. (INCISO (074-H.04) a) SUB-BASES 1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%) a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	665.00	87.97	60,259.45	2.31%			49,763.75	19,495.79		60,259.45
b) BASE 1) COMPACTADA AL CIEN POR CIENTO (100%) a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	2600.00	97.75	254,150.00	9.74%			171,625.00	82,525.00		254,150.00
<b>086-G MATERIALES ASFALTICOS</b>											
G.07 MATERIALES ASFALTICOS, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA (INCISO 076-H.07) c) EMULSIONES ASFALTICAS 2) EMPLEADAS EN RIEGOS a) EMULSION DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO DE IMPREGNACION. b) EMULSION DE ROMPIMIENTO RAPIDO EN RIEGO DE SELLO	LTS	36745.00	4.05	156,917.25	6.02%	8,275.34	38,040.55	41,213.59	38,655.52	17,455.25	156,917.25
	LTS	15360.00	4.05	74,358.00	2.85%					74,358.00	74,358.00

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

OBRA: PAVIMENTACION DEL CAMINO JUCUTACATO - CUTZATO TRAMO: DEL KM.0+000 AL 3+500  
LUGAR: JUCUTACATO MUNICIPIO DE URUAPAN MICHOACAN  
ELABORO: JORGE ALBERTO LOPEZ VILLANUEVA

**PROGRAMA DE MONTOS DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS**

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	Porce.	Mes					Importe	
						16-31	Agosto 01-15	15-31	Septiembre 01-15	15-31		Octubre 01-15
<b>3) EMPLEADAS EN CARPETA</b>	LTS	211686.00	4.05	857,328.30	32.86%				55,741.84	302,586.46		857,328.30
a) EMULSION DE ROMPIMIENTO MEDIO EN CARPETAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR	LTS	16800.00	4.05	68,040.00	2.51%				48,025.88	24,014.12		68,040.00
<b>F. 10 RECOMPACTACION</b>												
a) ESCARIFICADO, DISGREGADO, ACAMELLONADO, POR LAS ALAS DE LA CAPA SUPERIOR DE LA SUB-RASANTE EXISTENTES EN CORTES Y TERRAPLENES CONSTRUIDOS CON ANTERIORIDAD, Y SU POSTERIOR TENDIDO Y COMPACTACION P.U.O.T. ( INCISO 005-H.10)	M3	1634.00	36.10	58,987.40	2.26%		58,987.40					58,987.40
2) PARA NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%)												
<b>086-J RIEGO DE IMPREGNACION</b>												
1.02 BARRIDO DE LA SUPERFICIE POR TRATAR, P.U.O.T. ( 078-H.01)	HA	2.10	1,190.00	2,499.00	0.10%			1,690.50	808.50			2,499.00
1.04 ARENA PARA CUBRIR LA BASE IMPREGNADA P.U.O.T. (INCISO 078-H.03)												
a) DEL BANCO "EL PANADERO"	M3	105.00	185.13	19,438.65	0.75%			13,148.67	6,289.98			19,438.65
<b>086-K CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR</b>												
K.03 CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR, (P.U.O.T.) ( Inciso 080-H.02)	M3	1123.00	133.42	148,830.66	5.74%					109,875.82	38,954.84	148,830.66



## **5.7. Comparativa del Procedimiento de Construcción.**

Luego de haber realizado el procedimiento constructivo del tramo Jucutacato – Cutzato se observa que, de acuerdo al proyecto original se tenía contemplado un proceso algo diferente al real; se pretendía realizar un reciclado de carpeta existente de 3 cm de espesor y 15 cm de mejoramiento del terreno natural ya que al hacer un análisis a futuro de ésta carretera era muy poco el espesor de recuperación, razones por las cuales se optó por realizar una recuperación de 15 cm (12 cm del mejoramiento y 3 cm de la carpeta existente) adicionándole material del banco el panadero para obtener una subbase hidráulica de 20cm de espesor, así mismo la base hidráulica se tenía proyectada de 20 cm de espesor la cual se construyo de acuerdo al proyecto, basándose en norma N-CTR-CAR-1-04-002/00. Por tal motivo fue necesario reforzar la estructura de la subbase, debido a que Jucutacato y Cutzato toda vez que es una zona de producción aguacatera, de acuerdo con la rehabilitación del tramo citado y su continuación se tendrá una gran influencia de vehículos tanto de carga pesada como de transporte privado, que transitará por ésta vía tan importante y se pretende evitar las probables deformaciones en la estructura.

En el concepto del reciclado del pavimento, se pretendía realizar el reciclado con una maquina recicladora, pero se analizo con el laboratorio y se opto por realizar este trabajo por medio de la motoconformadora, haciendo el escarificado y mezclándolo con el material de banco, cumpliendo con todos los requisitos de calidad que marca la norma N-CSV-CAR-4-02-001/03 de la SCT, llevando a cabo un buen proceso de la subbase y teniendo un costo menor al proyectado.

La carpeta asfáltica y el sello se realizaron de acuerdo a las normas de la SCT, cumpliendo con todos los requisitos de calidad, siendo que el costo de estos

conceptos se mejoró, avalados por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Estado de Michoacán. Los demás conceptos se realizaron de acuerdo al proyecto original cumpliendo con todos los requisitos solicitados por la SCT, por lo que este trabajo fue realizado con un presupuesto accesible y más económico al de proyecto, siendo lo más importante que se construyó con una garantía de buena calidad, como se muestran algunas de las pruebas en los anexos.

## CONCLUSIONES

Al término de los trabajos de este camino se llega a la conclusión de que se cumplió el objetivo general, aunado a que el procedimiento de construcción del pavimento se realizó de acuerdo a la normatividad de la SCT, cumpliendo con todos los requisitos solicitados por esta dependencia, teniendo un camino con características confiables para el usuario y de buena calidad, además se concluye que el presupuesto es razonable, teniendo un buen análisis de la maquinaria, y equipo, mejorando el costo de la obra con lo proyectado, siendo una de las razones principales de tener materiales de buena calidad que se utilizaron en el tramo, también se tiene una buena programación mensual de la obra, cumpliendo con el tiempo necesario para la ejecución de los trabajos basándose en el programa para precios unitarios Opus Ole.

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas y deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario. Estas fallas y deterioros se producen por:

- Repetición continúa de cargas.
- Condiciones propias de la estructura del pavimento.
- Acción de los agentes climáticos.

En la actualidad en el estado de Michoacán, se han venido inversiones necesarias para la reconstrucción de caminos de gran necesidad, como es el caso de este tramo de Jucutacato – Cutzato, siendo de gran importancia por su actividad económica, estas inversiones se incluyen por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, que forma parte de un programa de mejoramiento de los principales accesos a los municipios por donde circulan la mayor parte de los productos agrícolas de la región, tendrá un fuerte impacto municipal ya que acelerara la integración económica, toda vez que es una zona de producción aguacatera.

Con la pavimentación de este camino se agilizará el tráfico vehicular, disminuyendo los tiempos de recorrido y acelerando el desarrollo de la región generando un beneficio social importante, además de obtener una mejoría en infraestructura de comunicaciones del municipio de Uruapan, beneficiando directamente a las poblaciones de Jucutacato y Cutzato mismos que tendrán un mejor vínculo con el resto del municipio, lo que traerá grandes beneficios en las actividades económicas del municipio y la región

De acuerdo a la pregunta de investigación, ¿cuál es el procedimiento que se debe seguir aprovechando el pavimento existente?; Dentro del procedimiento de construcción, se lleva a cabo los pasos a seguir para la elaboración de la subbase hidráulica, siendo un concepto principal dentro de este análisis, se escarifica el pavimento existente en un espesor de 15cm, adicionándole material de banco de buena calidad, logrando así mismo un espesor de 20cm, la siguiente capa es la base hidráulica hecha de materiales de banco; la carpeta asfáltica siendo del tipo de mezcla en el lugar y el sello 3ª del banco el panadero, y así tener una estructura

suficientemente reforzada y de buena calidad, y de acuerdo a esto evitar posibles fallas en la superficie de rodamiento.

Dentro del transcurso de la obra se lleva a cabo un buen control de calidad, teniendo en la obra un laboratorio de planta certificado por la dependencia, llevando a cabo un buen análisis tanto del material empleado como la compactación de las capas de la estructura, teniendo una gran ventaja llevando este análisis del pavimento, por lo que es necesario hacerle pruebas de laboratorio a las capas de la subbase, base hidráulica, carpeta asfáltica y el riego de sello, para así mismo garantizar el buen funcionamiento del camino y darle una buena seguridad al usuario que transita por esta vía tan importante, cumpliendo con todos los requisitos y normas de calidad para la construcción de caminos en esta zona.

Otra de las situaciones importantes en este camino, es el buen manejo de la topografía, ya que con esta misma se llevó a cabo un buen procedimiento del mismo, llegando a resultados adecuados del alineamiento, perfil, secciones transversales, por lo que se cumple con todas las características confiables para esta carretera.

Por último se puede dar a conocer, que la reconstrucción de este camino se llevo a cabo con un buen procedimiento de construcción, un buen control de calidad, un proceso topográfico de calidad y un buen análisis del presupuesto, cumpliendo así mismo con todos los requisitos solicitados, dejando en buen funcionamiento el tramo en cuestión del camino Jucutacato – Cutzato, beneficiando a todo el poblado de esta región y sus alrededores, brindándoles una buena seguridad, al transitar por esta vía de comunicación tan importante.

## BIBLIOGRAFIA

Alfonso Mier S. José (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

UMSNH.

Arias Rivera G. Carlos (1984)

Cuaderno de Comportamiento de Suelos.

Fac. Ingeniería UNAM.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la Investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de Investigación Documental.

Ed. Thomson. México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1976)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:**

[//www.arqhys.com/construccion/subbase-construccion.html](http://www.arqhys.com/construccion/subbase-construccion.html)

Bases de Licitación (S.C.O.P)

[//www.construaprende.com/t/07/T7pag04.php](http://www.construaprende.com/t/07/T7pag04.php)

<http://documentos.arq.com.mx/Detalles/2356.html>

[//www.mexico.pueblosamerica.com](http://www.mexico.pueblosamerica.com).

[http://www.michoacan-travel.com/fiprotur/imagen/mapa\\_michoacan.gif](http://www.michoacan-travel.com/fiprotur/imagen/mapa_michoacan.gif)

Normativa Para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT)

Programa Satelital Google Heart



**GOBIERNO DE MICHOACAN**  
**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ANALISIS DE MATERIALES**

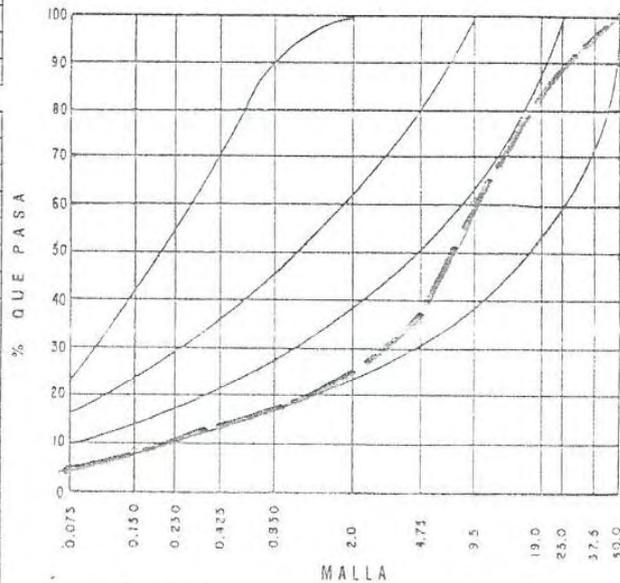
**INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE**

OBRA: JUCUTACATO - CUTZATO	ENSAYE N° 1779/1782
LOCALIZACION: MUNICIPIO DE URUAPAN MICH.	FECHA DE RECIBO: JULIO 25 DEL 2007
	FECHA DE INFORME: SEP 03 DEL 2007

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE	BASE	XX	SUB-BASE
	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL	Tezontle negro		
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO	Frente de ataque principal del Banco " El Panadero "		
	TRATAMIENTO PREVIO AL Cribado.	Ninguno.		
	UBICACIÓN DEL BANCO	km: 0+000 desviación atrás 20 km.		

P. E. SECO SUELTO kg/m3	1128
P. E. S. MAXIMO kg/m3	1549
HUMEDAD OPTIMA %	7.5
P. E. DEL LUGAR kg/m3	
HUMEDAD DEL LUGAR %	

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	T.M.	2 1/2"
	EN 50.0	0.7
	EN 37.5	
	MALLA % QUE PASA	
	50.0	100
	37.5	95
	25.0	89
	19.0	81
	9.5	60
	4.75	37
	2.00	24
	0.850	16
	0.425	12

V. R. S (ESTANDAR) %	130.4
EXPANSION %	0.00
VALOR CEMENTANTE kg/cm2	
EQUIVALENTE DE ARENA %	94.5

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 9.5	
ABSORCION %	8.3
DENSIDAD	1.85
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 0.425

LIMITE LIQUIDO %	31
LIMITE PLASTICO %	NO PLASTICO
INDICE PLASTICO %	NO PLASTICO

EQUIV. HUM. DE CAMPO %	-
CONTRACCION LINEAL %	0.0
CLASIFICACION S.U.C.S.	"GW-GM"

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:  
 El material ensayado cumple especificaciones para base y sub-base hidráulica.

*[Firma]*  
 C. MIGUEL GONZALEZ NAVARRETE  
 LABORATORISTA

*[Firma]*  
 T.P. J. VICTOR JASSO RODRIGUEZ  
 JEFE DE LABORATORIO

*[Firma]*  
 ING. EDUARDO GARCIA OREGEL  
 JEFE DE DEPARTAMENTO



Gobierno de Michoacán  
 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS  
 DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS  
 DEPARTAMENTO ANALISIS DE MATERIALES

INFORME DE PRUEBAS EN MEZCLA ASFALTICA

OBRA: JUCUTACATO - CUTZATO ENSAYES No. 658/659  
 LOCALIZACION: MUNICIPIO DE URUAPAN MICH.  
 (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)  
 FECHA DE INFORME: 17 DE SEP 2007

CLASIFICACION: Mezcla asfáltica USO: Carpeta asfáltica  
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO: Carpeta tandida en el km: 0+560 lado derecho  
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: Cribado  
 UBICACION DEL BANCO DONDE PROVIENE EL MATERIAL PETREO:

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO

PESO SUELTO kg/m3	
ECUIV. ARENA %	
CONTRACCION LINEAL	
DESGASTE %	
PART. ALARGADAS %	
PART. LAJEADAS %	
PART. LAJEADAS %	
ADHERENCIA	BUENA
% DE TRIT.	

COMPL. CION GRANULOMETRICA	T. MAXIMO	1"
	DESPERDICIO %	1.0
	MALLA	% QUE PASA
	Num. 25.0	100
	19.0	99
	12.5	96
	9.5	92
	6.3	83
	4.75	77
	2.0	53
	0.850	33
	0.425	21
0.250	19	
0.150	14	
0.075	9	



SUP ESPECIFICA, m2/kg	7.8840
DENSIDAD	
ABSORCION, %	
INDICE ASFALTICO, kg/m2	

CARACT. DE ASFALTO		PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA	
TIPO	OPT. DE ASF % EN PESO	P.E. SUELTO Kg/m3	
DENSIDAD	ASF. EN MEZCLA % EN PESO	P.E. MAX. Kg/m2	6.9
RESIDUO ASF.%	CONT. DE SOLV. (K)	P.E. DEL LUGAR kg/m3	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:  
 La mezcla asfáltica ensayada presenta características físicas aceptables para carpeta.

EL LABORATORISTA <i>Francisco Méndez Ortiz</i> C. FRANCISCO MENDOZ ORTIZ	EL JEFE DE LABORATORIO <i>T.P. Juan Víctor Jasso Rodríguez</i> T.P. JUAN VICTOR JASSO RODRIGUEZ	EL JEFE DEL DEPARTAMENTO <i>Ing. Eduardo García Oregel</i> ING. EDUARDO GARCIA OREGEL
--	---	---

**GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**  
**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS**  
**DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS DE MATERIALES**



FOLIO: 070

**INFORME DE PRUEBAS EN MEZCLA ASFÁLTICA**

OBRA	JUCUTACATO - CUTZATO	ENSAYOS No.	1513/9510
LOCALIZACIÓN:	MUNICIPIO DE URUAPAN MICH <small>(CARRERA SANHO, TRAMO KILOMETRO CRUCE DEL CARRERAMENTO ETC.)</small>	FECHA DE INFORME	24 DE SEPTIEMBRE 2007

DATOS DEL MUESTREO	CLASIFICACION:	Terzotas negro	USO:	Etab. Mezcla asfáltica
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:		MATERIAL acondicionada en el Sub-tramo km: 1+500 - 2+100	
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:		Criado	
	UBICACION DEL BANCO DONDE PROVIENE EL MATERIAL PETREO:		"El Panadero"	

P. E. SECO SUELTO kg/m <sup>3</sup>	1299
EQUIV. ARENA %	97.0
CONTRACCION LINEAL	0.0
DESGASTE %	
PART. ALARGADAS %	
PART. LAJEADAS %	
ADHERENCIA	BUENA
% DE TRITURACION	



COMPOSICION GRANULOMETRICA	1 MAXIMO	1 *
	DESPERDICIO %	3.6
	MALLA	% QUE PASA
	Num. 25.0	
	19.0	100
	12.5	95
	9.5	86
	6.3	71
	4.8	58
	2.0	43
	0.9	34
	0.4	25
0.3	20	
0.2	15	
0.1	8	

SUP. ESPECIFICA, m <sup>2</sup> /kg	7.7273
DENSIDAD	1.99
ABSORCION, %	5.5
INDICE ASFALTICO, kg/m <sup>2</sup>	

CARACT. DE ASFALTO	PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA	
TIPO	DPT. DE ASF. N. EN PEGO	P. E. SUELTO kg/m <sup>3</sup>
DENSIDAD	ASF. EN MEZCLA N. EN PEGO	P. E. MAX. kg/m <sup>3</sup>
RESIDUO ASF. %	CONT. DE SOLV. %	P. E. DEL LUGAR kg/m <sup>3</sup>

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**  
 El Material ensayado presenta características físicas aceptables para la elaboración de mezcla asfáltica para carpeta.

 D. FRANCISCO MENDOZA ORTIZ LABORATORISTA	 T.P. JUAN VICTOR PAEZ RODRIGUEZ JEFE DEL LABORATORIO	 ING. EDUARDO GARCIA ARELLANO JEFE DEL DEPARTAMENTO
---	---	---

**GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**  
 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS  
 DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS DE MATERIALES



FOLIO: 070

**INFORME DE PRUEBAS EN MEZCLA ASFÁLTICA**

OBRA:	JUCUTACATO - CUTZATO	ENSAYES No.	1517/1520	
LUGARIZACIÓN:	MUNICIPIO DE URUAPAN MICH. <small>(CARRILLO, CAMINO, TRAMO, KILÓMETRO, ORIGEN DEL CARENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE INFORME	20 DE SEPTIEMBRE 2007	
DATOS DEL MUESTREO	CLASIFICACION:	Tezonite negro	USO:	Etap. Mezcla asfáltica
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:	Material acaramelonado en el Sub-tramo km 2+100 - 2+500		
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	Chibado		
	UBICACION DEL BANCO DONDE PROVIENE EL MATERIAL PETREO:	"El Páñadero"		

P.E. SECO SUELTO kg/m <sup>3</sup>	1251
EQUIV. ARENA %	86.4
CONTRACCION LINEAL	0.0
DESGASTE %	
PART. ALARGADAS %	
PART. LAJADAS %	
ADHERENCIA	BUENA
% DE TRITURACION	

COMPOSICION GRANULOMETRICA	T. MAXIMO	1"
	DESPERDICIO %	61
	MALLA	% QUE PASA
	Num. 25.0	
	19.0	100
	12.5	94
	9.5	84
	6.3	72
	4.8	62
	2.0	46
	0.9	35
	0.4	25
0.3	19	
0.2	15	
0.1	7	



SUP. ESPECIFICA, m <sup>2</sup> /kg	7.4137
DENSIDAD	1.91
ABSORCION, %	7.3
INDICE ASFALTICO, kg/m <sup>2</sup>	

CARACT. DE ASFALTO	PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA	
TIPO	OPT. DE ASF. % EN PESO	P.E. SUELTO kg/m <sup>3</sup>
DENSIDAD	ASF. EN MEZCLA % EN PESO	P.E. MAX. kg/m <sup>3</sup>
RESIDUO ASF. %	CONT. DE SOLV. (%)	P.E. DEL LUGAR kg/m <sup>3</sup>

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

El Material ensayado presenta características físicas aceptables para la elaboración de mezcla asfáltica para carpeta.

 C. FRANCISCO MENDEZ ORTÍZ LABORATORISTA	 T.P. JUAN VÍCTOR JASSO RODRÍGUEZ JEFE DEL LABORATORIO	 ING. EDUARDO GALICIA OBESO JEFE DEL DEPARTAMENTO
--	--	---

