

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

ALTERNATIVA DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO “TARECUATO – LOS HUCUARES” DEL KM 0 + 000 AL 2 + 000, EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO TANGAMANDAPIO, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Pável Pulido Arias

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.

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivos.	4
Pregunta de investigación.. . . .	4
Justificación.	5
Delimitación.	6
Marco de referencia.	7

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Antecedentes de los caminos.	8
1.2. Inventario de caminos.	9
1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.. . . .	10
1.3.1. El problema del tránsito.	10
1.3.2. Soluciones al problema de tránsito.	11
1.3.3. Elementos del tránsito.	11
1.3.3.1. El usuario.	12
1.3.3.2. El vehículo..	13
1.3.3.3. El camino.	15
1.4. Velocidad.	17
1.4.1. Velocidad de proyecto.	18

1.4.2. Velocidad de operación.	18
1.4.3. Velocidad de punto.	19
1.4.4. Velocidad efectiva global.	19
1.5. Volumen de tránsito.	19
1.5.1. Conteos de tránsito.	20
1.5.2. Estudios de origen y destino.	20
1.6. Densidad de tránsito.	21
1.7. Derecho de vía.	21
1.8. Capacidad y nivel de servicio.	22
1.8.1. Volumen de servicio.	22
1.8.2. La capacidad y sus objetivos.	22
1.8.3. Niveles de servicio.	23
1.9. Distancia de visibilidad.	23
1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.	23
1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.	24
1.10. Mecánica de suelos.	24
1.10.1. Origen y formación de los suelos.	24
1.10.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.	26
1.10.3. Granulometría.	26
1.10.3.1. Análisis por mallas.	26
1.10.3.2. Curva granulométrica.	27
1.10.4. Plasticidad.	27
1.10.4.1. Límites de consistencia.	28
1.10.4.2. Carta de plasticidad.	28

1.10.5. Consolidación.	29
1.10.5.1. Prueba de consolidación.	30
1.10.5.2. Curva de compresibilidad.	30
1.10.5. Carga de preconsolidación.	30
1.10.6. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).	31
1.10.6.1. Graduación de un suelo.	31
1.10.6.2. Suelos gruesos.	32
1.10.6.3. Suelos Finos.	33
1.10.7. Resistencia al esfuerzo cortante en suelos.	34
1.10.7.1. Teoría de Terzaghi.	35
1.10.7.2. Aplicación de la teoría de Terzaghi a suelos puramente cohesivos.	35
1.10.7.3. Circulo de Mohr.	36
1.10.7.4. Ensayo de compresión triaxial.	36
1.10.8. Tipos de sondeos.	37
1.10.9. Importancia de estudio de mecánica de suelos.	37

Capítulo 2.- Características físicas de una carretera.

2.1. Alineamiento horizontal.	38
2.1.1. Tangentes.	38
2.1.2. Curvas circulares.	39
2.1.3. Curvas de transición.	42
2.2. Alineamiento Vertical.	42
2.2.1. Tangentes.	42
2.2.2. Curvas Verticales.	44

2.3. Sección transversal.	45
2.3.1. Corona.	46
2.3.1.1. Rasante.	46
2.3.1.2. Pendiente transversal.	46
2.3.1.3. Calzada.	47
2.3.1.4. Acotamientos.	47
2.3.2. Subcorona.	48
2.3.3. Cunetas y contra cunetas.	48
2.3.4. Taludes.	48
2.3.5. Partes complementarias.	49
2.4. Estructura de un pavimento.	49
2.4.1. Terracerías.	49
2.4.1.1. Cuerpo del terraplén.	50
2.4.1.2. Capa subrasante.	50
2.4.1.3. Desmontes.	50
2.4.1.4. Cortes.	51
2.4.2. Sub-base.	52
2.4.3. Base.	52
2.4.4. Carpetas asfálticas.	54
2.4.4.1. Carpetas asfálticas por el sistema de riegos.	55
2.4.4.2. Carpetas asfálticas de mezcla en el lugar.	57
2.4.4.3. Concreto asfáltico elaborado en planta estacionaria en caliente.	58
2.4.4.4. Materiales asfálticos.	59

Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y microlocalización.

3.1. Generalidades..	63
3.2. Resumen ejecutivo.	64
3.3. Entorno geográfico.	66
3.3.1. Macrolocalización.	66
3.3.2. Microlocalización.	66
3.3.3. Topografía regional y de la zona de estudio.	69
3.3.4. Geología regional y de la zona de estudio.	69
3.3.5. Hidrología regional y de la zona de estudio.	72
3.3.6. Uso del suelo y de la zona de estudio.	72
3.4. Informe fotográfico.	73
3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.	73
3.4.2. Estado actual y problemas de drenaje superficial.	74
3.4.3. Vehículos que circulan por el camino.	75
3.4.4. Estudio de tránsito.	76

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método empleado.	77
4.2. Enfoque de la investigación.	78
4.2.1. Alcance.	78
4.3. Diseño de la investigación.	79
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	79
4.5. Descripción del proceso de investigación.	82

Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.

5.1. Procedimiento constructivo del pavimento.	84
5.1.1. Terracerías.	84
5.1.2. Sub-base.	86
5.1.3. Base hidráulica.	87
5.1.4. Riego de impregnación.	88
5.1.5. Riego de liga.	88
5.1.6. Carpeta asfáltica.	89
5.1.7. Riego de sello.	90
5.1.8. Compactación.	90
5.1.9. Compactación de los materiales en el camino.	90
5.1.10. Calidad de los materiales.	93
5.2. Alternativa de presupuesto del camino del tramo en estudio.	94
5.3. Análisis de resultados.	110
Conclusiones.	111
Bibliografía.	113

RESUMEN

En la presente tesis titulada: Alternativa del proceso de construcción del camino “tarecuato – los hucuares” del km 0 + 000 al 2 + 000, en el municipio de Santiago Tangamandapio, Mich. Se tiene como objetivo general establecer una alternativa de proceso constructivo de la carretera Tarecuato a Los Hucuares, en sus primeros dos kilómetros, abordando también otros objetivos específicos como definir la finalidad de un proceso constructivo, las características del tramo, lo que es una vía terrestre y el proceso constructivo de una estructura de pavimento.

En el primer capítulo se trató el tema referente a los elementos de tránsito, a las vías terrestres, sus antecedentes, elementos de tránsito como son la velocidad, volumen y densidad, derecho de vía, entre otros. En el capítulo dos se trató las características físicas de una carretera como lo son los elementos de la estructura de un pavimento, los tipos de alineamientos y secciones transversales, entre otros. Después en el tercer capítulo se definieron las características del lugar donde se realiza el proyecto para conocer las condiciones en las cuales se realizó el proyecto, se definió su entorno geográfico, mencionando su micro y macrolocalización, así como su tipo de topografía e hidrología regional y se presentó un informe fotográfico donde se dio a conocer la situación actual del camino. En el capítulo cuatro se mostró la metodología de la investigación usada en el presente trabajo de tesis, definiendo el tipo de método empleado, se desarrolla partiendo de la necesidad de revisar el tramo carretero “Tarecuato – Los Hucuares” para elaborar una propuesta alterna. Para esto se recurrió principalmente a la observación y la investigación de campo para conocer las condiciones actuales del tramo, así mismo se hizo necesaria

la investigación documental para desarrollar la teoría la cual dará soporte al marco teórico, utilizándose el método científico matemático ya que en esta se utilizan relaciones numéricas constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones las cuales se toman en cuenta para afirmar o negar algo. Para la elaboración del cálculo se desarrollaron los conceptos requeridos, analizando los precios unitarios en base a los precios de mano de obra, equipo y materiales actuales, comparando el presupuesto obtenido con el real ejecutado en dos kilómetros de construcción y solo tomando en cuenta la elaboración de la estructura del pavimento sin obras complementarias ni drenajes.

Es difícil responder a la pregunta de investigación ya que son dos opciones diferentes, tomando en cuenta consideraciones diferentes para ambos casos ya que en la propuesta original no se incluye la capa de filtro, por lo que a su vez representa un ahorro considerable en costo y tiempo, pero por otra parte como se mencionó en el análisis de resultados se presenta una justificación válida para su utilización, pero a expensas de un considerable aumento del costo según el cálculo realizado acerca de los costos exclusivamente de la estructura de pavimento.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Por necesidad los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos, posteriormente cuando esos grupos se volvieron sedentarios; los caminos peatonales tuvieron finalidades, comerciales y de conquista. En América y en México en particular hubo este tipo de caminos durante el florecimiento de las civilizaciones maya y azteca.

“Con la invención de la rueda apareció la carreta jalada por personas o por bestias y fue necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollara lo más rápido y pronto posible; los espartanos y los fenicios hicieron los primeros caminos de que se tiene noticia, los romanos los construyeron tanto en la península itálica, como varios puntos de Europa, África y Asia para extender sus dominios. Los caminos para carreteras se revestían de tal forma que las ruedas no se incrustarían en el terreno; para construir estos revestimientos se utilizaban desde piedra machacada hasta empedrados; la colocación de las piedras o revestimientos en los lodazales de caminos peatonales tenía la finalidad de que las vías recibieran las cargas sin ruptura estructural, así como el de distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias con la profundidad para que lo soportara el terreno natural. Éstas son también las funciones principales de los pavimentos actuales.”
(www.mitecnologico.com;2008)

En la Universidad Don Vasco A.C. actualmente ya existen varias investigaciones al respecto, por mencionar una, se tiene el trabajo de Hugo Magaña Madrigal con el título: Revisión del programa de ejecución de obra del proceso constructivo del entronque “Caracha” km. 92 + 793 del C.D. Patzcuaro – Uruapan, en 2008, que principalmente trataba la importancia de un programa de ejecución de obra, comparando el programa de obra propuesto contra lo real en campo y encontró que no estaban debidamente coordinados los conceptos a realizar, y no coincidían los volúmenes de catálogo contra los realizados en obra por lo que se rebasó el monto programado en un par de meses y hubo retenciones por retrasos.

También se realizó una tesis por Ignacio Quintero Vizcarra y Rigoberto Cervantes Zamora con el título: Procedimientos constructivos de tercerías para la autopista Morelia – Lázaro Cárdenas del subtramo Uruapan – Nueva Italia del km. 11+000 al 18+000, en 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.

Planteamiento del problema.

El asunto principal que se abordará en la presente investigación es responder ¿Cuál es el mejor procedimiento constructivo para el tramo 0+000 al 2+000 del camino Tarecuato – Los Hucuares? Esta pregunta salta a la luz ya que la industria de la construcción es sensible a la situación financiera del país, provocando que una crisis económica repercuta en gran medida a la industria constructora en diferentes niveles, no sólo a nivel de la empresa constructora, sino también a los productores de insumos básicos como el acero, y cemento, así como a la mano de obra. Esto se debe a que, de acuerdo con los datos que maneja Domínguez González (2004) en su tesis: Programación, Planeación y control de una obra , la industria de la construcción aporta aproximadamente el 4.94% de PIB según el censo del 2000, que es poco comparado con un 19.9% del sector comercial por mencionar un ejemplo, y ya que en México son reducidos los recursos económicos empleados a este sector, hablando de obra pública, es indispensable el uso óptimo de esos recursos y aprovecharlos al máximo para obtener la mayor utilidad posible.

Objetivos.

Objetivo general.

En el presente trabajo de tesis se tiene por objetivo general establecer una alternativa de proceso constructivo de la carretera Tarecuato a Los Hucuares, en sus primeros dos kilómetros.

Objetivos específicos.

Así mismo durante el transcurso de la investigación se tienen objetivos específicos necesarios para llegar al objetivo principal los cuales son:

- a) Definir la finalidad de un proceso constructivo
- b) Definir las características del tramo
- c) Definir los que es una vía terrestre
- d) Definir el proceso constructivo de una estructura de pavimento.

Para responder a estos objetivos será necesario plantear preguntas de investigación que se presentan a continuación.

Pregunta de investigación.

Será necesario responder a varias preguntas en el transcurso de la investigación las cuales servirán como guía en este trabajo, de las cuales se tiene como la principal a responder, ¿Cuál es el mejor procedimiento constructivo para este tramo?, también surgirán otras preguntas a las que se les dará respuesta como pueden ser ¿Qué partes componen un pavimento?, ¿Qué tipos de caminos existen?,

¿Qué es una vía terrestre?, ¿Qué finalidad tiene hacer un buen control de obra?,
¿Qué impactos provoca hacer un correcto procedimiento constructivo?

Justificación.

Gracias a la elaboración del presente trabajo se podrán detectar los errores e inconsistencias, si es que las hubiera, en el proceso de construcción del tramo 0+000 al 2+000 del camino Tarecuato – Los Hucuares y así poder dar informe a las autoridades competentes, ya que se utilizan recursos del gobierno que como se vio al principio, son reducidos y así de esa manera se podrá aprender de los errores cometidos.

Cabe mencionar que gracias a la presente investigación se beneficiará directamente en primer lugar a la comunidad estudiantil, ya que tendrán casos reales de consulta para sus investigaciones posteriores que serán parte de su desarrollo profesional; igualmente a la ingeniería civil ya que se aportan nuevas investigaciones, enriqueciendo así a esta noble profesión. Se beneficia también la sociedad del municipio de Tangamandapio porque de esta manera tendrán certeza de que fue correctamente construida la obra, que a final de cuentas es para su propio uso, de no ser así, consideraran el resultado de esta investigación para otro proyecto similar en un futuro y podrán tomar medidas pertinentes, y por último, se verá beneficiado el presente investigador, puesto que conocerá a fondo el proceso constructivo llevando la teoría a la práctica, enriqueciendo y actualizando sus conocimientos de ingeniería.

Delimitación.

La presente investigación comprende los primeros dos kilómetros de la carretera Tarecuato – Los Hucuares del municipio de Santiago Tangamandapio.

Se trabajará partiendo de la existencia de la carretera, proyectando una alternativa al proceso constructivo ya realizado, incluyendo análisis de mano de obra, rendimientos de maquinaria y materiales, para realizar lo antes mencionado se utilizará el programa OPUS, así como EXCEL. Cabe mencionar que no se profundizará en aspectos de proyecto geométrico, ni diseño tanto de la estructura del pavimento como de la obra de drenaje.

Marco de referencia.

Tarecuato es una comunidad indígena de aproximadamente 15,000 habitantes, ubicada en una zona de transición de la meseta tarasca. Se encuentra a 2500 metros sobre el nivel del mar. La comunidad cuenta con servicios de electricidad, agua potable, calles, drenajes, centro de salud, preparatoria, transporte publico, aunque no cuenta con central camionera.

Sus principales actividades económicas son la ganadería, el comercio y la migración, dedicándose la mayoría de la gente a los trabajos informales en huertas de aguacate y zarzamora.

Uno de sus principales problemas es la transculturización de la gente, ya que empiezan a adoptar el español como su idioma y cambian sus costumbres. Se pueden observar también problemas de desintegración familiar debido a la migración, así como problemas de uso de suelo por el cambio de uso.

Esta comunidad no cuenta con colectores de agua residual ni de relleno sanitario, lo que deriva en problemas de salud a los pobladores.

En el camino a Los Hucuares se observa que el tipo de tránsito es de automóviles particulares y transporte publico tipo combi.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se desarrollará lo referente a las vías terrestres, sus antecedentes, elementos de tránsito como son la velocidad, volumen y densidad, derecho de vía, entre otros.

1.1. Antecedentes de los caminos.

Según Mier (1987) la invención de los caminos se da debido a la necesidad de trasladar adecuadamente carretas de cuatro ruedas entre Asiria y Egipto hace aproximadamente 5000 años, estos caminos fueron construidos de piedra los cuales fueron copiados después por el Imperio Romano y desarrollados de manera científica, este fue uno de los factores clave para el crecimiento del imperio.

Antiguamente en México, el Imperio Azteca contaba con calzadas y senderos de piedra, aún cuando se desconocía la rueda y animales de tiro como el caballo. Estos caminos eran usados para actividades religiosas, comerciales y bélicas. Con la colonización de los Españoles se mejoraron estos caminos y se construyeron mas con especificaciones para las recientemente introducidas carretas y animales de tiro y carga, que servían de comunicación entre las ciudades y los puertos para transportar mercancías provenientes de España, este avance fue truncado debido a los posteriores conflictos bélicos de independencia y revolución, retomándose el desarrollo de caminos hasta el fin de esta última que para ese tiempo ya se había inventado el automóvil. Esto provoco un cambio total

en las especificaciones de los caminos, ya que ahora las solicitudes en carga y velocidad aumentaron en gran medida.

Al igual que en el antiguo Imperio Romano, en México actualmente los caminos han sido base en el desarrollo del país, construyéndose caminos de todo tipo desde 1925 con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, desde brechas hasta caminos de cuota de alta especificación.

1.2. Inventario de caminos.

Para obtener un inventario de caminos se deben recaudar una serie de datos para su realización, los cuales son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento vertical, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por los que pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y demás datos que tuvieran importancia.

Para realizar el inventario se requiere de un equipo conformado por un vehículo con odómetro, un odógrafo-giróscopo, un sistema de orientación, un barómetro o altímetro y una grabadora magnética, con esto se obtiene el kilometraje, el perfil, la planta del camino y el alineamiento horizontal.

Un inventario de caminos tiene varias aplicaciones, en primer lugar sirve para obtener la capacidad de los caminos de una red y esta determinada por varios factores principalmente por las características geométricas del camino y las características del tránsito de dicho camino que circula por él.

Las principales características geométricas del camino son: su sección transversal, comprendiendo el ancho de los carriles, distancia a obstáculos

laterales, ancho y estado de los acotamientos, alineamiento vertical y horizontal y la distancia de visibilidad de rebase.

Otra aplicación es que, si se determinan los volúmenes de tránsito durante un cierto periodo a partir de que se realiza el inventario del camino, se pueden hacer las mejoras necesarias para evitar congestionamientos, lo cual se traduce en menor incidencia de accidentes. También se pueden señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción y conservación.

Una vez hecho el inventario del camino, éste debe mantenerse constantemente actualizado, recabando en las dependencias los datos sobre las modificaciones hechas posteriormente para así solamente hacer revisiones periódicas.

1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.

La ingeniería de tránsito se define como: “La rama de la ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro.” (Mier;1987:21)

1.3.1. El problema del tránsito.

El problema se da cuando hay una diferencia entre el vehículo y el camino donde transita.

Muchos de los caminos existentes son mejoras de los que fueron caminos antiguos y otros fueron diseñados para vehículos de hace mas de 50 años, de cualquier formas este es el principal problemas ya que los vehículos han cambiado mucho desde entonces, los principales factores que intervienen en el problema del tránsito son: los diferentes tipos de vehículos que transitan en el

mismo camino; la vías carreteras que son inadecuadas por sus trazos angostos o con grandes pendientes; la falta de planeación de tránsito proyectado con datos anticuados, donde no se prevé el espacio para estacionamientos; la mala educación vial así como la falta de aplicación de las leyes de tránsito.

1.3.2. Soluciones al problema de tránsito.

Existen tres tipos de soluciones que se pueden dar, las cuales se describen a continuación:

Solución integral: consiste en rediseñar el camino, usando los nuevos tipos de vehículos y proyectándose para un periodo de tiempo razonable. El inconveniente de esta solución es que al rediseñar el camino es posible que se deba quitar lo previamente construido para dar camino al proyecto, esto resulta en un costo elevado, haciendo de esta solución muy poco factible.

Solución parcial de alto costo: consiste en el mejoramiento de los caminos existentes, como pueden ser el ensanchamiento de calles y pasos a desnivel por mencionar algunas. Esta solución representa una fuerte inversión.

Solución parcial de bajo costo: consiste en la creación de cultura vial y leyes para regular el tránsito, los cambios en los sentidos de las calles, semaforización, con un mínimo en inversiones para mejorar las obras existentes.

1.3.3. Elementos del tránsito.

Son tres los elementos que constituyen el tránsito: el usuario, el camino y el vehículo.

1.3.3.1. El usuario.

Se refiere a la población en general, tanto peatones como conductores y se describen a continuación.

El peatón: según las estadísticas el peatón es el más propenso a sufrir las consecuencias de un accidente, se tiene que en el 25% el peatón es la víctima y el 65% de las veces es el culpable de los accidentes ya que se tiene que el 80% de los accidentados no sabia conducir. Esto se debe a que la mayoría de los peatones desconoce las características de los vehículos, su distancia de frenado, así como la falta de pericia para anticiparse a las reacciones de los conductores.

El conductor: es aquel responsable por controlar el vehículo, así como su buen manejo, tiene dos limitantes principalmente las cuales pueden llegar a ser causa de accidentes debido que el conductor en ocasiones desconoce como reacciona el vehículo ante circunstancias críticas, estas limitantes son la visibilidad y el tiempo de reacción.

1. Visibilidad: está limitada por la capacidad del conductor en su visión, ésta puede estar limitada por problemas específicos como el daltonismo o astigmatismo, por mencionar algunos, también se debe tomar en cuenta la visión periférica, la recuperación de deslumbramiento, las condiciones de luz, el tiempo de respuesta de las decisiones del conductor, así como la percepción de la profundidad. Para fines de proyecto se considera la altura de visión a 1.15 metros sobre la carpeta del pavimento.

2. Tiempo de reacción: las reacciones en el conductor pueden ser físicas o psicológicas. Las reacciones físicas están condicionadas por la habilidad del conductor al circular por determinado lugar, aprendiendo así donde se encuentran los agentes de potencial peligro y de esa manera los evita con mayor rapidez. En

las reacciones psicológicas interviene mas la pericia del conductor, desde que se presenta un acontecimiento debe tomar una decisión y después el cerebro debe ejecutar una orden de reacción.

1.3.3.2. El vehículo.

En México el crecimiento en numero de vehículos ha ido creciendo desde 1950, siendo del 32% de los cuales el 40% fue de automóviles mientras que el de camiones fue el 24% y 9% para autobuses, esto indica un desequilibrio económico ya que los camiones de carga representan la mercancía producida que se transporta, lo que indica que es baja la producción.

También la potencia de los vehículos ha ido en aumento, por lo que se desplazan a mayores velocidades de las que fueron diseñados los caminos.

A) Características geométricas

Las características geométricas de los vehículos la determinan sus dimensiones y radio de giro.

1. Dimensiones: al haber tanto crecimiento en la industria automotriz, no es posible utilizar solo un tipo de vehículo de proyecto, por lo que se toman las características promedio de los vehículos fabricados, tomando en cuenta las tendencias de crecimiento para que el proyecto siga siendo adecuado en un futuro.

2. Radios de giro: se define como la circunferencia trazada por la trayectoria de las ruedas delanteras al efectuarse el giro, los radios de giro se producen cuando el vehículo gira con las ruedas torcidas al máximo.

3. Tipos de vehículos: se clasifican básicamente en vehículos ligeros, pesados y especiales. Los vehículos ligeros son aquellos que tienen dos ejes y cuatro ruedas, los vehículos pesados pueden ser autobuses o aquellos que sirven de carga y tienen dos o más ejes y seis o más llantas. Como vehículos especiales se consideran bicicletas, tractores, maquinaria pesada, etc.

B) Características de operación.

Estas características son definidas principalmente por su peso y potencia del motor, dando la relación peso/potencia que se mide en kg/HP, de la cual depende la aceleración o desaceleración.

La aceleración se produce cuando se efectúa un rebase, cuando se entra en una pendiente, o solo por aumentar la velocidad. La desaceleración se da cuando el conductor sale de un camino de alta velocidad, surge algún peligro o entra a una intersección.

La fuerza para acelerar o desacelerar está en función de la fuerza de tracción menos todas las fuerzas resistentes internas del motor, la pérdida por altura y las resistencias al movimiento.

C) Resistencia por pendiente.

Cuando la longitud de pendiente es pronunciada, la resistencia es mayor, esto resulta crítico en la operación de vehículos pesados.

D) Resistencia producida por el aire.

Se deprecia cuando las velocidades son pequeñas, entre mayor es el área del vehículo al viento, más resistencia tendrá.

1.3.3.3. El camino.

En la práctica vial mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son: clasificación por transitabilidad, Clasificación por su aspecto administrativo y clasificación técnica oficial.

A) Clasificación por su transitabilidad.

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

*Terracerías: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.

*Revestida: cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.

*Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

B) Clasificación administrativa.

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

*Federales: cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.

*Estatales: cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.

*Vecinales o rurales: cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace

por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.

*De cuota: las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

E) Clasificación técnica oficial.

Permite distinguir en forma precisa la categoría física de un camino ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito al final del periodo económico del mismo (20 años) axial como las características geométricas aplicadas, la Secretaria de Comunicaciones Y Transportes (SCT) las clasifica en:

Tipo de carretera	Anchos de					
	Corona (m)	Calzada (m)	Acotamientos (m)		Faja separadora central (m)	
E	4.00	4.00	--		--	
D	6.00	6.00	--		--	
C	7.00	6.00	0.50		--	
B	9.00	7.00	1.00		--	
A	(A2)	12.00	7.00	2.50		--
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT	1.00 mínimo
				3.00	0.50	
(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo	

Fig. 1.3. Tabla de clasificación técnica oficial de la SCT.

1.4. Velocidad.

La funcionalidad de un proyecto esta dada principalmente por que tan rápido y seguro se mueven los vehículos por él. A continuación se explicarán los cuatro tipos de velocidades.

1.4.1. Velocidad de proyecto.

Esta velocidad está influenciada principalmente por las condiciones topográficas, el tipo de camino, el volumen de tránsito y el uso de la tierra. Es la máxima velocidad en la cual se puede ofrecer seguridad a los conductores.

La velocidad de proyecto debe conservarse en la medida en que el terreno lo permita, de no ser así se debe hacer la transición de manera gradual para asegurar la integridad de los conductores, y que un cambio brusco de velocidad puede derivar en un accidente de tránsito. Esta velocidad debe elegirse de tal manera que se maneje en un rango de 50 a 110 km/hr. Ya que es un intervalo donde se presentan menos disparidades en la velocidades en las que se desplazan los conductores.

1.4.2. Velocidad de operación.

Es la velocidad real con la que se desplaza el tránsito. "Se define como la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de un camino mientras el vehículo esta en movimiento." (Mier;1987:21)

Esta velocidad se afecta por el volumen de tránsito, por lo que cuando el volumen es bajo, la velocidad de operación es mas cercana al proyecto. Cuando el volumen llega a la capacidad del camino, la velocidad de operación disminuye aun más y deja de estar determinada por la velocidad del proyecto. Es por esto que el proyecto de debe realizarse para que este opere adecuadamente bajo velocidades de operación correspondientes a volúmenes de tránsito bajos, de esta manera el camino también funcionara bien cuando los volúmenes aumenten.

1.4.3. Velocidad de punto.

Es la velocidad que un vehículo tiene cuando pasa por un determinado punto.

En tramos pequeños donde varía poco la velocidad, se puede considerar la velocidad de operación. En tramos largos se presentan mayores variaciones por los que se toma una media de las velocidades tomadas en distintos puntos la cual se usara para tomar la velocidad de operación.

1.4.4. Velocidad efectiva global.

Esta velocidad indica las condiciones de fluidez, se define como el promedio de velocidad mantenida por un vehículo, la cual resulta de dividir la distancia total entre el tiempo de recorrido, incluyendo cualquier detenida por tráfico o condiciones topográficas.

1.5. Volumen de tránsito.

Es el número de vehículos en una dirección y que pasan un punto determinado durante un cierto periodo de tiempo el cual puede ser medido en horas o días.

Existen dos tipos de volúmenes, Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) y Volumen Máximo Horario Anual (VMHA). El VPDA es el promedio de vehículos que pasan al día en un punto dado durante un año, este no es apropiado para el proyecto puesto que no indica las variaciones de tránsito. El VMHA es el volumen más alto para un determinado año, se acerca más a las condiciones de operación pero resulta en obras más sobradas.

1.5.1. Conteos de tránsito.

Se pueden efectuar de manera manual o mecánica.

A) Conteos.

Se refiere a los muestreos, ésta es la manera más económica y sencilla de realizar conteos. Estos se realizan durante 5 a 10 días las 24 horas, tomando en cuenta fines de semana. Este tipo de conteo da como resultado variaciones en el tránsito.

B) Conteos mecánicos.

Se realiza mediante diversos dispositivos lo cuales son: contadores neumáticos, electromagnéticos, de presión-contacto. Tienen el inconveniente de que solo suelen registrar un vehículo cuando pasan dos al mismo tiempo, no clasifican los vehículos.

1.5.2. Estudios de origen y destino.

Se considera este estudio como el mas completo para el aforo vehicular, debido a que se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y destino de viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, los modelos y marcas de vehículos.

Este estudio se usa para conocer la demanda dentro de una ciudad para usar en mayor o menor grado, una ruta, fijar rutas para desviar el movimiento de turistas y vehículos pesados, conocer la localización de una carretera nueva o mejorar alguna así como justificar la construcción de un nuevo camino.

Hay cuatro maneras de llevar a cabo los estudios:

1. Por medio de entrevistas al conductor.
2. Haciendo encuestas escritas.
3. Por medio de encuestas a domicilio.
4. Observando las placas de los vehículos en diferentes puntos.

El método más exacto y verídico es el de entrevistas directas al conductor.

1.6. Densidad de tránsito.

Se define como el número de vehículos en un tramo en un momento dado en el camino.

En una situación de congestionamiento la densidad de tránsito será muy alta, caso contrario pasa con el volumen de tránsito que será muy bajo ya que esta en función del tiempo, así que esta llega a ser de cero. Existe relación entre la velocidad, densidad y volumen como se expresa en la siguiente formula:

$$\text{Volumen de tránsito} = \text{velocidad} \times \text{densidad}$$

1.7. Derecho de vía.

Es la franja de terreno donde se aloja el camino, este ancho depende del tipo de camino, principalmente se utiliza un ancho de cuarenta metros, veinte de centro a extremo en caminos de dos carriles.

Se debe considerar los aspectos legales de adquirir propiedades privadas, en tiempo y costos, así como liquidaciones por los daños. Esto puede afectar fuertemente en el proceso constructivo ya que no haber contemplado el tiempo del procedimiento de adquisición puede retrasar la obra, lo que representa sobrecostos importantes.

1.8. Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad se refiere a la eficiencia de un camino, se ve afectada principalmente por el alineamiento vertical y horizontal, así como el ancho y número de carriles. Mientras tanto, el servicio se refiere a las condiciones de operación que el conductor experimenta durante el camino, es una medida cualitativa donde interviene la velocidad, la seguridad, las interrupciones del tránsito, etc.

1.8.1. Volumen de servicio.

El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad, es afectada por las condiciones de terreno principalmente.

Los caminos de terreno plano permiten mantener velocidades más constantes entre vehículos pesados y ligeros.

Los caminos en lomerío mantienen en bajas velocidades a los vehículos pesados en tramos determinados.

Los caminos de montaña provocan que los vehículos pesados se mantengan en muy bajas velocidades por tramos largos de camino y con mucha frecuencia.

1.8.2. La capacidad y sus objetivos.

La capacidad permite darle solución a dos problemas en caminos:

1. Cuando se trata de un proyecto nuevo, la capacidad influye directamente en las características geométricas del camino, de tal modo que permiten obtener un volumen de servicio por lo menos igual al volumen horario de proyecto.

2. Cuando se quieran saber las condiciones de operación de un camino existente, pudiendo obtener su nivel de servicio y la fecha probable en que se saturará.

1.8.3. Niveles de servicio.

Para que un camino tenga un nivel servicio adecuado es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad del camino. Los elementos a considerar para evaluar el nivel de servicio son los siguientes:

1. Velocidad de operación y tiempo empleado durante el recorrido.
2. Las interrupciones de tránsito.
3. Libertad de maniobrar a la velocidad deseada.
4. Seguridad.
5. Comodidad en el manejo.
6. Economía en el costo de operación del vehículo en el camino.

1.9. Distancia de visibilidad.

1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es la distancia necesaria que requiere un conductor que moviéndose a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo, para esto se considera que el ojo del conductor está a 1.15 metros de altura respecto al suelo y que el objeto tiene una altura de 15 centímetros.

La distancia de visibilidad depende de la velocidad de reacción del conductor y que tanto tiempo le toma ejecutar la acción de frenar, así como la

distancia que recorre el vehículo desde que frena hasta que se detiene por completo.

1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.

Es la distancia necesaria para que un vehículo rebase a otro sin peligro de colisión con otro vehículo aproximándose, para esto el conductor debe ver adelante una distancia suficiente sin vehículos para que pueda completar la maniobra sin entorpecer la conducción de los demás vehículos, tanto el que se rebasa como el que viene en la línea de circulación contraria.

Se observa que la distancia de visibilidad de rebase es casi siete veces la velocidad de proyecto, lo que se considera demasiado alto para las condiciones que se presentan en México, ya que los conductores actúan en forma menos conservadora de lo que supone la AASHTO.

Resulta antieconómico proponer longitudes con visibilidad suficiente para rebasar, pero si de tal manera que se presenten frecuentemente y dependerán de las condiciones topográficas, de volumen de tránsito y velocidad de proyecto. Dicho de otra manera, si no se tienen grandes volúmenes de tránsito se puede prescindir de espacios frecuentes para efectuar maniobras de rebase.

1.10. Mecánica de suelos.

1.10.1. Origen y formación de los suelos.

El origen de los suelos se da en el núcleo de la tierra, la cual a su vez forma la corteza terrestre, la mecánica de suelos estudia la pequeña capa

formada por la disgregación y descomposición de sus últimos niveles, según Juárez (1995).

El suelo es un conjunto con organización definida y propiedades que varían más en su perfil que en una proyección horizontal. Para fines de ingeniería civil representa todo tipo de material terroso, ya sean areniscas o un relleno de desperdicio, quedando excluidos de esta definición todo tipo de suelos que no están sujetos a deformaciones rápidas por acción del intemperismo.

Estas deformaciones se dan principalmente por acción del agua y el aire (oxidación), en este caso se da una descomposición química, y suelen producir arcillas. Cuando las deformaciones suceden a causa de cambios de temperatura, congelación del agua en las juntas o por acción de plantas se llama desintegración mecánica, la cual puede producir suelos de tipo arenoso, limos y en ocasiones arcillas, aunque el producto de las diferentes descomposiciones no debe tomarse como regla y pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas y demás.

Existen dos tipos de suelo:

Suelos residuales: Son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados

Suelos transportados: Son aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente al de su origen siendo los principales agentes de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad etc.

1.10.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.

De acuerdo con Arias (2007) un suelo es un sistema de partículas cuyos espacios libres pueden estar parcial o totalmente llenos de agua, y que el suelo está compuesto de tres fases: líquida, sólida y gaseosa.

Cuando un suelo tiene todos los vacíos ocupados por agua, se le llama suelo totalmente saturado.

Cuando en un suelo sus vacíos están formados por las tres fases, es decir, no están totalmente ocupados por agua, 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.

Existen tres formas comunes:

A) Equidimensionales: Son propias de suelos gruesos, se subdividen muy redondeadas, redondeada, subredondeada, subangulares y angulares.

B) Placas: Se encuentran en arcillas.

C) Tubulares: son las menos comunes y se forman a partir de placas enrolladas, propias de algunas arcillas.

1.10.3.1. Análisis por mallas.

Para suelos gruesos el análisis por malla se da solamente en aquellos rangos de tamaño en entre 0.074 y 76.2 milímetros, la medición en el tamaño de los granos de un suelo puede efectuarse de la siguiente manera:

a).- Análisis directo: para partículas de suelo de mas de 3 pulgadas.

b).- Medición con mallas: Análisis mecánico usado principalmente en suelos gruesos ordenando en forma descendente una serie de mallas: 2", 1 1/2" , 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", No.4 Granulometría gruesa y 10, 20, 40, 60, 100, 200 (granulometría fina).

En el caso de suelos finos se procede a analizar por lavado, el cual consiste en tomar la fracción de material que pasa por la malla No.4 (4.76 mm) en el caso de suelos granulares con finos o finos se toma una muestra representativa con un peso aproximado de 500 grs. Se pone a secar en el horno a una temperatura de 105° C hasta tener un peso constante se anota este peso y el material se coloca en un recipiente de aluminio se le agrega agua hasta quedar totalmente cubierto y se deja saturar por un tiempo de 24 horas , posteriormente se procede al lavado por la malla No.200.

1.10.3.2. Curva granulométrica.

Expresa el tamaño de las partículas, indicando en porcentaje si esta bien o mal graduado un suelo.

Un suelo bien graduado es aquel que tiene un porcentaje uniforme de tamaños.

Un suelo mal graduado es aquel que sólo presenta un rango de tamaño, carente de tamaños intermedios.

1.10.4. Plasticidad.

Se conoce como plasticidad de un cuerpo a la capacidad o propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones sin "rebote" elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

1.10.4.1. Límites de consistencia.

Existen diferentes estados de los suelos finos dependiendo de su contenido de agua.

A) Límite líquido: es el contenido de agua de un suelo fino para el cual éste tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm². Su valor se determina en el laboratorio utilizando el método de la Copa de Casagrande (método empírico) que consiste en colocar una mezcla homogénea del suelo que se desea clasificar, dentro de la copa y enrasarlo, haciendo seguidamente con un ranurador una pequeña ranura, y después mediante una pequeña leva la copa se levanta y cae repentinamente hasta que se cierra la ranura.

B) Límite plástico: consiste en la formación de rollitos de suelo de 3mm. La formación de los rollitos se hace usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca para acelerar la pérdida de humedad del material; también es frecuente efectuar el rolado sobre una placa de vidrio hasta que ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; en tal momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

C) Límite de contracción: Es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Este límite suele manifestarse visualmente por un cambio de tono de color oscuro a más claro al irse secando el suelo gradualmente.

1.10.4.2. Carta de plasticidad.

Muestra características indicativas del comportamiento de los suelos de modo que localizando un suelo en ella se puede tener información a nivel cualitativo sobre su comportamiento.

Dentro de la carta se han agrupado los suelos formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas:

Símbolo	Significado
M	Limos Inorgánicos
C	Arcillas Inorgánicas
O	Limos y Arcillas Orgánicas

Estos suelos a su vez se subdividen: de acuerdo a su LIMITE LIQUIDO en dos grupos: si el L.L. es $>50\%$ son suelos de baja a mediana compresibilidad "L" (Low compressibility). Si el L.L $> 50\%$ son de alta compresibilidad "H" (high compressibility)

1.10.5. Consolidación.

En conformidad con Juárez (1995), es el proceso de disminución de volumen que tiene lugar en un lapso, provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo, se divide en consolidación primaria y secundaria.

Consolidación primaria: ocurre en suelos finos plásticos de baja permeabilidad en los que el tiempo que tarda para producirse es función de la expulsión de agua que los satura.

Consolidación secundaria: se presenta en algunos suelos principalmente arcillas muy compresibles, suelos altamente orgánicos, que después de sufrir el proceso de consolidación primaria continúan deformándose.

1.10.5.1. Prueba de consolidación.

En la prueba de consolidación el suelo se somete a cargas que se aplican en incrementos permitiendo que cada incremento actúe por un periodo de tiempo suficiente para que la velocidad de deformación sea prácticamente cero.

Se obtiene: curva de consolidación: una por cada incremento de carga.

Curva de compresibilidad: una por toda la prueba.

1.10.5.2. Curva de compresibilidad.

La carga correspondiente al punto donde se nota un quiebre en la curva de compresibilidad se llama carga de preconsolidación P_c y equivale a la carga máxima que el suelo ha soportado. La rama de la curva a la izquierda de P_c corresponde a la rama de recompresión y a la derecha rama virgen.

1.10.5. Carga de preconsolidación.

Para encontrar la carga de preconsolidación se lleva a cabo el método de Casagrande.

Método de Casagrande: una vez trazada la curva de compresibilidad se determina el punto de máxima curvatura. En la zona de transición entre el tramo de recompresión y el virgen. Por ese punto se traza una tangente a la curva y una horizontal. Se determina la bisectriz del ángulo formado por las dos rectas. Se prolonga el tramo virgen hacia arriba hasta interceptar la bisectriz. Este punto de intersección tiene como abcisa la carga de preconsolidación.

1.10.6. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

En la mecánica de suelos surgió la necesidad de un criterio para clasificar los suelos respecto a sus cualidades y propiedades mecánicas, para esto A. Casagrande creó lo que se conoce como SUCS, que distingue los suelos finos de los gruesos de acuerdo a las partículas finas que pasan a través de la malla No. 200, esto según Arias (2007).

1.10.6.1. Graduación de un suelo.

A partir de la curva de distribución granulométrica pueden obtenerse dos importantes indicadores que caracterizan un suelo:

$$\text{A).- Coeficiente de uniformidad} \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$\text{B).- Coeficiente de curvatura} \quad C_c = \frac{D_{60} - D_{10}}{D_{30}}$$

Donde:

D10 es el diámetro efectivo o sea el diámetro que corresponde a las partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 10% en peso del total de partículas de un suelo.

D30 es el diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 30% en peso del total de partículas.

D60 es el diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual al 60% en peso total de las partículas.

1.10.6.2. Suelos gruesos.

Es suelo grueso, si más del 50% de sus partículas (en peso) son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas son finas.

Símbolo	significado
G	Gravas
S	Arenas y suelos arenosos

Las gravas y arenas se separan en la malla No.4, es grave si más del 50% de su fracción gruesa (o sea la retenida en la malla No. 200) no pasa la malla No.4. Es arena si más del 50% de su fracción gruesa pasa la malla No.4 y se retiene en la No. 200.

Las gravas y arenas dan lugar a la siguiente clasificación, dependiendo de las características de limpieza, y graduación y porcentaje de finos de cada grupo:

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICA
W	Material limpio de finos, bien graduado
P	Material limpio de finos, mal graduado
M	Material con finos no plásticos
C	Material con finos plásticos

*GW Y SW Suelos bien graduados y con pocos finos o limpios < 5% en peso.

*SW si $C_u > 6$ y C_c entre 1 y 3

*GW si $C_u > 4$ C_c entre 1 y 3

*GM Y SM Para porcentajes de finos > 12% en peso

*A los suelos gruesos con contenidos de finos comprendidos entre 5% y 12% en peso son símbolos dobles o casos de frontera.

1.10.6.3. Suelos Finos.

En suelos finos son importantes los siguientes datos: nombre típico, grado o carácter de su plasticidad, cantidad y tamaño de sus partículas gruesas, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico, ejemplo: Limo arcilloso, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arena fina, numerosos agujeros de raíces, firme y seco en el lugar, (ML).

Símbolo	significado
M	Limos inorgánicos
C	Arcillas inorgánicas
O	Limos y arcillar orgánicas

A continuación se describen los grupos de finos más a detalle:

GRUPO	DESCRIPCIÓN
CL Y CH	ARCILLAS INORGANICAS
CL	L.L.< 50% e Ip >7
CH	L.L.> 50%
ML	L.L.< 50% Ip <4
MH	L.L> 50%
OL y OH	Suelos inorgánicos siempre se encuentran en lugares próximos a la línea A.
Pt	L.L. ENTRE 300% y 500%, I.P. 100%<Ip< 200%

1.10.7. Resistencia al esfuerzo cortante en suelos.

Haciendo referencia a Juárez (1995), en el caso de los suelos el esfuerzo cortante que provoca la falla es el cortante para ello se estableció la primera ley que permite estudiar su comportamiento ante esta sollicitación por Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi \text{ Ley de Coulomb}$$

τ = esfuerzo cortante

σ = esfuerzo normal

c y φ parámetros de resistencia al corte.

c = cohesión

φ = Angulo de fricción interna

(Para suelos cohesivos friccionantes)

La ley de Coulomb tal como se utiliza actualmente ha sufrido dos modificaciones:

$$\tau = f(\omega) + (\sigma - u) \tan \varphi$$

τ = esfuerzo cortante

$f(\omega)$ cohesión que es función del contenido de agua

$(\sigma - u)$ esfuerzo normal efectivo.

φ ángulo de fricción interna

La teoría de falla establece que el material falla cuando el esfuerzo cortante actuante en el plano alcanza un valor límite máximo.

Terzaghi enunció el principio de presiones totales, neutras y efectivas: “todos los efectos tangibles provocados por un cambio de presión, tales como la compresión, distorsión angular y cambios en la resistencia al corte se deben exclusivamente al los cambios de las presiones efectivas”.

1.10.7.1. Teoría de Terzaghi.

La teoría cubre el caso más general de suelos con cohesión y fricción para el cálculo de capacidad de carga, especialmente en el caso de cimientos poco profundos: cimiento poco profundo es aquel en el que el ancho B es igual o mayor que la distancia vertical entre el terreno natural y la base del cimiento, Terzaghi despreció la resistencia al esfuerzo cortante arriba del nivel de desplante.

Ecuación de Terzaghi para el cálculo de la capacidad de carga de un suelo:

$$q_c = cN_c + \delta D_f N_q + \frac{1}{2} \delta B N_\delta$$

q_c presión máxima que puede darse al cimiento por unidad de longitud sin provocar su falla, o sea representa la capacidad última del cimiento. Se expresa en unidades de presión.

N_c , N_q , N_δ son coeficientes adimensionales que dependen solo del valor de ϕ ángulo de fricción interna del suelo y se denominan "factores de capacidad de carga" debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del suelo respectivamente.

1.10.7.2. Aplicación de la teoría de Terzaghi a suelos puramente cohesivos.

Para un suelo puramente cohesivo y en el caso de un cimiento de base rugosa, los factores de capacidad de carga resultan:

$$N_c = 5.7$$

$$N_\delta = 1.0$$

$$N_q = 0$$

Por lo tanto, la ecuación general queda:

$$q_c = 5.7 c + \delta D_f \quad (\text{ecuación que se utiliza para el calculo de la capacidad de carga en la prueba de compresión simple})$$

1.10.7.3. Circulo de Mohr.

En la teoría de la elasticidad se demuestra que existen planos ortogonales entre sí, llamados planos principales de esfuerzos, en los que los esfuerzos tangenciales son nulos existiendo únicamente esfuerzos normales denominados principales (σ_1 y σ_3). A partir de estos esfuerzos principales σ_1 y σ_3 pueden obtenerse para una condición de equilibrio del prisma elemental.

1.10.7.4. Ensayo de compresión triaxial.

Este ensayo permite determinar las tensiones y deformaciones de probetas de suelo al variar los esfuerzos que actúan obteniendo la cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ . Entre las ventajas de este ensayo se tiene:

- *Pueden controlarse las condiciones de consolidación y drenaje.
- *Permite medición de cambios de volumen
- *Puede realizarse tanto en suelos cohesivos como friccionantes
- *Puede reproducirse un estado de tensiones similar al que tiene el suelo en la naturaleza.

El ensayo consiste en aislar una muestra de suelo inalterada o remoldeada a una densidad prefijada, en una membrana de goma fina dentro de una cámara de compresión. La cámara se llena con un líquido que le imprime a la muestra la presión deseada que constituyen los esfuerzos principales de confinamiento. Este proceso, puede hacerse en condiciones drenadas o de drenaje impedido. La carga vertical o esfuerzo desviador, se aplica mediante un vástago que penetra en la cámara y actúa sobre el suelo a través de un plato de carga.

1.10.8. Tipos de sondeos.

Métodos de exploración de carácter preliminar:

- *Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- *Perforación con posteador, barrenos helicoidales o métodos similares.
- *Métodos de lavado.
- *Métodos de penetración estándar.
- *Métodos de penetración cónica
- *Perforación en boleos y gravas.

Métodos de sondeo definitivo:

- *Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado
- *Métodos con tubo de pared delgada
- *Métodos rotatorios para roca.

1.10.9. Importancia de estudio de mecánica de suelos.

Tanto en la etapa de proyecto como en la ejecución de la obra es necesario contar con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo con el que se está tratando. El conjunto de estos datos debe llevar al proyectista a adquirir una concepción razonablemente exacta de las propiedades físicas del suelo que hayan de ser consideradas en su análisis.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CARRETERA

En el capítulo que se describe a continuación se tratarán las características de una carretera como lo son los elementos de la estructura de un pavimento, alineamientos y secciones transversales, entre otros.

2.1. Alineamiento horizontal.

Según la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) (1974) el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino y lo integran varios elementos como lo son, la tangente, curvas circulares y curvas de transición.

2.1.1. Tangentes.

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto donde se intersectan las tangentes se llama "PI", al ángulo de deflexión que forma la prolongación de una tangente se representa por Δ . La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad, así una tangente larga es menos segura debido a que el conductor le puede causar somnolencia manteniendo concentrado en un punto fijo por mucho tiempo, por esta razón es preferible proyectar curvas de gran radio. La longitud mínima está condicionada por la longitud necesaria para dar sobre elevación y ampliación a las curvas entre la tangente.

2.1.2. Curvas circulares.

Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas, pueden ser simples si se trata de un sólo arco de círculo o compuestas si se trata de dos o más sucesivos de diferente radio.

A) Curvas circulares simples.

Es la unión de dos tangentes por una sola curva circular en el sentido del cadenamiento, ya sea a la izquierda o hacia la derecha. El grado máximo es el que permite recorrer a un vehículo con seguridad la curva con la sobre elevación máxima de proyecto.

B) Curvas circulares compuestas.

“Están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y 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 llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas”. (SCT;1974:301)

Este tipo de curvas es peligroso, por lo que debe evitarse debido a que provocan cambios de dirección peligrosos para el conductor, se utilizan principalmente en retornos.

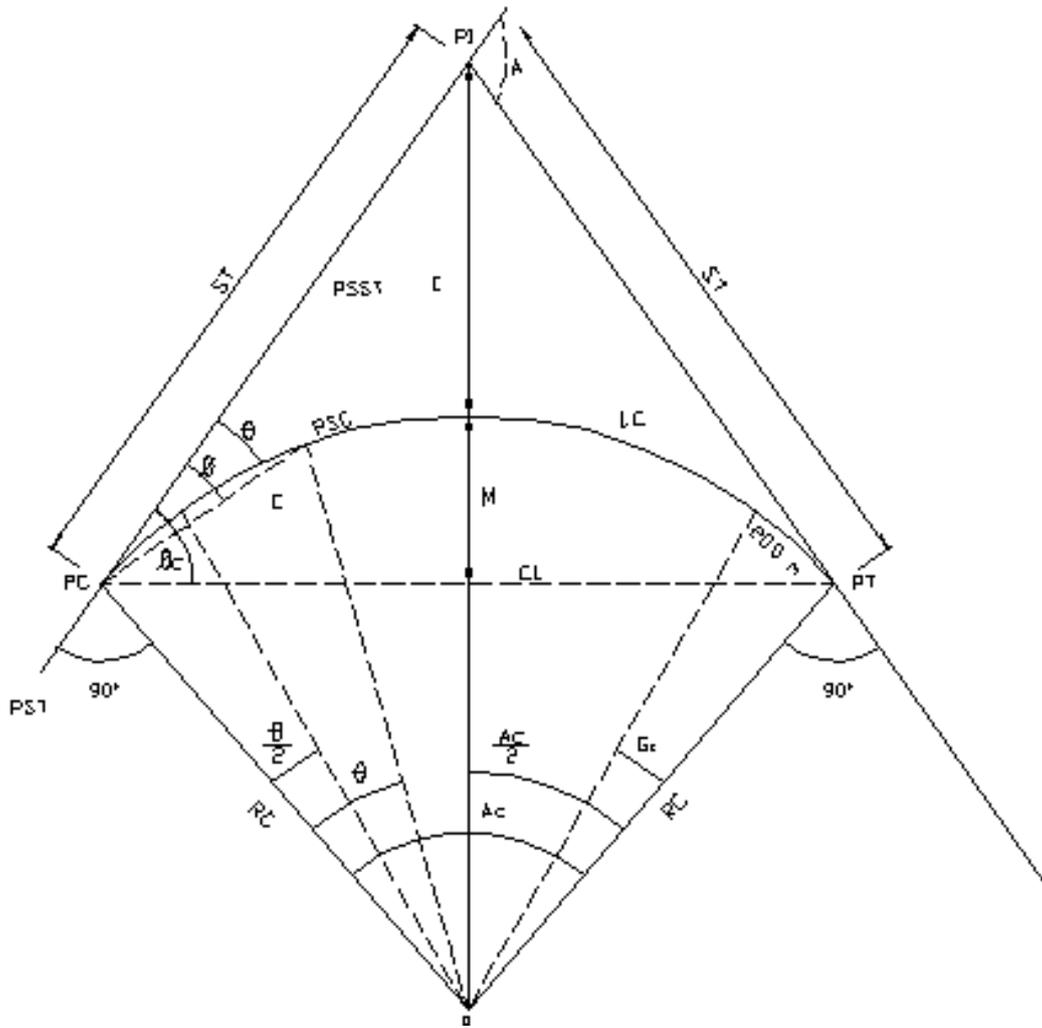


Fig. 2.1. Curvas circulares.

Donde:

PI Punto de intersección de la prolongación de tangentes

PC Punto donde comienza la curva

PT Punto donde termina la curva

PST Punto sobre tangente

PSST Punto sobre subtangente

PSC Punto sobre a curva circular

O Centro de la curva circular

A Ángulo de deflexión de la tangente

Ac	Ángulo central de la curva circular
Θ	Ángulo de deflexión a un PSC
Φ	Ángulo de una curva cualquiera
Φ_c	Ángulo de la cuerda larga
Gc	Grado de curvatura de la curva circular
Rc	Radio de la curvatura circular
ST	Subtangente
E	Externa
M	Ordenada media
C	Cuerda
CL	Cuerda larga
T	Longitud de un arco
Lc	Longitud de la curva circular

Velocidad de proyecto Km/h	Sobre elevación m/m	Grado máximo de curvatura calculado grados	Grado máximo de curvatura para proyecto Grados
30	0.1	61.6444	60
40	0.1	30.1125	30
50	0.1	16.936	17
60	0.1	10.7472	11
70	0.1	7.4489	7.5
80	0.1	5.475	5.5
90	0.1	4.2358	4.25
100	0.1	3.358	3.25
110	0.1	2.7149	2.75

Fig. 2.2. Valores máximos de curvatura

2.1.3. Curvas de transición.

Se usan este tipo de curvas para hacer el cambio entre una tangente y una curva circular, estas curvas cambian de forma gradual tanto en dirección como en sobre elevación.

2.2. Alineamiento Vertical.

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje del trazo, haciendo referencia de la llamada línea subrasante, para el cálculo del alineamiento vertical se requiere del perfil, también el alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

2.2.1. Tangentes.

Se caracteriza por su longitud y pendiente y sirve para realizar el diseño de curvas verticales. La longitud es la distancia medida horizontalmente entre el fin de una curva anterior y el principio de la curva siguiente, la configuración del terreno y el tipo de tránsito es quien determinará la longitud crítica de una tangente. La pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia de dos tangentes consecutivas entre dos puntos.

A) Pendiente gobernadora.

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, la mejor pendiente será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

B) Pendiente máxima.

Es la mayor pendiente que se permite en un proyecto y esta en función del volumen y el tipo de tránsito.

CARRETERA TIPO	TDPA	PENDIENTE GOBERNADORA (%)	PENDIENTE MÁXIMA (%)
		TIPO DE TERRENO PLANO LOMERIO MONTAÑOSO	TIPO DE TERRENO PLANO LOMERIO MONTAÑOSO
E	0 A 100	-- 7 9	7 10 13
D	100 A 500	-- 6 8	6 9 12
C	500 A 1500	-- 5 6	5 7 8
B	1500 A 3000	-- 4 5	4 6 7
A2	3000-5000		
A4	5000- 20000	-- 3 4	4 5 6

Fig. 2.3. Valores máximos de pendiente.

C) Pendiente mínima.

Es la pendiente mínima que permita un drenaje adecuado en cunetas, puede llegar a ser nula en terraplenes, se recomienda un 0.5% mínimo en cortes.

D) Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical.

Longitud máxima en la que un vehículo de proyecto (camión cargado) puede ascender sin reducir su velocidad mas allá de un limite establecido previamente, su determinación está en función del vehículo de proyecto, la topografía del terreno y el tipo de tránsito.

2.2.2. Curvas Verticales.

Son aquellas que unen a dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical y deben mantener sus características de drenaje, comodidad y sobre todo operación segura. Se le llama PCV al punto entre la tangente y el inicio de una curva, y PTV al punto entre la tangente y el fin de una curva. Se le llama curva en cresta cuando tiene concavidad hacia abajo y curva en columpio cuando la concavidad es hacia arriba, a continuación se describen los elementos de las curvas verticales.

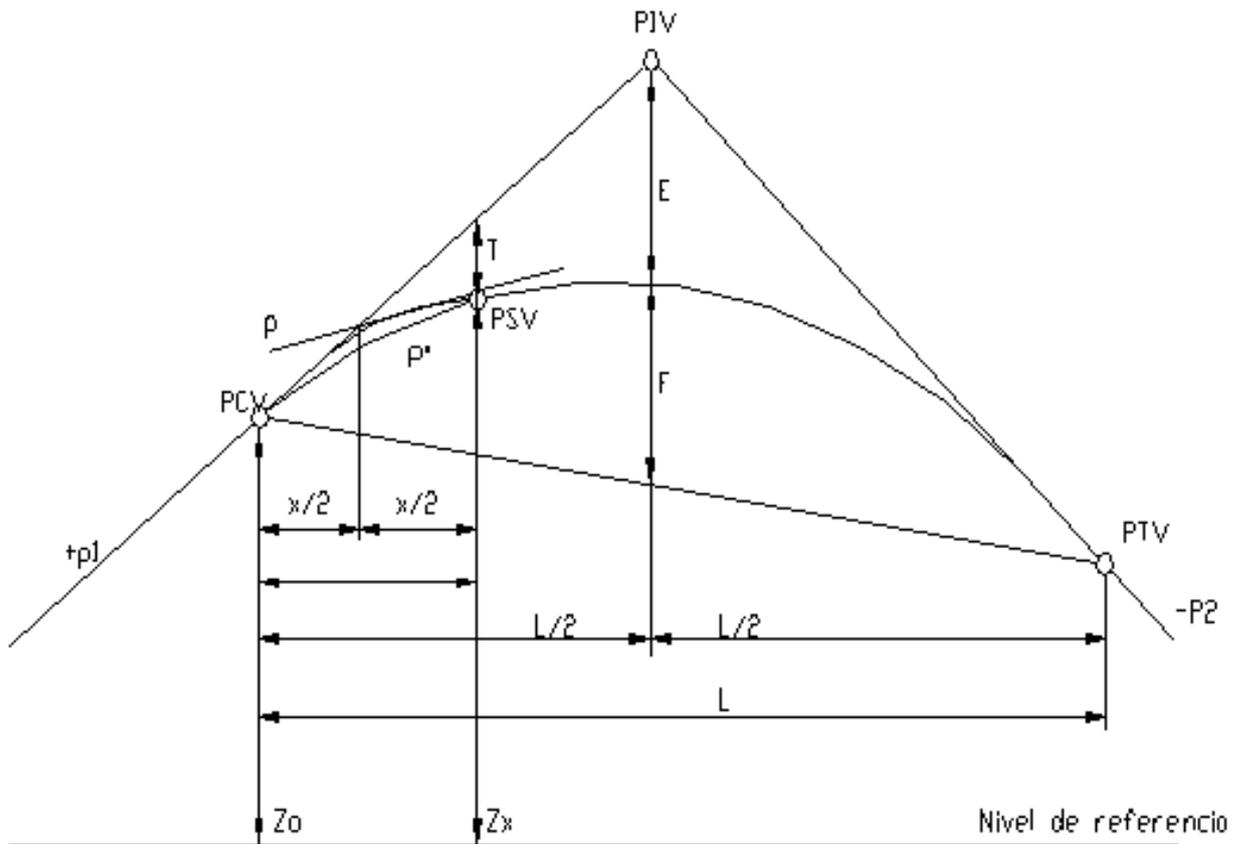


Fig. 2.4. Curvas verticales.

Donde:

PIV	Punto de intersección de las tangentes verticales
PCV	Punto en donde comienza la curva vertical
PTV	Punto en donde termina la curva vertical
PSV	Punto cualquiera sobre la curva vertical
p1	Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
p2	Pendiente de la tangente de salida, en m/m
A	Diferencia algebraica de pendientes
L	Longitud de la curva vertical, en metros
K	Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
x	Distancia del PCV a un PSV, en metros
p	Pendiente en un PSV, en m/m
p'	Pendiente de una cuerda, en m/m
E	Externa, en metros
F	Flecha, en metros
T	Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros
Zo	Elevación del PCV, en metros
Zx	Elevación de un PSV, en metros

2.3. Sección transversal.

Es un punto cualquiera de este corte vertical normal al alineamiento horizontal, permite obtener las dimensiones de los elementos que forman el pavimento, está integrada por corona, subcorona, cunetas, contra cunetas, taludes y partes complementarias.

2.3.1. Corona.

Es la superficie del camino que queda delimitada entre los hombros de camino y las interiores de las cunetas, esta comprendida por la rasante, pendiente transversal, calzada y los acotamientos.

2.3.1.1. Rasante.

Es la línea de la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la corona, representada por un punto en la sección transversal.

2.3.1.2. Pendiente transversal.

Pendiente que se le da a la corona normal a su eje, se compone de tres casos:

1. Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante con el fin de evitar la acumulación de agua sobre el camino.

2. sobre elevación: Pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga en una curva circular.

3. Transición del bombeo a la sobre elevación: Cuando en el alineamiento horizontal se pasa de una sección en tangente a otra en curva, se hace necesario cambiar la pendiente de la corona (fig. 2.5.), desde el bombeo hasta la sobre elevación que corresponderá a la curva, de manera gradual en lo largo de la espiral de transición, a continuación se describe el procedimiento mas recomendado para lograr la transición consiste en girar la sección sobre el eje de la corona, ya que requiere de menor longitud de transición y desniveles relativos.

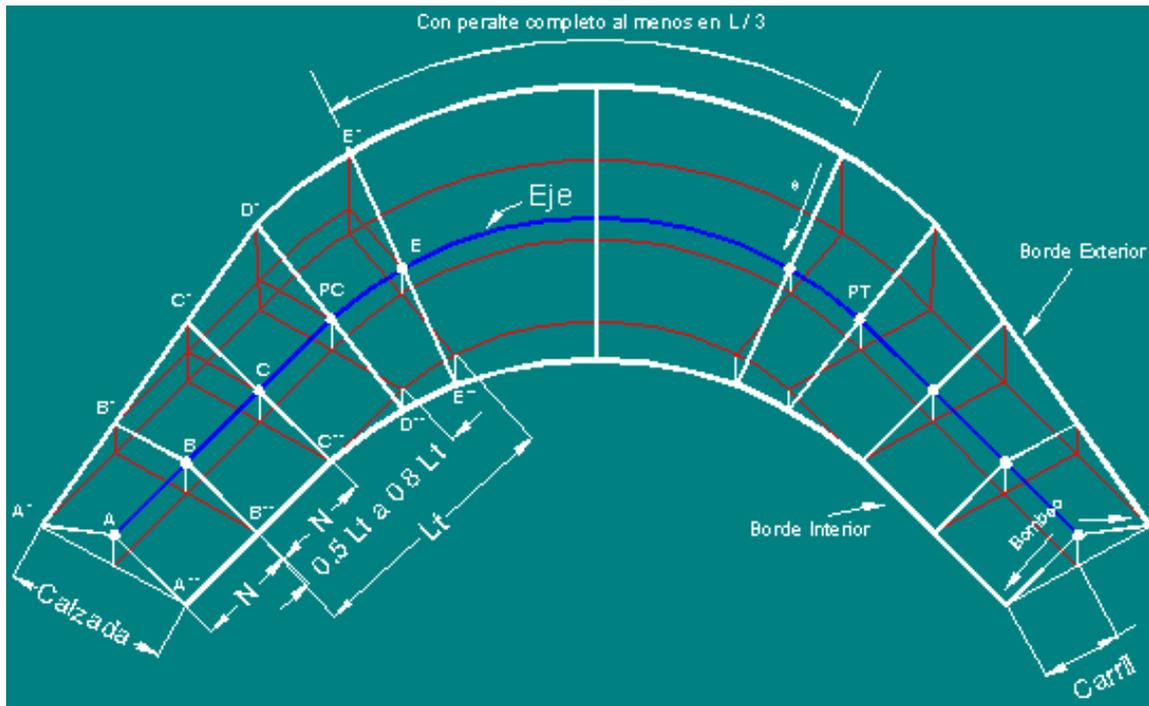


Fig. 2.5. Transición del bombeo a la sobre elevación.

2.3.1.3. Calzada.

Es la parte por donde transitan los vehículos, ya sea por uno o más carriles. El ancho de la calzada varía dependiendo de la localización, ya que en curvas el vehículo necesita mayor ancho para circular que en una tangente, se refiere normalmente al ancho de tangente del alineamiento horizontal.

2.3.1.4. Acotamientos.

Son fajas ubicadas entre la orilla de la calzada y los hombros del camino, sirven para dar seguridad al usuario, ya que da lugar para eludir accidentes o estacionarse en caso de fallas mecánicas, también protege contra la humedad y la erosión a la calzada. El ancho depende del nivel de servicio requerido.

2.3.2. Subcorona.

Es la superficie que limita a las tercerías y sobre la que se apoyan las capas de pavimento, los elementos que la definen son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

1. Subrasante: Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la corona.

2. Pendiente transversal: Es la misma que la de la corona y puede ser bombeo o sobre elevación según la sección este en tangente, curva o en transición.

3. Ancho: Es la distancia horizontal entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

2.3.3. Cunetas y contra cunetas.

Son obras de drenaje incluidas en la sección transversal. Las cunetas son zanjas que se construyen en tramos en corte a los lados de la corona, contiguas a los hombros generalmente con una pendiente de 3:1. Las contra cunetas generalmente son de sección trapezoidal arriba de la línea de ceros del corte para captar los escurrimientos superficiales.

2.3.4. Taludes.

Es la inclinación del paramento de los cortes o terraplenes. Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de a cuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman (ángulo de reposo del material).

2.3.5. Partes complementarias.

Son partes de un camino que mejoran la operación y conservación.

1. Guarniciones: So obras generalmente de concreto hidráulico que nos sirven para delinear la orilla del pavimento.

2. Bordillos: Se construyen junto a los hombros con la finalidad de encausar el agua hacia un lavadero.

3. Banquetas: Se ubican a los lados de la corona a un nivel superior de la corona y son destinadas para la circulación de peatones. Rara vez usadas en carreteras.

4. Fajas separadoras y camellones: Se utilizan para dividir un camino y el tránsito de los sentidos opuestos, los camellones se utilizan para separar el tránsito directo del local.

2.4. Estructura de un pavimento.

La estructura de un pavimento esta conformada por una serie de capas diseñadas y colocadas entre un nivel superior a las tercerías a la superficie de rodamiento. Esta estructura esta constituida por tercerías, filtro, sub-base, base y carpeta.

Un pavimento tiene la función de proporcionar una superficie de rodamiento a los vehículos, transmitiendo uniformemente las cargas y capaz de resistirlas.

2.4.1. Terracerías.

Las terracerías se definen como el material que sirve de relleno en la construcción de una vía terrestre, esto en concordancia con Olivera (2006). Se elaboran generalmente de material de corte, o de préstamo de banco o lateral (de

10 a 100m del centro de la línea) cuando el volumen de corte no es suficiente. Al volumen que sobra del corte usado en terraplén se le llama desperdicio. Esta conformado por el cuerpo del terraplén y la capa subrasante.

2.4.1.1. Cuerpo del terraplén.

Tiene la finalidad de alcanzar la altura del proyecto geométrico y debe resistir las cargas y transmitir las al terreno natural de manera uniforme. Se elabora con material de corte o préstamo.

2.4.1.2. Capa subrasante.

Debe de tener un espesor mínimo de 30cm. con un TMA de 3", al 95% proctor y un valor relativo de soporte de 15%. Tiene la misma función que el cuerpo del terraplén, además de evitar que los materiales finos plásticos contaminen el terraplén, y economizar espesores de pavimento principalmente. Cuando el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) es mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

2.4.1.3. Desmontes.

El desmonte o desyerbe consiste en el retiro de maleza, plantas de campo, cactus y en general toda la vegetación (sin incluir árboles) que exista en los terrenos donde se construirá. Previo al desmonte, se identificarán los árboles que deban respetarse conforme al proyecto, tomando las previsiones necesarias para no dañarlos.

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de los edificios.

El despalme se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II. El espesor de la capa a despaltar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso.

Los trabajos de desmonte y despalme se ejecutarán con maquinaria cuando así se indique, siempre y cuando la topografía y las condiciones del terreno así lo permitan.

2.4.1.4. Cortes.

De acuerdo con Mier (1987), los cortes son excavaciones sobre el terreno natural, ya sea en taludes o terraplenes, y tienen la finalidad de dar forma a la sección del proyecto. Se clasifican en:

A) Material A: Se trata de un material blando fácilmente excavable ya sea a mano con pala o con maquinaria, con partículas hasta de 3" de diámetro.

B) Material B: Este material solo puede ser extraído con el uso de maquinaria como retroexcavadora, tienen un tamaño de más de 3" de diámetro.

C) Material C: El material tipo C solo puede ser extraído mediante el uso de explosivos ya que se trata de roca sólida.

En un volumen dado en caso de haber más de un tipo de material a extraer se da la clasificación del material que predomine dentro del volumen.

2.4.2. Sub-base.

En ocasiones esta capa no se requiere, tiene la función de impedir que la humedad de las tercerías ascienda por capilaridad así como de dar soporte uniforme a la capa de base resistiendo las cargas que se le transmitan.

Se compone por fragmentos de roca, grava, arena y limo. Estos materiales deben cumplir con la granulometría que marque el estudio de mecánica de suelos, en función de la intensidad de tránsito. Presenta las siguientes características:

1. 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.

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

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

4. 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.

2.4.3. Base.

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

A continuación se describen los tipos de materiales que se usan en la elaboración de bases:

A). Materiales que no requieren tratamiento: Poco o nada cohesivos como arenas, limos y gravas que al extraerlos quedan sueltos. No contienen más del 5% de partículas > 2"

B) Materiales que requieren ser disgregados: Tezontles y cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas que al ser extraídos salen como terrones. Contienen más del 5% de partículas > 2"

C) Materiales que requieren ser cribados: Son materiales como gravas o arenas que necesitan ser cribados por la malla de 2" para separar los de mayor tamaño y así cumplir con la norma. Contienen entre el 5% y el 25% de partículas >2"

D) Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados: Son poco y nada cohesivos y contienen más del 25% de partículas > 2", por lo que deben triturarse y cribarse por la malla 1 ½"

E) Materiales que requieren trituración total y cribado por la malla 1 ½": Materiales extraídos de mantos de roca, piedra suelta o de pepena que para cumplir la granulometría deben de triturarse y cribarse.

F) Materiales mezclados: Son aquellos que resultan de la mezcla de dos o mas materiales sean gravas, arenas y limos. El material para base será 100% producto de trituración de roca sana cuando el transito esperado durante la vida útil del pavimento sea > de 10 millones. Cuando el transito sea de 1 a 10 millones el material contendrá como mínimo 75% de partículas producto de la trituración. Cuando el tránsito es < 1 millón, el material tendrá como mínimo 50% de partículas trituradas.

2.4.4. Carpetas asfálticas.

“Una mezcla asfáltica en general es una combinación de asfalto y agregados minerales pétreos en proporciones exactas. Las proporciones relativas de estos minerales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como mezcla terminada para un determinado uso.

La mezcla asfáltica debe ser durable, es decir, debe ser resistente a las acciones tales como el despegue de la película de asfalto del agregado por efectos del agua, abrasión del tránsito, etc. Debe ser resistente a las sollicitaciones de tránsito a través de su estabilidad. Una mezcla debe ser impermeable para que sus componentes no estén bajo la acción directa de los agentes atmosféricos y debe ser trabajable para su fácil colocación y compactación en terreno. Cada una de estas y otras propiedades deseables de las mezclas asfálticas”. (es.wikipedia.org)

De acuerdo con Mier (1987) los materiales asfálticos más empleados en las carpetas son los cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsión de rompimiento rápido y aditivos.

Las carpetas asfálticas se pueden elaborar de cualquiera de las siguientes maneras: por el sistema de riegos, por el sistema de mezcla en el lugar y mediante concreto asfáltico elaborado en planta estacionaria en caliente.

DENOMINACION DE MATERIAL PETREO	QUE PASE POR LA MALLA	Y QUE SE RETENGA EN LA MALLA
1	1"	1/2"
2	1/2"	1/4"
3-A	3/8"	NUM. 8
3-B	1/4"	NUM. 8
3-E	3/8"	NUM. 4

Fig. 2.6. Materiales pétreos para carpetas por el sistema de riegos.

2.4.4.1. Carpetas asfálticas por el sistema de riegos.

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.

A). Carpetas de un riego: Se barre la superficie de la base impregnada. A continuación se riega de material asfáltico en cantidad que determine el laboratorio. Después se cubre de material pétreo 3-a o 3-e cantidad según proyecto. Y por ultimo se rastrea y se plancha, después de tres días se barre la superficie.

B). Carpeta de dos riegos: Primero se barre la superficie de la base impregnada. Se riega con material asfáltico. Después se cubre con material pétreo. Se rastrea y se plancha. Luego se da un segundo riego y se coloca material pétreo 3-b, se rastrea y se plancha. Después de tres días se barre la superficie.

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
	1ER RIEGO	2DO RIEGO
I. MATERIAL PETREO		
1) GRANULOMETRIA	NUMERO 2	NUMERO 3-B
A)QUE PASA POR LA MALLA	1/2"	1/4"
B)QUE SE RETENGA EN LA MALLA	1/4"	NUMERO 8
2,DOSIFICACIONES (LTS/M2)	8--12	6--8
II. MATERIAL ASFALTICO		
1)CEMENTO ASFALTICO (LTS/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) EMULSION CATIONICA O ANIONICA	0,8-1,0	1,0-1,5

Fig. 2.7. Dosificación de materiales pétreos y asfálticos para carpeta de dos riegos.

C). Carpeta de tres riegos: Primeramente se barre la superficie de la base impregnada. Después se riega con material asfáltico. Se cubre con material pétreo numero 1. Luego se rastrea y se da una pasada con equipo de compactación. Seguido de un segundo riego y se coloca material pétreo numero 2 y se rastrea y se compacta con dos pasadas. A las seis horas se puede abrir al transito por un tiempo no mayor a dos semanas y se barre la superficie. Después se aplica el tercer riego cubriendo con material pétreo 3-b y se compacta. Finalmente después de tres días se barre la superficie.

Cabe mencionar que la compactación en cada uno de los casos debe hacerse de las orillas al centro de la tangente y en curvas del interior al exterior.

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO		
	1ER RIEGO	2DO RIEGO	3ER RIEGO
I. MATERIAL PETREO			
1) GRANULOMETRIA	NUMERO 1	NUMERO 3	3-B
A)QUE PASA POR LA MALLA	1"	1/2"	1/4"
B)QUE SE RETENGA EN LA MALLA	1/2"	1/4"	NUMERO 8
2),DOSIFICACIONES (LTS/M2)	20-25	8--12	6--8
II. MATERIAL ASFALTICO			
1)CEMENTO ASFALTICO (LTS/M2)	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) EMULSION CATIONICA O ANIONICA	0,8-1,0	1,0-1,5	1,0-1,5

Fig. 2.8. Dosificación para sistema de tres riegos.

ANCHO DE LA CARPETA DEL EJE A LA ORILLA	+	5 CMS.
PENDIENTE TRANSVERSAL	+	-0.50%
PROFUNDIDAD DE PRESIONES OBSERVADAS COLOCANDO UNA REGLA DE 3 MTS. DE LONG. PARALELA Y NORMAL AL EJE		1 CM

Fig. 2.9. Tolerancias en carpetas por riegos.

2.4.4.2. Carpetas asfálticas de mezcla en el lugar.

Las carpetas de este tipo se construyen mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y emulsiones asfálticas de rompimiento medio o lento, estos materiales son rebajados de fraguado rápido o medio. En

riegos de liga son cementos asfálticos y rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

La carpeta debe estar debidamente preparada, por lo que se da un riego de liga con petrolizadora.

2.4.4.3. Concreto asfáltico elaborado en planta estacionaria en caliente.

Se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos, estas plantas deben constar de:

Secador de inclinación ajustable, colocado antes de las cribas, a la salida del secador debe de tener un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura, cribas para clasificar el material, así como dispositivos para dosificar los pétreos. Equipo para calentar el cemento asfáltico, dispositivos para dosificarlo y mezclarlo así como un recolector de polvo.

El material debe de tener entre 120 y 160° al momento de agregarle el cemento asfáltico y al salir de planta máximo 150°, y su humedad debe ser inferior al 1%. Al momento de tender la mezcla no deberá de ser inferior a 110°, ni de 85° al término del proceso.

El concreto asfáltico se tiende con equipo especial (finisher). La temperatura ambiente deberá de ser por lo menos de 10°, sin bruma ni lluvia y la superficie seca y limpia. La compactación se inicia con rodillo tandem. El traslape longitudinal de la compactación es de cuando menos la mitad del ancho de la plancha. Después de corregir lo necesario se aplica compactación con el rodillo de neumáticos para alcanzar un 95% del peso volumétrico máximo y mientras la mezcla aun este a temperatura que permita alcanzar la máxima densidad. A

continuación se utiliza en rodillo tandem para eliminar las huellas de los rodillos. La compactación se debe finalizar a una temperatura mínima de la mezcla de 70° y por ultimo se coloca un riego de sello cuando la carpeta tenga mayor permeabilidad del 10%.

2.4.4.4. Materiales asfálticos.

Los materiales asfálticos se clasifican en: cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.

A). Cementos asfálticos: Los cementos asfálticos son asfaltos que se obtienen del proceso de destilación del petróleo. Para su aplicación deben de estar a una temperatura adecuada. Según la norma NCMT-4-05-001/05 los cementos asfálticos se clasifican como se indica en la fig. 2.10.

ASFALTO	REGION RECOMENDADA
AC-5	Sirve para elaborar emulsiones y concretos asfálticos que se utilicen en la zona de la sierra madre occidental, en Durango o Chihuahua, y en algunas regiones altas de los estados de México, Morelos y Puebla.
AC-10	Se recomienda para la región central y el altiplano de la república mexicana.
AC-20	Para el sureste de la república y las regiones costeras del golfo y el pacífico, pasando por Sinaloa e inclusive hasta Baja California.
AC-30	Norte y noreste del país, excluido el estado de Tamaulipas.

Fig. 2.10. Clasificación de cementos asfálticos.

B). Emulsiones asfálticas: Según el Instituto Mexicano de Transporte (imt.mx) las emulsiones asfálticas son los materiales asfálticos líquidos estables, constituidos por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de cemento asfáltico. Se denominan emulsiones asfálticas aniónicas cuando el agente emulsificante confiere polaridad electronegativa a los glóbulos y emulsiones asfálticas catiónicas, cuando les confiere polaridad electropositiva. Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulgente usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas:

1. Emulsiones Aniónicas: En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.

2. Emulsiones Catiónicas: En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

1. De Rompimiento Rápido: Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.

2. De Rompimiento Medio: Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

3. De Rompimiento Lento: Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

4. Para Impregnación: Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.

5. Súper Estables: Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos.

Clasificación	Contenido de cemento asfáltico en masa %	Tipo	Polaridad	
EAR-55	55	ROMPIMIENTO RAPIDO	ANIONICA	
EAR-60	60			
EAM-60	60			
EAM-65	65	ROMPIMIENTO MEDIO		
EAL-55	55	ROMPIMIENTO LENTO		
EAL-60	60			
EAI-60	60			PARA IMPREGNACION
ECR-60	60	ROMPIMIENTO RAPIDO		CATIONICA
ECR-65	65			
ECR-70	70			
ECM-65	65	ROMPIMIENTO MEDIO		
ECL-65	65	ROMPIMIENTO LENTO		
ECI-60	60	PARA IMPREGNACION		
ECS-60	60	SOBREESTABILIZADA		

Fig. 2.11. Clasificación de emulsiones asfálticas.

C) Asfaltos rebajados: Los asfaltos rebajados, que regularmente se utilizan para la elaboración de carpetas de mezcla en frío, así como en impregnaciones

de bases y sub-bases hidráulicas, son los materiales asfálticos líquidos compuestos por cemento asfáltico y un solvente, clasificados según su velocidad de fraguado. Existen dos tipos de asfalto rebajado, el FR-3 de fraguado rápido y el FM-1 de fraguado medio.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se definirán las características del lugar donde se realiza el proyecto para conocer las condiciones en las cuales se realizó el proyecto, se definirá su entorno geográfico, mencionando su micro y macrolocalización, así como su tipo de topografía e hidrología regional y se presentara un informe fotográfico donde se da a conocer la situación actual del camino.

3.1. Generalidades.

Según el portal de Internet, www.michoacan.gob.mx, el Estado de Michoacán cuenta con una extensión territorial del 3% de la superficie de la Republica Mexicana que son aproximadamente 59,864 km² y su capital es Morelia. Se localiza en la parte centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17°54'34" y 20°23'37" de latitud Norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud Oeste.. Michoacán de Ocampo colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con Querétaro de Arteaga, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El municipio de Tangamandapio cuenta con una su superficie de 315.68 Km² y representa el 0.53 por ciento del total del Estado. Su relieve lo constituyen el sistema volcánico transversal, los cerros Blanco, Huanúmera, Prieto, Cuate, La Loca, Guayabo y la sierra Tarecuaro. Su hidrografía se constituye principalmente por

arroyos: colorado y prieto, manantiales de agua fría y algunas presas. El clima es templado, tiene una precipitación pluvial anual de 700.0 milímetros y temperaturas que oscilan entre 2.6 y 38.0° centígrados.

Como principales ecosistemas del municipio dominan el bosque mixto con pino y encino y el bosque tropical deciduo con parota, guaje, cascalote y cirian. Su fauna la conforman el venado, cacomixtle, gato montés, ardilla, mapache, cerceta, torcaz y pato. La superficie forestal de maderables es ocupada por pino, encino, y en el caso de las no maderables, por matorrales de distintas especies.

Las características y uso del suelo del municipio datan de los períodos cenozoico, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo chernozem. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción forestal y agrícola.

El camino objeto de la presente investigación comunica a las poblaciones de Tarecuato y Los Hucuares, tiene una longitud total de 8 kilómetros, este camino es importante para la población de Los Hucuares principalmente por que agiliza el flujo ganadero y comercial así como la comunicación en general, ya que acorta el tiempo de recorrido para dicha población la cual tiene la necesidad de trasladarse a ciudades donde puedan encontrar servicios de salud mas sofisticados beneficiando así a aproximadamente 20,000 habitantes de los dos poblados.

3.2. Resumen ejecutivo.

Para la realización del presente proyecto se parte de la existencia del camino, por lo que ya se ha realizado el levantamiento topográfico del lugar, se conoce detalladamente cada aspecto geométrico, de los cuales se obtuvo el alineamiento

horizontal y el alineamiento vertical, para posteriormente obtener las secciones que conforman el proyecto geométrico para finalmente determinar los volúmenes de obra.

Primeramente se visitó el camino que comunica a Tarecuato con Los Hucuares y lo primero que se observó es que el camino es relativamente nuevo, el proyecto inició aproximadamente a finales del año 2005, por lo que se aprecia que la carpeta asfáltica está en buenas condiciones, pero no así en las obras complementarias donde se notan varios problemas los cuales se mostraron en el informe fotográfico.

Se realizó un aforo vehicular el cual fue confirmado en la visita al camino, observándose así que por dicho camino transitan pocos vehículos, siendo en su mayoría vehículos de carga tipo pick-up, por lo que el camino fue concebido como tipo D, en donde la deformación esperada al término de su vida útil sea de 2.5 cm., donde la vida útil del camino será de 20 años, con una tasa de crecimiento anual del 3%.

Analizando las condiciones que se presentan con el tránsito y los materiales de construcción, se determinaron los siguientes espesores de capa:

Carpeta asfáltica:	5.00 cm.
Base hidráulica:	20.00 cm.
Capa subrasante:	30.00 cm.
Terracerías:	Variable.

Posteriormente se recurrió a la investigación documental para sentar las bases teóricas de este proyecto, las cuales servirán de apoyo para realizar el nuevo presupuesto, en base a los volúmenes que se utilizaron en el proyecto y los precios vigentes en el periodo de construcción del camino. Para la realización del

presupuesto será necesario apoyarse en programas computacionales como el Excel y el Opus.

3.3. Entorno geográfico.

A continuación se definirán las características geográficas, la macro y microlocalización, la topografía, hidrología y geología de la región y así como de la zona en estudio.

3.3.1. Macrolocalización.

Tangamandapio se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19°57' de latitud norte y 102°26' de longitud oeste, a una altura de 1,670 metros sobre el nivel del mar. Como se puede apreciar en la figura 3.1, Tangamandapio limita al norte con Chavinda, al este con Zamora, Jacona y Tangancícuaro, al sur con Tangancícuaro, y al oeste con Tingüindín y Villamar. Su distancia a la capital del Estado es de 165 km.

3.3.2. Microlocalización.

En la figura 3.2 se presenta la localización del camino dentro del municipio, objeto de la presente investigación, donde también se pueden apreciar las comunidades que lo integran.

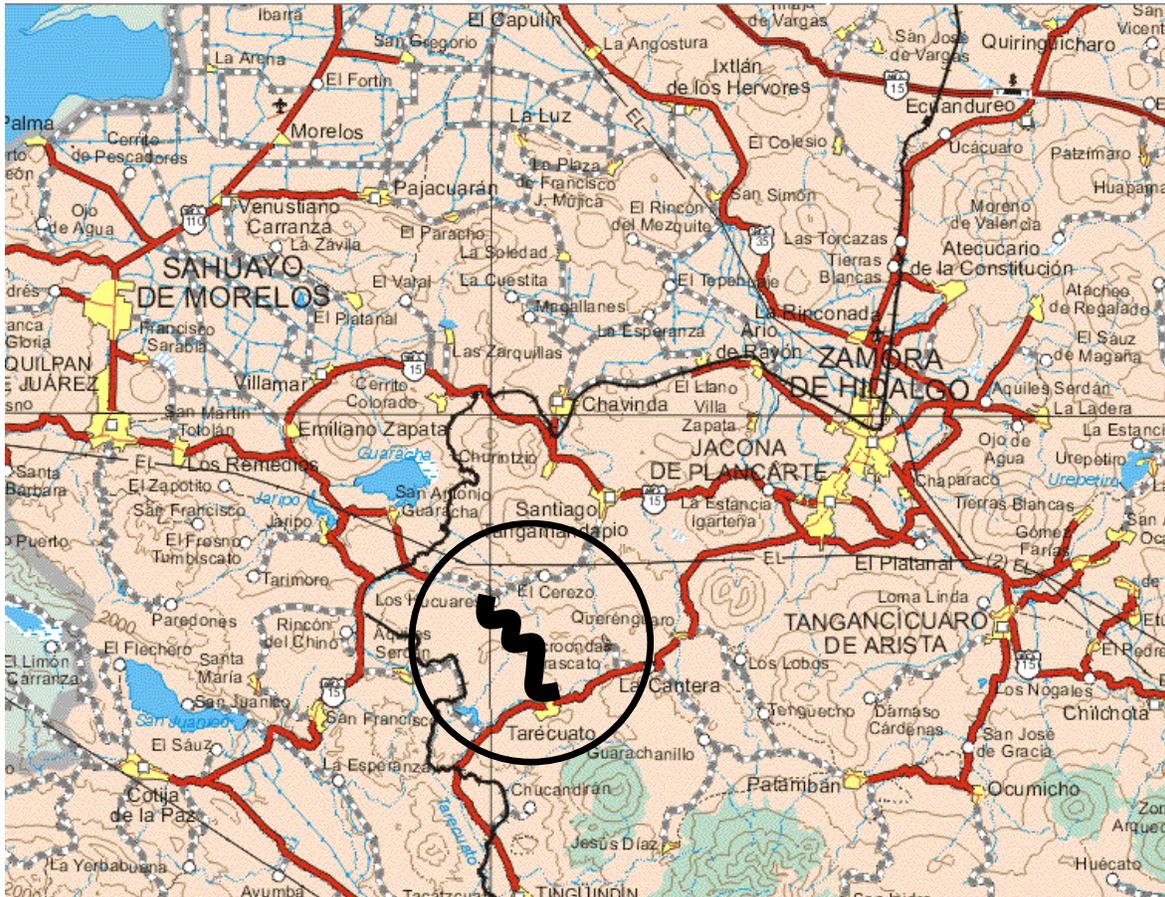


Fig. 3.2. Localización del camino Tarecuato – Los Hucuares.

3.3.3. Topografía regional y de la zona de estudio.

La fisiografía del territorio michoacano es una de las más accidentadas de México, como resultado de la confluencia de cinco grandes unidades naturales, pero son dos las más grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal esto en conformidad con el portal www.e-local.gob.mx.

La Sierra Madre del Sur cruza la zona suroeste, extendiéndose por el pacifico mexicano. La mayor elevación que se puede encontrar en este sistema montañoso es el Cerro de las Canoas de 2,985 m. de altitud que se localiza a 7 km. Al noroeste de la población de Coalcomán.

En el Sistema Volcánico Transversal, hay una región orográfica que queda representada por la Sierra de Tancítaro, que se conecta en el Noroeste con la de Peribán y se enlaza con las Sierras de San Ángel y Tarecuaro, y por el Este con las de Paracho y Carapan (en esta zona se ubica la Meseta Tarasca donde se localiza el Volcán Paricutín). Las elevaciones mas importantes son el Pico de Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

En la zona de estudio se pueden encontrar elevaciones locales importantes, como el Cerro Charapuato, Valerio y Chapandas.

3.3.4. Geología regional y de la zona de estudio.

Como se vio apartado anterior, Michoacán tiene dos provincias geológicas, la Sierra Madre del Sur que comparte con Colima, Jalisco, Guerrero y México, y el Sistema Volcánico Transversal que comparte con Jalisco, Guanajuato, Querétaro y México.

Adicionalmente, las zonas lacustres del Estado están relacionadas a actividad tectónica y volcánica.

Según la Comisión Forestal del Estado de Michoacán en su pagina de Internet cofom.michoacan.gob.mx, la geología se constituye, en términos generales, por rocas de un basamento metamórfico, rocas sedimentarias originadas en el Mesozoico y rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico. En las superficies correspondientes al Eje Neovolcánico, se encuentran rocas extrusivas, como los basaltos además de depósitos lacustres y depósitos de pie de monte y aluvión.

Para la realización del camino se utilizó material pétreo del banco “Santiago” ubicado en el Km. 170+600 de la carretera federal N° 15 México-Guadalajara-Nogales, tramo Jacona-Jiquilpan, desviación derecha 400 metros del eje del camino.

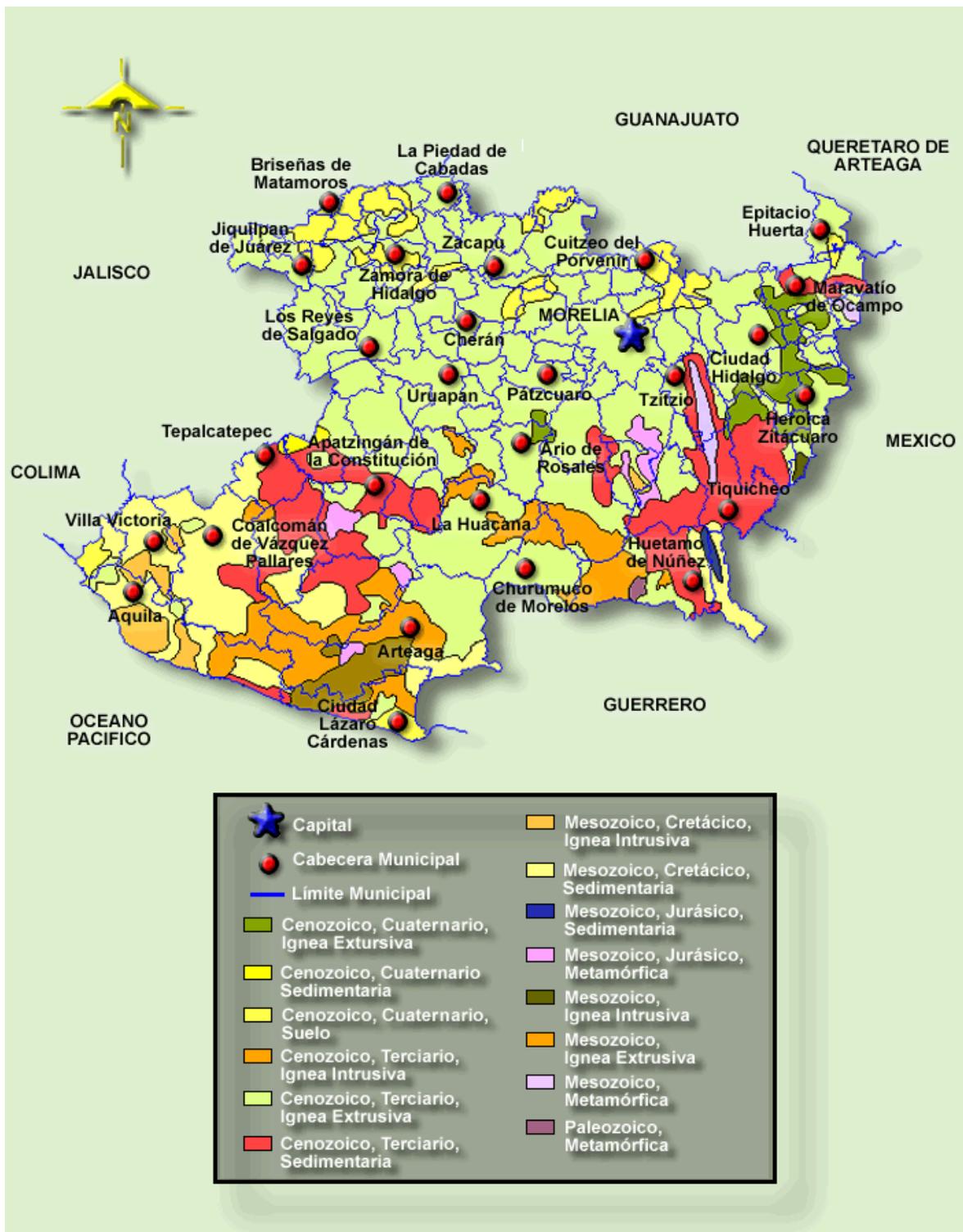


Fig. 3.3. Mapa geológico de Michoacán.

3.3.5. Hidrología regional y de la zona de estudio.

La hidrología de Michoacán forma parte de de 4 regiones hidrológicas: la región Lerma-Santiago al Norte del Estado; la región del Río Balsas situada en la parte central; la región Armería-Coahuayana se ubica al Sur, entre la Sierra de Coalcomán y la Zona Costera; y Ríos de la Costa. Es estado tiene como principales arterias a dos grandes ríos: el Lerma y el Balsas.

Para el municipio de Tangamandapio se tiene que su zona de influencia esta en la región Lerma-Santiago pero muy cerca de la región del Balsas. En el municipio ingresa uno de los principales afluentes que recibe el Balsas, el río Tepalcatepec o Grande, que corre en dirección noroeste a sureste.

3.3.6. Uso del suelo y de la zona de estudio.

Con base en el inventario nacional forestal periódico del 2000, las superficies y uso del suelo de la entidad se clasifican en: 3'314,466 has (56.4%) como forestal; 1'710,092 has (29.1%) agrícola; 715,571 has (12.2%) pecuario; y 138,645 has (2.3%) corresponden a cuerpos de agua y asentamientos humanos.

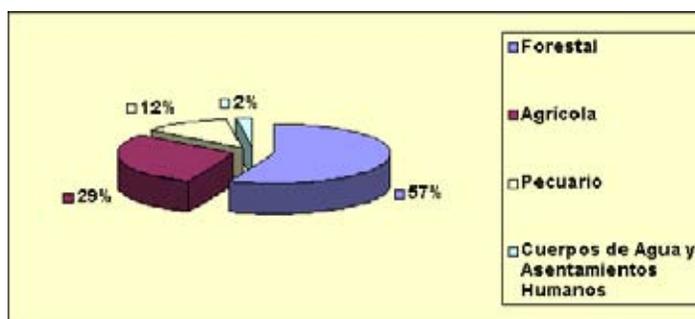


Fig. 3.4. Distribución de la superficie y uso del suelo en el estado. Fuente: semarnap, 2000.

En lo que a vegetación se refiere, Michoacán cuenta con bosques de coníferas a una altitud de entre 2600 y 3500 m. en las principales sierras del estado; bosques mixtos constituidos por pinos y encinos a una altitud de entre 1000 y 2600 m. la cual es la mas común en el estado. También existen zonas de matorrales y pastizales en el norte y en la zona de la depresión del balsas del Estado. En el sur se pueden encontrar selvas secas en las partes bajas de la sierra de Coalcomán y finalmente en la zona costera se encuentran los Palmares.

En la zona de estudio, se encontró que en el municipio domina el bosque mixto con pino y encino y el bosque tropical deciduo con parota, guaje, cascalote y cirian.

3.4. Informe fotográfico.

En el presente apartado se presentará de forma grafica la características del tramo carretero objeto del presente estudio, analizando las condiciones actuales de la carretera así como sus problemas y tipo de tránsito que circula por el.

3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.

La zona de estudio, como se puede apreciar en las imágenes, presenta un tipo de terreno de Lomerío, su cobertura vegetal es predominantemente de pinos y encinos, por lo que se tiene un bosque mixto.



Fig. 3.5. Tipo de terreno y vegetación.

3.4.2. Estado actual y problemas de drenaje superficial.

En general se puede observar que el estado de la carpeta es muy bueno, aunque a lo largo del proceso de investigación de campo se pudo observar algunos problemas de erosión en los terraplenes, debido al mal drenaje ocasionado probablemente a la falta de supervisión en el proceso de construcción del camino.



Fig. 3.6. Se observa en la foto derecha la erosión debajo del lavadero, en la foto de la izquierda el bordillo se despegó del camino debido a la acumulación de agua, se observa también la erosión debido al escurrimiento superficial.



Fig. 3.7. En la foto de la izquierda se aprecia la erosión debido a la inadecuada salida del lavadero. En la foto derecha se observa que la cuneta no cuenta con la profundidad necesaria para drenar el agua adecuadamente.

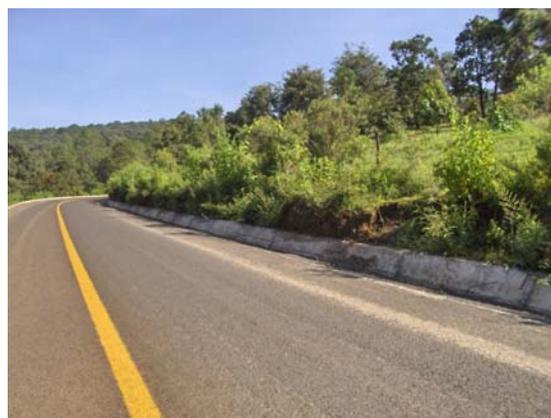


Fig. 3.8. En la foto de la izquierda se nota que la carpeta esta en buenas condiciones. En la foto derecha se pone en evidencia varios señalamientos que no fueron debidamente clavados en el suelo, dejándolos suelto, también se observa que el lavadero no descarga al escurrimiento adecuadamente.

3.4.3. Vehículos que circulan por el camino.

La mayoría de vehículos que transitan por la vía son ligeros tipo pick-up, además también se pudieron observar algunos vehículos de carga tipo C

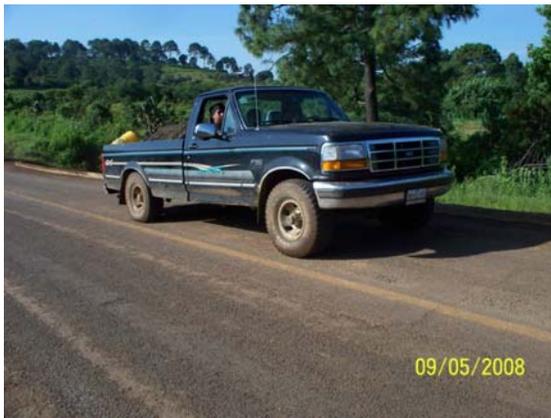


Fig. 3.9. Se observan los poca variedad de vehículos de entre los cuales son los tipo C. Predomina el tránsito de pick-ups y vehículos de transporte publico tipo combi.

3.4.4. Estudio de tránsito.

El aforo vehicular realizado arrojó los siguientes datos por hora:

Tipo de Vehículo	No. de ejes	No. de vehículos	Clasificación
Automóviles	2	3	A
Camionetas	2	12	A
Camiones pesados	2 y 3	3	C
vehículos por hora		18	
vehículos por día		432	

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

En el presente capítulo se mostrará la metodología de la investigación usada en el presente trabajo de tesis, definiendo el tipo de método empleado, el enfoque, diseño e instrumentos utilizados, así como el procedimiento de investigación.

4.1. Método empleado.

“No se puede hablar de investigación sin tener que hablar del método científico.” (Tamayo;2000:35). El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, aplicando la lógica a los hechos observados empíricamente, tiene como característica ser de razonamiento riguroso y verificable, su principal importancia no es el descubrimiento de verdades, sino como se llegó a esa verdad, cual fue el procedimiento para llegar a un enunciado.

Una subdivisión del método científico es el método matemático. Según Mendieta (2005) la noción de cantidad es una de las primeras nociones que capta el ser humano. Para la presente investigación se puede decir que se utiliza el método matemático ya que en esta se utilizan relaciones numéricas constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones las cuales se toman en cuenta para afirmar o negar algo.

4.2. Enfoque de la investigación.

Existen dos tipos de enfoque para realizar una investigación, el enfoque cualitativo, el cual depende de la percepción del observador (interpretativa), y el enfoque cuantitativo, el cual lleva mayor control sobre los fenómenos, por lo que es el más utilizado en las ciencias exactas como la Física, Química o Biología, ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente así como un punto de vista de conteo y magnitud de los fenómenos, esto de acuerdo con Hernández (2005).

Ambos enfoques emplean diferentes procedimientos pero ambos son empíricos debido a que se recogen datos de los fenómenos que se estudian.

Para fines de la presente investigación se utilizara un enfoque cuantitativo ya que se utilizan cálculos matemáticos para realizar el presupuesto, se analizan datos estadísticos sobre el tránsito vehicular para determinar el nivel de servicio del camino, etc.

4.2.1. Alcance.

Los alcances del estudio en la investigación se dividen en exploratorios, descriptivos y correlacionales. El tipo de estudio dependerá de la estrategia de la investigación, ya que el diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos en estudios exploratorios, descriptivos o correlacionales.

Un estudio descriptivo consiste en describir una situación, evento o hecho. Buscan especificar las propiedades y características del fenómeno a analizar,

midiendo, evaluando o recolectando datos sobre las dimensiones o componentes del objeto a investigar con la mayor precisión posible.

Por la naturaleza del tipo de proyecto, el alcance del estudio es del tipo descriptivo, ya que se pretende describir la manera como se presenta el fenómeno, se busca especificar las propiedades y características de las vías terrestres debido a que estas influyen en gran medida en la elaboración del proceso constructivo.

4.3. Diseño de la investigación.

Existen dos tipos de diseños: experimentales y no experimentales. Ya que en este proyecto no se experimenta, si no que se mas bien se analiza el estado de las diversas variables del camino en un tiempo determinado, y en un solo tramo del camino. Debido a esto se puede establecer que el diseño de la investigación es no experimental, con un enfoque transversal ya que se estudia la variable en un momento dado y en un punto determinado.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

Para la recopilación de datos de la presente investigación se valdrá de instrumentos como lo son la observación cuantitativa, la investigación documental y la investigación de campo, las cuales se capturarán en programa Word y Excel para la teoría y Opus Ole para los cálculos.

A) Observación cuantitativa.

La observación consiste en un registro sistemático, válido y confiable que puede ser utilizado como instrumento de medición.

Se utiliza para recolectar los datos necesarios para un estudio. La observación es un método clásico de investigación científica; además, es la manera básica por medio de la cual obtenemos información acerca del mundo que nos rodea.

Principios básicos para realizar una observación:

1. Debe tener un propósito específico.
2. Debe ser planeada cuidadosa y sistemáticamente.
3. Debe llevarse, por escrito, un control cuidadoso de la misma.
4. Debe especificarse su duración y frecuencia.
5. Debe seguir los principios básicos de confiabilidad y validez.

“Entre las ventajas de la observación, tenemos que determinada conducta se describe en el momento exacto en que está ocurriendo. Además, las observaciones se pueden realizar independientemente de que las personas estén dispuestas a cooperar o no, a diferencia de otros métodos en los que sí necesitamos de la cooperación de las personas para obtener la información deseada.

Por otra parte, también existen algunas desventajas, tales como la dificultad para observar un comportamiento específico en el momento de efectuar la observación. Además, las conductas que se encuentran sujetas a observación, generalmente son limitadas. Es difícil poder observar la interacción familiar, por ejemplo, al acostarse o levantarse.

La observación, debido a su utilidad, es un método que se puede utilizar, junto con otros, para recabar información. Por ejemplo, se puede emplear la observación

en un estudio exploratorio, y para el estudio final se pueden usar otros métodos tales como cuestionarios, entrevistas, etc.”. (alumno.ucol.mx;2008)

B) Investigación documental.

Según la página de internet www.mitecnologico.com (2008) este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación se encuentran la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etcétera.

La investigación documental es la presentación de un escrito formal que sigue una metodología reconocida. Consiste primordialmente en la presentación selectiva de lo que expertos ya han dicho o escrito sobre un tema determinado. Además, puede presentar la posible conexión de ideas entre varios autores y las ideas del investigador. Su preparación requiere que éste reúna, interprete, evalúe y reporte datos e ideas en forma imparcial, honesta y clara.

La investigación documental se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información. Generalmente se le identifica con el manejo de mensajes registrados en la forma de manuscritos e impresos, por lo que se le asocia normalmente con la investigación archivística y bibliográfica. El concepto de documento, sin embargo, es más amplio. Cubre, por ejemplo: micropelículas, microfichas, diapositivas, planos, discos, cintas y películas.

C) Investigación de campo.

La investigación de campo se presenta mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de que modo o por que causas se produce una situación o acontecimiento particular.

Este tipo de investigación es también conocida como investigación in situ ya que se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del investigador, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

La presente investigación se desarrolla partiendo de la necesidad de revisar el tramo carretero “Tarecuato – Los Hucuares” construido recientemente cuyo proyecto inicio en 2005 para elaborar una propuesta alterna. Para esto se recurrió principalmente a la observación y la investigación de campo para conocer las condiciones actuales del tramo, así mismo se hizo necesaria la investigación documental para desarrollar la teoría la cual dará soporte al marco teórico.

Una vez recopilada la información se procedió a la elaboración de cálculos valiéndose para esto de herramientas informáticas como el programa Opus Ole para hacer presupuestos y calcular insumos de materiales, mano de obra y equipo principalmente.

Finalmente, se llegó a las conclusiones donde responde la interrogante en la pregunta de investigación así como en los objetivos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo que a continuación se desarrollará, se describirá como se siguen los procesos constructivos de cada uno de los elementos de la estructura del pavimento. Se describirá el modo en que se debe construir la terracería, sub-base, base, así como la carpeta asfáltica y la compactación, según los requerimientos del proyecto. Se propondrá la alternativa del presupuesto y se analizará el resultado obtenido.

5.1. Procedimiento constructivo del pavimento.

Es importante plantear un buen procedimiento constructivo ya que gracias a esto se logra abatir costos principalmente debido a que se analiza y trabaja con los rendimientos óptimos para los materiales y equipos, además de aprovechar y planear adecuadamente los tiempos de ejecución de cada actividad, trayendo como consecuencia menores costos al requerirse menos tiempo en equipo o mano de obra. A continuación se describirá el proceso constructivo para cada uno de los elementos del pavimento según las normas de la SCT en su libro "CTR. CONSTRUCCION, Tema: CAR. Carreteras, Conceptos de obra."

5.1.1. Terracerías.

Los Cortes y Terraplenes se construirán de acuerdo a los datos de construcción del proyecto geométrico. Cuando la sección de construcción se apoye

en forma parcial o total fuera del camino actual, se procederá a efectuar el despalme necesario para eliminar el material que contenga materia orgánica, compactando la superficie descubierta al 90% del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) AASHTO estándar, en un espesor de 15 centímetros.

Para dar el ancho de Corona de 8.00 metros en tangente de acuerdo a Proyecto Geométrico, en los casos que se requiere ampliar la sección, se procederá a la construcción de un Escalón de Liga, mismo que se deberá construir de acuerdo a lo indicado en la sección de construcción correspondiente, recomendándose que se realice por capas no mayores de 30 centímetros compactos al 90 % del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) AASHTO estándar.

El tramo en estudio cuenta con una capa de material de banco de buena calidad para sub-rasante en un espesor variable, construidos durante el año 1974, por lo que se deberá escarificar y perfilar la superficie actual del camino y compactar al 90 % del P.V.S.M. A.A.S.H.T.O. estándar.

Una vez realizados los trabajos anteriores, se procederá a la complementación de la capa sub-rasante para obtener el espesor de diseño de 30 cm, compactando al 95 % del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) AASHTO estándar.

La ejecución de los trabajos cumplirá con lo indicado en las Normas de Construcción e Instalaciones vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como la calidad de los materiales, con lo estipulado por la propia Secretaría en sus normas actuales.

5.1.2. Sub-base.

La construcción de la sub-base comprende las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario: Extensión y humedecimiento de una capa, conformación, compactación y acabado de la misma capa.

El Contratista no podrá dar comienzo a los trabajos sin la aprobación del supervisor, de las fuentes de suministro de los materiales propuestos y el acabado aprobado de la subrasante, incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras de carácter definitivo o provisional necesarias para mantener drenada la vía, en cualquier condición climática.

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 compactarse a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. En ningún caso se permitirá colocar la capa superior de sub-base sin que la capa inferior cumpla las condiciones de nivelación, espesor exigidos.

Los equipos para la ejecución de los trabajos especificados comprenden:

- * Motoniveladora: Estará debidamente equipada con cuchilla y escarificadores en buenas condiciones.

- * Carro tanque: Que permita un riego de agua uniforme sobre la superficie.

- * Vibrocompactador: El espesor de cada capa y el número de pasadas del equipo de compactación estarán determinados por la capacidad del equipo que disponga y el material a compactar.

5.1.3. Base hidráulica.

Se deberá construir de un espesor de 20 centímetros compactados al 95% del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) AASHTO Modificada, para lo cual se recomienda utilizar material pétreo del banco “Santiago” ubicado en el Km. 170+600 de la carretera federal N° 15 México-Guadalajara-Nogales, tramo Jacona-Jiquilpan, desviación derecha 400 metros del eje del camino, al cual se le dará tratamiento de cribado para producir el material a tamaño máximo de 1 1/2” (38 mm) a finos. La ejecución de los trabajos cumplirá con lo indicado en las Normas de Construcción e Instalaciones vigentes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como la calidad de los materiales, con lo estipulado por la propia Secretaría en sus Normas actuales, cuyos puntos marcan que el pétreo cumpla con una granulometría adecuada.

La mezcla de los materiales se realizara en seco agregando posteriormente agua hasta la humedad óptima para lograr la compactación al 95 % del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) AASHTO. Modificada, en un espesor de 20 centímetros.

A continuación se describe el procedimiento a seguir para la elaboración de una base:

Primero se debe acamellonar el material y abriéndolo con la motoconformadora y a la vez aplicando la humedad optima, después se extiende a lo largo de la corona con es espesor requerido y a continuación se procede a compactar con vibrocompactador llegando a la compactación requerida por el proyecto.

Una vez compactada la base se procede a colocar un riego con emulsión asfáltica la cual favorece a la adherencia entre las dos capas además de proveer protección contra la humedad sirviendo de impermeabilizante.

5.1.4. Riego de impregnación.

Con objeto de proteger la pérdida de humedad a la capa de Base Hidráulica se dará un Riego de Impregnación para lo cual se utilizará Emulsión asfáltica Tipo RR-2K en proporción de 1.5 Lts/m².

Previamente al riego de impregnación deberá estar la superficie seca, que no exista la probabilidad de lluvia y que este barrida, poreando la impregnación a razón de 5 Lts/m², con arena del banco "Santiago", ya citado anteriormente.

Para aplicar el riego se utilizara petrolizadora para aplicar cemento asfáltico de manera uniforme, equipada con abanico con boquillas dispuestas de manera que cada boquilla contigua riegue la mitad de la otra boquilla, lo que produce un cubrimiento doble.

5.1.5. Riego de liga.

El riego de liga se aplicara después de que haya fraguado el riego de impregnación, el cual servirá para garantizar la adherencia entre la capa de base y la carpeta asfáltica, dicho riego se aplica con emulsión asfáltica de rompimiento rápido de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-04-005/00.

El tipo de emulsión asfáltica a utilizar será el RR-2K de rompimiento rápido en una cantidad aproximada de 0.5 lts/m² y se aplicara con petrolizadora con abanico.

El riego no deberá ser aplicado cuando exista la presencia de agua en la superficie, así como cuando este lloviendo o se note la amenaza de lluvia, también se debe cuidar la velocidad del viento de manera que no impida la aplicación uniforme del riego y cuando la temperatura de la superficie sea menor de los 15° C.

5.1.6. Carpeta asfáltica.

Se construirá una carpeta asfáltica de un espesor de 5 cms. Compactados al 100 % de su P.V.S.M., siendo el tipo de elaborada en planta. Para la construcción de la carpeta asfáltica se deberá utilizar material de basalto triturado del banco “Tlazazalca” o del banco “Vigar”, ubicados a 93 y 53 kilómetros de la obra, respectivamente, u otro de similar calidad, al cual se le dará tratamiento de cribado para producir el material a tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ (19.1 mm) a finos.

Para la elaboración de la carpeta asfáltica se recomienda utilizar emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico AC-20 de rompimiento medio o lento, la que presente mejor afinidad con el material pétreo.

El diseño de la mezcla así como el contenido óptimo para la construcción de la carpeta asfáltica, se determinará con oportunidad por el Laboratorio de la empresa y avalado por el Depto. De Control de Calidad de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, una vez que se tenga el material debidamente producido para la carpeta asfáltica.

Previamente a la construcción de la carpeta asfáltica se barrerá la superficie de la capa de base hidráulica. Antes de tender la carpeta asfáltica se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica rompimiento rápido en proporción de 0.5 lts/m².

El producto asfáltico deberá ser el tipo mencionado en el clausulado de las Normas vigentes de la S.C.T.

5.1.7. Riego de sello.

Como la calidad del concreto asfáltico de la carpeta producida en planta es tal que garantiza una superficie de desgaste y antiderrapante, no se recomienda aplicar riego de sello sino hasta después del segundo año de vida del camino.

5.1.8. Compactación.

La compactación es un proceso donde se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación, teniendo un suelo estructurado que tenga un comportamiento mecánico adecuado durante su vida útil, esto de conformidad con lo que menciona Mier (1987).

El agua es importante en la compactación, ya que existe un contenido óptimo de humedad que produce el peso volumétrico seco máximo.

5.1.9. Compactación de los materiales en el camino.

La compactación se puede lograr de cuatro formas diferentes de aplicar la energía de compactación:

A) Por amasado: se realiza por rodillos pata de cabra, estos tienen su peso sobre la pequeña superficie del conjunto de puntas, ejerciendo presiones estáticas fuertes en los puntos que penetran en el suelo, la superficie queda distorsionada pero se compacta con la siguiente capa que es tendida. La acción del rodillo hace la compactación de abajo hacia arriba.

El espesor de la capa no deberá ser mayor mucho mayor que la longitud del vástago.

La longitud del vástago es comúnmente de 20 a 25cm y se usa para compactar capas de 30cm aprox. Este rodillo tiene buenos resultados en terraplenes de suelos finos.



Fig. 5.1. Compactador tipo "pata de cabra".

B) Compactadores por presión: se realiza con rodillos lisos y neumáticos, los lisos se dividen en remolcados y autopropulsados.

Los autopropulsados son usados primordialmente en la compactación de la subrasante, de bases hidráulicas y de carpetas asfálticas.

Los remolcados se forman por tambores al que se sujeta el eje, con un peso entre 14 y 20 ton.



Fig. 5.2. Computador de presión sobre neumáticos.

C) Compactadores por impacto: se realiza por medio de pisones o bailarinas cuya acción es en áreas pequeñas, aplicándose mayormente en zanjas, desplante de cimentaciones estribos de puentes y donde por alguna razón no se pueda hacer uso de un equipo de mayores dimensiones.



Fig. 5.3. Compactador tipo "Bailarina".

D) Compactadores por vibración: la ventaja es que la vibración es capaz de compactar capas de mayores espesores.



Fig. 5.4. Vibrocompactador de rodillo.

Un requisito para tener una buena compactación, es conocer los materiales por compactar, recorriendo el tramo y realizando muestreos o analizando los bancos de materiales, haciendo las pruebas de laboratorio necesarias a estos.

5.1.10. Calidad de los materiales.

Los materiales a que se refieren estos trabajos por ejecutar, deberán cumplir con los requisitos que se indican en las Normas de Calidad de los Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, vigentes.

La verificación de la calidad son las actividades que permiten comprobar que los conceptos de obra cumplan con las especificaciones del proyecto, ratificar la aceptación, rechazo o corrección de cada uno.

Se deberán de verificar los materiales a emplear, realizando pruebas de campo y laboratorio.

Antes de iniciar la obra se deberá contar con un programa de control de calidad técnicamente factible. Que sea congruente con el programa de ejecución de los trabajos.

5.2. Alternativa de presupuesto del camino del tramo en estudio.

En este apartado se elaborará la propuesta alterna del presupuesto del camino, en base a la normativa de la SCT, considerando costos directos, indirectos, utilidades y otros cargos adicionales. Cabe mencionar que los insumos empleados están a la fecha de elaboración del presupuesto, y se incluirá un concepto adicional referente al la capa de filtro y se utilizarán los mismos volúmenes elaborados en la propuesta original, por lo que la nueva propuesta se presenta de esta manera

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asphaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	PAVIMENTACION CON CARPETA ASFALTICA		1.00	3'080,134.78	
1	TRAZO Y NIVELACIÓN con equipo topográfico, para pavimentación de calles y avenidas, estableciendo ejes auxiliares, bancos de nivel referencias, incluye: equipo, materiales, herramienta y mano de obra P.U.O.T.	M2	16,000.00	1.78	28,480.00
2	DESPALME de terreno natural por medios mecánicos en cualquier tipo de material en cortes y/o terraplén, incluye: maquinaria, mano de obra, acamellonado y acarreo libre a 20 metros de distancia horizontal, P.U.O.T	M3	2,797.01	7.74	21,648.86
3	CORTE por medios mecánicos en material tipo 1, incluye: acarreo libre del material a 20 mts. De distancia horizontal en el lugar donde lo indique la supervisión, acopio y/o acamellonamiento para para retiro posterior, medida en secciones transversales de terreno natural. P.U.O.T	M3	2,190.66	14.65	32,093.17
4	Formación de TERRAPLEN por medios mecanicos, con material producto de corte y prestamo.	M3	5,961.59	20.60	122,808.75
5	COMPACTACION de terreno natural al 90% porter o proctor segun se requiera por medios mecanicos.	M2	16,000.00	19.19	307,040.00
6	Formación de CAPA DE FILTRO y/o rompedora con equipo mecánico, de 20 cms de espesor, con material de banco aprobado por la supervisión, compactado al 80 % de su PVSM, incluye materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.	M3	3,200.00	118.32	378,624.00
7	Formación de SUB-BASE por medios mecánicos, con material volcánico balastre - cementante 80% - 20% de 20 cms de espesor, material de banco aprobado por la supervisión, compactado al 95 % de la prueba porter estandar, incluye: equipo, materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, y herramienta, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.	M2	16,000.00	29.69	475,040.00
8	Formación de BASE HIDRAULICA con equipo mecánico, y material material triturado de 3/4" a finos, de 20 cms de espesor, compactado al 95 % de su P.V.S.M, AASHTO modificada. incluye: equipo, materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, y herramienta, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.	M2	16,000.00	31.58	505,280.00
9	RIEGO DE IMPREGNACION, con emulsión asphaltica tipo RR-2K, a razón de 1.5 Lts/ M2, incluye: equipo, materiales y desperdicios. P.U.O.T.	M2	16,000.00	7.49	119,840.00
10	RIEGO DE LIGA, con emulsión asphaltica tipo RR-2K, a razón de 0.5 Lts/ M2, incluye: equipo, materiales y desperdicios. P.U.O.T.	M2	16,000.00	2.95	47,200.00
11	CARPETA ASFÁLTICA tendida en caliente, de 5 cms compactos, con material triturado de 3/4" a finos, tendida y compactada al 100% de su PVSM, incluye: suministro de materiales, mezclado, homogenizado, equipo, desperdicios, herramienta y mano de obra, medido en secciones transversales. P.U.O.T.	M3	800.00	1,302.60	1'042,080.00
	Total de PAVIMENTACION CON CARPETA ASFALTICA		1.00	3'080,134.78	3'080,134.78
	Subtotal de Presupuesto				3'080,134.78
				15% IVA:	462,020.22
				Total	3'542,155.00

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asphaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares
 TRAMO: km 0+000 al km 2+000
 UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción		Unidad :	M2
Clave: 1		Cantidad :	16,000.00
TRAZO Y NIVELACIÓN con equipo topográfico, para pavimentación de calles y avenidas, estableciendo ejes auxiliares, bancos de nivel referencias, incluir: equipo, materiales, herramienta y mano de obra P.U.O.T.		Precio U. :	1.78
		Total :	28,480.00

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales						
	MATEP034	Pintura esmalte	LT	0.00581	34.25	0.20
Total de Materiales						0.20
Mano de Obra						
	+ MOMMB100	Cuadrilla 1.0 Topógrafo+ 2 Cadeneros+ 1 Peón	JOR	0.00094	1,078.09	1.01
Total de Mano de Obra						1.01
Equipo						
	H EQDI085	Transito para trazo WILD T16	HR	0.00893	9.70	0.09
	H EQDI058	Nivel para topografia SETL DS2610	HR	0.00893	5.94	0.05
Total de Equipo						0.14
Auxiliares						
	+ BASIF003	Fabricación de concreto F'c=100 Kg/cm2, con revolvedora	M3			
	MATEC016	Cemento Portland en la obra	TON	0.25300	1,447.00	366.09
	MATEA015	Arena de banco	M3	0.40800	85.00	34.68
	MATEG002	Grava de banco en la obra	M3	0.81100	85.00	68.94
	+ BASIA001	Agua en la obra	M3	0.13500	24.21	3.27
	H EQDI067	Olla Revolvedora para concreto, de un saco, JOPER R10	HR	0.66667	55.95	37.30
	+ MOMMB035	Cuadrilla 0.6 Cabo+ 1 Oficial albañil+ 5 Peón	JOR	0.08333	1,587.15	132.26
						Suma
						642.54
Total de Auxiliares						0.15
						Cantidad : 0.00023
						Total
						0.15
						Costo Directo
						1.50
						Costo indirecto 12.40%
						0.19
						Subtotal
						1.69
						Costo financiero 0.18%
						0.00
						Subtotal
						1.69
						Utilidad 4.50%
						0.08
						Subtotal
						1.77
						Cargos adicionales 0.74%
						0.01
						Precio Unitario
						1.78
						15% IVA: (15.00%)
						0.27
						Total
						2.05

** DOS PESOS 05/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asphaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: 2							
DESPALME de terreno natural por medios mecánicos en cualquier tipo de material en cortes y/o terraplén, incluye: maquinaria, mano de obra, acamellonado y acarreo libre a 20 metros de distancia horizontal, P.U.O.T							
Unidad :					M3		
Cantidad :					2,797.01		
Precio U. :					7.74		
Total :					21,648.86		
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
Auxiliares							
+	BASIC018	Corte material A, en despalmes	M3				
H	EQDI076	Tractor D7 CATERPILLAR	HR	0.00980	667.75	6.54	
					Suma	6.54	
					Cantidad : 1.00000	Total	6.54
Total de Auxiliares							
					Costo Directo	6.54	
					Costo indirecto 12.40%	0.81	
					Subtotal	7.35	
					Costo financiero 0.18%	0.01	
					Subtotal	7.36	
					Utilidad 4.50%	0.33	
					Subtotal	7.69	
					Cargos adicionales 0.74%	0.05	
					Precio Unitario	7.74	
					15% IVA: (15.00%)	1.16	
					Total	8.90	

** OCHO PESOS 90/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asphaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 3

CORTE por medios mecánicos en material tipo 1, incluye: acarreo libre del material a 20 mts. De distancia horizontal en el lugar donde lo indique la supervisión, acopio y/o acamellonamiento para para retiro posterior, medida en secciones transversales de terreno natural .
P.U.O.T

Unidad :	M3
Cantidad :	2,190.66
Precio U. :	14.65
Total :	32,093.17

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Auxiliares						
+	BASIC015	Corte mat A, en terracerías	M3			
H	EQDI076	Tractor D7 CATERPILLAR	HR	0.01852	667.75	12.37
					Suma	12.37
				Cantidad : 1.00000	Total	12.37
Total de Auxiliares						12.37

Costo Directo		12.37
Costo indirecto	12.40%	1.53
Subtotal		13.90
Costo financiero	0.18%	0.03
Subtotal		13.93
Utilidad	4.50%	0.63
Subtotal		14.56
Cargos adicionales	0.74%	0.09
Precio Unitario		14.65
15% IVA: (15.00%)		2.20
Total		16.85

**** DIECISEIS PESOS 85/100 M.N. ****

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 4

Formacion de TERRAPLEN por medios mecanicos, con material producto de corte y prestamo.

Unidad : M3
 Cantidad : 5,961.59
 Precio U. : 20.60
 Total : 122,808.75

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Equipo						
H	EQDI013	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.03333	200.89	6.70
H	EQDI020	Cargador sobre neumáticos caterpillar 950 F	HR	0.02500	427.56	10.69
Total de Equipo						17.39

Costo Directo		17.39
Costo indirecto	12.40%	2.16
Subtotal		19.55
Costo financiero	0.18%	0.04
Subtotal		19.59
Utilidad	4.50%	0.88
Subtotal		20.47
Cargos adicionales	0.74%	0.13
Precio Unitario		20.60
15% IVA: (15.00%)		3.09
Total		23.69

**** VEINTITRES PESOS 69/100 M.N. ****

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 5

COMPACTACION de terreno natural al 90% porter o proctor segun se requiera por medios mecanicos.

Unidad : M2
 Cantidad : 16,000.00
 Precio U. : 19.19
 Total : 307,040.00

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
Equipo							
H	EQDI023	Compactador vibratorio CA 25 DYNAPAC	HR	0.01005	241.83	2.43	
Total de Equipo						2.43	
Auxiliares							
+	BASIA001	Agua en la obra	M3				
	MATER042	Regalía de agua en banco	M3	1.05000	2.50	2.63	
H	EQDI009	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.13335	137.12	18.28	
H	EQDI003	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	0.06675	49.45	3.30	
					Suma	24.21	
					Cantidad : 0.56900	Total	13.78
Total de Auxiliares						13.78	

Costo Directo		16.21
Costo indirecto	12.40%	2.01
Subtotal		18.22
Costo financiero	0.18%	0.03
Subtotal		18.25
Utilidad	4.50%	0.82
Subtotal		19.07
Cargos adicionales	0.74%	0.12
Precio Unitario		19.19
15% IVA: (15.00%)		2.88
Total		22.07

** VEINTIDOS PESOS 07/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario						
Descripción						
Clave: 6						
Formación de CAPA DE FILTRO y/o rompedora con equipo mecánico, de 20 cms de espesor, con material de banco aprobado por la supervisión, compactado al 80 % de su P.V.S.M, incluye materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.						
				Unidad :	M3	
				Cantidad :	3,200.00	
				Precio U. :	118.32	
				Total :	378,624.00	
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Equipo						
H	EQDI055	Motoconformadora Caterpillar 14G, de 135 HP	HR	0.01250	465.89	5.82
H	EQDI023	Compactador vibratorio CA 25 DYNAPAC	HR	0.01429	241.83	3.46
Total de Equipo						9.28
Auxiliares						
+	BASIF100	Filtro procedente de banco No 1, incluye extracción, carga y acarreo a la obra.	M3			
	MATER410	Regalía de material Filtro	M3	1.00000	18.36	18.36
+	BASIE036	Excavación en préstamo de banco, material A	M3	0.10000	9.05	0.91
+	BASIE037	Excavación en préstamo de banco, material B	M3	0.90000	13.19	11.87
H	EQDI020	Cargador sobre neumáticos caterpillar 950 F	HR	0.01960	427.56	8.38
+	BASIT001	Tarifa de acarreo de material, 1er km	M3	1.00000	4.20	4.20
+	BASIT002	Tarifa de acarreo de material, M3- KM subsecuente	M3-KM	10.00000	2.20	22.00
					Suma	65.72
				Cantidad : 1.30000	Total	85.44
+	BASIA001	Agua en la obra	M3			
	MATER042	Regalía de agua en banco	M3	1.05000	2.50	2.63
H	EQDI009	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.13335	137.12	18.28
H	EQDI003	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	0.06675	49.45	3.30
					Suma	24.21
				Cantidad : 0.21500	Total	5.21
Total de Auxiliares						90.66
					Costo Directo	99.93
					Costo indirecto 12.40%	12.39
					Subtotal	112.32
					Costo financiero 0.18%	0.20
					Subtotal	112.52
					Utilidad 4.50%	5.06
					Subtotal	117.58
					Cargos adicionales 0.74%	0.74
					Precio Unitario	118.32
					15% IVA: (15.00%)	17.75
					Total	136.07

** CIENTO TREINTA Y SEIS PESOS 07/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: 7							
Formación de SUB-BASE por medios mecánicos, con material volcánico balastro - cementante 80% - 20% de 20 cms de espesor, material de banco aprobado por la supervisión, compactado al 95 % de la prueba porter estandar, incluye: equipo, materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, y herramienta, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.							
					Unidad :	M2	
					Cantidad :	16,000.00	
					Precio U. :	29.69	
					Total :	475,040.00	
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
Equipo							
H	EQDI055	Motoconformadora Caterpillar 14G, de 135 HP	HR	0.00650	465.89	3.03	
H	EQDI023	Compactador vibratorio CA 25 DYNAPAC	HR	0.00436	241.83	1.05	
Total de Equipo						4.08	
Auxiliares							
+	BASIS001	Subbase, procedente de banco, incluye extracción , trituración, cribado y carga	M3				
	MATER010	Regalía de material para sub-base	M3	1.00000	22.56	22.56	
+	BASIE036	Excavación en préstamo de banco, material A	M3	0.43000	9.05	3.89	
+	BASIE037	Excavación en préstamo de banco, material B	M3	0.57000	13.19	7.52	
H	EQDI013	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.05594	200.89	11.24	
H	EQDI032	Criba de gravedad	HR	0.02222	101.44	2.25	
H	EQDI020	Cargador sobre neumáticos caterpillar 950 F	HR	0.01950	427.55	8.38	
+	BASIT001	Tarifa de acarreo de material, 1er km	M3	1.00000	4.20	4.20	
+	BASIT002	Tarifa de acarreo de material, M3- KM subsecuente	M3-KM	7.00000	2.20	15.40	
					Suma	75.44	
					Cantidad : 0.26000	Total	19.61
+	BASIA001	Agua en la obra	M3				
	MATER042	Regalía de agua en banco	M3	1.05000	2.50	2.63	
H	EQDI009	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.13335	137.12	18.28	
H	EQDI003	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	0.06675	49.45	3.30	
					Suma	24.21	
					Cantidad : 0.05690	Total	1.38
Total de Auxiliares						20.99	
					Costo Directo	25.07	
					Costo indirecto 12.40%	3.11	
					Subtotal	28.18	
					Costo financiero 0.18%	0.05	
					Subtotal	28.23	
					Utilidad 4.50%	1.27	
					Subtotal	29.50	
					Cargos adicionales 0.74%	0.19	
					Precio Unitario	29.69	
					15% IVA: (15.00%)	4.45	
					Total	34.14	

** TREINTA Y CUATRO PESOS 14/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario							
Descripción							
Clave: 8				Unidad :	M2		
Formación de BASE HIDRAULICA con equipo mecánico, y material material triturado de 3/4" a finos, de 20 cms de espesor, compactado al 95 % de su P.V.S.M, AASHTO modificada. Incluye: equipo, materiales, acarreo, tendido, incorporación de agua necesaria, y herramienta, volumen medido compacto en secciones transversales P.U.O.T.				Cantidad :	16,000.00		
				Precio U. :	31.58		
				Total :	505,280.00		
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
Equipo							
H	EQDI055	Motoconformadora Caterpillar 14G, de 135 HP	HR	0.00650	465.89	3.03	
H	EQDI023	Compactador vibratorio CA 25 DYNAPAC	HR	0.00436	241.83	1.05	
Total de Equipo						4.08	
Auxiliares							
+	BASIB068	Base hidráulica de banco, incluye extracción, cribado y carga	M3				
	MATER071	Regalía de material para base	M3	1.00000	22.56	22.56	
+	BASIE036	Excavación en préstamo de banco, material A	M3	0.35000	9.05	3.17	
+	BASIE037	Excavación en préstamo de banco, material B	M3	0.65000	13.19	8.57	
H	EQDI013	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.08333	200.89	16.74	
H	EQDI032	Criba de gravedad	HR	0.02500	101.44	2.54	
H	EQDI020	Cargador sobre neumáticos caterpillar 950 F	HR	0.01960	427.56	8.38	
+	BASIT001	Tarifa de acarreo de material, 1er km	M3	1.00000	4.20	4.20	
+	BASIT002	Tarifa de acarreo de material, M3- KM subsecuente	M3-KM	7.00000	2.20	15.40	
					Suma	81.56	
					Cantidad : 0.26000	Total	21.21
+	BASIA001	Agua en la obra	M3				
	MATER042	Regalía de agua en banco	M3	1.05000	2.50	2.63	
H	EQDI009	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.13335	137.12	18.28	
H	EQDI003	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	0.06675	49.45	3.30	
					Suma	24.21	
					Cantidad : 0.05690	Total	1.38
Total de Auxiliares						22.59	
					Costo Directo	26.67	
					Costo indirecto 12.40%	3.31	
					Subtotal	29.98	
					Costo financiero 0.18%	0.05	
					Subtotal	30.03	
					Utilidad 4.50%	1.35	
					Subtotal	31.38	
					Cargos adicionales 0.74%	0.20	
					Precio Unitario	31.58	
					15% IVA: (15.00%)	4.74	
					Total	36.32	

** TREINTA Y SEIS PESOS 32/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario						
Descripción						
Clave: 9						
RIEGO DE IMPREGNACION, con emulsión asfáltica tipo RR-2K, a razón de 1.5 Lts/ M2, incluye: equipo, materiales y desperdicios.						
P.U.O.T.						
					Unidad :	M2
					Cantidad :	16,000.00
					Precio U. :	7.49
					Total :	119,840.00
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales						
	MATEE022	Emulsión asfáltica RR, rompimiento rápido	LT	1.80000	2.85	5.13
	MATEA015	Arena de banco	M3	0.00500	85.00	0.43
Total de Materiales						5.56
Mano de Obra						
	+ MOMMB001	Cuadrilla 0.1 Cabo+ 1 Peón	JOR	0.00040	236.26	0.09
Total de Mano de Obra						0.09
Equipo						
H	EQDI012	Camión petrolizadora Mercedes Benz	HR	0.00171	221.63	0.38
H	EQDI002	Barredora, Swega, modelo 890	HR	0.00046	54.80	0.03
H	EQDI011	Camioneta pick up, Ford	HR	0.00048	122.28	0.06
H	EQDI013	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.00107	200.89	0.21
Total de Equipo						0.68
					Costo Directo	6.33
					Costo indirecto 12.40%	0.78
					Subtotal	7.11
					Costo financiero 0.18%	0.01
					Subtotal	7.12
					Utilidad 4.50%	0.32
					Subtotal	7.44
					Cargos adicionales 0.74%	0.05
					Precio Unitario	7.49
					15% IVA: (15.00%)	1.12
					Total	8.61

** OCHO PESOS 61/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 10

RIEGO DE LIGA, con emulsión asfáltica tipo RR-2K, a razón de 0.5 Lts/ M2, incluye: equipo, materiales y desperdicios. P.U.O.T.

Unidad : M2
 Cantidad : 16,000.00
 Precio U. : 2.95
 Total : 47,200.00

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales						
	MATEE022	Emulsión asfáltica RR, rompimiento rápido	LT	0.60000	2.85	1.71
Total de Materiales						1.71
Equipo						
H	EQDI012	Camión petrolizadora Mercedes Benz	HR	0.00308	221.63	0.68
H	EQDI002	Barredora, Swega, modelo 890	HR	0.00046	54.80	0.03
H	EQDI011	Camioneta pick up, Ford	HR	0.00046	122.28	0.06
Total de Equipo						0.77

Costo Directo		2.48
Costo indirecto	12.40%	0.31
Subtotal		2.79
Costo financiero	0.18%	0.01
Subtotal		2.80
Utilidad	4.50%	0.13
Subtotal		2.93
Cargos adicionales	0.74%	0.02
Precio Unitario		2.95
15% IVA: (15.00%)		0.44
Total		3.39

**** TRES PESOS 39/100 M.N. ****

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares
 TRAMO: km 0+000 al km 2+000
 UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 11

CARPETA ASFÁLTICA tendida en caliente, de 5 cms compactos, con material triturado de 3/4" a finos, tendida y compactada al 100% de su PVSM, incluye: suministro de materiales, mezclado, homogenizado, equipo, desperdicios, herramienta y mano de obra, medido en secciones transversales. P.U.O.T.

Unidad :	M3
Cantidad :	800.00
Precio U. :	1,302.60
Total :	1'042,080.00

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	
Mano de Obra							
+	MOMMB021	Cuadrilla 0.4 Cabo+ 4 Ayudante especializado	JOR	0.00291	1,035.56	3.01	
Total de Mano de Obra						3.01	
Equipo							
H	EQDI002	Barredora, Swega, modelo 890	HR	0.00924	54.80	0.51	
H	EQDI011	Camioneta pick up, Ford	HR	0.00924	122.28	1.13	
H	EQDI073	Pavimentadora asfáltica BLAW KNOX PF 180 H	HR	0.02294	475.71	10.91	
H	EQDI017	Compactador de 7 neumáticos, DYNAPAC CP22	HR	0.02294	227.83	5.23	
H	EQDI025	Compactador tandem metálico de 10.2 Ton. Dynapac, modelo CC-43	HR	0.02294	280.34	6.43	
Total de Equipo						24.21	
Auxiliares							
+	BASIC069	Concreto asfáltico en caliente, incluye material pétreo, cemento asfáltico, aditivo, mezclado, maniobras y acarreo hasta la obra.	M3				
+	BASIC063	Carpeta de 3/4" a finos, procedente de banco, incluye extracción, cribado y carga	M3	1.00000	86.10	86.10	
H	EQDI013	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.03571	200.89	7.17	
H	EQDI020	Cargador sobre neumáticos caterpillar 950 F	HR	0.04167	427.56	17.82	
H	EQDI082	Planta de concreto asfáltico ADM de 100 ton /HR	HR	0.04167	2,683.47	111.82	
H	EQDI074	Planta generadora de energía eléctrica, de 200 KVA, Marathon	HR	0.04167	185.70	7.74	
H	EQDI075	Planta generadora de energía eléctrica, de 75 KVA	HR	0.04167	137.64	5.74	
	MATEC023	Cemento asfáltico AC-20, incluye flete hasta la obra	KG	112.00000	4.05	453.60	
	MATEA030	Aditivo para cemento asfáltico	LT	3.37155	22.65	76.37	
	MATEF001	Filler para carpeta asfáltica	M3	0.08500	210.00	17.85	
+	MOMMB011	Cuadrilla 0.4 Cabo+ 4 Ayudante general	JOR	0.00500	945.05	4.73	
+	BASIT001	Tarifa de acarreo de material, 1er km	M3	1.00000	4.20	4.20	
+	BASIT002	Tarifa de acarreo de material, M3- KM subsecuente	M3-KM	13.00000	2.20	28.60	
					Suma	821.74	
					Cantidad : 1.30000	Total	1,068.26
+	BASIA001	Agua en la obra	M3				
	MATER042	Regalía de agua en banco	M3	1.05000	2.50	2.63	
H	EQDI009	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	0.13335	137.12	18.28	
H	EQDI003	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	0.06675	49.45	3.30	
					Suma	24.21	
					Cantidad : 0.19000	Total	4.60
Total de Auxiliares						1,072.86	

Costo Directo		1,100.08
Costo indirecto	12.40%	136.41
Subtotal		1,236.49
Costo financiero	0.18%	2.23
Subtotal		1,238.72
Utilidad	4.50%	55.74
Subtotal		1,294.46
Cargos adicionales	0.74%	8.14
Precio Unitario		1,302.60
15% IVA: (15.00%)		195.39
Total		1,497.99

** UN MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS 99/100 M.N. **

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

Explosión de Insumos de Presupuesto						
No	Descripción	Unidad	Cantidad	COSTO DIRECTO	IMPORTE	%
	Compactador vibratorio CA 25 DYNAPAC	HR	346.04800	241.83	83,684.79	3.22
	Compactador tandem metálico de 10.2 Ton. Dynapac, modelo CC-43	HR	18.35200	280.34	5,144.80	0.20
	Criba de gravedad	HR	283.09840	101.44	28,717.50	1.10
	Motoconformadora Caterpillar 14G, de 135 HP	HR	248.00000	465.89	115,540.72	4.44
	Nivel para topografía SETL DS2610	HR	142.88000	5.94	848.71	0.03
	Olla Revolvedora para concreto, de un saco, JOPER R10	HR	2.45335	55.95	137.26	0.01
	Pavimentadora asfáltica BLAW KNOX PF 180 H	HR	18.35200	475.71	8,730.23	0.34
	Planta generadora de energía eléctrica, de 200 KVA, Marathon	HR	101.11920	185.70	18,777.84	0.72
	Planta generadora de energía eléctrica, de 75 KVA	HR	101.11920	137.64	13,918.05	0.54
	Tractor D7 CATERPILLAR	HR	202.99036	667.75	135,546.81	5.21
	Planta de trituración de quijadas 30" x 42", Telsmith	HR	18.57440	540.94	10,047.64	0.39
	Planta de concreto asfáltico ADM de 100 ton /HR	HR	43.33680	2,683.47	116,293.00	4.47
	Transito para trazo WILD T16	HR	142.88000	9.70	1,385.94	0.05
					1'561,881.48	60.05
					2'601,062.96	100.00

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares
 TRAMO: km 0+000 al km 2+000
 UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008

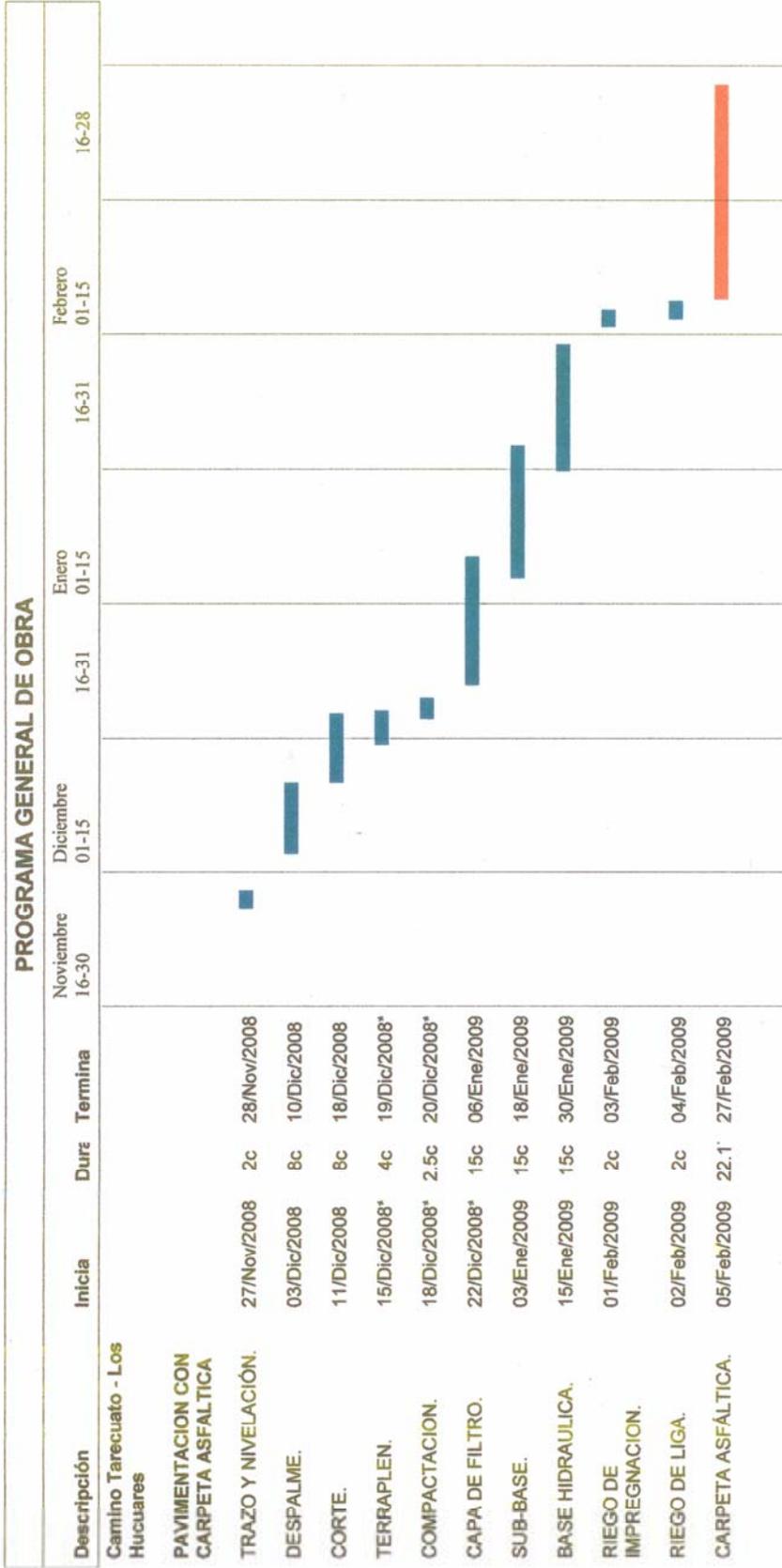
Explosión de Insumos de Presupuesto						
No	Descripción	Unidad	Cantidad	COSTO DIRECTO	IMPORTE	%
5	Arena de banco	M3	81.50144	85.00	6,927.62	0.27
6	Aditivo para cemento asfaltico	LT	3,506.41200	22.65	79,420.23	3.05
8	Cemento Portland en la obra	TON	0.93104	1,447.00	1,347.21	0.05
10	Cemento asfáltico AC-20, incluye flete hasta la obra	KG	116,539.72099	4.05	471,985.87	18.15
14	Emulsión asfáltica RR, rompimiento rápido	LT	38,400.00000	2.85	109,440.00	4.21
15	Filler para carpeta asfáltica	M3	88.40000	210.00	18,564.00	0.71
17	Grava de banco en la obra	M3	2.98448	85.00	253.68	0.01
36	Pintura esmalte	LT	92.96000	34.25	3,183.88	0.12
37	Regalia de material para sub-base	M3	4,160.00000	22.56	93,849.60	3.61
38	Regalia de agua en banco	M3	12,353.56164	2.50	30,883.90	1.19
39	Regalia de material para base	M3	4,160.00000	22.56	93,849.60	3.61
40	Regalia de material para carpeta	M3	1,040.00000	26.50	27,560.00	1.06
42	Regalia de material Filtro	M3	4,160.00000	18.36	76,377.60	2.94
					1'013,643.19	38.97
1	Peon	JOR	22.97327	193.56	4,446.71	0.17
2	Oficial albañil	JOR	0.30665	358.20	109.84	0.00
9	Topografo	JOR	15.04000	359.61	5,408.53	0.21
10	Cadenero	JOR	30.08000	246.76	7,422.54	0.29
11	Cabo de oficios	JOR	3.83519	358.20	1,373.77	0.05
12	Ayudante general	JOR	20.80000	193.56	4,026.05	0.15
14	Ayudante especializado	JOR	9.31200	215.53	2,007.02	0.08
					24,794.46	0.95
1	Porcentaje de herramienta menor	(%)mo	0.03000	24,794.45	743.83	0.03
					743.83	0.03
	Barredora, Swega, modelo 890	HR	22.11200	54.80	1,211.74	0.05
	Bomba autocebante de 2" Ø, EVANS 12 MB	HR	785.33356	49.45	38,834.74	1.49
	Camión cisterna, de 10.0 M3, Mercedes Benz	HR	1,568.90233	137.12	215,127.89	8.27
4	Camioneta pick up, Ford	HR	22.11200	122.28	2,703.86	0.10
5	Camión petrolizadora Mercedes Benz	HR	76.64000	221.63	16,985.72	0.65
	Camión volteo de 7.0 M3, Mercedes Benz	HR	2,414.09899	200.89	484,968.35	18.65
	Compactador de 7 neumáticos, DYNAPAC CP22	HR	18.35200	227.83	4,181.14	0.16
	Cargador sobre neumáticos caterpillar	HR	605.98455	427.56	259,094.75	9.96

OBRA: Elaboracion de estructura de pavimento asfaltico del camino Tarecuato - Los Hucuares

TRAMO: km 0+000 al km 2+000

UBICACION: Tangamandapio, Michoacan.

FECHA: Noviembre de 2008



5.3. Análisis de resultados.

La propuesta original del camino arroja un total para las partidas de terracerías y pavimentos, un monto de \$ 11,526,556.20 M.N. para la longitud total del camino de 8 km, por lo que el monto para el tramo en estudio de 2 km. se considerará de \$ 2,881,639.05 M.N.

Se puede observar que en la propuesta objeto de esta investigación se presenta un monto de \$ 3,542,155.00 M.N., por lo que se nota un considerable incremento, en primer lugar debido al incremento de los precios de los insumos por el transcurso del tiempo y en segundo lugar, debido a la integración de un concepto adicional denominado capa de filtro o rompedora, por lo que se considera poco probable el abatimiento del costo.

En esta alternativa se consideró adicionalmente una capa de filtro, debido a que la integración de esta capa proporcionara una función muy importante para resguardar la integridad de la estructura del pavimento, debido a que sus características físicas de granulometría actúan como capa rompedora de la capilaridad, impidiendo que la humedad ascienda y se acumule, lo que lleva a la inminente formación de baches, además de que esta capa también proporcionará mayor estabilidad a la estructura, por lo que el camino se encontrará en condiciones de servicio por mayor tiempo.

CONCLUSIONES

A lo largo de la presente tesis se plantearon una serie de objetivos y preguntas las cuales dictaron el rumbo de trabajo. Se investigó para dar respuesta en primer lugar al objetivo general el cual fue proponer una alternativa al proceso constructivo del camino que comunica Tarecuato a Los Hucuares, el cual ha sido propuesto en el capítulo anterior, mencionando que para la elaboración de esto se tomo en cuenta una capa de filtro como concepto adicional, que aunque afecta en gran manera el monto del presupuesto, la utilización de esta capa traerá beneficios importantes a la integridad de la estructura del pavimento.

También se dio respuesta a los objetivos específicos, definiéndose la finalidad de un proceso constructivo y como repercute de manera importante en el monto de la propuesta así como en los tiempos de ejecución, a su vez, también se definió el proceso constructivo para una estructura de pavimento asfáltico, todo esto en el capítulo cinco, mencionando cada uno de los requisitos necesarios para cada capa en base a la normativa de la SCT.

Así mismo, se lograron definir las características físicas del tramo para lo cual fue necesario visitar el lugar, mostrándose en el informe fotográfico en el capítulo tres. Se vio lo que es una vía terrestre, definiendo para esto los antecedentes de los caminos así como todos los elementos de tránsito que intervienen en un camino, quedando todo esto definido en el capítulo uno.

También se mencionó y conceptualizó sobre las preguntas de investigación, primeramente dando respuesta a lo que es una vía terrestre, las partes que

componen una estructura de pavimento desde las terracerías hasta la carpeta asfáltica en si, así como sus características físicas, valiéndose para obtener esto de herramientas de investigación documental.

Se planteó al principio de la investigación la pregunta mas importante y que marcó el rumbo de la investigación: ¿Cuál es el mejor procedimiento constructivo para este tramo?, es difícil responder a esta pregunta ya que son dos opciones diferentes, tomando en cuenta consideraciones diferentes para ambos casos ya que en la propuesta original no se incluye la capa de filtro, por lo que a su vez representa un ahorro considerable en costo y tiempo, pero por otra parte como se mencionó en el análisis de resultados se presenta una justificación valida para su utilización, pero a expensas de un considerable aumento del costo según el cálculo realizado acerca de los costos exclusivamente de la estructura de pavimento.

Finalmente, después de todo se comprueba que es de suma importancia la realización cuidadosa de un correcto procedimiento constructivo, teniendo especial cuidado en la calendarización de las actividades para así aprovechar al máximo el tiempo disponible y no generar atrasos los cuales traen como consecuencia impactos económicos negativos debidos a multas. Cuidando también los rendimientos de la maquinaria e insumos para no generar aumento en las cantidades de dichos insumos, lo que representa mayor costo.

BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera, G. Carlos (2007)

Cuaderno de comportamiento de suelos

UNAM. México.

Crespo Villalaz, Carlos (1980)

Vías de comunicación. México.

Hernández Samperi, Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la investigación

Editorial Mc Graw Hill. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles (2005)

Métodos de investigación y manual académico

Editorial Porrúa. México.

Mier S., José Alfredo (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos

UMSNH. México.

Olivera Bustamante, Fernando (2006)

Estructuración de vías terrestres (segunda edición)

Compañía Editorial Continental. México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974)

Manual de proyecto geométrico de carreteras. México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El proceso de la investigación científica

Editorial Limusa. México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION

Municipios de Michoacán

http://www.michoacan.gob.mx/municipios/85medio_fisico.htm

Topografía de Michoacán

http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_michoacan

Investigación documental

<http://www.mitecnologico.com/Main/InvestigacionDocumental>

Métodos de recopilación de datos

<http://www.fao.org/docrep/005/x2465s/x2465s08.htm#TopOfPage>

Mapas de Michoacán

<http://www.mapas-de-mexico.com/michoacan-state-mexico/michoacan-state-mexico-map-b0.shtml>

Normativa SCT

http://normas.imt.mx/Marco_Contentido.htm

ANEXOS

VOLUMEN GEOMETRICOS

CAMINO: TARECUATO - LOS HUCUARES

ESTACION	AREAS						VOLUMEN						OCM 1	OCM 2
	DC	DT	C2	EL	CT	SR	DC	DT	C2	EL	CT	SR		
0+000	1.90		3.85		0.02	2.62							20.000	30.000
0+020	1.84	0.09	0.95		0.09	2.57	37.21	0.90	47.76		1.09	51.64	20.047	29.948
0+040	1.93		4.78		0.02	2.62	37.70	0.90	57.30		1.10	51.90	20.103	29.896
0+060	1.93		3.06		0.02	2.62	38.60		78.40		0.40	52.40	20.181	29.844
0+080	1.85		1.95			2.62	37.80		50.10		0.20	52.40	20.231	29.792
0+100	1.64	0.04	0.18		0.04	2.45	34.90	0.40	21.30		0.40	50.70	20.252	29.741
0+120	1.70	0.57			0.57	2.51	33.40	6.10	1.80		6.10	49.60	20.247	29.691
0+140	1.72	1.25			1.30	2.53	34.20	18.20			18.70	50.40	20.229	29.641
0+160	1.37	0.42	0.25		0.47	2.54	30.90	16.70	2.50		17.70	50.70	20.213	29.590
0+180	0.04	1.74			2.01	2.53	14.10	21.60	2.50		24.80	50.70	20.191	29.540
0+200		1.94			3.36	2.54	0.40	36.80			53.70	50.70	20.137	29.489
0+220		2.08			4.18	2.69		40.20			75.40	52.30	20.062	29.437
0+240		2.07			5.36	2.65		41.50			95.40	53.40	19.967	29.383
0+260	0.03	0.96			3.00	2.62	0.30	30.30			83.60	52.70	19.883	29.330
0+280		0.82	0.18		3.55	2.53	0.30	17.80	1.80		65.50	51.50	19.819	29.279
0+300		1.51			3.05	2.53		23.30	1.80		66.00	50.60	19.755	29.228
0+320		1.22	0.26		2.14	2.52		27.30	2.60		51.90	50.50	19.706	29.178
0+340		0.33	0.44		0.52	2.54		15.50	7.00		26.60	50.60	19.686	29.127
0+360	0.18	1.06	0.05		1.36	2.53	1.80	13.90	4.90		18.80	50.70	19.672	29.077
0+380	0.38	0.86	0.33	1.35	3.90	2.58	5.60	19.20	3.80	13.50	52.60	51.10	19.637	29.025
0+400	0.52	1.10	0.26	1.60	4.35	2.58	9.00	19.60	5.90	29.50	82.50	51.60	19.590	28.974
0+420	0.05	0.23			1.00	2.53	5.70	13.30	2.60	16.00	53.50	51.10	19.555	28.923
0+440	0.27	0.06	0.10		2.25	2.79	3.20	2.90	1.00		32.50	53.20	19.524	28.870
0+460	1.09	0.26	1.96		0.50	2.83	13.60	3.20	20.60		27.50	56.20	19.517	28.813
0+480	0.32	0.12	0.58		0.12	2.61	14.10	3.80	25.40		6.20	54.40	19.536	28.759
0+500	0.33	0.04	0.82		0.04	2.44	6.50	1.60	14.00		1.60	50.50	19.548	28.708
0+520	0.70	0.48	0.27		0.55	2.55	10.30	5.20	10.90		5.90	49.90	19.553	28.659
0+540	0.86	0.37	0.09		0.85	2.54	15.60	8.50	3.60		14.00	50.90	19.543	28.608
0+560	0.50	0.72	0.21		1.38	2.70	13.60	10.90	3.00		22.30	52.40	19.524	28.555
0+580	0.67	0.89	0.84		2.77	2.61	11.70	16.10	10.50		41.50	53.10	19.493	28.502
0+600	0.12	0.43			1.09	2.54	7.90	13.20	8.40		38.60	51.50	19.462	28.451
0+620		1.65			3.29	2.53	1.20	20.80			43.80	50.70	19.419	28.400
0+640		2.24			9.22	2.73		38.90			125.10	52.60	19.293	28.347
0+660		2.38			11.93	2.68		46.20			211.50	54.10	19.082	28.293
0+680		1.93			6.67	2.54		43.10			186.00	52.20	18.896	28.241
0+700	0.02	1.82			4.08	2.54	0.20	37.50			107.50	50.80	18.788	28.190
0+720	0.05	0.96			3.57	2.79	0.70	27.80			76.50	53.30	18.712	28.137
0+740		0.95		1.25	3.27	2.69	0.50	19.10		12.50	68.40	54.80	18.656	28.082
0+760		1.48			6.12	2.54		24.30		26.70	93.90	52.30	18.589	28.030
0+780		2.28		1.00	6.49	2.54		37.60		24.20	126.10	50.80	18.487	27.979
0+800	1.45	0.34			1.31	2.53	14.50	26.20			78.00	50.70	18.419	27.928
0+820	0.63	1.23			2.12	2.54	20.80	15.70		10.00	34.30	50.70	18.385	27.878
0+840	1.03	0.77			1.77	2.54	16.60	20.00			38.90	50.80	18.346	27.827
0+860	1.33	0.79	0.32		1.56	2.91	23.60	15.60	3.20		33.30	54.50	18.316	27.772
0+880	1.94		0.40		0.76	2.79	32.70	7.90	7.20		23.20	57.00	18.300	27.715
0+900	0.66	0.23	0.38		0.68	2.55	26.00	2.30	7.80		14.40	53.40	18.293	27.662
0+920	0.49	0.42			0.54	2.79	11.50	6.50	3.80		12.20	53.40	18.285	27.609
0+940	0.08	0.99			1.92	2.67	5.70	14.10			24.60	54.60	18.260	27.554
0+960		2.25			6.85	2.54	0.80	32.40			87.70	52.10	18.172	27.502
0+980		2.34		2.22	9.09	2.58		45.90		22.20	159.40	51.20	18.035	27.451
1+000	0.55	0.46	0.40		2.04	2.83	5.50	28.00	4.00	22.20	111.30	54.10	17.950	27.397
1+020	0.69	0.20	0.29		2.57	2.85	12.40	6.60	6.90		46.10	56.80	17.911	27.340
1+040	0.06	0.13			0.65	2.59	7.50	3.30	2.90		32.20	54.40	17.882	27.285
1+060	0.35	0.58	0.41		0.61	2.58	4.10	7.10	4.10		12.60	51.70	17.873	27.234
1+080		2.07			4.83	2.54	3.50	26.50	4.10		54.40	51.20	17.823	27.182
1+100		2.51			14.48	2.54		45.80			193.10	50.80	17.630	27.132
1+120		2.51			19.00	2.54		50.20			334.80	50.80	17.295	27.081
1+140		2.51			19.41	2.54		50.20			384.10	50.80	16.911	27.030
1+160		2.29			15.05	2.54		48.00			344.60	50.80	16.566	26.979
1+180		2.07			10.50	2.54		43.60			255.50	50.80	16.311	26.928
1+200		1.84			5.66	2.54		39.10			161.60	50.80	16.149	26.878
1+220	0.31	0.11	0.07		0.79	2.44	3.10	19.50	0.70		64.50	49.80	16.085	26.828
1+240	0.74		2.26		2.62	2.62	10.50	1.10	23.30		7.90	50.60	16.101	26.777
1+260	0.80		4.55		2.62	15.40		68.10				52.40	16.169	26.725
1+280	1.96		5.80		2.62	27.60		103.50				52.40	16.272	26.672
1+300	1.94		5.65		2.66	39.00		114.50				52.80	16.387	26.620
1+320	1.34		5.85		2.90	32.80		115.00				55.60	16.502	26.564
1+340	1.30		3.36		2.85	26.40		92.10				57.50	16.594	26.507
1+360	0.22	0.60	1.52	1.12	2.22	2.57	15.20	6.00	48.80	11.20	22.20	54.20	16.632	26.452
1+380		1.34		1.45	4.65	2.54	2.20	19.40	15.20	25.70	68.70	51.10	16.604	26.401
1+400	0.41	1.26	0.24	2.51	6.63	2.58	4.10	26.00	2.40	39.60	112.80	51.20	16.533	26.350
1+420	0.54	0.47	0.34		1.00	2.58	9.50	17.30	5.80	25.10	76.30	51.60	16.488	26.298
1+440	0.90	0.10	0.98		0.10	2.62	14.40	5.70	13.20		11.00	52.00	16.490	26.246
1+460	0.34	0.15			0.98	2.47	12.40	2.50	9.80		10.80	50.90	16.489	26.196
1+480		0.54		1.40	3.97	2.54	3.40	6.90		14.00	49.50	50.10	16.453	26.145
1+500	0.15		2.36			2.56	1.50	5.40	23.60	14.00	39.70	51.00	16.451	26.094
1+520	0.80	0.05	1.35		0.05	2.61	9.50	0.50	37.10		0.50	51.70	16.488	26.043
1+540	0.96	0.17	1.74		1.70	2.79	17.60	2.20	30.90		17.50	54.00	16.501	25.989
1+560	0.56	0.04	1.04		3.40	2.80	15.20	2.10	27.80		51.00	55.90	16.478	25.933
1+580	0.13	0.04			1.10	2.51	6.90	0.80	10.40		45.00	53.10	16.443	25.880
1+600	1.15	0.56	0.01		0.59	2.49	12.80	6.00	0.10		16.90	50.00	16.427	25.830
1+620	1.70	0.12	1.31		0.14	2.58	28.50	6.80	13.20		7.30	50.70	16.433	25.779
1+640	1.81		2.05		0.03	2.56	35.10	1.20	33.60		1.70	51.40	16.464	25.728
1+660	1.85		1.76			2.62	36.60		38.10		0.30	51.80	16.502	25.676
1+680	1.84	0.07	0.42		0.07	2.55	36.90	0.70	21.80		0.70	51.70	16.523	25.624
1+700	0.51	1.40	0.44		1.54	2.64	23.50	14.70	8.60		16.10	51.90	16.516	25.572
1+720			3.21		1.28	2.90	5.10	14.00	36.50		28.20	55.40	16.524	25.517
1+740	0.46		1.40		0.33	2.73	4.60		46.10		16.10	56.30	16.554	25.461
1+760			1.47			2.47	4.60		28.70		3.30	52.00	16.580	25.409
1+780	0.13	0.65	1.87	4.81	5.65	2.54	1.30	6.50	33.40	48.10	56.50	50.10	16.605	25.358
1+800	0.16	1.21	1.47	2.60	6.32	2.54	2.90	18.60	33.40	74.10	119.70	50.80	16.592	25.308
1+820	0.25	0.96	1.56	2.40	5.12	2.54	4.10	21.70	30.30	50.00	114.40	50.80	16.55	

