



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

**REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO
CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL
COPETIRO)-APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM.
4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE
MICHOACÁN.**

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Adalid Castañeda García.

Asesor: I.C. Anastacio Blanco Simiano

Uruapan, Michoacán; a 18 de septiembre de 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A dios, por permitirme llegar a lograr esta meta tan importante en mi vida, por las bendiciones y las pequeñas cosas que día a día llenan de dicha y felicidad mi vida.

A mi madre, por estar conmigo y apoyarme en cada momento importante de mi vida, gracias por educarme como un hombre de bien, de valores y principios inquebrantables, jamás lograré saldar la deuda que tengo contigo.

A mi padre, gracias por todo, por lo consejos, por la calma y serenidad que me das cuando mi paciencia se agota, gracias por apoyarme a terminar una carrera y tener una profesión, pues constituye la herencia más valiosa y más grande que me puedas dar.

A mis compañeros de la carrera con quienes compartí experiencias increíbles, en especial a Carlos, César, Hilarío, Daniela y Kennet; gracias por brindarme su amistad incondicional, los aprecio y los respeto.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil, por guiarme durante casi 5 años y haberme compartido sus conocimientos y experiencias, gracias por mostrarme que no me equivoque al elegir esta carrera.

*Al Ing. Anastacio Blanco Simiano, por guiarme en la realización de esta investigación,
por todos los conocimientos compartidos y por nunca dejarnos caminar solos durante el
transcurso de la carrera.*

A la Universidad Don Vasco A.C. por ser mi alma mater.

A la Lic. Graciela Arrollo Zatina, por su amistad y los consejos brindados.

*A mis compañeros de la SCT, gracias por recibirme y brindarme su apoyo en el terreno
laboral e integrarme al equipo de trabajo.*

*Al M.I. Leonel Moreno Amezcua, por el apoyo, el ánimo y la motivación para concluir
este escalón y etapa de mi vida, por las enseñanzas y conocimientos compartidos desde que lo
conocí, gracias por la paciencia, la confianza y la fe que me tiene, pero, sobre todo, gracias por
su amistad.*

A todos y cada uno de ustedes, gracias por todo... y, por tanto.

ÍNDICE

Introducción.

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

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1.- Antecedentes históricos de la red carretera en México.....	9
1.2.- Clasificación de las carreteras en México.	10
1.3.- Velocidad de proyecto.....	11
1.4.- Vehículos de proyecto.....	12
1.5.- Elementos básicos de las carreteras.....	16
1.5.1.- Alineamiento horizontal.	17
1.5.1.1.- Tangentes.	17
1.5.1.2.- Curvas.....	18
1.5.2.- Alineamiento vertical.	19
1.5.2.1.- Tangentes.	19

1.5.2.2.- Curvas verticales.....	22
1.5.3.- Sección transversal.....	24
1.6.- Elementos que conforman la estructura de un pavimento.....	26
1.6.1.- Subrasante.....	27
1.6.2.- Sub-base.....	28
1.6.3.- Base.....	28
1.6.4.- Carpeta asfáltica.....	28
1.7.- Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos.....	29
1.8.- Concepto de pavimento flexible.....	31
1.8.1.- Características fundamentales de un pavimento flexible.....	32
1.8.2.- Productos asfálticos.....	35
1.8.2.1.- Cemento asfáltico.....	36
1.8.2.2.- Asfaltos rebajados.....	36
1.8.2.3.- Emulsiones asfálticas.....	37
1.8.3.- Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....	37
1.8.4.- Conservación de pavimentos flexibles.....	39
1.9.- Concepto de suelo.....	40
1.9.1.- Agentes generadores.....	41
1.9.2.- Suelos transportados y residuales.....	42
1.9.3.- Fases del suelo.....	44

1.10.- Clasificación de los suelos.....	47
1.10.1- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).....	49
1.10.1.1.- Suelos gruesos.....	50
1.10.1.2.- Suelos finos.....	53

Capítulo 2.- Proceso constructivo de pavimentos flexibles.

2.1.- Desmonte.....	56
2.2.- Cortes.....	58
2.3.- Prestamos.....	59
2.4.- Obras de drenaje.....	60
2.5.- Terraplenes.....	63
2.6.- Sub-bases y bases.....	65
2.7.- Carpetas asfálticas.....	68
2.8.- Señalamiento y dispositivos de seguridad.....	71
2.8.1.- Función de los señalamientos en las carreteras.....	72
2.8.2.- Clasificación del señalamiento vial.....	72
2.8.3.- Objetivo de la señalización en carreteras.....	73
2.8.4.- Especificaciones técnicas generales del señalamiento.....	74
2.8.5.- Consideraciones básicas para el cumplimiento de requisitos.....	75
2.8.6.- Código de colores.....	76

2.8.7.- Símbolos y abreviaturas en los dispositivos para el control de tránsito.....	77
2.9.- Señalamiento vertical.....	78
2.9.1.- Clasificación del señalamiento vertical.....	79
2.10.- Señalamiento horizontal.....	89
2.10.1.- Generalidades del señalamiento horizontal.	89

Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización.

3.1.- Generalidades.....	94
3.1.1.- Objetivo.....	95
3.1.2.- Alcance del proyecto.....	96
3.2.- Resumen ejecutivo.....	96
3.3.- Entorno geográfico.....	98
3.3.1.- Macro y microlocalización.....	98
3.3.2.- Geología regional.....	103
3.3.3.- Clima de la región.....	104
3.3.4.- Hidrología regional.....	105
3.3.5.- Uso de suelo.....	107
3.4.- Informe fotográfico.....	107
3.5.- Alternativas de solución.....	114
3.6.- Procesos de análisis.....	115

Capítulo 4.- Metodología.

4.1.- Método científico.....	116
4.1.1.- Método matemático.....	117
4.2.- Enfoque de la investigación.....	117
4.2.1.- Alcance de la investigación.....	119
4.3.- Diseño de la investigación.....	119
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.....	120
4.5.- Descripción del proceso de investigación.....	121

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados.

5.1.- Catálogo de conceptos y programa de obra.....	122
5.2.- Revisión del proceso constructivo.....	133
5.2.1.- Desmonte.....	133
5.2.2.- Despalme.....	134
5.2.3.- Excavación en cortes.....	136
5.2.4.- Capa drenante.....	139
5.2.5.- Construcción de terraplenes y subrasante.....	142
5.2.6.- Recubrimiento de taludes.....	146
5.2.7.- Excavación para estructuras.....	148
5.2.8.- Rellenos con material de banco para excavaciones de estructuras.....	151

5.2.9.- Mampostería de piedra.	151
5.2.10.- Alcantarilla de tubo corrugado de polietileno de alta densidad.	154
5.2.11.- Cunetas.....	157
5.2.12.- Lavaderos.	160
5.2.13.- Bordillos.	160
5.2.14.- Base hidráulica.....	161
5.2.15.- Riego de impregnación.	165
5.2.16.- Carpeta asfáltica.	169
5.2.17.- Señalamiento horizontal y vertical.....	174
5.2.18.- Fotografías de terminación.....	174
CONCLUSIÓN	184
BIBLIOGRAFÍA.	
OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.	
ANEXOS.	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Desde los inicios de la civilización, el hombre como tal, ha ido evolucionando con el paso del tiempo, y no porque se haya visto en la necesidad de, sino porque está en su naturaleza, en su instinto. La historia dice que el hombre empezó siendo un nómada, nunca estuvo en un mismo lugar dos veces, siempre estaba en movimiento buscando sus necesidades básicas para sobrevivir, con el tiempo, descubrió que no había necesidad de estarse moviendo, que él mismo podía producir sus propios insumos, y fue así como se hizo sedentario y se dedicó a la agricultura.

Más tarde, con el gran impacto que tuvo el estar en un sólo lugar y las pequeñas tribus crecer y convertirse en grandes civilizaciones, implicó que se desarrollarán cosas nuevas, como la rueda, por ejemplo. “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 cómodo posible; así, los espartanos y los fenicios hicieron los primeros caminos de que se tiene noticia.” (Olivera; 2009, 1)

En ese sentido, estas civilizaciones se asentaron en una zona y con el tiempo se desarrollaron y fueron creciendo, haciendo inevitable el uso de un sistema que organizara a la población para moverse en la zona y de un lugar a otro, mediante calles, avenidas y carreteras.

La presente investigación se enfoca en la revisión del proceso constructivo de un tramo carretero con el objetivo de verificar si la construcción está realizada tal y como la normativa vigente de la SCT menciona que debe hacerse.

Se puede decir que el proceso constructivo son los pasos que se deben seguir para cumplir con un objetivo, teniendo siempre presente.

En la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C., se encontraron varias tesis que hablan de diseño de intersecciones y trazo geométrico, tanto en áreas rurales como urbanas, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

La realizada por Jorge Joaquín Mendoza, la cual lleva por título “Revisión del proceso constructivo del tramo carretero Zirimicuario “la laja”, km 3+200 al km 4+501 del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán” (2008), en la cual, el objetivo general del autor es revisar si el proceso constructivo del tramo antes mencionado se realizó siguiendo todos los lineamientos necesarios para su construcción, objetivo que cumplió satisfactoriamente revisó todas las normas empleadas para su construcción y las comparó con el procedimiento constructivo del tramo en mención, y además, explica las condiciones climáticas que predominaron en la ejecución de la obra y dice que la calidad de los materiales utilizados en la misma cumplen con la norma además de que cumplió con otros objetivos particulares planteados.

Otra tesis encontrada fue la de Liliana Campos Montañez, titulada “Revisión del proceso constructivo del tramo 0+100 al 2+000 de la carretera Ziracuaretiro-La Ciénega”, en la cual, como objetivo general plantea analizar el proceso constructivo del tramo mencionado, para determinar si se hizo adecuadamente o si por el contrario es posible hacer una propuesta de mejora. Este objetivo lo cumplió satisfactoriamente además de hacer una propuesta de mejora la cual consiste en una propuesta de señalización vertical, pues menciona que no existía, también contesta a la interrogante

que se propuso de ¿qué es una vía terrestre? y además también dio respuesta a sus objetivos particulares propuestos.

Planteamiento del problema.

Para construir cualquier obra de infraestructura, llámese camino, edificación, puente, planta de tratamiento de agua residual, red de distribución de agua, etc. Todo lo relacionado con la misma es importante, cada apartado, pero todo lleva un proceso y una de las partes más importantes es la planeación a corto y largo plazo. En ese sentido, cuando se trata de la construcción de caminos, el proceso de la supervisión es de suma importancia, ya que el residente de obra a cargo da fe y seguridad de que en la construcción del camino se siguió un proceso y se utilizaron materiales de buena calidad para cumplir con las especificaciones y normas que rigen el proyecto.

En este sentido, hoy por hoy en la actualidad, es de suma importancia la necesidad de construir, conservar y reconstruir las vías de comunicación existentes, sea cual sea el caso, siguiendo lineamientos que certifiquen y garanticen una vida útil de servicio de la red carretera.

Es por esto que es necesario seguir y cumplir con una calidad durante el proceso constructivo, ya que de no hacerlo existe la posibilidad de que haya pérdidas tanto materiales como humanas y con ello procesos legales y jurídicos hacia los responsables.

Tancítaro es conocido mundialmente por ser un productor de aguacate, y la zona de estudio se centra en este municipio principalmente en dos localidades que son: Apúndaro y Pareo.

El camino rural E.C. (El Copetiro - Tancítaro) - Apúndaro - Pareo, se cataloga como un camino rural de terracería, tipo "E", en el cual la problemática está dada por la presencia de fallas en la estabilidad de los cortes del camino, concentración de agua ocasionando problemas de erosiones subsecuentes, deslizamientos de tierra debido a las pendientes de los taludes consecuencia del tipo de terreno lomerío con el que se cuenta, provocando con esto las bajas velocidades y los elevados tiempos de recorrido que experimentan los usuarios que circulan por el camino actual. Lo anterior provoca que incurran en altos costos generalizados de viaje y aumenten la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

El camino que comunica estas localidades tiene una longitud de 12.0 km. y de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) lo clasifica como un camino de tipo alimentador, ya que comunica a localidades fuera de la mancha urbana con alto flujo de tránsito, debido a esto y a la importancia económica y otros factores que tiene la zona, la SCT decidió modernizar el camino y de ser un camino de terracería, ahora colocar asfalto y desde luego cambiar el trazo geométrico y pasarlo de un camino clasificación "E" a un camino clasificación "C". Como es un camino relativamente grande en cuanto a longitud la SCT optó por hacerlo por etapas, en ese sentido primero se construyeron 1.50 km. a partir del E.C. de la carretera Tancítaro-El Copetiro, así que como primera etapa fue el tramo a partir del km. 0+000 al km. 1+500.

El tramo que corresponde al motivo de esta investigación y como segunda etapa es a partir del km. 1+500 al km. 4+500, es decir, 3.0 km. de longitud.

Por lo anterior, el motivo principal de esta investigación es: ¿el proceso constructivo y materiales utilizados en el camino: E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo, tramo: del km. 1+500 al km. 4+500 cumplen con las normas SCT?

Objetivo.

A continuación, se presentan los principales objetivos por los cuáles se realiza la presente investigación.

Objetivo general.

Revisar si el proceso constructivo del camino E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apundaro, en el municipio de Tancítaro, Michoacán, cumple con los lineamientos que marcan las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Objetivos particulares.

- 1.- Revisar que la ejecución de los conceptos de obra del catálogo se apegue a las normas de la SCT.
- 2.- Revisar la calidad de los materiales empleados.
- 3.-Definir que es una vía terrestre y su importancia.
- 4.- Describir si hubo alguna dificultad durante la ejecución de la obra.

Pregunta de investigación

En la actualidad, el municipio de Tancítaro, Michoacán, es una zona estratégica, ya que se localizan muchas huertas principalmente de aguacate, y como las localidades de Apúndaro y Pareo pertenecen al municipio de Tancítaro, transitan muchos vehículos tanto ligeros como pesados, y por esto, en la zona de estudio las características del camino, tanto físicas como geométricas, no son congruentes con el volumen de tránsito que maneja lo cual en combinación representa un peligro para los usuarios, en ese sentido la SCT decidió modernizar el camino y de acuerdo a su clasificación pasarlo de un camino tipo “E” a uno tipo “C” por lo tanto, la pregunta que motivó a realizar la presente investigación es ¿el proceso constructivo del camino E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apundaro se apega y cumple con las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes?

Justificación.

El motivo por el cual es realizada esta investigación es la de revisar si el proceso constructivo del camino E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apundaro, en el municipio de Tancítaro, Michoacán, cumple con la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT).

Lo anterior con el objeto de dar mayor certidumbre y certeza de que en dicha obra se utilizaron los materiales con la calidad que marca la norma y que se asegure que la inversión que se hizo en ese camino por parte del gobierno federal durará lo establecido en el proyecto ejecutivo.

De primera instancia esta investigación beneficiará a la población de Apundaro y a las poblaciones de los alrededores, pues es una zona dedicada a la agricultura, principalmente cultivo de aguacate. En ese sentido, la construcción de este camino es muy benéfico, ya que antes era un camino de terracería y al ya estar pavimentado el tiempo del recorrido disminuyó.

Se beneficia también la comunidad estudiantil de la Universidad Don Vasco A.C., pues con esta investigación tendría una más en su acervo cultural, por último, pero no menos importante, se benefician los alumnos y exalumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la misma universidad, presente servirá para sentar las bases de referencia para una próxima investigación de una índole similar.

Marco de referencia.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la encuesta intercensal de 2015, el municipio de Tancítaro tiene una población de 31 100 habitantes.

Tancítaro es uno de los 113 municipios que conforma al estado de Michoacán de Ocampo, ocupa el lugar 083 de acuerdo con los registros del INEGI; se localiza en la región centro-occidente del mismo.

Tiene una extensión territorial de 717.65 km² que equivalen al 1.21% de todo el territorio estatal. Sus límites son al norte con el municipio de Uruapan y Peribán; al este con el municipio de Nuevo Parangaricutiro y la parte sur del municipio de Uruapan;

al sureste con el municipio de Parácuaro; al sur con el municipio de Apatzingán; al oeste con el municipio de Buenavista.

Su territorio es accidentado y montañoso, ya que se encuentra en el eje neovolcánico transversal y la Sierra Madre del Sur, teniendo varios cerros a su alrededor, y a las afueras del municipio el volcán “Pico de Tancítaro”; el municipio de Tancítaro la mancha urbana se encuentra a una altura promedio de 2080 m.s.n.m. es perteneciente a la región hidrológica Balsas.

Su principal actividad económica es la agricultura, por la producción principalmente de aguacate en calidad de exportación.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

El presente capítulo se refiere a las vías terrestres, se desarrollarán principalmente los temas de los antecedentes de los caminos en México, elementos que actúan en una carretera, principales elementos de diseño y las partes que conforman una carretera, además se abordará un poco el tema de los pavimentos flexibles y características y propiedades de los suelos.

1.1.- Antecedentes históricos de la red carretera en México.

De conformidad con Mier (1987), la construcción de la red carretera inició en el año de 1925, detonando de este modo el impulso económico y desarrollo del país. Años antes, en 1891, el 13 de mayo el presidente de la República, el general Porfirio Díaz creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Con la llegada del movimiento de la Revolución Mexicana, en 1910, se produjo en el país una fuerte crisis y desde luego que por varios años no se hizo intento alguno por construir algo, ya que solo alcanzaba para solventar gastos sociales o de índole política.

En 1906, según Mier (1987) se comenzaron a vender y circular los primeros automóviles, fue tal el impacto que definitivamente se comenzó planear el desarrollo y ejecución de los primeros caminos entre 1918 y 1920.

Hoy en día, en el sistema carretero de México coexisten diversas necesidades que deben ser atendidas para que el transporte carretero siga cumpliendo con el papel estratégico que le corresponde.

Por un lado, el importante patrimonio vial nacional debe ser conservado en buenas condiciones, con objeto de protegerlo y asegurar que no genere sobre costos de operación a los vehículos que hacen uso de él.

Por otro lado, el país debe proseguir los esfuerzos para modernizar y extender la red carretera pavimentada de altas especificaciones, a lo largo de la cual se mueve la mayor parte de los flujos de pasajeros y carga en el territorio nacional, así como para ampliar la red de carreteras alimentadoras y caminos rurales, tarea que sigue siendo fundamental para comunicar poblaciones aisladas y mejorar las perspectivas de desarrollo de vastas regiones.

A partir de 1982 la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se encarga de atender los asuntos relacionados con la red carretera en México, de acuerdo con Mier (1987).

1.2.- Clasificación de las carreteras en México.

Como lo dice la SCT, en el MPGC (2016), se clasifica a las carreteras o vialidades con base en el tránsito promedio diario anual (TDPA) que circula por las mismas. La SCT las clasifica como sigue:

✓ Tipo ET-A:

- ET2-A2: para un TDPA de 3,000 – 5,000 vehículos.
- ET4-A4: para un TDPA de 5,000 – 20,000 vehículos.
- ETN-AN: siendo $n \geq 5$ carriles de circulación, para un TDPA $\geq 20,000$ vehículos.

Para A4 y AN se debe de agregar un “S” al inicio, para diferenciar y señalar que los carriles de circulación son de cuerpos separados.

- Tipo B2: para un TDPA de 1,500 – 3,000 vehículos.
- Tipo C: para un TDPA de 250 – 1,500 vehículos.
- Tipo D: para un TDPA de 100 – 500 vehículos.

1.3.- Velocidad de proyecto.

De conformidad con la SCT en el MPGC (2016), la velocidad de proyecto es la velocidad mínima a la cual pueden circular los vehículos en un tramo de una carretera o vialidad. En ese sentido, la velocidad permitida en dicho tramo es la que se usará para el diseño de toda la carretera o vialidad con las características que está permita, tales como pendiente máxima, radio de curvatura mínimo, etc.

A continuación, se muestran las velocidades permitidas según la clasificación funcional de la vialidad, según la SCT:

- ✓ De 80 – 110 km/h para autopistas y vías rápidas.

- ✓ De 70 – 110 km/h para arterias.
- ✓ De 60 – 100 km/h para colectoras.
- ✓ De 50 – 80 km/h para locales.
- ✓ De 30 – 70 km/h para brechas.

1.4.- Vehículos de proyecto.

De acuerdo con el MDGC (2016) de la SCT el vehículo es el medio de transporte automotor que utiliza el usuario para transportarse de un lugar a otro con el fin de cumplir un objetivo particular, y debido a esto, su influencia en el diseño del proyecto geométrico de la vialidad es de suma importancia. Los vehículos se clasifican de acuerdo a su tipo, dimensiones y peso; a continuación, se muestra la clasificación según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT):

AUTOBÚS (B)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
B2	2	6	 
B3	3	8 o 10	
B4	4	10	

Imagen 1.1.- Clasificación de vehículos.

Fuente: NOM-012-SCT-2-2014.

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	
CAMIÓN-REMOLQUE (C-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

Imagen 1.2.- Clasificación de vehículos.

Fuente: NOM-012-SCT-2-2014.

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO (T-S)			
NOMENCLATURA	NUMERO DE EJES	NUMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

Imagen 1.3.- Clasificación de vehículos.

Fuente: NOM-012-SCT-2-2014.

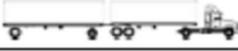
TRACTOCAMIÓN SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4	9	34	
T2-S2-S2	6	22	
T3-S2-S2	7	26	
T3-S3-S2	8	30	

Imagen 1.4.- Clasificación de vehículos.

Fuente: NOM-012-SCT-2-2014.

Es importante mencionar que esta clasificación de la SCT está actualizada al 2014 y no contempla los vehículos más pequeños y comunes, que invariablemente son mayoría y hay más en circulación, años atrás, de acuerdo con Crespo (2012) la misma SCT los clasificaba como sigue:

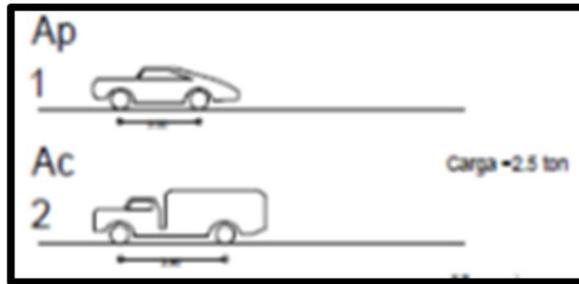


Imagen 1.5.- Clasificación de vehículos.

Fuente: Crespo; 2012: 54.

En resumen, de acuerdo al MDGC (2016) de la SCT, a cada una de las letras mencionadas A, B, C, S, T o R se le agrega un número que indica la cantidad de ejes sencillos con los que cuenta esa parte de la unidad (en el caso de que fuese una unidad compuesta). En ese sentido, los vehículos más comunes que transitan por la red carretera del país, el 99% del flujo vehicular está cubierto por: A2, B3, C2, C3, T3S2 o T3S3 y T3S2R4 a los cuales se les conoce como automóvil, autobús, camión sencillo o rabón, tortón, tráiler y full, respectivamente.

La tabla 1.1 muestra los pesos máximos permitidos autorizados para transitar por una carretera o vialidad según el tipo de vehículo.

VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
B2	2.00	6.00	19.00	16.50	14.50	13.00
B3	3.00	8.00	24.00	19.00	17.00	16.00
B3	3.00	10.00	27.50	23.00	20.00	18.50
B4	4.00	10.00	30.50	25.00	22.50	21.00
C2	2.00	6.00	19.00	16.50	14.50	13.00
C3	3.00	8.00	24.00	19.00	17.00	16.00
C3	3.00	10.00	27.50	23.00	20.00	18.50
C2-R2	4.00	14.00	37.50	35.50	NA	NA
C3-R2	5.00	18.00	44.50	42.00	NA	NA
C3-R3	6.00	22.00	51.50	47.50	NA	NA
C2-R3	5.00	18.00	44.50	41.00	NA	NA
T2-S1	3.00	10.00	30.00	26.00	22.50	NA
T2-S2	4.00	14.00	38.00	31.50	28.00	NA
T3-S2	5.00	18.00	46.50	38.00	33.50	NA
T3-S3	6.00	22.00	54.00	45.50	40.00	NA
T2-S3	5.00	18.00	45.50	39.00	34.50	NA
T3-S1	4.00	14.00	38.50	32.50	28.00	NA
T2-S1-R2	5.00	18.00	47.50	NA	NA	NA
T2-S1-R3	6.00	22.00	54.50	NA	NA	NA
T2-S2-R2	6.00	22.00	54.50	NA	NA	NA
T3-S1-R2	6.00	22.00	54.50	NA	NA	NA
T3-S1-R3	7.00	26.00	60.50	NA	NA	NA
T3-S2-R2	7.00	26.00	60.50	NA	NA	NA
T3-S2-R4	9.00	34.00	66.50	NA	NA	NA
T3-S2-R3	8.00	30.00	63.00	NA	NA	NA
T3-S3-S2	8.00	30.00	60.00	NA	NA	NA
T2-S2-S2	6.00	22.00	51.50	NA	NA	NA
T3-S2-S2	7.00	26.00	58.50	NA	NA	NA

Tabla 1.1.- Peso bruto vehicular máximo permitido.

Fuente: NOM-012-SCT-2-2014.

1.5.- Elementos básicos de las carreteras.

“El proyecto geométrico de la carretera es la ordenación y dimensionamiento de los elementos visibles de la carretera. La ordenación corresponde a la relación de estos elementos entre sí y con respecto al terreno natural. El dimensionamiento

corresponde a la cuantificación de los parámetros que definen a cada uno de los elementos. Estas dos características, ordenamiento y dimensionamiento, se expresan en planta, perfil y sección, que corresponden a los llamados alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal.” (MPGC; 2016: 24)

1.5.1.- Alineamiento horizontal.

De acuerdo con el MPGC (2016) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el alineamiento horizontal en una carretera corresponde al plano del eje horizontal de la misma, es decir, la capa del nivel de las terracerías proyectada sobre un plano horizontal, la cual, una vez terminada o una vez llegado a este nivel se le llama línea sub rasante o simplemente subrasante y está formada por tangentes y curvas horizontales.

1.5.1.1.- Tangentes.

“Se llama tangente horizontal a la recta que une dos curvas horizontales consecutivas; principia al final de la curva y termina al empezar la siguiente curva. Se caracterizan por su dirección y longitud” (MPGC; 2016: 24). La dirección que debe de llevar está determinada por el ángulo del azimut, medida en grados hacia la derecha, entre una línea imaginaria con dirección norte-sur a partir de un punto al inicio de la tangente y la tangente misma. Un punto cualquiera sobre la tangente es característico del alineamiento horizontal.

1.5.1.2.- Curvas.

“Las curvas horizontales son las que unen tangentes consecutivas del alineamiento horizontal. Sirven para que los vehículos cambien de dirección, de manera que la fuerza centrífuga a que está sujeto sea constante. Por esta razón su forma es circular y pueden ser simples o compuestas y con o sin curvas espirales de transición” (MPGC; 2016: 24). A continuación, se presentan los puntos característicos de una curva:

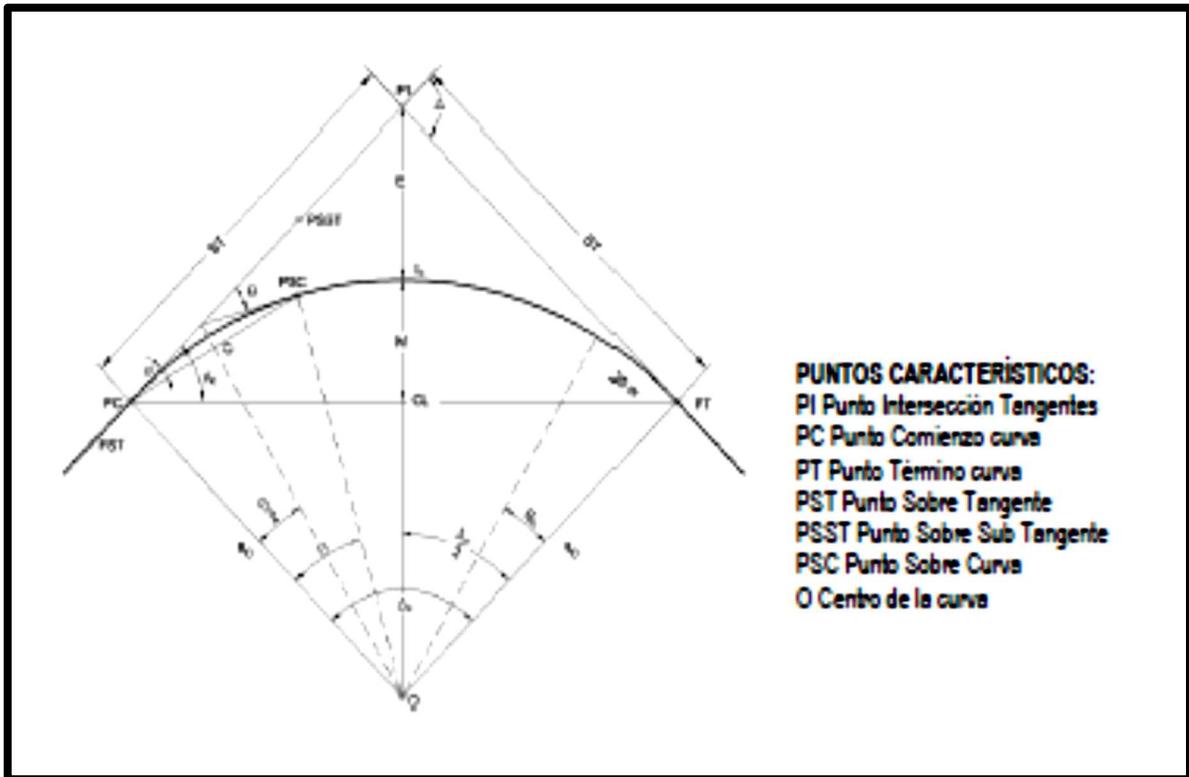


Imagen 1.6.- Elementos de una curva horizontal.

Fuente: MPGC; 2016: 25.

1.5.2.- Alineamiento vertical.

De la misma manera que en el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas, de acuerdo con lo que menciona el MPGC (2016) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la diferencia consiste en que estas curvas y tangentes corresponden al perfil de la carretera, es decir, a la proyección sobre un plano vertical el desarrollo de la línea sub rasante.

La orografía y topografía de una carretera proyectada sobre el terreno influye en gran medida y se ve reflejado en el alineamiento vertical, ya que si en un proyecto ambicioso en donde la orografía es muy accidentada en un terreno montañoso y se quiere conservar un alineamiento vertical con pendientes suaves que corresponden a un terreno plano, se requiere la construcción de grades cortes y terraplenes o en su defecto, la proyección de túneles y viaductos elevando así los costos y nivel de dificultad para su construcción.

1.5.2.1.- Tangentes.

Partiendo de lo dicho en el MPGC (2016) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a las tangentes del alineamiento vertical también se les llama rampas, su principal función es unir a las curvas verticales y se caracterizan por su longitud, pendiente o inclinación. Se le conoce como PIV al punto de intersección entre dos rampas.

En vías terrestres es necesario tener claros tres conceptos de pendiente:

- ✓ Pendiente mínima: es la pendiente mínima que existe en una carretera que permita evacuar el agua que precipita, en cortes se puede manejar una pendiente de 0.5 por ciento, esto en función de la longitud del corte y la cantidad de precipitación que predomine en la zona.
- ✓ Pendiente máxima: es la pendiente máxima que se permite en el proyecto de la carretera, está dada en función de la clasificación de servicio de la carretera con base en las normas de la SCT, ya mencionadas anteriormente en este capítulo. Esta pendiente se debe de usar en la menor medida en todo el trazo del proyecto, si lo permite la configuración orográfica de la zona.
- ✓ Pendiente gobernadora: “es la pendiente uniforme con que se pueden unir dos puntos obligados de la carretera. Un punto obligado es aquel seleccionado por el proyectista, para fines de control, por el que necesariamente tienen que pasar los alineamientos. La línea en planta que resulta del uso de esta pendiente, conocida coloquialmente como línea a pelo de tierra es muy útil para definir el alineamiento horizontal en las primeras etapas del proyecto y se selecciona en función de la jerarquía de la red y del tipo de carretera, así como de las características del tránsito y de la configuración del terreno. Su valor óptimo corresponde a la que minimiza el costo total de la carretera, representado por la suma de costos de construcción, de conservación y de operación de los vehículos; pero considerando los atributos de seguridad y protección ambiental.” (MPGC; 2016: 36)

De acuerdo a la clasificación de la carretera a proyectar, las pendientes máxima y gobernadora no deben superar los siguientes valores:

Carreteras Tipo A				
Tipo de Terreno	Pendiente Gobernadora	Pendiente Máxima		
		90 km/hr	100 km/hr	110 km/hr
Plano	-	4%	3%	3%
Lomerío	3%	5%	4%	4%
Montañoso	4%	6%	6%	5%

Tabla 1.2.- Pendientes gobernadora y máxima en una carretera tipo A.

Fuente: MPGC; 2016: 36.

Carreteras Tipo B						
Tipo de Terreno	Pendiente Gobernadora	Pendiente Máxima				
		70 km/hr	80 km/hr	90 km/hr	100 km/hr	110 km/hr
Plano	-	5%	4%	4%	3%	3%
Lomerío	4%	6%	5%	5%	4%	4%
Montañoso	5%	7%	7%	6%	6%	5%

Tabla 1.3.- Pendientes gobernadora y máxima en una carretera tipo B.

Fuente: MPGC; 2016: 36.

Carreteras Tipo C								
Tipo de Terreno	Pendiente Gobernadora	Pendiente Máxima						
		50 km/hr	60 km/hr	70 km/hr	80 km/hr	90 km/hr	100 km/hr	110 km/hr
Plano	-	7%	7%	7%	6%	6%	5%	4%
Lomerío	6%	9%	8%	8%	7%	7%	6%	5%
Montañoso	8%	10%	10%	9%	9%	8%	7%	6%

Tabla 1.4.- Pendientes gobernadora y máxima en una carretera tipo C.

Fuente: MPGC; 2016: 36.

Carreteras Tipo D								
Tipo de Terreno	Pendiente Gobernadora	Pendiente Máxima						
		30 km/hr	40 km/hr	50 km/hr	60 km/hr	70 km/hr	80 km/hr	≥ 90 km/hr
Plano	-	8%	7%	7%	7%	7%	6%	6%
Lomerío	7%	11%	11%	10%	10%	9%	8%	7%
Montañoso	9%	16%	14%	12%	12%	11%	10%	9%

Tabla 1.5.- Pendientes gobernadora y máxima en una carretera tipo D.

Fuente: MPGC; 2016: 36.

1.5.2.2.- Curvas verticales.

Tienen como objetivo ser la unión entre dos tangentes en función de la pendiente y longitud de cada una. Según el MPGC (2016) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, las curvas verticales pueden ser en forma de cresta si son convexas y columpio si son cóncavas.

1.5.3.- Sección transversal.

“Es la proyección de la carretera sobre un plano vertical normal al alineamiento horizontal. De acuerdo con la posición del alineamiento vertical con relación al terreno natural, hay tres tipos de sección: en corte, en terraplén o en balcón, la cual tiene una parte en corte y otra parte en terraplén.” (MPGC; 2016: 46)

Dependiendo del tipo de carretera, las características de la sección transversal pueden variar, por ejemplo, las autopistas y algunas carreteras tienen los sentidos de circulación separados, es decir, un cuerpo para ir en una dirección y otro para ir en la dirección contraria por lo cual, las secciones transversales varían para cada sentido de circulación. Por otro lado, algunas otras carreteras tienen un cuerpo para los dos carriles de circulación, en ese sentido, tendrán solo una sección transversal. Las secciones transversales se dibujan a cada veinte (20) metros, con el objetivo de calcular los volúmenes del movimiento de tierras y acotar notas específicas para el proceso constructivo. Lo anterior de acuerdo con el MPGC (2016) de la SCT.

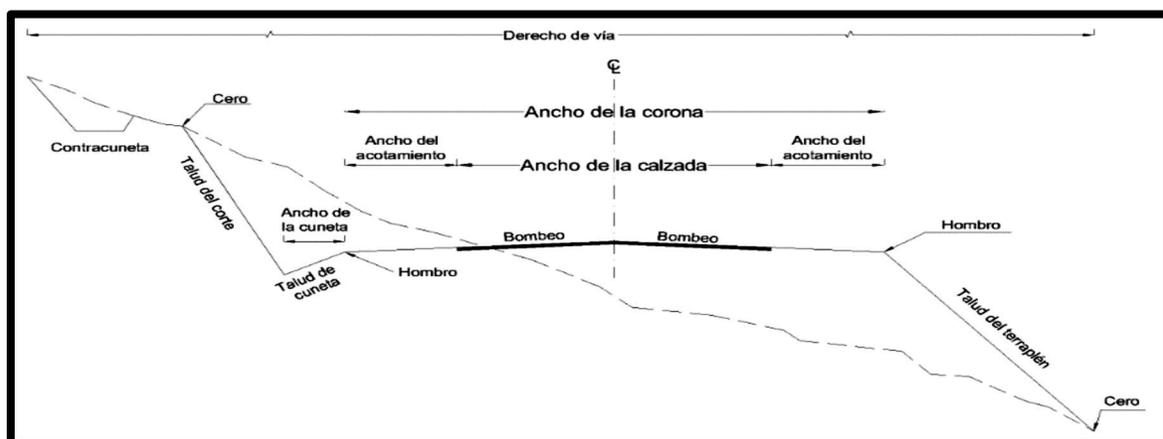


Imagen 1.8.- Sección de carretera de dos carriles.

Fuente: MPGC; 2016: 46.

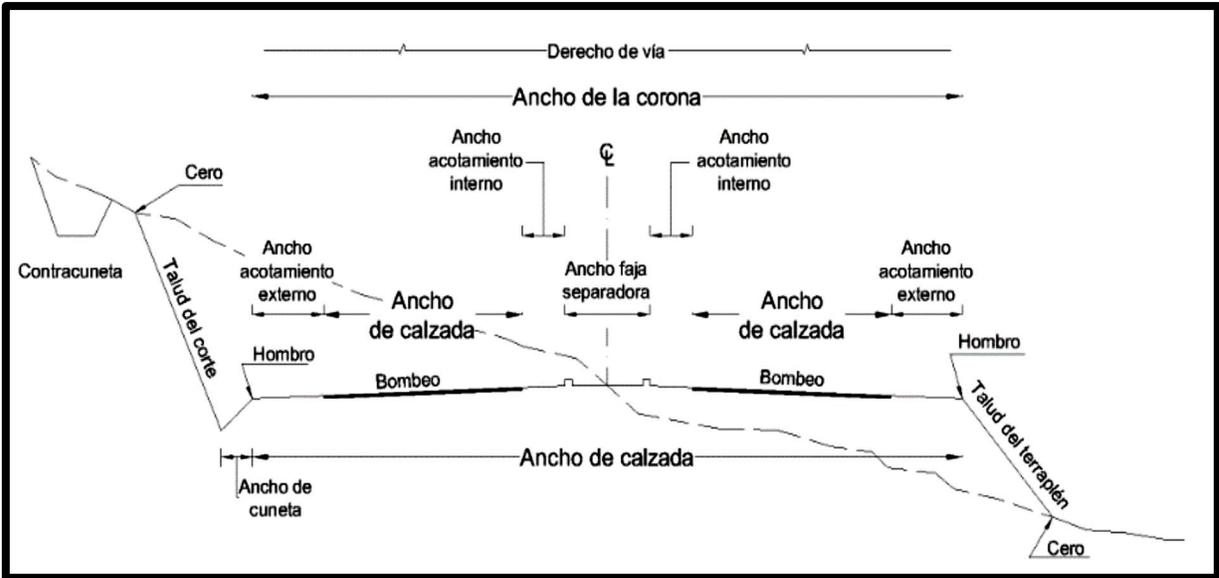


Imagen 1.9.- Sección de carretera de cuatro carriles dividida.

Fuente: MPGC; 2016: 47.

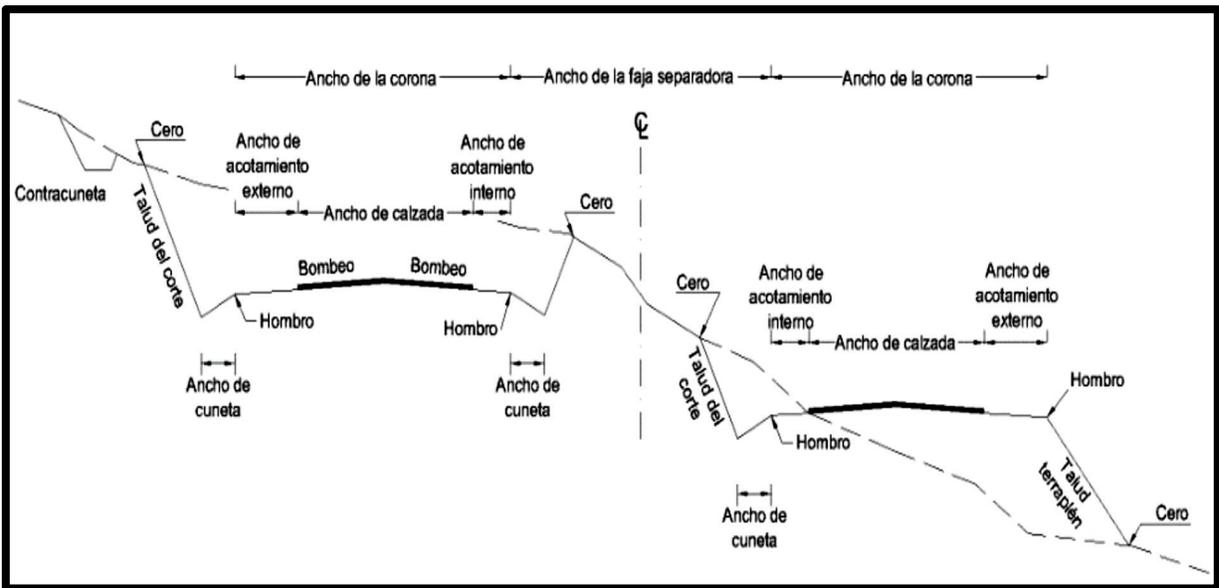


Imagen 1.10.- Sección de carretera de cuatro carriles separada.

Fuente: MPGC; 2016: 47.

1.6.- Elementos que conforman la estructura de un pavimento.

“Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como de transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.” (Rico Rodríguez y Del Castillo; 1993: 99)

Entonces, un pavimento lo constituyen el terreno natural, el terraplén o corte, la subrasante y las diferentes capas de mejoramiento, que son: sub-base, base y la carpeta asfáltica en el caso de los pavimentos flexibles.

En la actualidad, existen varios tipos de pavimentos, que dependiendo del tipo de vialidad y el flujo de tránsito que circula por la misma, hay un tipo de pavimento adecuado para la solicitud destinada.

- ✓ Pavimento Flexible.
- ✓ Pavimento rígido.

Para fines de esta investigación, se hablará de manera más detallada sobre el pavimento flexible.

1.6.1.- Subrasante.

Esta capa es considerada la cimentación del pavimento, puede ser el mismo terreno natural, cuando éste tiene buenas propiedades y características que se lo permitan, de lo contrario, esta capa debe ser de material seleccionado mejorando el suelo, cabe destacar que si se opta por esta solución la capa debe de tener un mínimo de 30 cm.

Esta capa debe resistir las cargas del tránsito que se producen en la superficie de la estructura del pavimento, esto sin sufrir deformaciones o daños, durante el periodo para el cual fue diseñado.

Otras funciones de la subrasante según Olivera (2009), son:

- ✓ Distribuir correctamente las cargas impuestas en la mayor superficie posible de manera uniforme.
- ✓ Que el material fino plástico que forma el terraplén, deformen el pavimento.
- ✓ En terracerías, cuando los terraplenes están formados por pedraplen (roca), absorban el pavimento.
- ✓ Evitar que las imperfecciones de los cortes se reflejen en el pavimento.
- ✓ Uniformizar y economizar espesores de toda la estructura del pavimento.

1.6.2.- Sub-base.

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante, esta capa es necesaria cuando la capacidad de soporte de la subrasante no es elevada, además se coloca con el objetivo de preparar una superficie para recibir la base y poder manejarla, acomodarla y compactarla.

También es importante que cumpla una función drenante, para que el agua fluya y que no ascienda por capilaridad, por esto, el material empleado en esta capa debe ser libre de finos, usualmente se coloca material granular cribado o de trituración parcial.

1.6.3.- Base.

Es la capa que se encuentra debajo de la carpeta, y es la que recibe las cargas y esfuerzos producidos por la misma capa superior de acuerdo con Olivera (2009); para tránsito medio y ligero se suelen usar bases granulares; pero para tránsito pesado se usan bases cementadas, esto es, materiales granulares adicionadas con algún aglutinante, que haga la función de unir las partículas granulares y obtener una mayor resistencia.

1.6.4.- Carpeta asfáltica.

Es la capa que está en contacto con los vehículos y que soporta las cargas de estos, y que las transmite a las demás capas, en condiciones de tráfico intenso el espesor puede llegar a ser considerable.

Se construyen con concretos hidráulicos o con mezclas asfálticas en frío o en caliente, denominándose así, concretos asfálticos; a estos, se les puede agregar

alguna sustancia que modifique alguna de sus propiedades físicas o químicas. Las cuales reciben el nombre de emulsiones.

Esta última capa de la estructura del pavimento, como tal, cumple diversas funciones:

- ✓ Proporciona una superficie de rodamiento segura, cómoda y transitable, con las características y propósitos para los que fue diseñado.
- ✓ Resistir el tránsito que fue previsto en el diseño y que los esfuerzos producidos no lleguen a tocar la capa de subrasante.
- ✓ Que sea capaz de resistir el intemperismo y otros factores naturales normales de la zona.
- ✓ Capacidad de reflexión, característica importante para la conducción nocturna, también se auxilia con el señalamiento tanto vertical como horizontal, pero la superficie debe de tener esta capacidad por si sola.
- ✓ Drenaje superficial rápido, se debe evitar el acuaplaneo entre la superficie del pavimento y los neumáticos de los vehículos, por esto, el agua que escurre por la superficie debe de salir lo más rápido posible.

1.7.- Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos.

En el diseño de cualquier pavimento, se deben tomar en consideración varios factores que determinan la vida útil de éste, y desde luego tiene que ser la opción más favorable, más económica y duradera. En la actualidad los pavimentos se diseñan para

una vida útil de 15 a 40 años. Dependiendo del pavimento, si es flexible involucra trabajos de conservación periódicas, que, a largo plazo es otro costo que se tiene que considerar; al igual los pavimentos rígidos, también involucran que se hagan trabajos de conservación, pero la ventaja de estos es que no son tan minuciosos.

Para el diseño de los pavimentos, existen varios métodos desarrollados por instituciones que determinan el espesor de las capas de la estructura del mismo, en los cuales se toman distintos criterios para el diseño, algunos de estos son:

- ✓ Efectos del medio ambiente: aun no es suficientemente importante por algunos métodos para tomarlo en cuenta en el diseño. Pero normalmente suele estar relacionado con las propiedades y características de los materiales, que se utilizan en la construcción de las capas del pavimento y partes de un camino o vialidad. Se estudia el comportamiento de estos bajo condiciones de temperaturas, intemperismo y humedad.
- ✓ Características y propiedades de los materiales: como ya se mencionó en el inciso anterior, el estudio de estos es parte fundamental para determinar la estructura de un pavimento. En los materiales que se emplean para la cimentación de los pavimentos, depende del tránsito para la cual se diseña, y se utilizan los criterios de la capacidad de soporte o resistencia al esfuerzo cortante.
- ✓ Efectos del tránsito: es sin duda, el principal factor que determina el diseño de un pavimento, pues sobre esta misma se supone transitarán los vehículos. Debido a esto, se diseña el espesor de las capas que

conformarán de acuerdo al peso por eje que transitará por el carril, partiendo de un estudio realizado o un aforo vehicular para determinar el tipo y volumen de tráfico que transitará por la vía a diseñar.

- ✓ Factores económicos: si bien es cierto, una obra se supone debe de ser lo más económica posible, pero en la mayoría de las ocasiones ninguna coincide con el presupuesto inicial, debido a que durante la ejecución de los trabajos ocurren incidentes o detalles que no se presupuestaron o por la falta de planeación y por lo regular el costo aumenta. Debido a esto, algunas quedan deficientes o inconclusas, sin preparación para posibles actualizaciones; o, por el contrario, se concluyen, pero con un funcionamiento defectuoso.

1.8.- Concepto de pavimento flexible.

Como se menciona anteriormente en este capítulo, un pavimento está formado por varias capas de materiales previamente seleccionados para transmitir esfuerzos generados por el tráfico en la superficie de rodamiento; en los pavimentos flexibles la superficie de rodamiento está hecha de una carpeta asfáltica; “las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales; y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa” (Olivera; 2009: 7). En ese sentido, un pavimento flexible se forma a partir de las

siguientes capas: carpeta asfáltica, base y sub-base, las cuales se superponen a la capa subrasante.

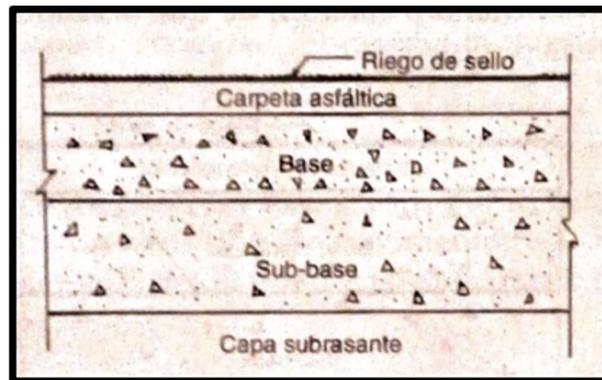


Imagen 1.11.- Capas que forman un pavimento flexible.

Fuente: Olivera Bustamante; 2009: pág. 7.

1.8.1.- Características fundamentales de un pavimento flexible.

Las características de un pavimento flexible de acuerdo a lo que dice Rico Rodríguez y Del Castillo (1993), son las siguientes:

- ✓ La resistencia estructural: tomando como base la mecánica de suelos, se sabe las deformaciones que se producen en el suelo se atribuye principalmente a los esfuerzos cortantes que se producen al someterlos a una carga; en ese sentido, como ya se dijo, la principal función de un pavimento es la de transmitir las cargas al suelo, y en un pavimento cualquier punto de su superficie está sometido a esfuerzos cortantes y normales generadas por el tránsito de vehículos lo que conlleva a un

deterioro del mismo en función del tiempo y otros agentes modificantes ajenos al tránsito.

- ✓ La deformabilidad: en los pavimentos las deformaciones son muy importantes dado que están ligadas directamente con los estados de falla y propiedades de los materiales que conforman el mismo. Debido a esto, en un pavimento se producen deformaciones elástica y plásticas, por un lado las deformaciones elásticas se producen cuando sobre el pavimento existe una carga, éste la absorbe y transmite al suelo, se produce la deformación pero al retirar la carga la estructura del pavimento regresa a su forma original; por otro lado las deformaciones plásticas son aquellas cuando sobre el pavimento existe una carga y de la misma forma, éste la absorbe y la transmite al suelo, se produce la deformación y al retirar la carga la estructura del pavimento no regresa a su forma original debido a esto un pavimento deformado comienza a fallar y deteriorarse con rapidez.
- ✓ La durabilidad: en el diseño de un pavimento, es muy difícil determinar la durabilidad de éste, debido a la intervención de factores sociales, meteorológicos económicos y constructivos.
- ✓ El costo: de manera general, como en cualquier obra de ingeniería los costos son de suma importancia, el saber ¿Cuánto costará la obra? Marca la pauta para saber si en términos económicos, hacer más con menos, cumplirá con las funciones para las cuales es destinada. Para determinar el costo de un pavimento, lo primero es determinar el tipo de

pavimento a utilizar, el pavimento rígido tiene la ventaja de que casi no se gasta en la conservación, pero para su construcción el costo es elevado; en el caso de los pavimentos flexibles el caso es inverso, demandan poco gasto de construcción, pero se eleva el costo en la conservación. En ese sentido, al momento de realizar el diseño de un pavimento se deben analizar la disponibilidad de los materiales, ¿qué tan accesibles son?, y además de analizar minuciosamente los trabajos a realizar durante todo el proyecto.

- ✓ Los requerimientos de la conservación: en los pavimentos flexibles, existen varios factores que determinan la vida útil de éste y los trabajos de conservación que requerirá durante su ciclo. Estos factores son: la calidad y propiedades de los materiales, factores climáticos, el tránsito y cargas al cual estará sometido, el drenaje y subdrenaje del mismo, etc.
- ✓ La comodidad: en el desarrollo o actualización de un camino o vialidad, la seguridad de los que transitan es primordial; existen además otros factores que determinan el desarrollo de éste, como son: la estética y su entorno, debe de estar en sintonía, conjugar la forma y espacio de la arquitectura a su alrededor y el impacto que el camino o vialidad vaya a generar en las personas que lo transitan, y en mayor o menor medida generan un impacto social y ambiental.

1.8.2.- Productos asfálticos.

“Los asfaltos son componentes naturales de muchos petróleos en los cuales se encuentran disueltos y su historia data de hace más de 5 mil años.” (Crespo; 2012: 235)

Atendiendo a su procedencia, y de forma simplificada, los materiales asfálticos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- ✓ Productos naturales.
- ✓ Productos manufacturados.

Entre los primeros se encuentran principalmente los asfaltos naturales y las rocas asfálticas, y entre los segundos, los más importantes en la técnica de pavimentación, están los cementos asfálticos, los asfaltos rebajados o fluidificados y las emulsiones.

Bajo la denominación de asfaltos naturales o nativos, se conoce una amplia gama de productos con base asfáltica que existen en la naturaleza y de los que pueden obtenerse, sin necesidad de destilación, aglomerantes para pavimentos.

Los asfaltos naturales se han formado por un fenómeno de migración de determinados petróleos naturales hacia la superficie terrestre, a través de fisuras y rocas porosas, seguido o combinado con una volatilización de sus componentes más ligeros y la consiguiente concentración de los compuestos asfálticos ya existentes en el mismo; algunos se encuentran en estado bastante puro formados casi exclusivamente por sustancias hidrocarbonadas con poca materia mineral, aunque lo

más usual es que estén mezclados con sustancias minerales en mayor o menor proporción.

1.8.2.1.- Cemento asfáltico.

El asfalto o cemento asfáltico (CA), es el último producto rescatable del procesamiento del petróleo, a temperatura ambiente es duro y color café oscuro según Olivera (2009). Los cementos asfálticos son asfaltos obtenidos del proceso de destilación del petróleo para eliminar solventes volátiles y parte de sus aceites.

Para utilizar el cemento asfáltico en los trabajos de pavimentación, es necesario fluidificarlo mediante calentamiento a elevadas temperaturas. Para mezclarse con productos pétreos y hacer concreto asfáltico y poderse utilizar para la creación de una carpeta asfáltica, el CA debe de calentarse a 140 °C, por esta razón se necesita una planta para calentar el CA.

1.8.2.2.- Asfaltos rebajados.

Asfaltos rebajados o fluidificados son mezclas de cemento asfáltico con fracciones ligeras del petróleo. El cemento asfáltico se diluye con gasolina, diésel y aceites obtenidos a partir de la refinación del petróleo, esto con la finalidad de hacer más fluido el CA y poder trabajarlo a temperaturas menores.

Estas fracciones se denominan generalmente solventes o disolventes. Cuando el solvente es del tipo nafta o gasolina se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado

rápido (FR). Si el solvente es semejante a la kerosina se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado medio (FM), el tipo de asfalto rebajado está constituido por los asfaltos de fraguado lento (FL), los cuales contienen cemento asfáltico y aceites ligeros.

1.8.2.3.- Emulsiones asfálticas.

“Cuando el asfalto es separado en partículas microscópicas, llamadas micelas y dispersadas en agua con un agente químico emulsor se convierten en una emulsión asfáltica donde las moléculas del agente emulsor rodean a las micelas. En la práctica, cuando se emplean las emulsiones, el agua se evapora quedando el agente emulsor retenido en el asfalto.” (Crespo; 2012: 249)

Se clasifican de acuerdo a su velocidad de rompimiento (rápido, medio y lento, estables y súper estables) y al contenido de cemento asfáltico en su masa (del 50 al 70%).

1.8.3.- Tipos de fallas en pavimentos flexibles.

Partiendo de lo dicho por Olivera (2009), los pavimentos flexibles están sujetos a dos tipos de fallas: estructurales o funcionales.

Por un lado, la falla estructural indica un daño en la estructura del pavimento, destrucción total o parcial, causado por el tránsito al que es sometido, si el tránsito es mayor y ha llegado a su vida útil de diseño, cumplió cabalmente con su objetivo; al

contrario, si el pavimento no ha cumplido con su vida útil y existe alguna falla, ésta se debe al mismo factor en combinación con una capa de rodamiento muy delgada, mal drenaje o mala compactación de toda su estructura.

Una falla funcional, es cuando en el camino o vialidad existen deformaciones plásticas en la superficie de rodamiento, no afectan en nada la transitabilidad del mismo, pero pueden estar permitidas o no dependiendo del tipo de camino o vialidad y el grado de la falla.

Otros tipos de falla son:

- ✓ Superficie de rodamiento lisa: se debe a un exceso en la proporción de asfalto en el riego de liga, mezcla asfáltica o en el riego de sello.
- ✓ Deformaciones transversales rítmicas: son deformaciones en la superficie de rodamiento, se deben a las vibraciones y esfuerzos tangenciales que provoca el tránsito vehicular, todo esto debido a una base mal cementada.
- ✓ Presencia de calaveras: son malformaciones o huecos que aparecen sobre la superficie de rodamiento debido a la utilización de materiales de baja calidad en la base, carpetas con bajo contenido de asfalto o a que se sobrepuso una carpeta nueva sobre una antigua que tenía las mismas malformaciones y por lo tanto estas se reflejaron en la nueva.
- ✓ Baches: es cuando se desintegra la carpeta y la capa de base en conjunto, debido a una mala calidad de los materiales utilizados, falta de compactación y presencia de agua en las capas inferiores por la

aparición de calaveras en la superficie y que no se trataron correctamente.

- ✓ Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo o mapeo: los materiales que se utilizaron para la carpeta son de mala calidad o esta fue construida sobre otra carpeta que ya presentaba problemas de agrietamiento o sobre una base mal colocada.
- ✓ Corrimiento de la carpeta: aparece cuando se usa cemento asfáltico de baja calidad, por exceso de asfalto o por usar asfalto blando en zonas donde predominan temperaturas altas.

1.8.4.- Conservación de pavimentos flexibles.

La construcción de un camino o una vialidad con pavimento flexible debe de ser capaz de resistir el tránsito vehicular para el cual fue diseñado y haciendo los trabajos de conservación normal debe cumplir con la vida útil para la que se proyectó.

El mantenimiento normal o la conservación rutinaria para un tramo de un camino o vialidad en donde no sufra de agrietamientos o deformaciones excesivos, solo consiste en riegos de sello cada tres años si se utilizan materiales de buena calidad.

Si la superficie esta lisa se debe de raspar con la motoconformadora o de ser posible calentar la superficie con sopletes especiales acoplados a un camión, enseguida poner el riego de sello, esto para que haya adherencia entre la capa nueva y la anterior.

Dentro de estos trabajos de rutina se consideran los trabajos de bacheo, en los cuales se pueden utilizar mezclas de asfalto en caliente o en frío, también están consideradas las renivelaciones solo en tramos donde no se hayan hecho trabajos importantes, y desde luego también se contemplan los trabajos de señalamiento horizontal, por ejemplo, pintar las líneas en la superficie de rodamiento que marcan el límite de los carriles.

1.9.- Concepto de suelo.

De acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), el concepto de suelo puede variar indefinidamente, según el campo de estudio. Por ejemplo, para los geólogos, el suelo es aquel material que se encuentra en el lugar que se ha determinado a estudiar, que tiene las características que allí se encuentren, y puede ser afectado por la materia orgánica cercana. Para el ingeniero civil, este concepto puede llegar a ser errado, pues un suelo es, todo material terroso que se encuentre en un lugar, con características físicas y químicas particulares, y que puede ser residual o transportado según sea el caso.

Por su parte, Rico Rodríguez y Del Castillo (2005) mencionan que un suelo es aquel conjunto de minerales, resultado del intemperismo y factores químicos que transformaron a rocas ya existentes.

Estos mismos autores mencionan dos propiedades muy importantes que caracterizan a un suelo, y que cualquier persona en el ámbito ingenieril debe conocer:

- El conjunto está definido vectorialmente, es decir, actúan fuerzas horizontales y verticales; con esto se sabe que los cambios verticales de las propiedades ocurren mucho más rápido que los horizontales.
- El suelo, debido a su composición, puede contener agua, ya sea en menor o mayor cantidad, y si se le encuentra en suficiente cantidad, provoca una distribución de presiones continua. El agua no forma poros aislados, sino que llena los huecos formando una “masa” continúa intercomunicada que contiene al mineral en su interior.

1.9.1.- Agentes generadores.

De acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), la superficie terrestre siempre es afectada por la acción del agua y el aire principalmente, y cuyos medios pueden ser diversos. Para la cuestión de estudio, se han generalizado estos ataques en dos grupos: desintegración mecánica y descomposición química.

En cuanto a desintegración mecánica se refiere, se puede hablar de la intemperización de la roca a los agentes físicos como lo son cambios bruscos de temperatura, congelación del agua dentro de las grietas de las rocas, efectos de las plantas u organismos, etc. Estos fenómenos, generalmente producen arenas, y sólo en muy raras ocasiones arcillas o limos.

La descomposición química engloba todos aquellos agentes que atacan a las rocas, afectando y cambiando su composición mineralógica, así como su composición química. El principal agente químico que ataca a las rocas, es, por obviedad, el agua.

Las formas más comunes de ataque en que el agua interviene son la oxidación, la hidratación y la carbonatación.

“Los suelos deben, pues, su origen a una tal variedad de causas que excede todo poder de descripción detallada. El resultado de este concurso de causas, es una inmensa diversidad de tipos de suelo resultantes. También debe notarse que su formación ha ocurrido a través de las Eras Geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy; en consecuencia, el hombre es completamente ajeno a la génesis del suelo: solo le toca manejarlo, tal como la naturaleza se lo presenta.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 35)

1.9.2.- Suelos transportados y residuales.

Como ya se conoce, un suelo puede ser residual o transportado, esto según del lugar donde se les encuentre. Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el lugar en donde fueron formados, mientras que los suelos transportados son aquellos que debido a los agentes físicos fue trasladado de su lugar de formación al lugar en donde se encuentren.

Según Rico Rodríguez y Del Castillo (2005) la composición interna de un suelo transportado y uno residual es evidentemente diferente. En un suelo residual, aunque es afectado por agentes químicos y físicos variables, se tienen rastros, aunque sean muy lejanos, de la roca madre, mientras que en un suelo transportado las características son básicamente gobernadas por la deposición y en ningún momento por los componentes originales de la roca.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) mencionan que en la naturaleza hay cientos de agentes transportadores de suelo, como lo pueden ser el aire, glaciares, la gravedad, aguas superficiales, mares, etc., y que en muchos casos pueden actuar combinadas.

Hablando de los suelos transportados, el agua y el viento son los dos factores más comunes como ya se mencionó anteriormente. Estos mismos autores dicen que en el caso de los ríos, estos son un gran agente transportador de suelos, los cuales llevan el material gracias a la velocidad de la corriente, por consiguiente, se puede decir que a medida que la velocidad disminuye, la capacidad de acarreo lo hace de igual forma, por lo que en las partes cercanas al inicio de un río se encuentran los suelos más gruesos, y en los depósitos cercanos a las desembocaduras se encuentran lo más finos.

El viento es capaz de transportar suelos muy finos como arcillas, hasta arenas gruesas; estos arrastres pueden llegar a ser de varios kilómetros. Debido al viento, suelen darse la formación de dos suelos: los médanos y el loess.

En cuanto a loess se refiere, es un conjunto de arenas finas, mezcladas con finos, que se estructuran de forma abierta, y ciertamente cohesiva. Los suelos médanos, son la acumulación de una arena suelta que, al no viajar a grandes alturas, fue retenida por algún obstáculo, formado en la superficie del terreno de forma natural. Los médanos suelen ser arenas cuarzosas, con algo de mica.

“En general, un suelo transportado queda descrito por un “perfil estratigráfico”, que resalte la secuencia de colocación y el espesor de sus estratos.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 36)

1.9.3.- Fases del suelo.

De acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), un suelo se compone de tres fases, la sólida, la líquida y la gaseosa. Cuando se habla de la fase sólida, se refiere a todos los minerales que componen el suelo; la líquida está compuesta por agua, libre generalmente, aunque en algunas ocasiones el suelo puede contener algunos otros fluidos de menor importancia; la fase gaseosa se comprende generalmente por aire, aunque el suelo en ocasiones puede contener gases tales como vapores sulfurosos, anhídridos, etc. La capa viscosa del agua que se encuentra entre la fase sólida y líquida, se incluye en esta última ya que, si el suelo es sometido a un gran secado tiende a desaparecer.

En general, la fase sólida de suelos, compone el volumen de sólidos de una muestra de suelo, mientras que la fase líquida y gaseosa comprenden el volumen de vacíos que hay en un suelo.

Cuando todos los poros de un suelo están llenos de agua, se dice que el suelo es totalmente saturado, por ende, se manejan solo dos fases: la sólida y la líquida. Por lo general los suelos que se encuentran por debajo de algún manto freático son completamente saturados.

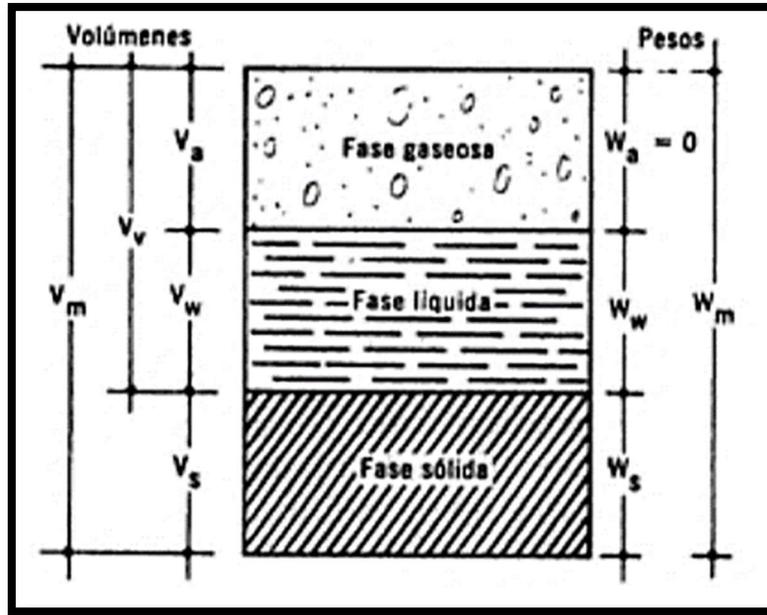


Imagen 1.12.- Esquema de una muestra de suelo.

Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 53.

Donde:

V_m = Volumen total de la muestra de suelo (volumen de la masa).

V_s = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).

V_v = Volumen de los vacíos de la muestra del suelo (volumen de vacíos).

V_w = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).

V_A = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

W_m = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

W_s = Peso de la fase sólida de la muestra (peso de los sólidos).

W_v = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).

W_A = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convencionalmente considerado como nulo en la mecánica de suelos.

Para comprender de manera adecuada las fases del suelo, y así, poder hacer un correcto análisis del suelo y poder interpretar los resultados, es muy importante entender las siguientes relaciones fundamentales que Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) mencionan:

- a) Relación de vacíos o índice de poros: es la relación entre el volumen de vacíos y volumen de sólidos de un suelo:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

“La relación puede variar teóricamente de 0 ($V_v=0$) a ∞ (valor correspondiente a un espacio vacío). En la práctica no suelen hallarse valores menores a 0.25 (arenas muy compactas con finos) ni mayores de 15, en el caso de algunas arcillas altamente compresibles.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 54)

- b) Porosidad: es la relación entre el volumen de vacíos de un suelo y el volumen de su masa; se expresa como porcentaje:

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

Estos valores pueden ir desde 0, el valor ideal pues se trata de un suelo con solo fase sólida (sin vacíos) hasta 100, el cual sería un espacio vacío. En la realidad, estos valores oscilan entre el 25% y el 90%.

- c) Grado de saturación: se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua y el volumen de vacíos, se expresa como porcentaje:

$$Gw(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Puede ir de 0 a 100 (suelo seco a completamente saturado respectivamente).

- d) Contenido de agua: es la relación que hay entre el peso del agua de la muestra entre el peso de la fase sólida del mismo, y suele expresarse en porcentaje:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Varía teóricamente desde 0 hasta ∞ .

- e) Grado de saturación de aire: a comparación con las relaciones anteriores, esta es de escasa importancia, y se define por la relación que hay entre el volumen de aire entre el volumen de vacíos de la muestra; se expresa como porcentaje:

$$Ga(\%) = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

1.10.- Clasificación de los suelos.

A lo largo del tiempo, se han buscado diferentes métodos o alternativas para la clasificación de los suelos pues, en el ámbito ingenieril el conocimiento de las propiedades y características que componen un suelo son de vital importancia para la realización de infinidad de obras.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) mencionan que si bien, con el paso del tiempo se fueron buscando diferentes métodos para la clasificación de suelos, estos mismos debían estar precedidos por estudios anteriores.

La clasificación de suelos, como se conoce actualmente, se debe en gran parte a los estudios realizados por el doctor A. Casagrande, quien fue el primero en encontrar un sistema adecuado para las necesidades que el campo requería.

Fue en 1942, cuando A. Casagrande publicó su estudio “Sistema de Clasificación de Aeropuertos”, claro está que lo llamó así por estar enfocado a este tipo de obras.

Este sistema, acepta que el suelo está regido también por las características mecánicas y físicas del material que pasa la malla no. 200, y que, a su vez, el material que es retenido en la misma, no es determinante para el comportamiento del material.

Casagrande en dicho sistema divide los suelos en dos fracciones importantes: la gruesa, que es todo material que pasa la de 3” (76.2 mm) pero que es retenida en la malla No. 200 (0,074 mm) y la fina, que es todo aquel material que pasa la malla No. 200.

La fracción gruesa de los suelos está comprendida por gravas y arenas, donde se tiene como límite la malla No. 4 (4.76 mm).

La fracción fina se subdivide en grupos, los cuales están determinados por las propiedades mecánicas e hidráulicas más importantes para los ingenieros civiles, las cuales son: permeabilidad, deformación, resistencia, compresibilidad, velocidad de variación volumétrica, etc. La propiedad que más influye en la división de estos grupos

es la compresibilidad, que está ligada directamente con el límite líquido de un material. La compresibilidad aumenta de manera proporcional a como lo haga el límite líquido, permaneciendo todos los demás valores constantes.

Además, se señala con base en los estudios que los suelos finos, que no sean de origen volcánico, suelen tener valores de límite líquido menores a 100, con esto, se subdividen los materiales finos en dos grupos: los de baja a media compresibilidad, cuyos valores de límite líquido están por debajo del 50% y los de alta compresibilidad, cuyos valores de límite líquido están por arriba del 50%.

1.10.1- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

De acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) este sistema se basa en el de Aeropuertos, creado por Casagrande, y se dice en ocasiones que es el mismo con pequeñas modificaciones.

Este sistema incluye a los suelos finos y gruesos, separándolos a ambos por el cribado a través de la malla No. 200. Los suelos gruesos son aquellos en los que más del 50% del peso del material es retenido en la malla No. 200, mientras que los suelos finos son aquellos donde pasa más del 50% en peso, a través de dicha malla.

En los siguientes subtemas se hablará de dichos suelos y sus diferentes subdivisiones en cada uno de ellos.

1.10.1.1.- Suelos gruesos.

Dentro de los suelos gruesos encuentran las gravas (G) y las arenas (S). Los suelos gruesos se clasifican como gravas cuando más del 50% del material es retenido en la malla No. 4 (4.76 mm), mientras que se clasifican como arenas a todo material que logre pasar dicha malla.

A continuación, se mencionan los diferentes grupos con los que se pueden clasificar a los suelos gruesos:

- ✓ Grava o arena bien graduada (GW o SW).

Estos suelos son bien graduados y con pocos finos o están limpios por completo. Se dice que la cantidad de finos que puedan obtener no afectan la capacidad de drenaje que el material pueda tener. Para poder clasificar a estos materiales como bien graduados, la cantidad de finos no debe ser mayor al 5%. Una grava bien graduada debe tener un coeficiente de uniformidad mayor a 4, mientras que el grado de curvatura debe estar entre 1 y 3. Para las arenas el grado de curvatura es igual que en las gravas, pero su coeficiente de uniformidad deberá ser mayor a 6.

- ✓ Grava o arena mal graduada (GP o SP).

Estos suelos son mal graduados; a simple vista predomina el tamaño de la arena o finos según sea el caso, pero no cumplen con los requisitos de graduación como para tomarse como bien graduados. En las pruebas de laboratorio deben cumplir con los mismos requisitos del grupo anterior.

- ✓ Grava o arena bien graduada limosa (GW-GM o SW-SM).

En estos grupos la presencia de material finos no plásticos (limos) es de entre el 5 y 12%. El contenido de estos finos suele afectar la resistencia, así como el esfuerzo-deformación del material. En el caso de que este material cumpla con las características de una grava bien graduada, se utilizará el símbolo doble GW-GM. Para las arenas bien graduadas ocurrirá de igual forma usándose SW-SM.

- ✓ Grava o arena mal graduada limosa (GP-GM o SP-SM).

Si el material contiene entre el 5% y 12% de material fino no plástico (limo), y no cumple con los requisitos de un material grueso bien graduado, entonces se le dará el símbolo de grava limosa mal graduada GP-GM o arena limosa mal graduada SP-SM según sea el caso.

- ✓ Grava o arena bien graduada arcillosa (GW-GC o SW-SC).

En estos grupos la presencia de material finos plásticos (arcillas) es de entre el 5 y 12%. En el caso de que este material cumpla con las características de una grava bien graduada, se utilizará el símbolo doble GW-GC. Para las arenas bien graduadas ocurrirá de igual forma usándose SW-SC.

- ✓ Grava o arena mal graduada arcillosa (GP-GC o SP-SC).

Si el material contiene entre el 5% y 12% de material finos plásticos (arcillas), y no cumple con los requisitos de un material grueso bien graduado, entonces se le dará el símbolo de grava arcillosa mal graduada GP-GC o arena arcillosa mal graduada SP-SC según sea el caso.

Tipo	Sub-Tipos	Identificación	Símbolo de Grupo				
Suelos (partículas menores de 7.5 cm)	SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0.075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ^{III}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW	
				Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GP	
			GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	GM	
				Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	GC	
			ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ^{III}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
					Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	SM		
		Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla		Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	SC		
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0.075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML		
				Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL		
				Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OL		
			Mayor de 50%	Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH		
				Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH		
				Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la Carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH		
ALTAMENTE ORGÁNICOS		Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.	P _i				

Imagen 1.13.- Clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Fuente: Norma SCT M-MMP-1-02/03; 2003: 4.

1.10.1.2.- Suelos finos.

Dentro de los suelos finos se consideran los limos (M) y las arcillas (C), estos se definen según su plasticidad, y a su vez, se subdividen en alta o baja compresibilidad.

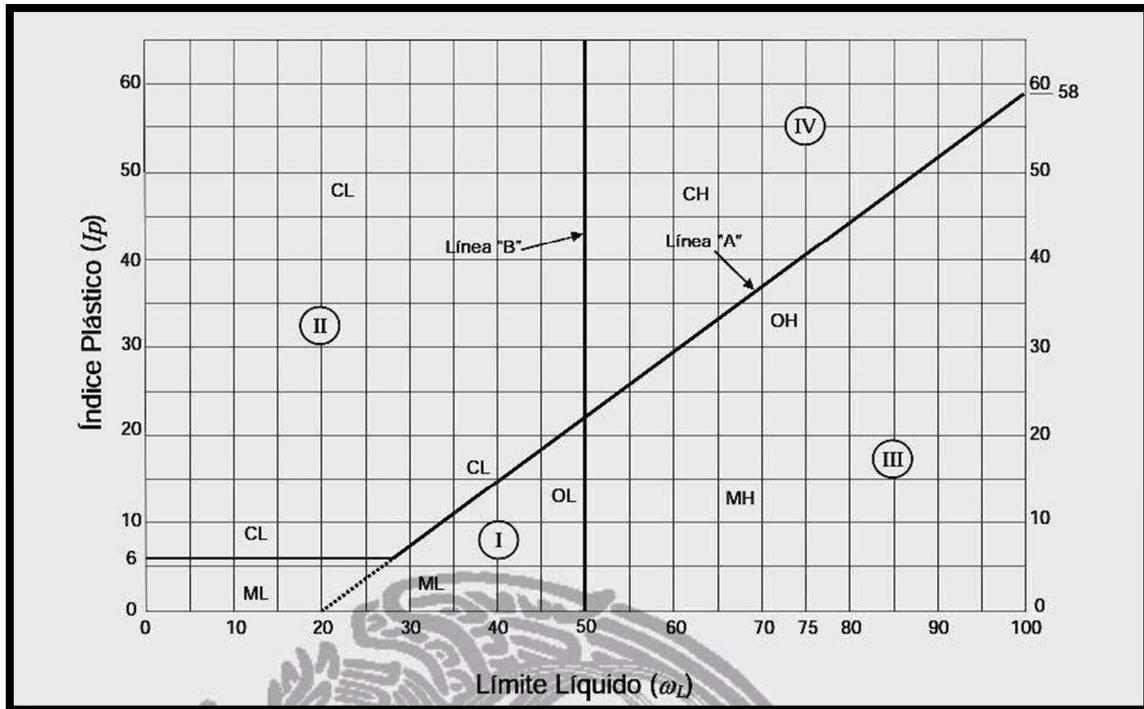


Imagen 1.14.- Carta de Plasticidad

Fuente: Norma SCT M-MMP-1-02/03; 2003: 6.

- ✓ Arcillas de alta o baja compresibilidad (CH o CL).

Estos grupos se encuentran situados sobre la línea A de la carta de plasticidad.

Las arcillas inorgánicas de baja compresibilidad (CL) tienen un límite líquido menor al 50% y cuentan con un índice plástico mayor al 7%.

✓ Por su parte, las arcillas de alta compresibilidad (CH) cuentan con un índice plástico mayor al 50% e índice plástico mayor al 7%. Estas arcillas son producto de la descomposición de cenizas volcánicas.

✓ Limos de alta o baja compresibilidad (MH o ML).

Los limos de baja compresibilidad (ML) se encuentran por debajo de la línea A de la carta de plasticidad, y su límite líquido usualmente es menor al 50% y su índice plástico es menor a 4. Los limos de alta compresibilidad (MH) tienen valores de límite plástico mayores al 50% y un índice plástico igual a los ML.

Dentro del grupo ML se pueden encontrar limos arcillosos e inorgánicos. Los limos inorgánicos suelen tener valores de límite líquido menores al 30%. Por su parte los limos de tipo Loess, tienen un límite líquido (LL) entre el 25 y 30%.

✓ Limos o arcillas orgánicas de alta o baja compresibilidad (OH u OL).

Los limos y arcillas suelen englobarse en este grupo, cuando hay materia orgánica presente en el material. Normalmente estos suelos son tales como turbas o pantanos, los cuales son suelos altamente compresibles.

Estos suelos se encuentran debajo de la línea A de la carta de plasticidad, y tienden a tener las mismas características que un ML o MH, solo que la existencia de materia orgánica hace que el suelo se mueva hacia la derecha dentro de la carta de plasticidad.

✓ Suelos altamente orgánicos (Pt).

Estos suelos no tienden a agruparse en alguno de los grupos presentes en la tabla del SUCS, por lo que, para la identificación de los mismos, tanto en suelos gruesos y finos suelen recopilarse los siguientes datos para su clasificación:

- Suelos gruesos: cementación, condiciones de humedad, compacidad, estratigrafía y condiciones de drenaje.
- Suelos finos: olor, color del suelo, cantidad de granos gruesos, grado y carácter de plasticidad, nombre típico, etc.

CAPÍTULO 2

PROCESO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

En el presente capítulo se profundizará al respecto de cómo se lleva a cabo el proceso constructivo de una carretera, es decir, los trabajos que son necesarios para la construcción de un pavimento flexible. Con la descripción detallada que se encuentra a continuación de cada concepto para su construcción, se tendrá una idea general de la magnitud del trabajo necesario para construir una carpeta asfáltica.

2.1.- Desmonte.

De conformidad con Mier (1987) el desmonte se refiere al retiro de la capa vegetal en todo lo ancho del derecho de vía en un camino y en las áreas destinadas a que sean bancos de material, con el objeto de eliminar la posibilidad de existencia de partículas de origen vegetal que pudieran dañar la estructura del pavimento a raíz de la contaminación de los materiales usados en las capas del mismo.

El concepto contempla el desarrollo de cualquiera de las siguientes actividades:

- ✓ Tala: consiste en quitar árboles y arbustos.
- ✓ Roza: que consiste en quitar la maleza, hierva y zacate producto de la actividad agrícola.
- ✓ Desenraice: que consiste en sacar los troncos o tocones con raíces.

- ✓ Limpia y quema: consiste en retirar de la obra el producto del desmonte hacia un lugar especialmente destinado para estibarlos, secarlos y quemar los desechos.

Para determinar la ejecución de este concepto se deben de clasificar y considerar las siguientes vegetaciones: manglar, selva o bosque, monte en regiones áridas o semi-áridas, monte en regiones desérticas, zonas dedicadas al cultivo o grandes pastizales. El manglar está constituido por esteros y pantanos, en los lugares cálidos en donde predominan las especies de raíces aéreas y manglares. Por otro lado, la selva está constituida por: palmeras, ceibas, mangos, cedros, chacas y caobas en las zonas de baja altitud y cálidas.

La ejecución de los trabajos de talar, rozar, limpiar y quemar se realiza dentro de todo el ancho del derecho de vía según corresponda y sea necesario.

“La operación de desenraizar debe realizarse cuando menos en las superficies limitadas por líneas trazadas a un metro fuera de los cerros para cortes, terraplenes con espesor mínimo de un metro, canales y contracunetas; y zonas de préstamos, bancos y otras superficies” (Mier; 1987: 289). El desmonte puede ejecutarse ya sea a mano o con máquina según sea necesario; cuando se realice a mano el corte de los árboles debe de quedar como máximo a 0.75 m. de altura a partir del suelo.

Su unidad de medida para cobro es en hectáreas (Ha). El terreno se divide en partes que sus características sean semejantes en cuanto a vegetación. Las áreas como selva, zonas áridas, bosques, se dividen en subtramos con una densidad uniforme.

2.2.- Cortes.

Se le conocen como cortes a las excavaciones que se realizan a cielo abierto en el terreno natural, ya sea que se necesite ampliar o abatir un talud, rebajar la corona o terraplén existente, en derrumbes, en escalones de liga o despalmes de cortes para el desplante de terraplenes, lo anterior de conformidad con Mier (1987). Se dice que el objetivo es necesario para la formación de la sección del pavimento de acuerdo con el proyecto.

Los materiales para cortes se clasifican como sigue:

- ✓ Material A.
- ✓ Material B.
- ✓ Material C.

Lo anterior en función de la dificultad para su extracción y carga.

Se considera como material "A" todos aquellos suelos las arcillas, las arenas, los suelos agrícolas, y los suelos poco o nada cementados con partículas de hasta 3". Se caracteriza por ser blando o suelto, y que puede ser fácilmente excavado con una motoescrepa sin la necesidad de que tenga que ser empujado con tractores sobre orugas.

En lo que se refiere a el material "B", este material es más duro, se considera aquel material excavado en el que es necesario la utilización de un tractor D7 o una excavadora mecánica con capacidad mínima de 1 m³, pero sin la utilización de explosivos para abundar el material. Se considera como tipo "B" todo aquel material

suelto y que su tamaño sea menor a 75 cm. pero mayor a 3", ejemplos de este tipo de material puede ser las areniscas blandas, conglomerados cementados, y tepetates.

Por otro lado, para el material tipo "C", se refieren a que debe ser atacado con explosivos para poder manejarlo ya que este tipo de suelos suelen ser muy duros tales como las rocas basálticas, areniscas, calizas, riolita, etc. y su tamaño es mayor a los 75 cm.

2.3.- Prestamos.

En conformidad con lo dicho por Mier (1987), los prestamos es el material producto de la excavación obtenidos de puntos específicos conforme a la indicación del proyecto para la formación de terraplenes que no puedan ser compensados a partir de los cortes hechos en el trazo, estos préstamos pueden ser laterales o de banco.

Los prestamos laterales se obtienen de las fajas que se encuentran fuera de los ceros del eje de las terracerías, a uno o ambos lados. "Los precios unitarios para préstamos laterales deben incluir lo que corresponda por extracción, remoción y carga del material, acarreo efectuado, descarga del material para la formación de terraplenes a cualquier altura y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante las cargas y las descargas." (Mier; 1987: 296)

Los préstamos de banco son los que se ejecutan fuera de la faja de 100 m. de ancho y se consideran también las excavaciones realizadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se empleen en la construcción de terraplenes. "Los precios unitarios para préstamos de banco deben considerar lo que

corresponda por extracción, remoción y carga del material, acarreo libre, descarga del material para la formación de terraplenes a cualquier altura y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante las cargas y las descargas.” (Mier; 1987: 296)

2.4.- Obras de drenaje.

De conformidad con lo mencionado por Olivera (2009), el agua es el principal enemigo de un camino, ya que es uno de los principales agentes que le puede ocasionar mayor daño a la superficie de rodamiento debido a que si se infiltra a las capas inferiores disminuye su resistencia y características de funcionamiento.

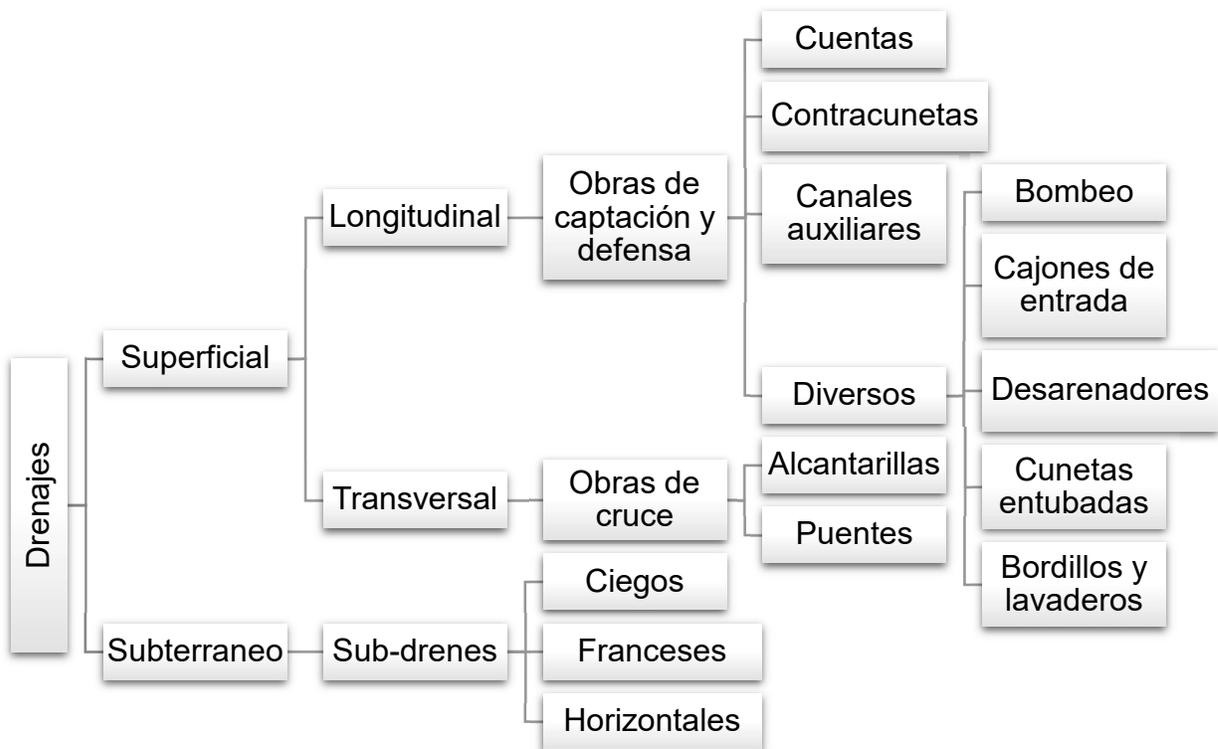
“El drenaje del camino tiene por objeto evitar, total o parcialmente, que el agua llegue al camino, y que el agua que llegue, tenga salida fácil.” (Mier; 1987: 261)

El drenaje en una carretera, según Mier (1987) debe cumplir con las siguientes funciones:

- ✓ No permitir que el agua circule sobre el camino en cantidades excesivas, ya que si se acumula en las partes ya erosionadas se producen baches y por consiguiente la destrucción del pavimento.
- ✓ Evitar que el agua de las cunetas si infiltre a las terracerías y que por consiguiente se disminuya la resistencia al esfuerzo cortante y se originen asentamientos.

- ✓ Evitar que en las partes donde se hayan hecho cortes estos se saturen con el peligro de que se produzca un deslizamiento o derrumbe del talud.
- ✓ Evitar que el agua de los arroyos sea remansada por los terraplenes, existiendo peligro de deslaves.
- ✓ Evita que el agua subterránea ascienda hasta el nivel de la subrasante y deteriore el camino.

A continuación, se muestra la clasificación de los tipos de drenaje en caminos:



2.5.- Terraplenes.

Son estructuras de tierra formadas a partir de la excavación, remoción y transporte del producto de los cortes y prestamos laterales o de banco, se forman con material compactable, no compactable y agua; en proporciones adecuadas indicadas por la norma según las características físicas y químicas de los materiales, lo anterior de acuerdo a lo mencionado con Mier (1987). Se consideran terraplenes a las cuñas contiguas a los estribos en puentes y pasos a desnivel; en un camino a la ampliación de la corona, el tendido de los taludes, elevación de la subrasante.

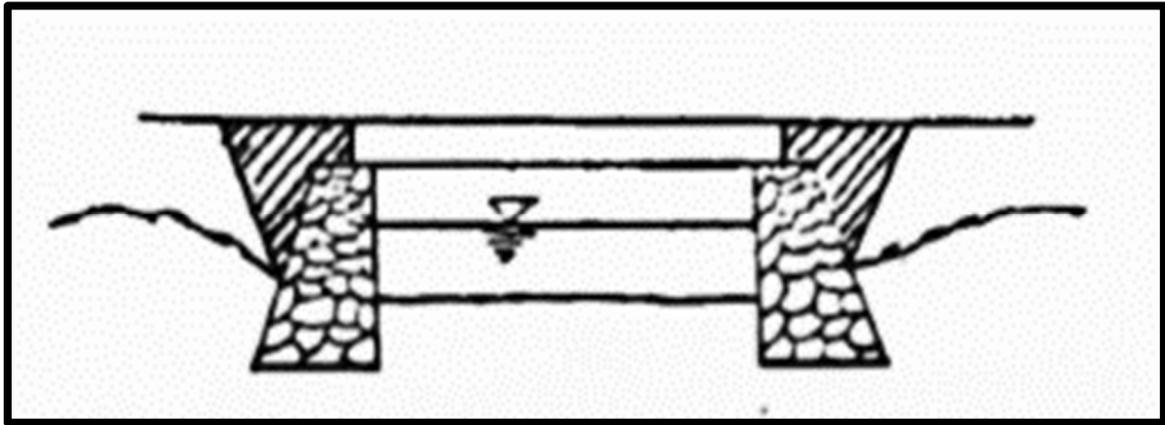


Imagen 2.1.- cuñas contiguas a los estribos, alcantarillas y pasos a desnivel.

Fuente: Mier; 1987: 298.

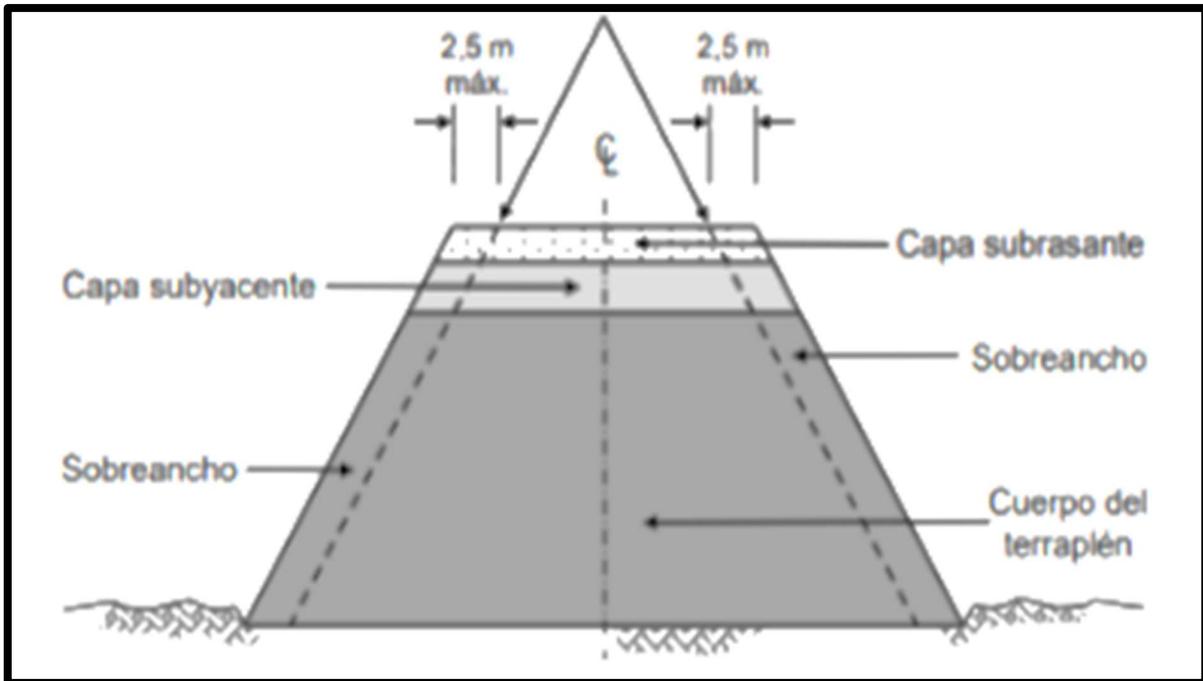


Imagen 2.2.- Sección transversal de un terraplén.

Fuente: N-CTR-CAR-1-01-009-11

De acuerdo con Mier (1987) para la construcción de un terraplén se tiene una capa del material de acuerdo al espesor que permita el tamaño máximo del mismo, pero no siendo menor a 30 cm. la capa, en todo el ancho de lo que será el terraplén y en 20 m. de longitud. A continuación, se humedece la capa del material por lo regular en una medida de 100 lts. Por cada m^3 , enseguida se le pasa un tractor de orugas con garra (normalmente un D7) pasando tres veces por cada punto de la superficie. Se hacen sondeos a cielo abierto en los 20 cm. superiores de la capa. Este sondeo debe tener como máximo 20% en volumen de material retenido por la malla de 3" y el material retenido deberá contener un 5% del volumen total de fragmentos de roca mayores de 6". Se tomará el promedio de 3 sondeos efectuados en distintos lugares

de la sección. Si cumple estas condiciones se dice que el material utilizado para la construcción del terraplén es de óptima calidad.

La compactación de los terraplenes debe hacerse en todo el ancho de la sección, pero debido a que el grado de compactación marcado por la norma es muy difícil de realizarse en las orillas es por esto que el ancho de los terraplenes se construye con un ancho mayor que el marcado por el proyecto.

La capa subrasante debe tener como mínimo 30 cm. de espesor.

“La construcción de terraplenes debe iniciarse hasta que estén terminadas las alcantarillas y muros de sostenimiento en un frente de trabajo que deberá ir 500 m. adelante de las terracerías.” (Mier; 1987: 302)

2.6.- Sub-bases y bases.

Olivera (2009) determina el siguiente procedimiento para la construcción de sub-bases y bases:

- ✓ Exploración: es necesario explorar toda la zona en donde se construirá el camino con el objetivo de encontrar futuros bancos de material que puedan ser explotados. Para esto se utilizan las fotografías aéreas o a partir de un banco de datos y hacer el recorrido en vehículo o a pie.
- ✓ Muestreo, pruebas de laboratorio y elección de bancos: después del recorrido es necesario tomar muestras del probable material a utilizar

para realizarle pruebas de laboratorio pertinentes y con base en ello determinar el banco con el material de mejor calidad.

- ✓ Extracción y acarreo de materiales: si la roca sana que cumple con las características óptimas para ser utilizada como sub-base o base hidráulica para la formación de la estructura del pavimento es muy grande, será necesario fragmentarla en varios más pequeños, el máximo tamaño que se puede manejar para el acarreo es de 75 cm. si la roca excede este tamaño es necesario barrenar, que no es más que la utilización de dinamita en combinación con nitrógeno u otros químicos para generar una explosión y que la roca se fragmente en piezas más pequeñas que puedan ser transportadas a otro lugar para someterlos a otros tratamientos.
- ✓ Tratamientos previos: si el material no está estabilizado es necesario agregar agentes químicos para estabilizarlo, si desde la barrenación éste ya se encuentra estabilizado lo siguiente es un tratamiento mecánico que puede ser triturado o cribado, esto en función del tamaño del material que haya quedado desde la barrenación. Se criba para separar el tamaño del material existiendo un límite para esto, el material menor a $\frac{3}{4}$ " pasa y se acepta, de forma contraria, se tritura si el tamaño máximo del material excede los $\frac{3}{4}$ ".
- ✓ Acarreo a la obra: al termino del tratamiento previo, si el material se puede llevar a la obra y se debe de acamellonar, esto es, el acomodo del

material en una misma sección para medir su volumen, se debe de acamellonar con motoconformadora.

- ✓ Compactación: una vez teniendo el material acamellonado, se abre hacia la corona de la obra para que la pipa pueda pasar y regar por primera vez, posteriormente la motoconformadora abre otra cantidad de material colocándola sobre la que ya está húmeda y vuelve a pasar la pipa y así sucesivamente hasta tener la humedad óptima que requiere el material que se está utilizando. Teniendo el material en este punto con el % de humedad necesario la motoconformadora homogeniza el material moviéndolo de un lado a otro para que posteriormente se tienda la capa con el espesor requerido, una vez hecho esto se pasa por encima el vibrocompactador para que compacte la capa hasta el porcentaje requerido según la norma.

- ✓ Riego de impregnación: Consiste en la aplicación de un asfalto rebajado a la superficie terminada de la base hidráulica con el objetivo de impermeabilizarla y estabilizarla para permitir la adherencia entre esta y la carpeta asfáltica.

Primero se hace el barrido de la base para tratar de quitar las impurezas y materiales ajenos a las características de la base, por ningún motivo debe realizarse el riego de impregnación con la base mojada o húmeda, se debe de hacer en las horas más calurosas del día. La superficie a impregnar debe tener un aspecto uniforme y el material asfáltico se debe de quedar firmemente adherido, el riego debe de penetrar cuando menos

4 mm, pero se aceptan menos si existe buena adherencia. Una vez impregnada la base se deberá cerrar el tránsito por cuando menos 24 hrs. A menos que por motivos de fuerza mayor se requiera reabrir la circulación esta se deberá cubrir con arena.

2.7.- Carpetas asfálticas.

Para los pavimentos flexibles, las mezclas asfálticas se clasifican como sigue, de acuerdo con Crespo (2012); cabe mencionar que para construir cualquiera de las siguientes, antes se debe tener una base bien compactada, limpia, seca y con un riego de impregnación previamente aplicado, que es un producto asfáltico de fraguado medio:

- ✓ Tratamientos superficiales o por riegos: consiste en una capa o series de capas de productos asfálticos y material pétreo y compactados. En el caso de que sea una serie de capas sucesivas, las que comprenden el material pétreo siempre las que estén más cerca de la superficie serán de material más fino que la capa anterior. Y cada capa debe de ser regada con un producto asfáltico y esperar a que seque, se impregne y se compacta la capa.
- ✓ Mezcla en el lugar: se realiza con motoconformadora o mezcladora ambulante, para esto se debe de acarrear el material pétreo y producto asfáltico hasta el lugar, se mezcla, se tiende y se compacta para la formación de la carpeta.

- ✓ Mezcla en planta por dosificación por volumen: no son muy usadas debido al proceso para su elaboración su calidad resulta muy dudosa, ya que, para esto, el producto asfáltico se calienta, los agregados pueden o no calentarse lo que resulta en una mezcla parecida a las que se elaboran en el lugar con motoconformadora.
- ✓ Concretos asfálticos: son las más utilizadas debido al grado de calidad obtenido y a su proceso de elaboración. Se dosifican por peso. Se elaboran calentando cemento asfáltico y el material pétreo, los dos componentes deben de salir de la mezcladora a una temperatura de entre 135 °C y 177 °C.

De acuerdo con Olivera (2009), el procedimiento es el siguiente:

- 1.- Se explora la zona y alrededores y se elige el banco de donde se va a extraer el material pétreo que formará la carpeta, se debe de emplear roca tipo basalto, caliza o riolita.
- 2.- Se hacen las respectivas pruebas de laboratorio para determinar las proporciones de cemento asfáltico con base en la granulometría del banco elegido.
- 3.- Se extrae el material, en caso de ser una roca sana se requiere de la utilización de explosivos, se tritura y se criba el material obtenido.
- 4.- Una vez en la planta de mezclado se hace un proporcionamiento inicial con el material pétreo en frío, esto para que no haya interrupción de la mezcla debido a la falta de algún complemento.

- 5.- Con la ayuda de elevadores y bandas transportadoras se lleva el material pétreo al cilindro de calentamiento para que alcance una temperatura de entre 150 °C a 170 °C.
- 6.- Ya caliente el material pétreo, a través de bandas transportadoras este se lleva a tolvas para su dosificación, se pesa y se pone en una caja mezcladora, donde después se le agrega el cemento asfáltico a una temperatura de entre 130 °C y 140 °C se mezcla hasta que se unifiquen los componentes.
- 7.- La mezcla se lleva al tramo para su tendido, esta debe llegar al lugar a una temperatura de entre 110 °C a 120 °C. al llegar el equipo al lugar, se descarga la mezcla en la maquina extendedora que forma una franja del espesor para el que fue diseñado el pavimento.
- 8.- Con una temperatura mayor a 90 °C y tendido el material, la franja se compacta con un compactador de rodillo de 7 toneladas aproximadamente. Una vez que descienda un poco la temperatura del material en la franja se vuelve a pasar un rodillo, pero ahora de 15 toneladas, inicialmente no se pasa un rodillo más grande, ya que debido al peso la franja se puede desplazar; se debe alcanzar un grado de compactación mínimo del 95% dependiendo del peso volumétrico del material pétreo.

2.8.- Señalamiento y dispositivos de seguridad.

En los últimos años, con el aumento de la población y la carrera por detonar el desarrollo del país, ha aumentado el número de vehículos, debido a esto, se han creado vialidades nuevas y actualizado las que están. Por lo tanto, la seguridad vial es importante, ya que surge de la necesidad del establecimiento de una red de vialidades que comuniquen unas ciudades con otras, esto ha dado paso a que se establezca un sistema vial; que sea universalmente conocido, y de fácil interpretación para cualquier persona que transite en vialidad de cualquier tipo, ya sea urbana o un camino.

“La información que se transmite a los usuarios, debe ser clara y pertinente, utilizando primordialmente símbolos y pictogramas, además de leyendas cuando así se requiera.” (Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad (MSVDS); 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 1,2)

Para cuidar y que no sean dañados los dispositivos de señalamiento que hay en cualquier vialidad, y desde luego, hacer que se respeten y cumplir con su funcionamiento, existe una autoridad competente que dependiendo de la clasificación de la vialidad será la autoridad responsable de lo dicho anteriormente.

“NO DAÑAR Se sancionará con multa de cien a quinientos salarios mínimos al que de cualquier modo destruya, inutilice, apague, quite o cambie una señal establecida para la seguridad de las vías generales de comunicación terrestre o medios de autotransporte que en ella operen. Art. 74 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal”. (MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 2)

Dicho lo anterior, a quien se sorprenda dañando alguna señal, será acreedor a una multa de cien a quinientos salarios mínimos, dependiendo del grado de daño y el tipo de vialidad en la que se encuentre la señal.

2.8.1.- Función de los señalamientos en las carreteras.

“La función del sistema de señalización es reglamentar, informar y advertir de las condiciones prevalecientes y eventualidades acerca de rutas, direcciones, destinos y lugares de interés donde transitan los usuarios” (MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 3). Así pues, las señales son muy importantes, ya que estas establecen cierto tipo de cultura y/o educación al transitar por una vialidad, además de que establecen un orden, y, ante todo, proveen de seguridad.

2.8.2.- Clasificación del señalamiento vial.

A continuación, se describen los principales tipos de señalamientos que pueden existir en una vialidad, de acuerdo con MVSDS (2014).

- ✓ Señalamiento Vertical: es el conjunto de señales con pictogramas, en tableros, que se colocan fijos en postes, marcos y otras estructuras. Se clasifican en: señales restrictivas, señales preventivas, señales informativas, señales turísticas y de servicios y señales de mensaje cambiante. Las cuales se detallan más adelante de este mismo capítulo.

- ✓ Señalamiento Horizontal: son marcas o dispositivos colocados, ya sea de manera pintada o colocados directamente, en el pavimento y guarniciones, sirven para delimitar los mismos. Algunos de estos son: rayas, símbolos, leyendas, botones, botones reflejantes, boyas y delimitadores.
- ✓ Dispositivos de Seguridad: la finalidad de estos dispositivos son disminuir los efectos del usuario por fallas al conducir y de cierto modo protegerlo y disminuir el daño en caso de colisión, algunos de estos dispositivos pueden ser: barreras de protección, amortiguadores de impacto y alertadores de salida de la vialidad.
- ✓ Señalamiento y dispositivos para condiciones temporales: su principal función es advertir al usuario sobre acontecimientos no comunes que estén ocurriendo más adelante en la vialidad, como puede ser algún accidente, un desperfecto en la vialidad a causa de algún fenómeno meteorológico, manifestaciones, etc.
- ✓ Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales: principalmente sirven para alertar al usuario sobre trabajos de construcción o conservación que se estén realizando en la vialidad, así, salvaguarda la integridad del usuario y del personal trabajando.

2.8.3.- Objetivo de la señalización en carreteras.

“Los requisitos generales que debe cumplir la señalización vial son:

- ✓ Satisfacer una necesidad importante para la circulación vial.
- ✓ Llamar la atención de los usuarios que transitan por carreteras y vialidades urbanas.
- ✓ Transmitir un mensaje claro y conciso al usuario.
- ✓ Imponer respeto a los usuarios de la carretera.
- ✓ Ubicarse en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo al usuario para reaccionar en casos de emergencia.” (MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 5)

2.8.4.- Especificaciones técnicas generales del señalamiento.

También, partiendo de lo dicho en MSVDS (2014), se deben de cumplir ciertos requisitos técnicos, los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Forma: cada tipo de señal debe de estar asociado a una forma, con la intención de que el usuario de manera inmediata la clasifique e interprete el mensaje.
- ✓ Color: para cada tipo de señal debe de haber un color en específico según el mensaje que vaya a dar.
- ✓ Dimensiones: cada señal, dependiendo del tipo de la vialidad debe de cumplir con ciertas dimensiones para que sea visible y clara a determinada distancia.

- ✓ Reflexión: toda señal debe de contar con esta característica, ya que en ciertos periodos puede disminuir la visibilidad en la vialidad, y, por tanto, aun así, debe de ser observada.

2.8.5.- Consideraciones básicas para el cumplimiento de requisitos.

Según MSVDS (2014), para que se cumplan los requisitos anteriores, en las vialidades se deben de considerar:

- ✓ Proyecto: “El diseño de los elementos se debe realizar con base en la combinación de las características de tamaño, colores, forma y simplicidad del mensaje para proporcionar un significado comprensible; la legibilidad y el tamaño se combinan con la ubicación para llamar la atención de los usuarios con el fin de dar tiempo suficiente para que reaccionen; en que la uniformidad, tamaño, forma, colores y legibilidad impongan respeto, además de asegurar que las señales informativas den al usuario la información necesaria para guiarlo con rapidez y seguridad a su destino.” (MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 5)
- ✓ Ubicación: se deben colocar dentro de la visualidad del conductor, y todo esto depende del tipo de camino, regido por el proyecto geométrico y, por ende, por la velocidad del mismo. Retomando ya lo dicho anteriormente, solo se deben de poner señales en donde sea necesario y con el tiempo modificarse según las necesidades que surjan.

- ✓ Uniformidad: “La uniformidad en la instalación de la señalización en carreteras y vialidades urbanas, ayuda en las reacciones de los usuarios al encontrar igual interpretación de las situaciones que se presentan en las vialidades a lo largo de la ruta. Esto facilita la solución de los problemas de señalización y economiza en la construcción y colocación de las señales. Debe recordarse que el tránsito se genera fundamentalmente en las ciudades, que las carreteras son la prolongación de las vialidades urbanas y que el conductor es el mismo en uno y otro caso. La uniformidad significa tratar situaciones similares de forma análoga.” (MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 6)
- ✓ Conservación: para esto, debe de haber un buen sistema para la planeación para la conservación de las señales, ya que se deben de conservar limpias porque se puede adherir partículas de polvo u otros materiales que interfieran en su nivel de reflexión y verse afectada su visibilidad, aparte la conservación sirve para monitorear el estado de las señales y ver si es necesario reparar o sustituir por otra. A todo esto, según el MSVDS (2014), se le llama conservación rutinaria.

2.8.6.- Código de colores.

De acuerdo con el MSVDS (2014) existe un código de colores que relacionan con la clasificación de la señal, independientemente del mensaje que ésta transmita, con sólo conocer el color se sabe de qué tipo de señal es. En la siguiente tabla se

muestra de manera general el código de colores usados y la aplicación a la que fueron designados.

Color	Uso
Amarillo	Prevención
Azul	Servicios e información turística
Blanco	Restricción, información general y de recomendación
Naranja	Zona de obras
Rojo	Alto y Prohibición
Verde	Información de destino
Verde limón fluorescente	Cruce de escolares

Tabla 2.1.- Código de colores.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 9.

2.8.7.- Símbolos y abreviaturas en los dispositivos para el control de tránsito.

De acuerdo con el MSVDS (2014) existen varias abreviaturas de palabras de uso común para dar referencia a la información plasmada en los dispositivos de señalamiento, así como las unidades de medición.

Unidad o palabra	Símbolo o abreviatura
Metro	m
Kilómetro	km
Hora	h
Tonelada	t
Kilómetros por hora	km/h
Izquierda	Izq
Derecha	Der
Colonia	Col
Avenida	Av
Calzada	Calz
Boulevard	Blvd
Ciudad	Cd
Habitante	hab

Tabla 2.2.- Símbolos y abreviaturas usados en los dispositivos de señalamiento.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 1: generalidades del señalamiento, pág. 15.

2.9.- Señalamiento vertical.

Dentro de una vialidad, ya sea urbana o un camino, es muy importante el señalamiento vertical, ya que de acuerdo con el MSVDS (2014), define al señalamiento vertical como un contenido de información de pictogramas y leyendas con capacidad de reflexión para su correcta visibilidad, instalados en tableros montados en estructuras que previene al usuario de posibles peligros potenciales, dar información de posibles lugares de interés próximos, nombre y número de ruta para poder posicionarse, el nombre de un poblado, entre varia información extra de posible interés a su posible paso.

2.9.1.- Clasificación del señalamiento vertical.

A continuación, se presenta la forma en que se clasifica el señalamiento vial:

A) Por su estructura de soporte.

Según el MSVDS (2014) existen dos tipos de clasificación dependiendo de su estructura de soporte:

✓ Señales bajas: son las que deben de tener por lo menos una altura libre de 2.50 m. a partir del hombro de la carretera o vía urbana hasta la parte inferior del señalamiento, Dependiendo de sus características pueden estar soportadas en:

- Un poste.
- Dos postes.

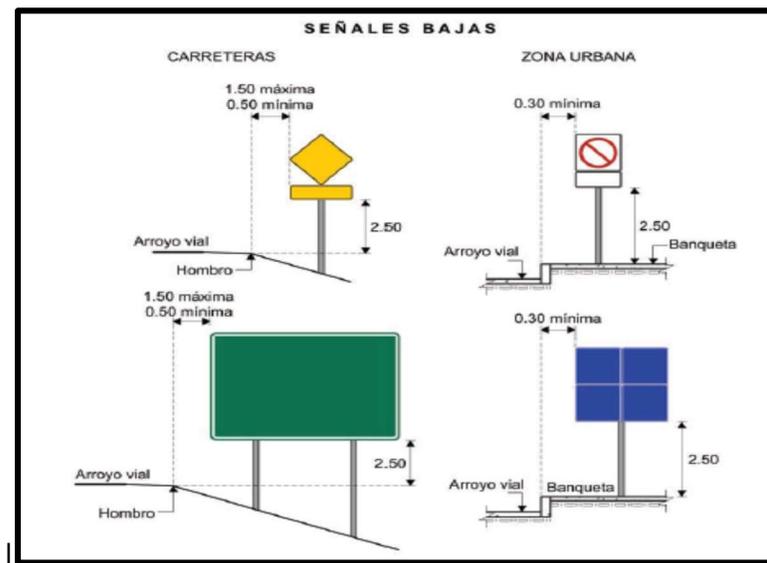


Imagen 2.3.- Especificaciones de señales bajas en vialidades.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.1: generalidades de señalamiento vertical, pág. 3.

✓ Señales elevadas: son aquellas señales que se colocan en estructuras y que están a una altura mínima de 5.50 m. existente entre la parte baja del señalamiento y el nivel terminado del pavimento. Las cuales, dependiendo a su ubicación respecto al arroyo vial se clasifican en:

- Bandera: cuando se ubica a una orilla del arroyo vial y que está integrada por un tablero.
- Bandera doble: cuenta con dos tableros soportadas por un poste a cada lado del arroyo vial.
- Puente: cuando se cuenta con uno o más tableros ubicados en la parte alta del arroyo vial, soportados por una estructura apoyada a ambos lados del cuerpo del camino.

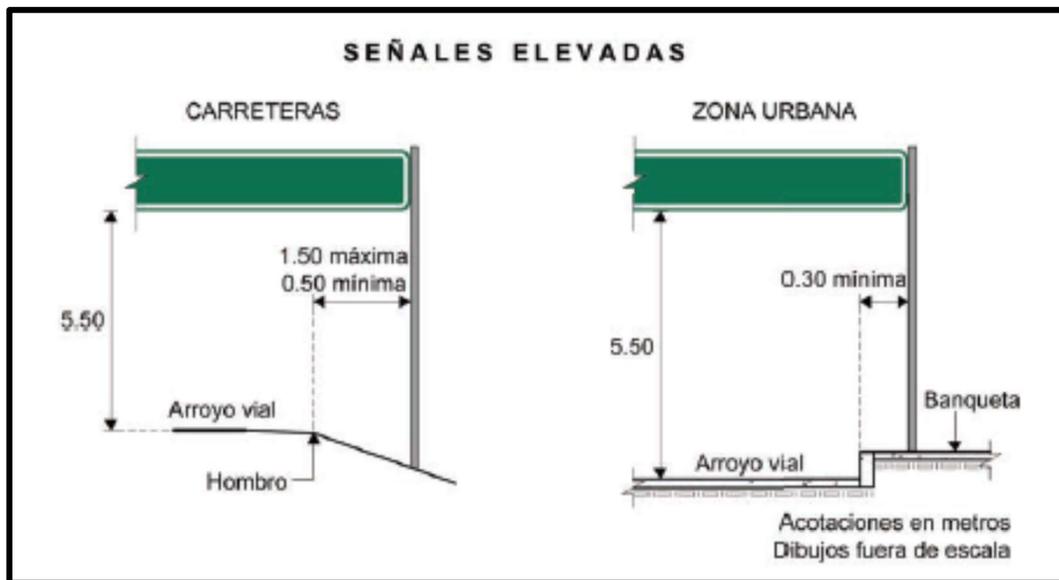


Imagen 2.4.- Especificaciones de señales elevadas en vialidades

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.1: generalidades del señalamiento vertical, pág. 3.

B) Clasificación funcional

De acuerdo a su función destinada, los señalamientos se clasifican en:

Clasificación	Tipos de señales
SR	Señales Restrictivas
SP	Señales Preventivas
SI	Señales Informativas
SII	Señales Informativas de Identificación
SID	Señales Informativas de Destino
SIR	Señales Informativas de Recomendación
SIG	Señales de Información General
STS	Señales Turísticas y de Servicios
SIT	Señales Turísticas
SIS	Señales de Servicios
OD	Señales Diversas

Tabla 2.3.- Clasificación funcional del señalamiento vertical

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.1, generalidades del señalamiento vertical, pág. 1.

A continuación, se explicará a detalle cada uno de los tipos de señales que existen en una vía urbana o carretera, dependiendo de si es necesaria o no, según el proyecto. Se definirán, se explicará para que sirven y cuál es su función, así como el tamaño, forma y color de los tableros, y también la ubicación que deben de tener respecto al nivel del pavimento.

- ✓ Señales restrictivas: Las señales restrictivas tienen como objetivo, informar al usuario sobre impedimentos, prohibiciones o limitaciones en la vialidad, y que, por el diseño de ésta, se marca por reglamentación la

señal que corresponde. Los tableros deben ser cuadrados con las esquinas redondeadas. Excepto: SR-6, SR-7, SR-37.

A continuación, se presenta el catálogo con algunos ejemplos de señales restrictivas:



Imagen 2.5.- Catálogo de señales restrictivas.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.2: señales restrictivas.

- ✓ Señales preventivas: partiendo de lo dicho en MSVDS (2014) las señales preventivas, tienen como finalidad prevenir al usuario sobre riesgos potenciales en el camino, como su nombre los dice, son preventivas; también son señales bajas, instaladas en un poste o marcos. Los tableros para las señales preventivas son cuadrados con los bordes redondeados, al igual empotrados en uno o dos postes, pero con una de sus diagonales en posición vertical.

A continuación, se presenta el catálogo con algunos ejemplos de señales preventivas:

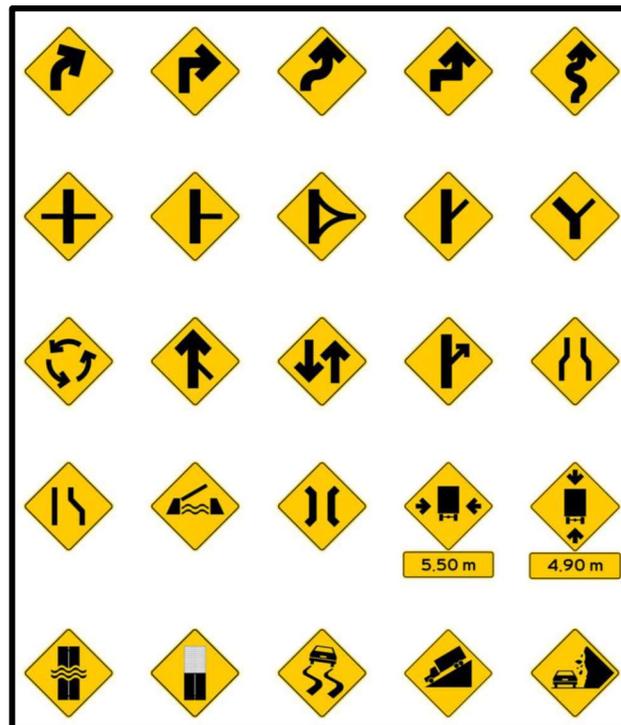


Imagen 2.6.- Catálogo de señales preventivas.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.3: señales preventivas.

- ✓ Señales informativas: las señales informativas tienen como finalidad guiar al usuario de acuerdo a su ruta de camino por carreteras y vialidades urbanas, saber la ubicación en la que se encuentra, el nombre de la localidad próxima, etc.; son tableros que contienen pictogramas, leyendas, flechas; son señales de bajo o alto perfil, montados en uno o dos postes o estructuras elevadas.

A continuación, se presentan algunos ejemplos del catálogo de señales informativas:

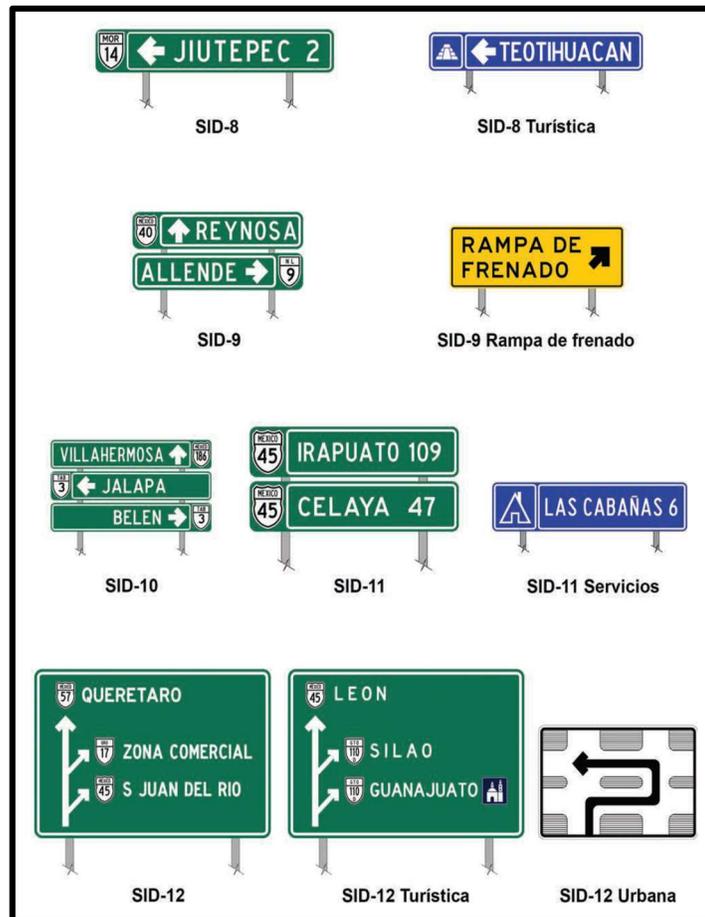


Imagen 2.7.- Catálogo de señales informativas de destino.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.4: señales informativas.

- ✓ Señales turísticas y de servicios: son tableros que están en las vialidades con el fin de informar al usuario sobre algún punto de servicio o turístico, que sea de necesidad o interés. Y tal como la clasificación lo menciona, se dividen en señales turísticas (SIT) y señales de servicio (SIS).

A continuación, se presenta el catálogo de algunos ejemplos de señales turísticas y de servicios:



Imagen 2.8.- Catálogo de señales turísticas.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.5: señales turísticas y de servicios.



Imagen 2.9.- Catálogo de señales de servicios.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 2.5: señales turísticas y de servicios.

- ✓ Señales de mensaje cambiabile.

Como la tecnología está en constante evolución, no se hace esperar que también en materia de seguridad vial interfiera, con el objetivo de disminuir la cantidad de accidentes viales y mejorar la seguridad, todo esto con ayuda de un centro de comando denominado Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en ingles), que monitorea las condiciones de determinada vía en tiempo real y comunica los mensajes correspondientes a los usuarios.

Las señales de mensaje cambiable no son más que señales ubicadas en puntos estratégicos de una vialidad, y como su nombre lo dice, son cambiables, de acuerdo con el MSVDS (2014), estas cambian en tiempo real, a través de pantallas dando información al usuario sobre situaciones de tráfico o climatológicas adelante del camino, previniendo así al usuario y que pueda tomar una decisión y cambiar de trayectoria o tomar la debida precaución, todo depende de la situación.

“Para la ubicación de las SMC se considerarán los siguientes lineamientos generales:

- Se colocará previa a puntos de decisión (salidas de vialidades y entronques) permitiendo a los conductores tomar una ruta alterna en caso de congestionamiento, accidente, cierre de vialidad, etc.
- Antes de sitios de congestionamiento recurrente.
- En tramos de vialidad en tangente considerando los criterios establecidos para el señalamiento vertical.” (MSVDS; 2014: capítulo 2.6: señales de mensaje cambiable, pág. 2)

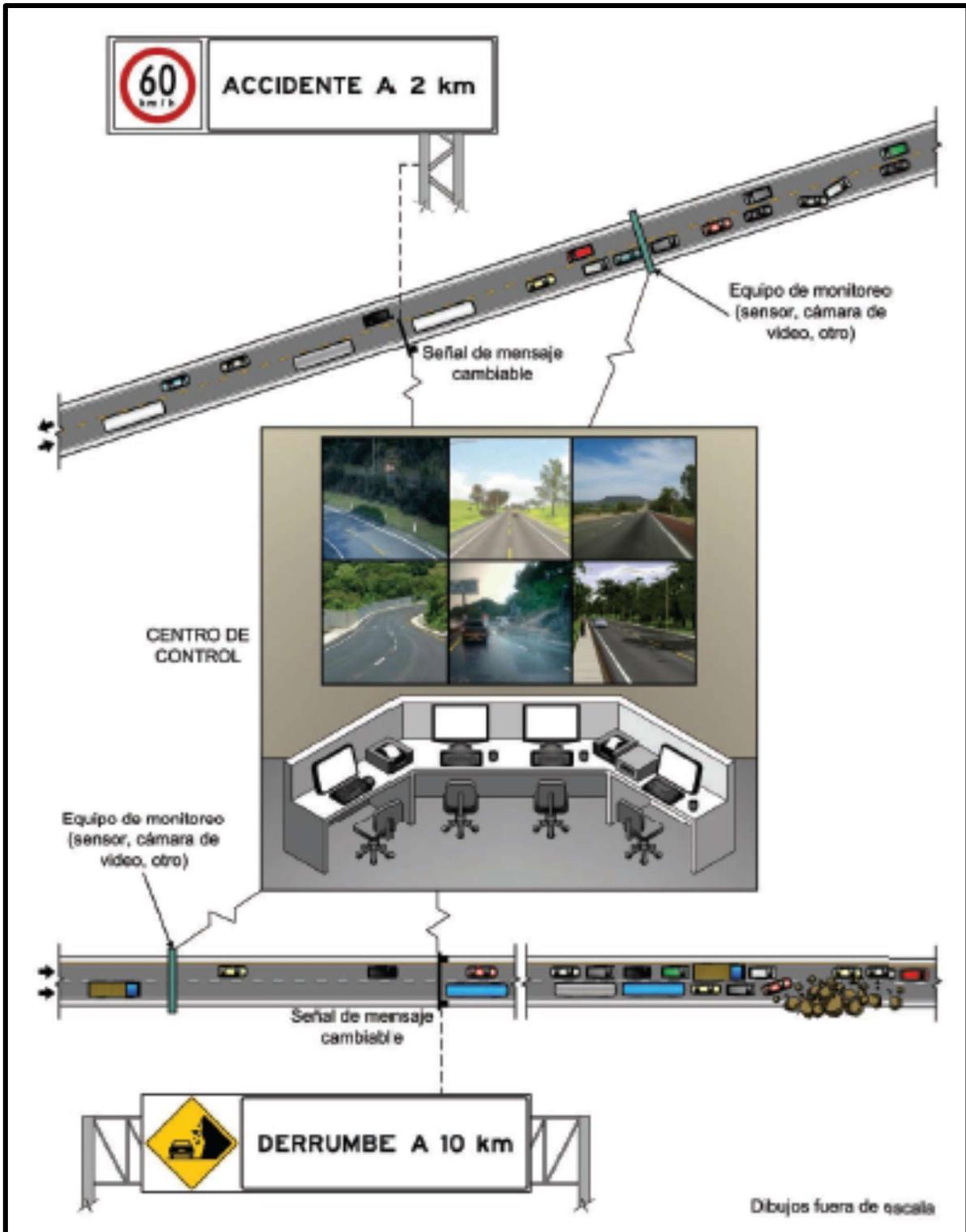


Imagen 2.10.- componentes básicos de una aplicación ITS.

Fuente: MSVDS; 2014; capítulo 2.6: señales de mensaje cambiabile, pág. 3.

2.10.- Señalamiento horizontal.

Son marcas o dispositivos colocados o pintados directamente sobre el pavimento, pueden ser, rayas, botones reflejantes, símbolos o leyendas; con el objetivo de hacer notar el límite de la geometría de las carreteras o vialidades urbanas o alguna otra señal en particular, según el MSVDS (2014).

Sirve también para denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios, de acuerdo con el MSVDS (2014).

2.10.1.- Generalidades del señalamiento horizontal.

Estas marcas sobre el pavimento se clasifican de acuerdo a su forma y color, según el MSVDS (2014).

Clasificación	Nombre
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial de hasta 6.5 m y ciclovías)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial de hasta 6.5 m y ciclovías)
M-1.3	Raya continua sencilla (Arroyo vial mayor de 6.5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6.5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6.5 m)
M-1.6	Raya continua doble
M-2	Raya separadora de carriles
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
M-4	Raya guía en zonas de transición
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de alto

M-7	Rayas para cruce de peatones o de ciclistas
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias y ciclovías
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Rayas con espaciado logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles
M-11.1	Flechas, letras y números
M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-11.4	Para establecer lugares de parada
M-12	Marcas en guarniciones
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
M-14	Rayas guía hacia rampa de emergencia para frenado
M-14.1	Raya guía hacia rampa de emergencia para frenado, discontinua
M-14.2	Raya guía hacia rampa de emergencia para frenado, continua
M-15	Marcas para identificar ciclovías
M-16	Marcas temporales
DH-1	Botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento
DH-2	Botones reflejantes sobre estructuras
DH-3	Botones
OD-15	Reductores de velocidad

Tabla 2.4.- clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal.

Fuente: MSVDS ;2014: capítulo 3.1: generalidades del señalamiento horizontal, pág.

2.

El color, dependiendo de su función estos pueden ser blanco, amarillo, verde o rojo reflejantes.

✓ Marcas.

Son las rayas pintadas sobre el pavimento, sirven principalmente para delimitar la geometría del camino y dividir los carriles en carreteras y en vialidades urbanas como se observa en la figura, la línea debe ser de color amarillo reflejante, y para

delimitar la geometría, debe de ser de color blanco reflejante también. Y el mismo principio de utiliza para todo tipo de caminos y de cualquier clasificación.

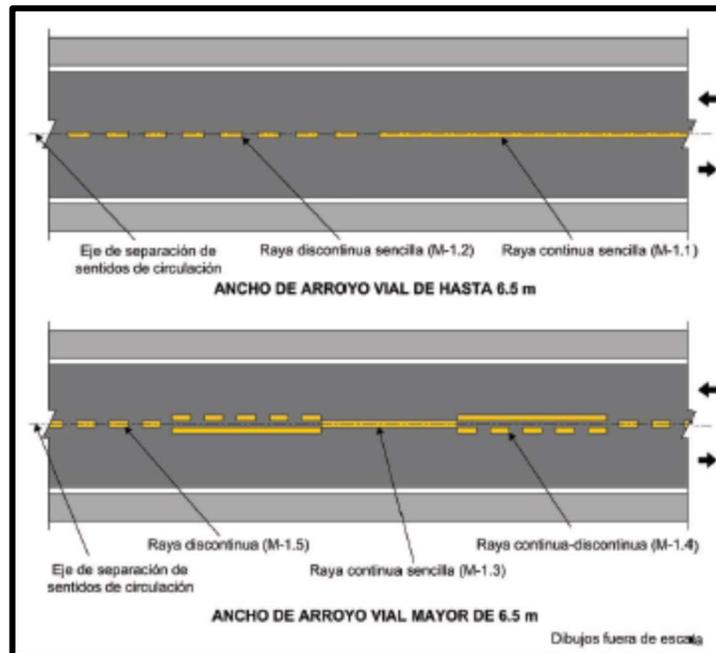


Imagen 2.11.- ubicación de la raya separadora de sentidos de circulación.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 3.2: marcas, pág. 1.

- ✓ Botones reflejantes, delimitadores y botones.

Según el MSVDS (2014), son dispositivos que se colocan directamente en la capa de rodadura de una vialidad, con el objetivo de que en situaciones adversas por causas climáticas o simplemente de noche, estas marcas sirvan también para delimitar el límite de la geometría de la vía y para delimitar los sentidos de circulación.

Según su objetivo, al igual que las rayas pintadas sobre el pavimento, los colores de estos dispositivos pueden ser blancos, amarillo o rojo.

En la siguiente tabla, se muestra el tipo de marca sobre el pavimento, la raya que debe de ir con el botón, y el color del botón y distancia que se debe de colocar, dependiendo del tipo de marca.

Tipo de Marca	Rayas		Botón reflejante o delimitador		Color y orientación del reflejante
	Clasif.	Nombre	Clasif.	Ubicación ⁽¹⁾⁽²⁾	
Raya separadora de sentidos de circulación M-1	M-1.1	Continua sencilla	DH-1.1	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya o en tres bolillo a partir del inicio de la zona marcada ⁽²⁾	Amarillo en dos caras
	M-1.2	Discontinua sencilla ⁽²⁾	DH-1.2	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados	
	M-1.3	Continua Sencilla	DH-1.3	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya o en tres bolillo a partir del inicio de la zona marcada ⁽²⁾	
	M-1.4	Continua Discontinua ⁽²⁾	DH-1.4	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados, en medio de las dos rayas	
	M-1.5	Discontinua Sencilla ⁽²⁾	DH-1.5	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados	
	M-1.6	Continua Doble	DH-1.6a	Delimitador a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, en medio de las dos rayas, de carriles exclusivos y ciclovías, en contra sentido en carreteras y vialidades urbanas	
DH-1.6b			Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya cuando la separación entre rayas sea mayor de 50 cm ⁽²⁾		
Raya separadora de carriles M-2	M-2.1	Continua sencilla	DH-1.7	Botón reflejante cada 30 m sobre la raya a partir del inicio de la zona marcada ⁽²⁾	Blanco en la cara al tránsito
	M-2.2	Continua Doble	DH-1.8	Delimitador a cada 30 m en medio de las dos rayas de carriles de exclusivos y ciclovías, en contra sentido en carreteras y vialidades urbanas	
	M-2.3	Discontinua ⁽²⁾	DH-1.9	Botón reflejante a cada 30 m al centro del espacio entre segmentos marcados	

Tipo de Marca	Rayas		Botón reflejante o delimitador		Color y orientación del reflejante
	Clasif.	Nombre	Clasif.	Ubicación ^{[1][2]}	
Raya en la orilla del arroyo vial M-3	M-3.1	Derecha continua	DH-1.10	Botón reflejante a cada 30 m sobre la raya en carreteras de dos carriles, uno por sentido ^[3]	Blanco en dos caras
			DH-1.11	Botón reflejante a cada 30 m sobre la raya en carreteras con faja separadora central ^[3]	Blanco en la cara al tránsito
	M-3.2	Derecha discontinua	DH-1.12	Botón reflejante a cada 32 m al centro del espacio entre segmentos marcados, en carreteras de dos carriles, uno por sentido	Blanco en dos caras
			DH-1.13	Botón reflejante a cada 32 m al centro del espacio entre segmentos marcados, en carreteras con faja separadora central	Blanco en la cara al tránsito
	M-3.3	Izquierda	DH-1.14	Botón reflejante a cada 30 m sobre la raya en carreteras y vialidades urbanas con faja separadora central ^[3]	Amarillo en la cara al tránsito
Rayas canalizadoras M-5	M-5	-	DH-1.15	Botón reflejante para flujos en un solo sentido, a cada 2 m sobre la raya que delimita la zona neutral ^[3]	Blanco en la cara al tránsito
			DH-1.16	Botón reflejante a para flujos en ambos sentidos, a cada 2 m sobre la raya que delimita la zona neutral ^[3]	Amarillo en dos caras
Rayas guía hacia rampa de emergencia para frenado (M-14)	M-14.1	Discontinua	DH-1.17	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados	Rojo en la cara al tránsito
	M-14.2	Continua	DH-1.18	Botón reflejante a cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, a partir del sitio donde se inicie la raya	

^[1] Cuando exista un estudio de ingeniería de tránsito que justifique el uso de botones reflejantes o delimitadores con reflejante rojo y así lo apruebe la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, éstos se deben colocar tal y como lo establezca dicho estudio.

^[2] Siempre que sea posible, los botones reflejantes o delimitadores en M-1 y M-3 deben colocarse alternados longitudinalmente con respecto a los de M-2.

^[3] Los botones reflejantes pueden colocarse en posición trespabillo del lado exterior o interior de la raya, siempre y cuando no se disminuya en ancho del carril efectivo a menos de 3 m.

^[4] Aunque la longitud de las rayas se modifique, siempre se debe conservar la relación 1:2 de raya a espacio, por lo que la ubicación longitudinal de los botones reflejantes debe alterarse en la misma proporción en que se afecte dicha longitud, de tal manera que éstas siempre queden colocadas al centro del espacio entre segmentos marcados.

Tabla 2.5.- Clasificación de botones reflejantes o delimitadores sobre el pavimento.

Fuente: MSVDS; 2014: capítulo 3.3: botones reflejantes, delimitadores y botones,

pág. 3 y 4.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

En este capítulo se presenta la información necesaria para dar a conocer la ubicación del tramo de estudio, así como la geología, hidrología, uso de suelo y clima que predomina en la región. La ubicación objeto de esta investigación se encuentra dentro de la República Mexicana, en el décimo sexto estado, que lleva por nombre Michoacán de Ocampo, dentro de los límites del municipio de Tancítaro.

3.1.- Generalidades.

Esta investigación está encaminada a realizar la revisión del proceso constructivo del camino denominado: E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo, del km 1+500 al km. 4+500, esto con el fin de determinar si cumple con las normas propuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Dicho camino se encuentra dentro del municipio de Tancítaro en dirección Oeste. El inicio del camino lo forma el entronque del mencionado tramo con la carretera Tancítaro-El Copetiro, que se encuentra en dirección Norte del municipio de Tancítaro. A partir del entronque con dirección Sur-Oeste se encuentra el camino de estudio.

La localidad de Apundaro se encuentra en el km. 5+000 mientras que La localidad de Pareo se encuentra en el km. 11+323.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes le da la clasificación a este camino de tipo alimentador ya que de acuerdo a la clasificación de las comunidades

que comunica tiene por objeto facilitar el acceso a los servicios básicos y promover un desarrollo social equilibrado.



Imagen 3.1.- Localización del tramo de estudio.

Fuente: Propia.

3.1.1.- Objetivo.

El objetivo principal de esta investigación es realizar la revisión del proceso constructivo del camino denominado: E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo,

del km 1+500 al km. 4+500, esto con el fin de determinar si cumple con las normas propuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

3.1.2.- Alcance del proyecto.

En este proyecto se presenta el catálogo de conceptos de los trabajos que se ejecutaron en la construcción de dicho tramo, mismos que se detallan individualmente en la descripción del trabajo a realizar y con base en las visitas de campo realizadas y fotografías, se menciona si la ejecución de los mismos cumple conforme en las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) determina que se deben ejecutar dichos trabajos; se anexa también el plano del proyecto geométrico y secciones de construcción del tramo en investigación.

3.2.- Resumen ejecutivo.

Para iniciar y cumplir con el objetivo de esta investigación, primeramente, se hizo una visita al lugar, se exploró de manera minuciosa todo el tramo de estudio y se tomaron fotografías de la misma antes de que comenzaran los trabajos. Ahí en el lugar, se hizo la planeación y revisión de como comenzar a atacar la construcción del camino.

Se realizó un aforo en el tramo de estudio para saber con mayor certeza las características y que tipo de tránsito es el que circula por dicho camino y con base en ello, determinar si el proyecto es adecuado para las características del camino, para que de esta manera brinde seguridad a los usuarios.

Como ya se mencionó, el camino es del tipo alimentador según la SCT en condiciones de terracería, cabe mencionar que el proyecto cuenta con 11.32 km. de longitud, pero la SCT no lo ha construido todo, con la revisión del proceso constructivo motivo de esta tesis se llevarían apenas 4.50 km. construidos.

A continuación, se muestran las características según el proyecto geométrico:

- ✓ Tránsito promedio diario anual (TDPA): 350 Vehículos.
- ✓ Tipo de Carretera: Clasificación "C"
- ✓ Curvatura máxima: 50°00'00"
- ✓ Ancho de corona: 7.00 m.
- ✓ Ancho de calzada: 7.00 m.
- ✓ Velocidad de proyecto: 40 km/hr.
- ✓ Pendiente máxima: 11.4%
- ✓ Pendiente gobernadora: 7.0%
- ✓ Espesor de Sub-base: 30.0 cm.
- ✓ Espesor de base hidráulica: 20.0 cm.
- ✓ Espesor de carpeta asfáltica: 5.0 cm.

3.3.- Entorno geográfico.

A continuación, se describen las características geográficas, geológicas, hidrográficas, climatológicas y uso de suelo que predomina en la zona del tramo de estudio.

3.3.1.- Macro y microlocalización.

Partiendo de lo dicho por el sitio de internet www.wikipedia.com (2017), la localidad objeto de estudio para esta investigación se encuentra en México, es un país que conforma el continente americano, su nombre oficial es Estados Unidos Mexicanos, se ubica en la parte central del continente. Es una república democrática, conformada por 31 entidades federativas y la Ciudad de México, esta última es establecida como la capital del país.

El territorio mexicano cuenta oficialmente con una superficie de 1 964 375 km², esto lo convierte en la decimocuarta nación más grande del mundo y la tercera más extensa del continente. Colinda al norte con Estados Unidos de América, al sur mantiene frontera con Guatemala y Belice, limita con el océano pacífico al oeste y con el golfo de México y mar Caribe al este.



Imagen 3.2.- División política actual de México.

Fuente: www.google.com.

Por otro lado, al interior del país, la entidad federativa que lleva por nombre Michoacán de Ocampo, está ubicado en la región oeste del país, limita al norte con los estados de Colima, Jalisco y Guanajuato, al noreste con Querétaro, al este con el Estado de México, al oeste con el océano Pacífico y al sur con el estado de Guerrero este último los separa una barrera natural, que es el río Balsas. El último censo de población indica que hasta el año 2015 cuenta con 4 584 471 habitantes.

Este a su vez se subdivide en 113 municipios, uno de los cuales, el más grande territorialmente hablando y capital del estado es Morelia.



Imagen 3.3.- Ubicación del estado de Michoacán de Ocampo.

Fuente: www.google.com.

Además de la capital, existen otras ciudades importantes que además de destacar por su extensión, destacan por las actividades económicas que practican, entre los cuales destacan los municipios de Zamora de Hidalgo, Lázaro Cárdenas, La Piedad de Cabadas, Apatzingán de la Constitución, Pátzcuaro, Heroica Zitácuaro, Ario

de Rosales, Zacapu, Cotija de la Paz, Uruapan del Progreso, este último es el municipio donde se encuentra ubicado el tramo de estudio.

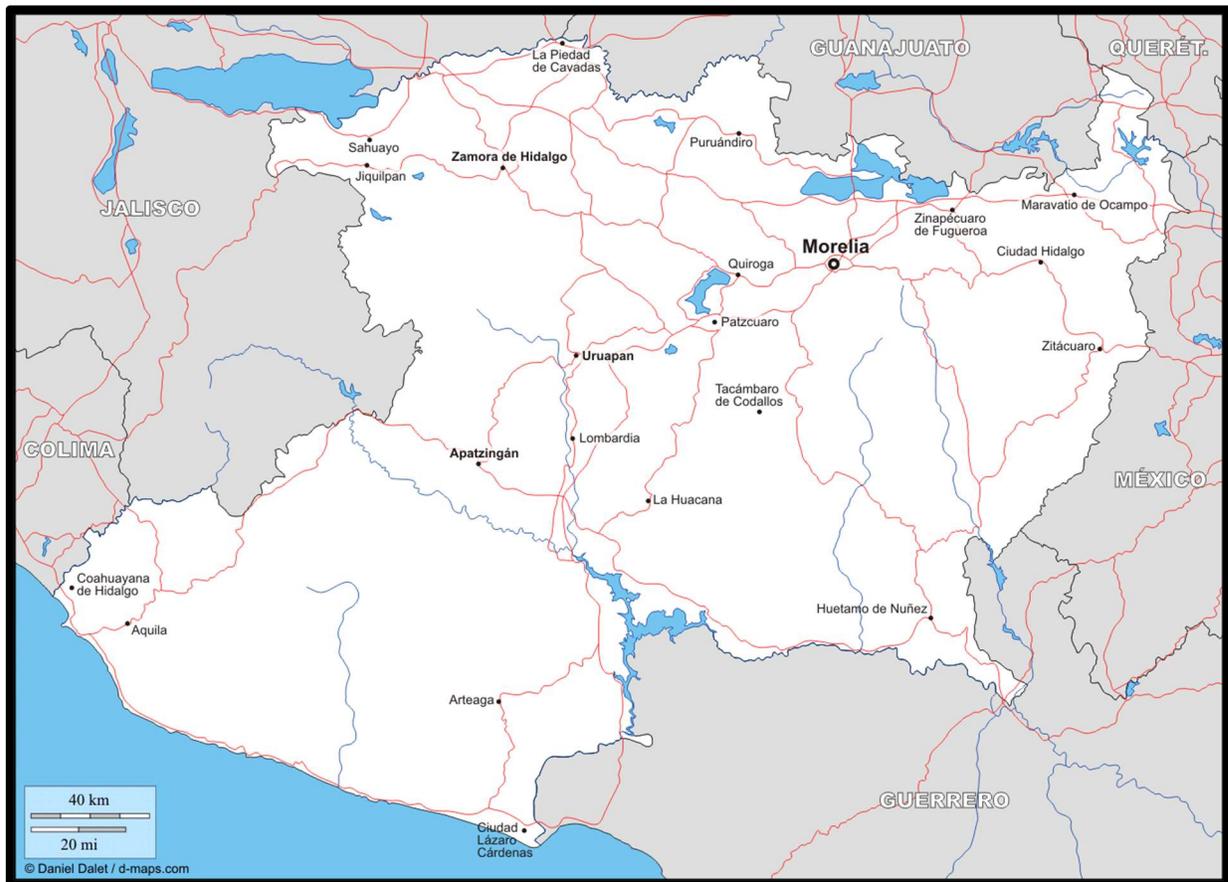


Imagen 3.4.- Principales municipios del estado de Michoacán de Ocampo.

Fuente: www.google.com.

De acuerdo con lo mencionado en la página de internet www.wikipedia.com, El municipio de Tancítaro se encuentra ubicado en la zona occidental del estado de Michoacán y en una de las zonas más elevadas del Eje Neovolcánico Transversal, sus coordenadas extremas son 19°09' - 19°32' de latitud norte y 102°11' - 102°31' de longitud oeste y la altitud de su territorio para de los 900 a los 3 800 metros sobre el

nivel del mar; su extensión territorial total es de 717.65 kilómetros cuadrados que equivalen al 1.21% del total de la extensión de Michoacán.

Limita el norte con el municipio de Uruapan, al este con el municipio de Nuevo Parangaricutiro y con otro pequeño sector del de Uruapan, al sureste con el municipio de Parácuaro, al sur con el municipio de Apatzingán, al oeste con el municipio de Buenavista y el noroeste con el municipio de Peribán.

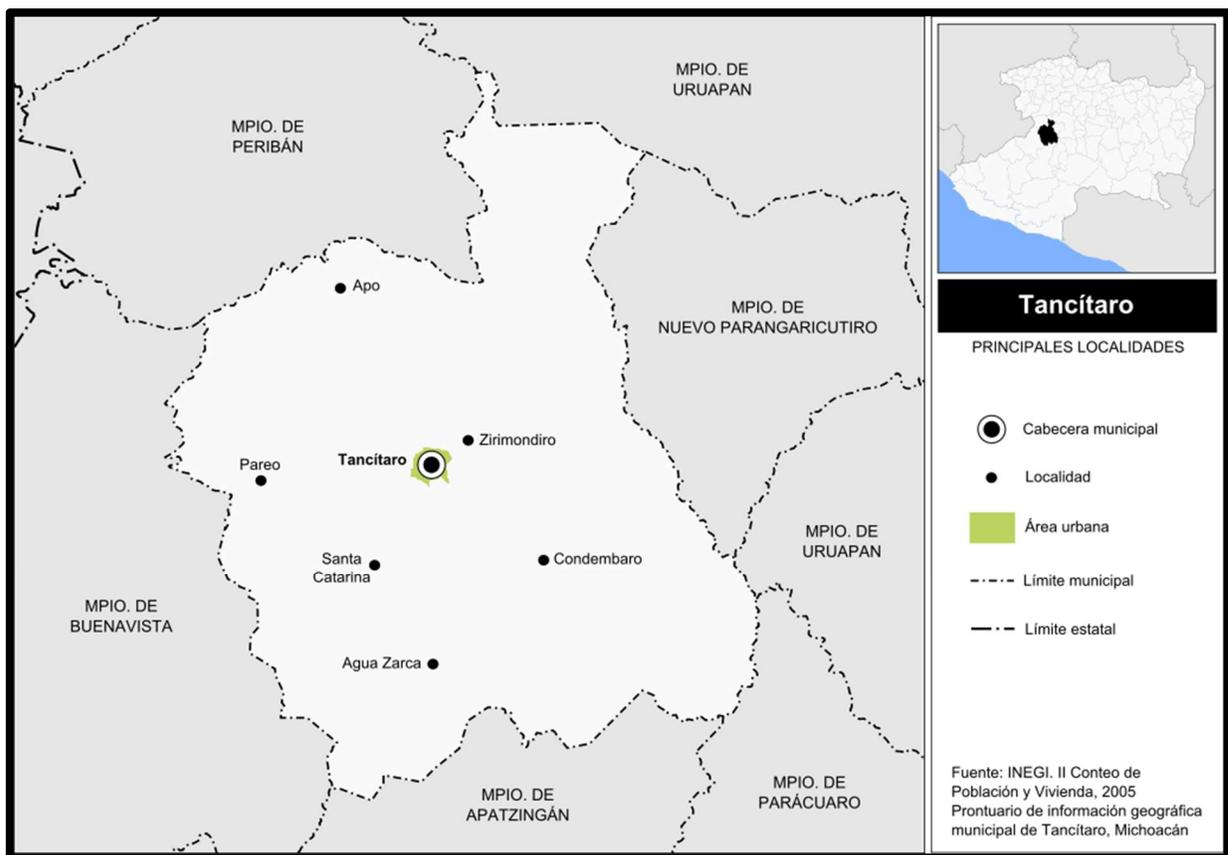


Imagen 3.5.- Municipio de Uruapan del Progreso.

Fuente: Wikipedia.com; 2018.

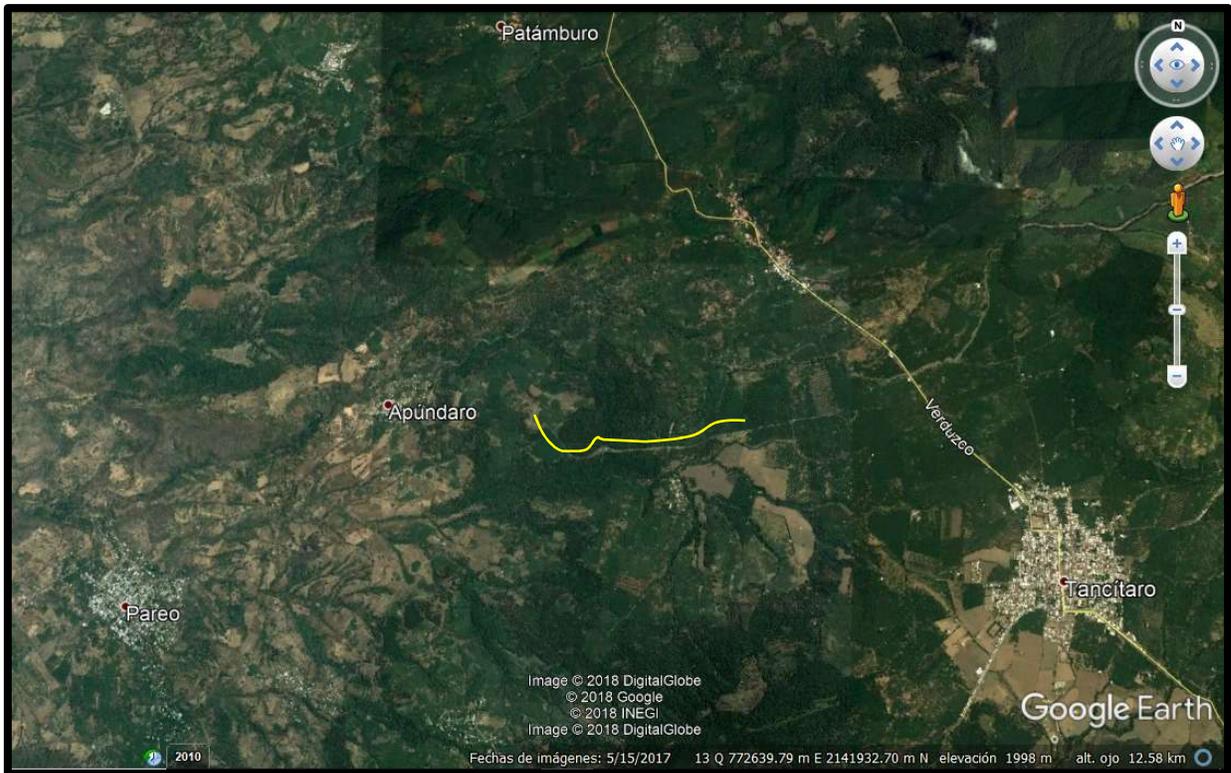


Imagen 3.6.- Tramo de estudio de esta investigación.

Fuente: Google Earth; 2017.

3.3.2.- Geología regional.

El municipio de Tancítaro está inmerso en el eje neovolcanico mexicano transversal, se ubica geográficamente en la zona centro-occidente del estado de Michoacán de Ocampo, de acuerdo con la publicación del plan de desarrollo municipal periodo 2015-2018, publicado en el periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo, es debido a esto que existen numerosos conos volcánicos inactivos que dan las características topográficas de la zona, se dice que esta zona volcánica es la más joven de México, y eso se constató el día 20 de febrero

de 1943 con el nacimiento del volcán Parícutín en el municipio adyacente Parangaricutiro, llamado así en ese entonces, cuya erupción cambio por completo la vida de sus habitantes; es importante mencionar que Tancítaro y todo el estado en sí, es una zona altamente sísmica, debido a su localización por la concurrencia de tres placas tectónicas; la del pacífico, rivera y la de cocos, que están en constante interacción y las condiciones volcánicas antes mencionadas.

3.3.3.- Clima de la región.

Partiendo de lo publicado en la página de internet www.wikipedia.com (2017), En el territorio del municipio de Tancítaro se pueden identificar cinco diferentes tipos de clima que son determinados por la altitud del territorio, así, en el punto más elevado del Pico de Tancítaro registra clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano, seguido a su alrededor, en las mismas faldas por clima Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, las faldas más bajas clima semicalido subhúmedo con abundantes lluvias en verano, la zona central del norte al oeste del municipio tiene un clima semicalido subhúmedo con lluvias en verano y finalmente toda una franja del oeste, suroeste y sur del territorio tiene clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual sigue un patrón similar, siendo el rango en la cima del Tancítaro inferior a los 10°C, a medida en que se desciende la siguiente franja es de 10 a 12°C, la siguiente de 12 a 16°C, y luego de 16 a 24°C abarcando la gran mayoría del municipio, finalmente en la zona más al sur el rango va de 24 a 28°C; la precipitación promedio anual en la zona más elevada del noreste es superior a los

1500 mm, la más elevada de Michoacán, hacia abajo sigue una zona de 1 200 a 1500 mm y luego otra de 1 000 a 1 200 y finalmente en la zona sur de 800 a 1 000 mm.

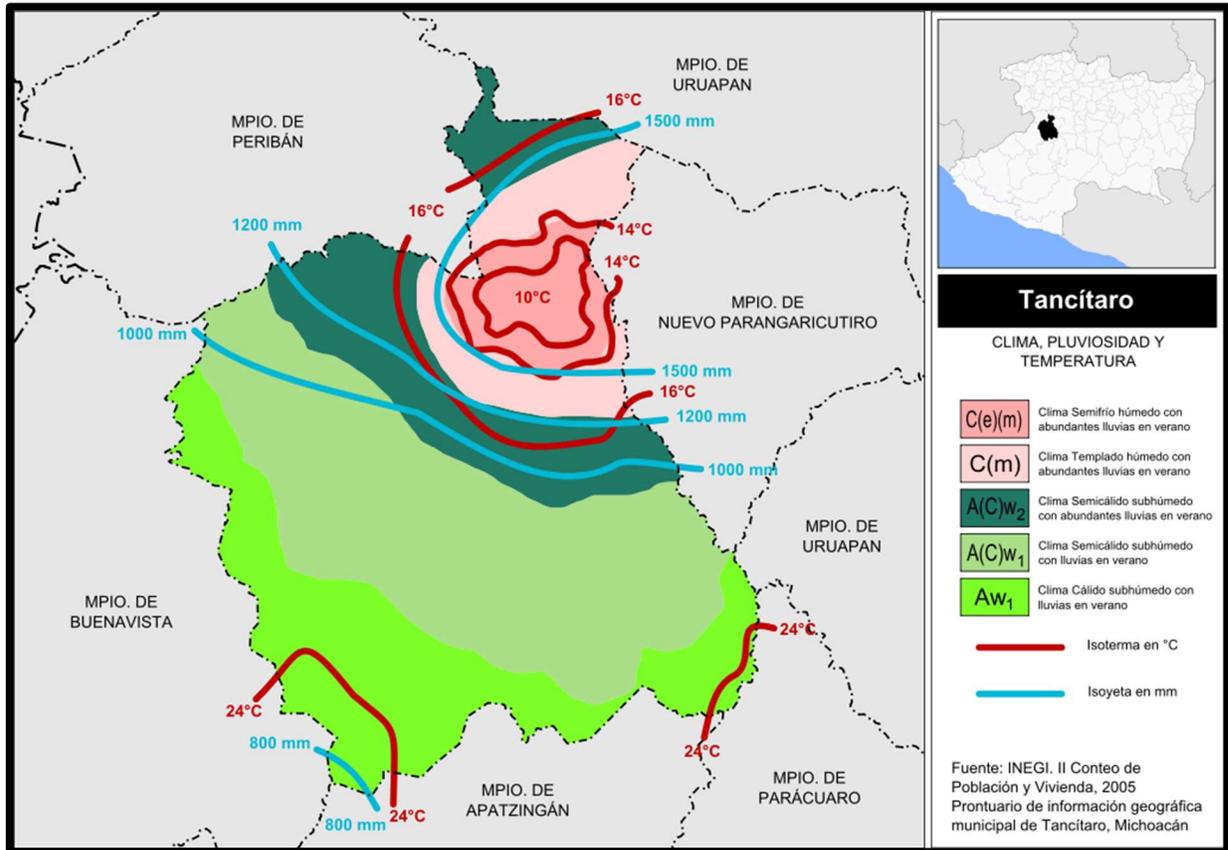


Imagen 3.7.- Mapa de climas, pluviosidad y temperatura del municipio de Tancitaro.

Fuente: www.wikipedia.com; 2017.

3.3.4.- Hidrología regional.

Hidrológicamente hablando, de acuerdo con el INEGI, el municipio de Tancitaro pertenece a la Región hidrológica del Balsas, denominada como RH 18 en la cual se

encuentra el 100 % de la cuenca del río Tepalcatepec una parte del río Apatzingán, río bajo Tepalcatepec y río Itzícuaru.

Dichos ríos son alimentados en su mayoría por el agua que escurre a través del pico de Tancítaro, el cual tiene una altitud de más de 3800 m. en su punto más alto.

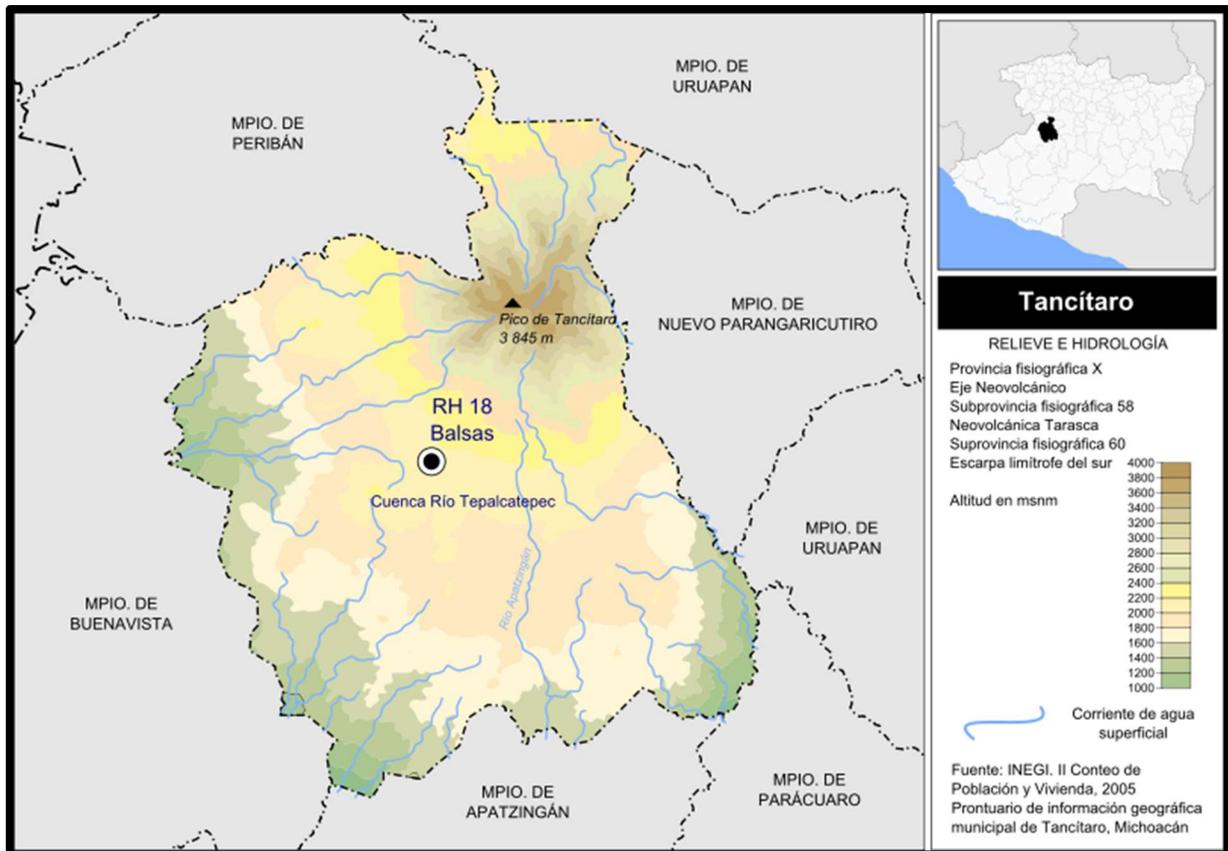


Imagen 3.8.- Mapa de relieve e hidrología del Municipio de Tancítaro.

Fuente: www.wikipedia.com; 2017.

3.3.5.- Uso de suelo.

De acuerdo con la publicación del plan de desarrollo municipal periodo 2015-2018, publicado en el periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo, el municipio de Tancítaro cuenta con suelos que datan de los periodos cenozoico y terciario; su uso se enfoca en actividades agrícolas el 56.87% del territorio, y zona urbana 0.45%. área de bosque el 38.24 % en el cual se contempla el área protegida del pico de Tancítaro, selva 3.65% y pastizal 0.67%; por otra parte, en cuanto a la tenencia de la tierra se refiere, el uso ejidal tiene una extensión mayoritaria, y en menor proporción la pequeña propiedad.

3.4.- Informe fotográfico.

De manera particular, el informe fotográfico que a continuación se presenta, muestra un camino en condiciones de terracería, dado que los motivos de esta investigación fueron expuestos en la presentación de este mismo documento. El desarrollo en la construcción de este camino fue necesario para detonar el desarrollo económico de la zona, ya que es una zona dedicada a la agricultura, principalmente al cultivo de aguacate y debido al tránsito que circula por la misma, fue necesario modernizar el camino y convertirlo de un camino clasificación "D" a uno clasificación "C". a continuación, se muestra el álbum fotográfico de las condiciones del camino antes de la modernización, condiciones de terracería.



Imagen 3.9.- km. 1+500.

Fuente: Propia.



Imagen 3.10.- km. 1+600.

Fuente: Propia.



Imagen 3.11.- km. 1+700.

Fuente: Propia.



Imagen 3.12.- km. 1+800.

Fuente: Propia.



Imagen 3.13.- km. 1+900.

Fuente: Propia.



Imagen 3.14.- km. 2+000.

Fuente: Propia.

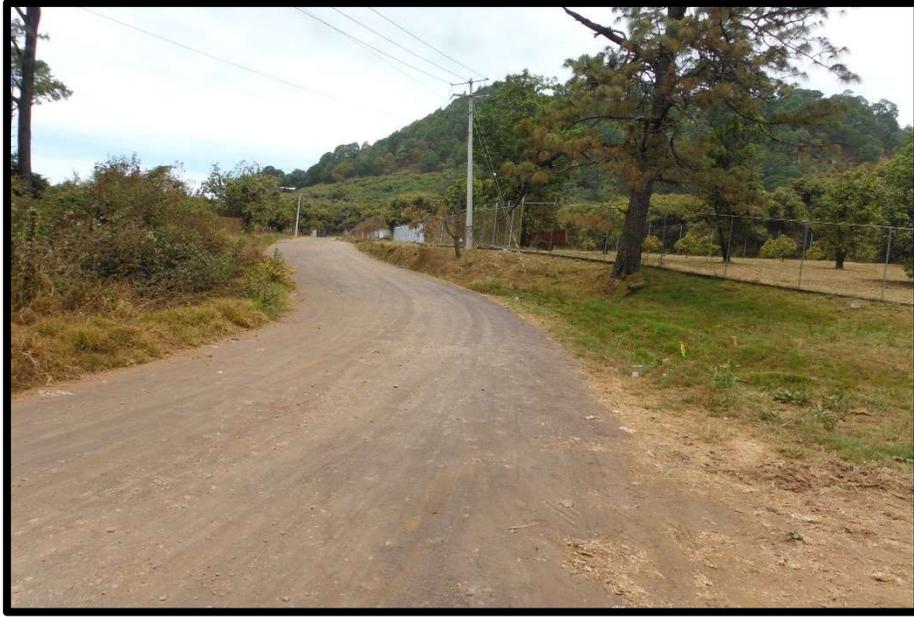


Imagen 3.15.- km. 2+100.

Fuente: Propia.



Imagen 3.16.- km. 2+200.

Fuente: Propia.



Imagen 3.17.- km. 2+300.

Fuente: Propia.



Imagen 3.18.- km. 2+500.

Fuente: Propia.



Imagen 3.19.- km. 3+100.

Fuente: Propia.



Imagen 3.20.- km. 3+800.

Fuente: Propia.

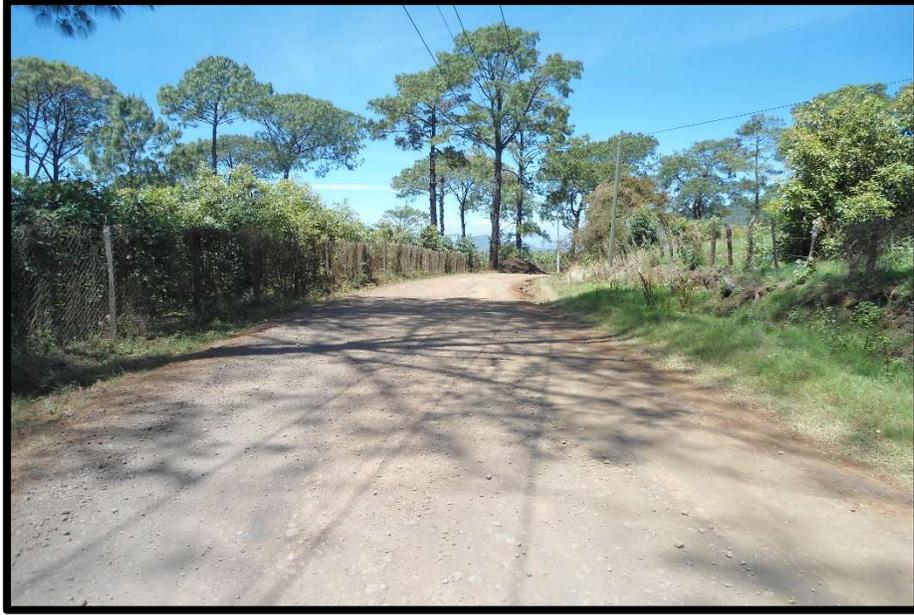


Imagen 3.21.- km. 4+500.

Fuente: Propia.

3.5.- Alternativas de solución.

En los caminos de reciente construcción, es decir, nuevos. Un punto clave para su buen funcionamiento durante una vida de diseño relativamente prolongada es dar mantenimiento a través de los programas y trabajos de conservación, para que estos se encuentren en óptimas condiciones, duren por más tiempo en servicio, y por ende, den servicio a más personas y detonen el desarrollo de la región.

3.6.- Procesos de análisis.

La revisión del proceso constructivo se lleva a cabo, en su totalidad, por medio de la normativa de la SCT, las cuales rigen con una serie de especificaciones las características que debe de tener el proceso de ejecución de cada concepto y que lineamientos se deben seguir.

Para la realización de esta investigación fue necesario ir directamente al sitio de la obra para observar la ejecución de los trabajos, observar que se ejecutaran correctamente, que usaran el equipo adecuado, que los materiales empleados cumplieran con la calidad necesaria, y que todo se apegara conforme indica la normativa de la SCT.

Se obtuvieron fotos de la ejecución de cada concepto que se describirán y se observarán más adelante en esta investigación, se desarrollará cada concepto a detalle, es decir, que dice la norma, como lo define, que calidades de material y mano de obra se deben de manejar, el equipo necesario para la ejecución del concepto y la forma en que se debe de ejecutar el trabajo según la norma.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se hace referencia a la metodología, la cual, va ligada directamente con la ciencia. El termino metodología se define como el procedimiento o conjunto de estos que tienen a fin cumplir con un objetivo o varios, basados en principios lógicos a partir de distintos procesos de investigación. Dentro de éste capítulo, se analizarán subtemas tales como: método científico, el enfoque de la investigación y sus alcances, los instrumentos para la recopilación de datos y el proceso mismo de como aconteció esta investigación.

4.1.- Método científico.

De acuerdo con Tamayo (1998), el método científico se define como un proceso propio de la investigación cuyo objetivo es el de obtener información real y exacta.

Paradinas, citado por Tamayo (1998) menciona que el “método de trabajo científico es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos o, en otras palabras, para comprobar o disprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos, desconocidos hasta el momento.” (Tamayo y Tamayo; 1998: 35-36)

En el método científico, lo fundamental es el proceso para demostrar el resultado de alguna hipótesis formulada para determinado objeto de estudio, sin importar si éste coincide con lo esperado en la formulación de la misma o lo desmiente y se obtiene un resultado completamente distinto.

4.1.1.- Método matemático.

De acuerdo con la página de internet rincondelvago.com, en una investigación científica el método matemático se aplica en todo momento tal vez de forma inconsciente, pero a la vez directamente, cuando en la investigación se habla de números constantes, variedad de hipótesis y a la misma vez variedad de comprobaciones, conlleva a afirmar, negar y hacer comparaciones entre las hipótesis y los resultados.

En esta investigación se recurrirá al método matemático, ya que se harán comparaciones de costos de los resultados a través de los distintos procedimientos para su obtención.

4.2.- Enfoque de la investigación.

El enfoque de la investigación es un proceso sistemático que está relacionado directamente con los métodos de investigación, que son los siguientes:

- A) Enfoque cuantitativo: “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.”
(Hernández Sampieri y Cols; 2014: 4)

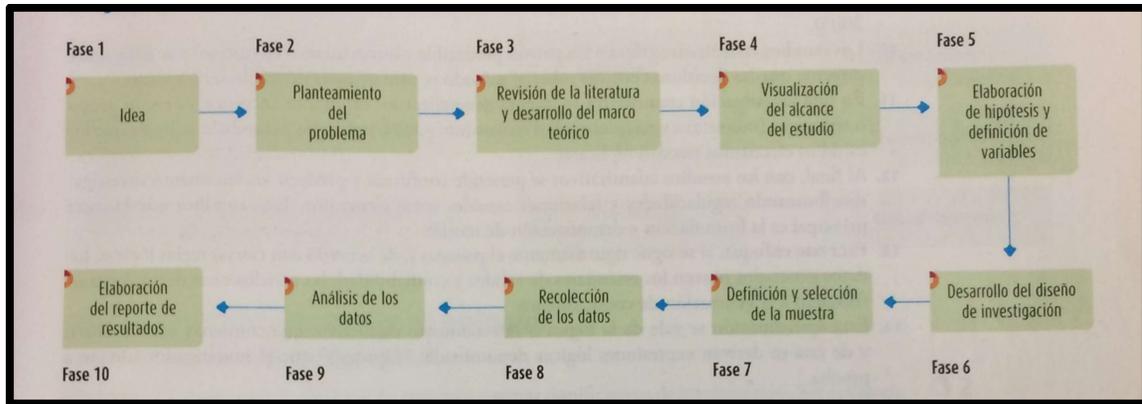


Imagen 4.1.- Proceso cuantitativo.

Fuente: Hernández Sampieri y Cols; 2014: 5.

B) Enfoque cualitativo: “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (Hernández Sampieri y Cols; 2014: 7). en otras palabras, se pueden formular hipótesis antes, durante y después de la recolección y análisis de datos.

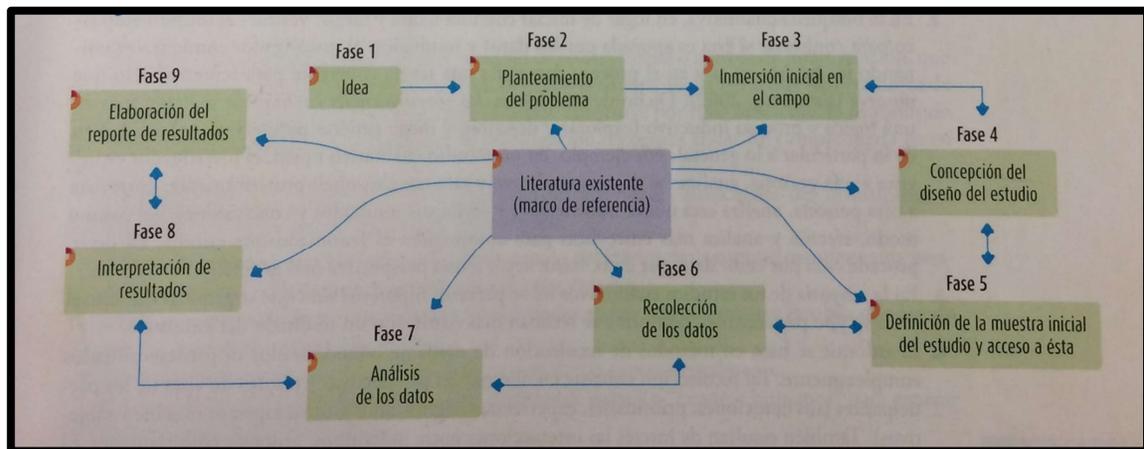


Imagen 4.2.- Proceso cualitativo.

Fuente: Hernández Sampieri y Cols; 2014: 7.

C) Enfoque Mixto: de acuerdo con Hernández Sampieri y Cols (2014) el objetivo de este enfoque no es remplazar a los anteriores, si no utilizar de manera conjunta el potencial de los dos, para así minimizar las debilidades en una investigación.

El enfoque que se le dará a la presente investigación es de carácter cuantitativo, ya que todos los resultados obtenidos a partir de la recopilación de datos son cuantificables y se pueden verificar dado que se manejan conceptos de obra y se pueden verificar en las normas existentes.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

De acuerdo con Hernández Sampieri y Cols (2014) el alcance descriptivo consiste en detallar las características de personas, grupos u objetos y los fenómenos alrededor de una situación en particular, en la recolección y análisis de datos para una investigación.

Así mismo la presente, tendrá también un alcance descriptivo, ya que para el análisis de la investigación en cuestión y para llegar al resultado, se deben de tomar en cuenta a detalle todas las variables que influyan en la misma para así minimizar el error o una variación en los resultados.

4.3.- Diseño de la investigación.

En el proceso de investigación, de acuerdo con Hernández Sampieri y Cols (2014), se distinguen dos tipos de experimentos: de laboratorio y de campo. Por un

lado, en los primeros, se realizan bajo situaciones controladas en donde las variables no pueden ser manipuladas, mientras que en los de campo, son experimentos donde los datos y resultados son obtenidos al momento y se apegan a la realidad y las variables se pueden manipular mucho o poco dependiendo del contexto de la situación.

En una investigación no experimental es sistemática y empírica, y lo que se hace con el objeto o situación en estudio es la observación como se da en su ambiente natural, de esta manera se recopilan los datos, lo cual no permite que se manipulen los mismos. Un estudio transversal o transeccional “recolectan datos de un solo momento en un tiempo único.” (Hernández Sampieri y Cols; 2014: 154)

Es por esto que esta investigación es del tipo no experimental y a la vez es transeccional, dado que para poder definir si el proceso constructivo es el adecuado y cumple con la norma o no, en la zona en estudio es necesario la recopilación de datos, y visitas de campo, y en casos específicos pruebas de laboratorio.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Es obvio que la tecnología ha evolucionado más en los últimos 17 años que en la segunda mitad del siglo XX, y ha evolucionado de manera que ha abarcado todas las ciencias e ingenierías, el desarrollo de la computadora y software se ha convertido en una herramienta con la cual los estudios y desarrollos de cada ámbito se hacen mucho más fácil y rápido.

Para el desarrollo de esta investigación los programas de cómputo tienen un rol fundamental. Se usó el software llamado AutoCAD el cual su función principal es el desarrollo de planos, una particularidad de este programa es que tiene una herramienta o extensión llamada CivilCAD, el cual sirve para dibujar la topografía del terreno dándole los puntos obtenidos en el levantamiento.

El software Microsoft Office Excel, este programa integra una hoja de cálculo, con la cual, mediante la incorporación de fórmulas de operaciones aritméticas, tablas y gráficos permitió el desarrollo tablas.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

Para la realización de esta investigación fue necesario seguir un procedimiento con el fin de llegar a una conclusión, primeramente, fue necesario detectar una necesidad para poder darle seguimiento mediante una investigación acorde al tema y que de esta manera se pueda dar una conclusión.

Una vez teniendo el tema y la problemática a dar seguimiento fue necesario investigar la información correspondiente para sentar las bases del marco teórico que respaldaran esta tesis, se consultaron varias fuentes como son: libros del acervo bibliográfico de la Universidad Don Vasco A.C., otros tantos fueron libros propios y en general el sustento de mayor peso de esta investigación lo proporcionó la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, a través del Residente de Obra a cargo de la obra en mención de esta investigación, desde una duda simple obtenida durante la investigación hasta las dudas y consejos obtenidos en campo en las visitas a la obra.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se exhiben todos los cálculos y procedimientos que son necesarios para determinar si el proceso constructivo del camino: E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo del km. 1+500 al km. 4+500 fue el adecuado y si cumple con las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

5.1.- Catálogo de conceptos y programa de obra.

Es un listado el cual contempla los conceptos de los trabajos que se realizarán en la obra, especificando a detalle las cantidades de obra a realizar e indicando los materiales y servicios necesarios para el desarrollo de la misma.

El catálogo de conceptos de cualquier obra puede estar definido por “n” cantidad de conceptos, y cada concepto está integrado por una clave, la descripción del mismo, la unidad en que se mide, y como ya se mencionó la cantidad de obra a realizar de cada concepto en particular para que así, una vez teniendo la cuantificación de cada concepto, se procede a hacer el presupuesto obtenido el producto de esta cuantificación y su precio unitario.

Otro dato importante es que este catálogo de conceptos debe de llevar por un costado la norma correspondiente de cada uno de los trabajos a realizar para que en caso de alguna duda en su ejecución se pueda consultar la norma marcada y revisar si cumple con lo especificado.



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S: REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.
ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018
HOJA: 1

RELACION DE CONCEPTOS DE TRABAJO Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA OBRA.

O B R A				P R E C I O U N I T A R I O				
C O N C E P T O S								
Nº	NORMA DE OBRA PÚBLICA O ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON LETRA	CON NÚMERO	IMPORTE (\$)	
		TERRACERÍAS						
		DESMONTE.						
1	N.CTR.CAR.1.01.001/11	Desmante, cualquier que sea su tipo y características en carreteras, sin transplante de especies vegetales	1.5	ha	TRES MIL CERO PESOS 00/100 M.N.	3,000.00	4,500.00	
		CORTES.						
2	N.CTR.CAR.1.01.002/11	Despalme de 20 cm de espesor, el material producto del despalme se utilizará para el recubrimiento de taludes de terraplenes, de los pisos, fondos de excavaciones o taludes de los bancos al terminar su explotación, P.U.O.T.	4,561	m ³	Diecisiete PESOS 00/100 M.N.	17.00	77,537.00	
3	N.CTR.CAR.1.01.003/11	Excavación de cortes cualquiera que sea su clasificación, Incluye excavaciones en cortes y adicionales debajo de la subrasante, en ampliaciones de corte, en abatimiento de taludes, en rebajes de la corona de cortes y/o de terraplenes existentes, considerando que el material se desperdiciara, P.U.O.T.	30,596	m ³	VEINTICINCO PESOS 00/100 M.N.	25.00	764,900.00	
		CAPAS DRENANTES						
4	N.CTR.CAR.1.03.011/00	Capa drenante con material seleccionado (filtro), P.U.O.T. Incluye material de préstamo de banco y el acarreo del banco de préstamo al sitio para su tendido.	3,400	m ³	CIEN CERO PESOS 00/100 M.N.	100.00	340,000.00	
		TERRAPLENES.						
5	N.CTR.CAR.1.01.009/11	Construcción de terraplenes utilizando materiales compactables procedentes de bancos de proyecto, en el cuerpo del terraplén compactado al 90 % conforme lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. para terraplenes adicionales con sus cuñas de sobreecho, de relleno para formar la subrasante en los cortes en que se haya ordenado excavación adicional, de ampliación de la corona adicional con sus cuñas de sobreecho en terraplenes existentes, de elevación de subrasante adicional con sus cuñas de sobreecho en terraplenes existentes y tendido de taludes adicional con sus cuñas de sobreecho en terraplenes existentes. Incluye el acarreo del material del banco al sitio para su tendido.	20,137	m ³	SETENTA Y SEIS PESOS 00/100 M.N.	76.00	1,530,412.00	
6	N.CTR.CAR.1.01.009/11	Construcción de terraplenes utilizando materiales compactables procedentes de bancos de proyecto, en la Capa Subrasante compactado al 100 % conforme lo indicado en el proyecto, P.U.O.T. Incluye el Meclado, tendido y compactación de la capa formada con material seleccionado, el material de préstamo de banco y el acarreo del banco de préstamo al sitio para su tendido.	8,063	m ³	CIEN CERO PESOS 00/100 M.N.	100.00	806,300.00	
7	N.CTR.CAR.1.01.012/00	Recubrimiento de taludes para su protección utilizando el material producto de despalmes, excavaciones y cajas para despalme de terraplenes, P.U.O.T., incluye el material de préstamo de banco, el acarreo a cualquier distancia, el tendido y la conformación a cualquier altura.	2,000	m ²	QUINCE PESOS 00/100 M.N.	15.00	30,000.00	
ELABORÓ								
ADALID CASTAÑEDA GARCIA							S U M A \$	3,553,649.00
							I V A \$	568,583.84
SUMA CAPITULO DE TERRACERÍAS \$							4,122,232.84	



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S: REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM.

4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.

ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018

RELACIÓN DE CONCEPTOS DE TRABAJO Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA OBRA.

HOJA: 4

O B R A		C O N C E P T O S		P R E C I O U N I T A R I O			
Nº	NORMA DE OBRA PÚBLICA O ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON LETRA	CON NÚMERO	IMPORTES (\$)
		SEÑALAMIENTO					
	N.CTR.CAR.1.07.005/00	SEÑALES VERTICALES BAJAS					
		Señal con tablero de 71 cm. x 71 cm., en un poste, con película reflejante tipo A, P.U.O.T.					
		a) Señales restrictivas (SR) y preventivas (SP) Calibre 16 con caja.					
19		a.1) SP	12.0	Pza	UN MIL SETECIENTOS CERO PESOS 00/100 M.N.	1,700.00	20,400.00
20		a.2) SR	2.0	Pza	UN MIL SETECIENTOS CERO PESOS 00/100 M.N.	1,700.00	3,400.00
		b) Señal con un tablero de 40 cm x 239 cm, en dos postes, con película reflejante tipo A, P.U.O.T.					
21		c.1) SID	1.0	Pza	TRES MIL CERO PESOS 00/100 M.N.	3,000.00	3,000.00
22		c.1) SIR	4.0	Pza	TRES MIL CERO PESOS 00/100 M.N.	3,000.00	12,000.00
		c) Señal con un tablero de 76 cm x 30 cm, en un poste, con película reflejante tipo A, P.U.O.T.					
23		b.1) SI-15	3.0	Pza	UN MIL CIEN CERO PESOS 00/100 M.N.	1,100.00	3,300.00
		d) Señal con tablero de 60 cm x 45 cm, en un poste, con película reflejante tipo A, P.U.O.T.					
24		c.1) OD-12	61.0	Pza	UN MIL CIEN CERO PESOS 00/100 M.N.	1,100.00	67,100.00
		SEÑALAMIENTO HORIZONTAL					
		MARCAS EN EL PAVIMENTO					
25	N.CTR.CAR.1.07.001/00	Marcas M-3.1 Raya en las orillas, continua, con pintura convencional color blanco retroreflejante de 15 cm de ancho, P.U.O.T. (longitud efectiva).	6,000	m	OCHO PESOS 00/100 M.N.	8.00	48,000.00
26	N.CTR.CAR.1.07.001/00	Marcas M-1.4 Raya separadora de sentidos de circulación continua- discontinua, con pintura convencional color amarillo retroreflejante de 15 cm de ancho, P.U.O.T. (longitud efectiva).	3,000	m	OCHO PESOS 00/100 M.N.	8.00	24,000.00
		VIALETAS Y BOTONES					
27	N.CTR.CAR.1.07.004/02	Botones DH-1 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, de forma trapezoidal, plásticos de dos caras, color blanco retroreflejante, P.U.O.T.	201	Pza	CUARENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.	45.00	9,045.00
28		Botones DH-1 retroreflejantes y delimitadores sobre el pavimento, de forma trapezoidal, plásticos de dos caras, color amarillo retroreflejante, P.U.O.T.	101	Pza	CUARENTA Y CINCO PESOS 00/100 M.N.	45.00	4,545.00
29	N.CTR.CAR.1.07.007/00	INDICADORES DE ALINEAMIENTO. Indicadores de alineamiento OD-6, metálicos blanco, P.U.O.T.	40.0	Pza	CIENTO SETENTA Y DOS PESOS 00/100 M.N.	172.00	6,880.00
30	N.CTR.CAR.1.07.009/00	Defensa metálica de dos crestas, con longitud de viga acanalada de 7 938 mm y largo efectivo de 7 620 mm, con recubrimiento de zinc tipo I, con clase a de espesor nominal de metal base de las vigas acanaladas, con uniones con placas de respaldo, con postes y separadores de acero, con ext. aterrizados tipo (a,b,c,d) y terminales, incluyendo botones retroreflejantes, P.U.O.T.	570	ML	SEISCIENTOS OCHENTA Y OCHO PESOS 00/100 M.N.	688.00	392,160.00
ELABORÓ						S U M A \$	593,830.00
ADALID CASTAÑEDA GARCIA						I V A \$	95,012.80
						SUMA CAPÍTULO DE SEÑALAMIENTO \$	688,842.80
						SUMA ACUMULADO \$	11,524,778.64



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S: REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-
 APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.
 ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018
 HOJA: 1

PROGRAMA DE OBRA A EJERCER

N°	CONCEPTO	VOLUMEN	IMPORTE	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
			S/VA						
TERRACERÍAS									
1	DESMONTE, P.U.O.T.	1.50	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00					
				1.50					
2	DESPALME, P.U.O.T.	4,561.00	\$ 77,537.00	\$ 64,379.00	\$ 13,158.00				
				3,787.00	774.00				
3	EXCAVACIONES EN CORTE, P.U.O.T.	30,596.00	\$ 764,900.00	\$ 127,675.00	\$ 274,375.00	\$ 362,850.00			
				5,107.00	10,975.00	14,514.00			
4	CAPA DRENANTE, P.U.O.T.	3,400.00	\$ 340,000.00		\$ 42,500.00	\$ 297,500.00			
					425.00	2,975.00			
5	TERRAPLÉN, P.U.O.T.	20,137.00	\$ 1,530,412.00			\$ 343,672.00	\$ 1,186,740.00		
						4,522.00	15,615.00		
6	TERRAPLÉN EN SUBRASANTE, P.U.O.T.	8,063.00	\$ 806,300.00				\$ 806,300.00		
							8,063.00		
7	RECUBRIMIENTO DE TALUD, P.U.O.T.	2,000.00	\$ 30,000.00				\$ 30,000.00		
							2,000.00		
IMPORTE S/VA			\$ 3,553,649.00	\$ 196,554.00	\$ 330,033.00	\$ 1,004,022.00	\$ 2,023,040.00	\$ -	\$ -
IMPORTE ACUMULADO S/VA			\$ 3,553,649.00	\$ 196,554.00	\$ 526,587.00	\$ 1,530,609.00	\$ 3,553,649.00	\$ 3,553,649.00	\$ 3,553,649.00

ELABORÓ

REVISÓ

ADALID CASTAÑEDA GARCIA

I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S: REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-
APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.
ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018
HOJA: 2

PROGRAMA DE OBRA A EJERCER

Nº	CONCEPTO	VOLUMEN	IMPORTE	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
			S/VA						
	ESTRUCTURAS YO. DRENAJE								
8	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	200.00	\$ 16,000.00				\$ 16,000.00		
							200.00		
9	RELLENOS, P.U.O.T.	209.00	\$ 14,630.00				\$ 14,630.00		
							209.00		
10	MAMPOSTERIA DE TER. CLASE, P.U.O.T.	44.50	\$ 60,075.00				\$ 60,075.00		
							44.50		
11	ALCANTARILLA TUBO, P.U.O.T.	79.00	\$ 379,200.00				\$ 379,200.00		
							79.00		
12	CUENTAS, P.U.O.T.	2,340.00	\$ 561,600.00				\$ 561,600.00		
							2,340.00		
13	LAVADEROS, P.U.O.T.	231.00	\$ 240.00				\$ 240.00		
							231.00		
14	BORDILLOS, PU.O.T.	3,860.00	\$ 193,000.00				\$ 193,000.00		
							3,860.00		
	IMPORTE S/VA		\$ 1,224,745.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,224,745.00	\$ -	\$ -
	IMPORTE ACUMULADO S/VA		\$ 4,778,394.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,224,745.00	\$ 1,224,745.00	\$ 1,224,745.00

ELABORÓ

REVISÓ

ADALID CASTAÑEDA GARCIA

I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TE S I S: REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-
 APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.
 ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018
 HOJA: 3

PROGRAMA DE OBRA A EJERCER

N°	CONCEPTO	VOLUMEN	IMPORTE	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
			S/VA						
PAVIMENTOS									
15	BASE HIDRÁULICA, P.U.O.T.	4,895.00	\$ 1,076,900.00				\$ 917,180.00	\$ 159,720.00	
							4,169.00	726.00	
16	RIEGO DE IMPREGNACIÓN, P.U.O.T.	22,800.00	\$ 342,000.00					\$ 342,000.00	
								22,800.00	
17	ARENA PARA POREO, P.U.O.T.	137.00	\$ 21,920.00					\$ 21,920.00	
								137.00	
18	CARPETA ASFÁLTICA, P.U.O.T.	1,138.00	\$ 3,066,910.00					\$ 3,066,910.00	
								1,138.00	
SEÑALAMIENTO									
19	SEÑAL SP 71X71, P.U.O.T.	12.00	\$ 20,400.00					\$ 20,400.00	
								12.00	
20	SEÑAL SR 71X71, P.U.O.T.	2.00	\$ 3,400.00						\$ 3,400.00
									2.00
21	SEÑAL SID 40X239, P.U.O.T.	1.00	\$ 3,000.00					\$ 3,000.00	
								1.00	
IMPORTE S/IVA			\$ 4,534,530.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 917,180.00	\$ 3,613,950.00	\$ 3,400.00
IMPORTE ACUMULADO S/IVA			\$ 9,312,924.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 917,180.00	\$ 4,531,130.00	\$ 4,534,530.00

ELABORÓ

REVISÓ

ADALID CASTAÑEDA GARCIA

I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO



UNIVERSIDAD DON VASCO A. C.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S : REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCÍTARO-EL COPETIRO)-
 APÚNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCÍTARO, ESTADO DE MICHOACÁN.
 ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

FECHA: 15 de septiembre de 2018
 HOJA: 4

PROGRAMA DE OBRA A EJERCER

N°	CONCEPTO	VOLUMEN	IMPORTE	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
			S/VA						
	SEÑALAMIENTO								
22	SEÑAL SIR 40X240, P.U.O.T.	4.00	\$ 12,000.00					\$ 12,000.00	
								4.00	
23	SEÑAL SI-15 76X30,P.U.O.T.	3.00	\$ 3,300.00					\$ 3,300.00	
								3.00	
24	SEÑAL OD-12 60X40, P.U.O.T.	61.00	\$ 67,100.00					\$ 67,100.00	
								61.00	
25	RAYA LATERAL, P.U.O.T.	6,000.00	\$ 48,000.00					\$ 48,000.00	
								6,000.00	
26	RAYA SEPARADORA, P.U.O.T.	3,000.00	\$ 24,000.00					\$ 24,000.00	
								3,000.00	
27	BOTON DH-1 BLANCO, P.U.O.T.	201.00	\$ 9,045.00					\$ 9,045.00	
								201.00	
28	BOTON DH-1 AMARILLO, P.U.O.T.	101.00	\$ 4,545.00					\$ 4,545.00	
								101.00	
IMPORTE S/VA			\$ 167,990.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 167,990.00	\$ -
IMPORTE ACUMULADO S/VA			\$ 9,480,914.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 167,990.00	\$ 167,990.00

ELABORÓ

REVISÓ

ADALID CASTAÑEDA GARCIA

I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

5.2.- Revisión del proceso constructivo.

Antes de iniciar los trabajos de construcción en la zona, es conveniente aplicar las medidas de protección necesarias para garantizar la seguridad tanto del personal de construcción y de los usuarios que transiten por el camino, mediante señalamientos preventivos de protección de obra en los tramos que se vaya a trabajar.

5.2.1.- Desmonte.

Para dar inicio a los trabajos de construcción del camino, se inicia con el desmonte, que, de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-001-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ El desmonte es la destitución de la capa vegetal existente en el derecho de vía para el camino, los bancos de materiales, canales y áreas destinadas para instalaciones o edificaciones, esto con el objeto de impedir daños futuros a la obra. El desmonte comprende las siguientes acciones:
 - Tala, es decir, la eliminación de árboles y arbustos que estén dentro del derecho de vía.
 - Roza, que consiste en eliminar la maleza o zacate y residuos de la actividad agrícola.
 - Desenraice, que consiste en retira los troncos con o sin raíces.

- Limpia y disposición final, es la colocación del producto del desmonte en los sitios que indique la SCT o proyecto destinados para ser banco de desperdicio.
- ✓ El equipo utilizado para la ejecución de este concepto será el que más se adecuó para obtener el rendimiento y cumplir con lo establecido en el programa propuesto por el contratista, siendo su responsabilidad elegir el equipo que más le convenga.
- ✓ Los trabajos se realizarán de manera tal que toda la materia vegetal quede fuera de la zona destinada a la construcción del camino, sin dañar árboles que estén fuera del área de trabajo marcado por el proyecto o la misma SCT.

En lo que se refiere a la ejecución de este concepto, el contratista lo hizo siguiendo los lineamientos de la norma antes mencionada, en lo que se refiere a la utilización del equipo, fue suficiente el uso de herramienta menor, una retro excavadora y un camión volteo para transportar el producto fuera de la zona de la obra hacia un banco de desperdicios, en ese sentido el residente de obra por parte de la SCT autorizó la ejecución de este concepto.

5.2.2.- Despalme.

Una vez realizados los trabajos de desmonte, el siguiente trabajo a ejecutar es el despalme, que de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-002-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ Es la remoción de la capa vegetal del terreno, con el objetivo de que al tiempo de construir las terracerías y colocar las capas de mejoramiento la materia orgánica que exista en el terreno no se mezcle con estas y las contamine.
- ✓ El espesor a remover será el indicado por el proyecto o por la SCT en el caso del tipo de materia orgánica existente en la zona. La disposición de este material producto del despalme se colocará en el recubrimiento de los taludes de los terraplenes y taludes de los bancos al terminar su explotación o si lo indica el proyecto o la secretaría se esparcirá en terrenos adyacentes de manera uniforme donde no impida el drenaje o invada cuerpos de agua con el fin de fortalecer el desarrollo de la flora de la zona, o en su caso se dispondrán de estos en los bancos de desperdicios señalados por la secretaría.
- ✓ Se utilizará la maquinaria que mejor le convenga al contratista para cumplir con el programa de obra determinado por el mismo.

El contratista ejecuto estos trabajos conforme lo anteriormente dicho por la norma N-CTR-CAR-1-01-002-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, siguiendo las especificaciones del proyecto, el contratista removió una capa de materia vegetal de 20 cm. de espesor. La maquinaria que utilizo fue la que se utiliza normalmente para este trabajo, un tractor D7 y motoconformadora. El material producto de la ejecución de este trabajo se dispuso en un banco de desperdicios, cargándolo con retroexcavadora y transportándolo en camiones volteo, no se pudo distribuir uniformemente en los terrenos adyacentes dado que es una zona dedicada

a la agricultura y se vería afectada. El residente revisó y autorizó la ejecución de estos trabajos que cumplen con lo dispuesto en la norma.

5.2.3.- Excavación en cortes.

Posterior a los trabajos de despalme, es tiempo de realizar con la construcción de las terracerías, que de acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-003-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Los cortes son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes, o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o lo ordenado por la Secretaría.” (N-CTR-CAR-1-01-003-11)
- ✓ En función del tipo de terreno en donde se ejecute la obra, si es material tipo A, tipo B o tipo C, se utilizará la maquinaria que según convenga al contratista con el rendimiento necesario para cumplir con el programa. Regularmente para terrenos tipo A y tipo B, se utiliza maquinaria como son: cargadores frontales, camiones para la trasportación del material al banco de desperdicios, motoescrepa y tractor y en caso de que el material a excavar sea el tipo C es necesario utilizar una barrenadora y colocar explosivos, para los cuales el contratista a deberá solicitar su uso y permiso ante la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y cuyo

caso su trasportación y manejo será responsabilidad de la misma contratista.

- ✓ Los cortes se realizarán de acuerdo a las líneas de proyecto indicadas por las líneas de los cerros del mismo, de manera tal que se permita el drenaje natural con el talud indicado en el proyecto y en el caso en donde el material del corte resulte fragmentado o la superficie inestable el material en estas condiciones será removido y sustituido por otro material más estable. Es importante mencionar que no se deben alterar las áreas donde no se deban hacer cortes.

En la revisión de la ejecución de este concepto se puede decir que la contratista cumplió cabalmente con lo que establece la norma N-CTR-CAR-1-01-003-11 de la SCT.



Imagen 5.1.- Excavación en corte, carga y acarreo de material.

Fuente: Propia.

En ese sentido el residente de obra por parte de la SCT revisó y verificó la ejecución de los trabajos y determinó que los cortes cumplen con la norma y lo indicado en el proyecto.



Imagen 5.2.- Excavación de cortes en el km. 3+600.

Fuente: Propia.



Imagen 5.3.- Excavación de cortes en el km. 3+700.

Fuente: Propia.



Imagen 5.4.- Excavación de cortes en el km. 3+040.

Fuente: Propia.

5.2.4.- Capa drenante.

De acuerdo con la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, esta norma N-CTR-CAR-1-01-011-00 contiene e indica los lineamientos a considerar para los rellenos de excavaciones y construcción de terracerías en caminos de construcción nueva.

- ✓ “El relleno es la colocación de materiales seleccionados o no, en excavaciones hechas para estructuras, obras de drenaje y subdrenaje, cuñas de terraplenes contiguos a estructuras, así como en trincheras estabilizadoras.” (N-CTR-CAR-1-01-011-00)
- ✓ Los materiales a utilizar están en función del tipo de relleno que se vaya a realizar, pero deben de cumplir con lo estipulado en la norma N-CMT-

1-01, materiales para terraplén o en las normas aplicables del libro CMT, características de los materiales.

- ✓ El equipo que se utilice será a consideración de la contratista, debiendo ser el adecuado para no causar daños a estructuras vecinas y que se genere el volumen establecido en el programa, siendo normalmente la maquinaria a utilizar, camión volteo para su transportación del banco al sitio de los trabajos, una motoconformadora para esparcirlo y conformar el espesor de la capa y un compactador.
- ✓ La ejecución de este trabajo se hará tan pronto sea posible, en cuanto las condiciones de desplante total o parcial de la estructura requieran protección. Se deberá tener cuidado de no dañar las estructuras de drenaje durante el relleno. Las capas serán colocadas en un espesor que indique el proyecto para que puedan ser compactadas, el grado de compactación deberá ser del 90% de su peso volumétrico seco máximo, conocida mediante la prueba de laboratorio.

El Residente de obra a cargo por parte de la SCT certificó la ejecución de este trabajo conforme a lo indicado en la norma N-CTR-CAR-1-01-011-00 y da fe de que se utilizó el material de buena calidad y equipo necesario para cumplir con la norma alcanzando el grado de compactación mínimo requerido.

Como se puede ver en las imágenes 5.5 y 5.6 se utilizó un filtro de buena calidad y la maquinaria que necesaria para la colocación de la capa filtrante fue una motoconformadora.



Imagen 5.5.- Material granular acamellonado para la capa filtro km. 3+660.

Fuente: Propia.



Imagen 5.5.- Material granular acamellonado para la capa filtro km. 3+660.

Fuente: Propia.

5.2.5.- Construcción de terraplenes y subrasante.

Con base en lo mencionado por la norma N-CTR-CAR-1-01-009-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes esta norma establece los lineamientos para la construcción de terraplenes de carreteras nuevas:

- ✓ “Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Secretaría, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas y bordos, y tender taludes.” (N-CTR-CAR-1-01-009-11)
- ✓ Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deben cumplir con lo establecido en las normas N-CMT-1-01 materiales para terraplén, N-CMT-1-02 materiales para subyacente, y N-CMT-1-03 materiales para subrasante; los materiales procedentes serán de cortes o de banco, según indique el proyecto. Los materiales utilizados para construcción de terraplenes pueden ser compactables o no compactables, cuando se vaya a construir la capa subyacente o subrasante y que provengan de bancos serán materiales compactables. Es importante mencionar que no se aceptarán materiales que no cumplan con las normas antes mencionadas.
- ✓ El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes será decisión de la contratista, siempre y cuando tenga el objetivo de cumplir con el programa propuesto. Para la construcción de terraplenes se suele ocupar

maquinaria como: motoconformadora, tractor, cargadores frontales y compactadores.

- ✓ Una vez realizados los trabajos de desmonte y despalme se precederá a realizar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los espacios vacíos dejados por el despalme con material compactado y de la misma forma se compactará la superficie de desplante en un espesor de 20 cm. a un grado de compactación similar a la del terreno natural. para la construcción del terraplén se utilizará material producto de bancos o cortes y se descargará sobre la superficie donde se extenderá y se trabajarán tramos de 20 m. de sección o tramos completos que se puedan acabar en una jornada de trabajo, es decir, no se pueden dejar trabajos a medias, se trabajarán únicamente longitudes en las que se pueda tender, conformar y compactar el material.

Cuando el proyecto o la Secretaría indique que se deban de compactar los hombros de los terraplenes, se deberá trabajar un ancho de sección más amplio que el marcado en el proyecto, pero respetando la inclinación de los taludes indicadas.

Una vez tendido el material, si el terraplén se construye con materiales compactables, el material se extenderá en todo lo que será el ancho del terraplén en capas no mayores de 20 cm. si por el contrario se utilizaran materiales no compactables, antes de extender el material por todo el ancho de la sección el material se debe de humedecer

Teniendo el material extendido se procede a compactar, la compactación se hará longitudinalmente de las orillas al centro en secciones en tangente y en curva del interior al exterior de la misma, con un ancho de traslape de cuando menos la mitad del compactador en cada pasada, logrando un grado de compactación marcado por el proyecto o indicado por la SCT.

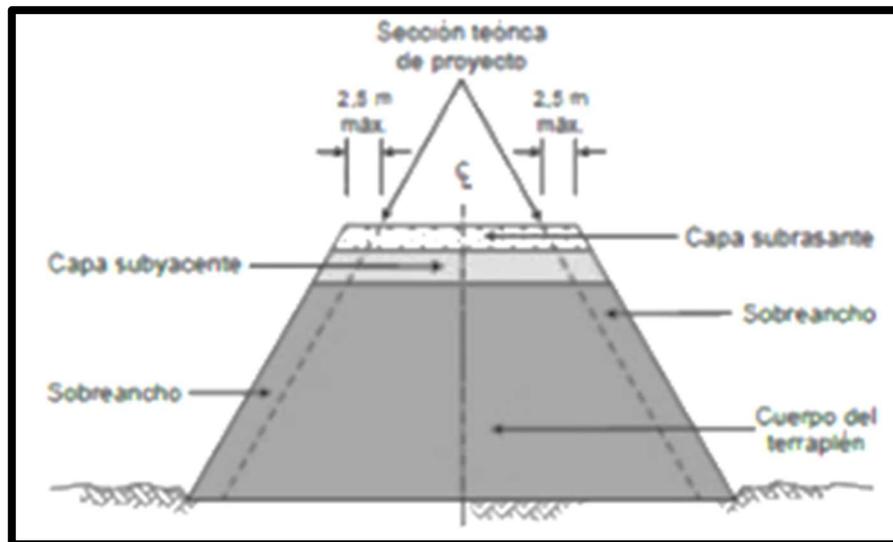


Imagen 5.6.- Sección transversal de un terraplén.

Fuente: N-CTR-CAR-1-01-009-11

En la ejecución de este concepto, para la formación de los terraplenes el proyecto marcaba que se debían utilizar materiales producto de banco, por otro lado, la compactación alcanzo el 90% de la prueba AASHTO estándar.



Imagen 5.7.- Construcción de terraplén en el km. 3+480.

Fuente: Propia.



Imagen 5.8.- Construcción de terraplén en el km. 4+240.

Fuente: Propia.

En lo que se refiere a la capa subrasante, misma situación, se formó con materiales provenientes de bancos y la prueba AASHTO estándar arrojó un grado de compactación del 100%. En ese sentido, el residente de obra por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes revisó la ejecución de los trabajos realizados y autorizó su pago en la estimación correspondiente ya que cumplían con lo estipulado en la norma N-CTR-CAR-1-01-009-11.



Imagen 5.8.- Nivel de subrasante terminado en el km. 1+840.

Fuente: Propia.

5.2.6.- Recubrimiento de taludes.

De conformidad en lo mencionado por la norma N-CTR-CAR-1-01-012-00 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “El recubrimiento de taludes es el conjunto de trabajos que tiene el objeto de proteger de la erosión al material que forma los taludes de cortes o terraplenes” (N-CTR-CAR-1-01-012-00). Es muy común proteger los taludes a base de:
 - Siembra de especies vegetales.
 - Mallas vegetales.
 - Mallas geosintéticas.
 - Mallas metálicas.
 - Riego asfáltico.
 - Zampeados.

- ✓ Los materiales para el cubrimiento de taludes deberán cumplir con lo estipulado en la norma correspondiente según el tipo de cubrimiento a utilizar, ya anteriormente mencionados.

- ✓ El equipo a utilizar para la ejecución de este concepto estará dado en función del tipo de recubrimiento a utilizar, pero es responsabilidad de la contratista elegirlo y cumplir con el programa dado.

- ✓ Para la ejecución de los trabajos, dependiendo del tipo de recubrimiento:
 - Siembra de vegetales: el tipo de vegetal será especificado en el proyecto o por la SCT, y deberá ser apropiada para el clima y las condiciones de la región.

- Colocación de mallas: deberán cortarse en lienzos o tramos de malla, de acuerdo al tamaño del talud a recubrir, debe de seguir la forma del mismo, cada lienzo debe ser traslapado uno con otro. En el caso de utilizar mallas metálicas estas deberán ser cubiertas con concreto lanzado.
- Riego asfáltico: el tipo y dosificación de material asfáltico a utilizar será indicado en el proyecto o por la misma SCT, y será aplicado uniformemente en la superficie por cubrir. Los trabajos serán interrumpidos si las condiciones climáticas no son favorables y no se reanudarán mientras no mejoren.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-012-00, la ejecución de este concepto cumplió con lo mencionado por la anterior. Se empleó el equipo y las herramientas necesarias para el recubrimiento de talud, las cuales fueron retroexcavadora y motoconformadora, en este caso el material que se utilizó cumplió con el control de calidad, y en vista de lo anterior el Residente de Obra por parte de la SCT aceptó los trabajos.

5.2.7.- Excavación para estructuras.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-007-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Las excavaciones para estructuras son las que se ejecutan a cielo abierto en el terreno natural o en rellenos existentes, para alojar estructuras y obras de drenaje, entre otras.” (N-CTR-CAR-1-01-007-11)
- ✓ Para los materiales a utilizar se aplican los mismos principios establecidos que para la excavación en cortes, mencionados con anterioridad en esta investigación.
- ✓ Para la maquinaria a utilizar se aplican los mismos principios establecidos que para la excavación en cortes, mencionados con anterioridad en esta investigación.
- ✓ Para su ejecución se deben de hacer los trabajos previos, que son:
 - desmonte, despalme y desvío de corrientes para evitar que el agua afecte los trabajos de excavación.
 - La excavación para el alojo de la estructura se efectuará de acuerdo a lo establecido en el proyecto o por la misma SCT.
 - “Con el fin de proteger la excavación, si la estructura para la cual se ejecute no se inicia de manera inmediata y el fondo de dicha excavación está formado por materiales altamente erosionables o que pueden ser afectados rápidamente por el intemperismo, se suspenderá la excavación por arriba el nivel de desplante, hasta que esté por iniciarse la construcción de la estructura.” (N-CTR-CAR-1-01-007-11)

- La excavación se deberá proteger de inundaciones y garantizar su estabilidad para evitar derrumbes, drenando toda el agua.
- El material producto de la excavación servirá de relleno una vez construida la estructura y el material sobrante se depositará en el banco de desperdicios, a menos que el proyecto o la SCT indique otra cosa distinta.

De acuerdo con este concepto la norma N-CTR-CAR-1-01-007-11 de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en las excavaciones para estructuras de drenaje, según como lo indica el proyecto se llevaron a cabo de manera correcta, se hicieron 8 obras de drenaje a lo largo de los 3 km.



Imagen 5.9.- Relleno de zanja de obra de drenaje con producto de excavación.

Fuente: Propia.

El equipo necesario para desarrollar este trabajo fue la excavadora y herramienta menor, haciendo las excavaciones conforme el proyecto indicaba, dichos trabajos el Residente de Obra por parte de la SCT revisó y autorizó.

5.2.8.- Rellenos con material de banco para excavaciones de estructuras.

Corresponde con los mismos lineamientos mencionados anteriormente en el subcapítulo 5.2.4. capa drenante, ya que obedece a la norma N-CTR-CAR-1-01-011-11 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

5.2.9.- Mampostería de piedra.

A partir de lo mencionado por la norma N-CTR-CAR-1-02-001-00 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Las mamposterías de piedra son elementos estructurales construidos con fragmentos de roca acomodados, junteados o no con mortero” (N-CTR-CAR-1-02-001-00) se clasifica en varias clases:
 - Mampostería de primera clase: es la que se constituye con piedra labrada y bien acomodada, junteada con mortero cemento en una forma regular con acabado a dos caras.
 - Mampostería de segunda clase: similar a la de primera clase, pero sin tener demasiado cuidado al acomodarse, va junteada con mortero cemento y acabado a una sola cara.

- Mampostería de tercera clase: constituida con piedra sin labrar, juntada con mortero cemento y no se forman figuras regulares ni se busca un acabado aparente.
 - Mampostería seca: formada con piedra sin labrar, acomodada de tal manera que se busca rellenar los espacios vacíos sin emplear algún mortero.
- ✓ La calidad de los materiales deberán cumplir con la norma que corresponda.
- ✓ Se emplea solo mano de obra y herramienta menor para su elaboración.



Imagen 5.10.- Estructura de mampostería en obra de drenaje del km. 3+210.

Fuente: Propia.

Para este concepto, en la imagen 5.10 se observa los trabajos de mampostería realizados en las obras de drenaje, dichos trabajos conforman los cabezotes de la

misma, con el objetivo de sujetar el tubo y que constituya una estructura de sujeción a tanto aguas arriba como aguas abajo.

En la imagen 5.11 se observa la construcción de una caja de captación, la cual cumple la función de desalojar el agua de lluvia que cae dentro del camino conducida a través de las cunetas, la caja es receptora y el tubo de la obra la desaloja a un terreno donde no pueda dañar la estructura del pavimento.



Imagen 5.11. Caja de captación a la entrada de la obra de drenaje en el km. 2+880.

Fuente: Propia.

El Residente de Obra por parte de la SCT revisó que dichas estructuras cumplieran con la norma, mismos que fueron autorizados. Además, por recomendaciones del mismo residente de obra, se construyó esa caja de captación con el objeto de disipar la velocidad con la que llega el agua a ese punto.

5.2.10.- Alcantarilla de tubo corrugado de polietileno de alta densidad.

Partiendo de lo dicho por la norma N-CTR-CAR-1-03-014-09 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Las alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad son estructuras flexibles, que se construyen mediante este tipo de tubos colocados sobre el terreno en una o varias líneas para dar paso libre al agua de un lado al otro de la vialidad. Según el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén; según su ubicación se clasifican en normal y esviajada.” (N-CTR-CAR-1-03-014-09)
- ✓ La calidad de los materiales para el uso de este tipo de alcantarillas debe cumplir con las normas correspondientes.
- ✓ El uso de maquinaria y equipo para la colocación de este tipo de alcantarillas será determinado por la contratista, siempre y cuando cumpla con el programa de obra.
- ✓ Para la colocación de estas alcantarillas se deben de tener listos los trabajos previos, que son:
 - Desmonte, despalde y la excavación donde se colocará la línea o líneas de tubos, tener canales de entrada y salida para no tener problemas con escurrimientos de agua.

- En el fondo de la excavación se colocará una capa de 20 cm. con el mismo material empleado para la subrasante.

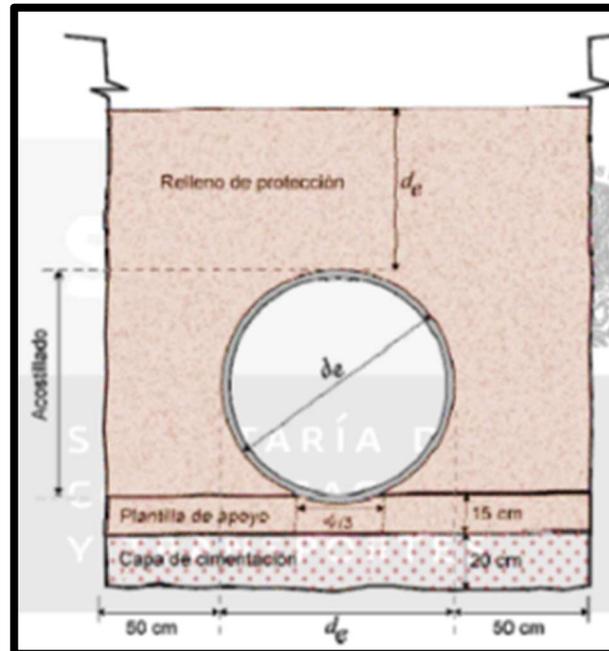


Imagen 5.2.- Colocación de alcantarilla de tubo.

Fuente: N-CTR-CAR-1-03-014-09.

- Enseguida de la capa de cimentación se colocará una plantilla de apoyo de 15 cm. de espesor, hecha con materiales de características para sub-base. Esta capa debe ser compactada a un grado del 90% de la prueba AASHTO modificada.
- Una vez colocada la plantilla de apoyo lo siguiente es colocar el tubo, este siempre se colocará de aguas abajo hacia aguas arriba, teniendo cuidado siempre que la campana de unión quede hacia aguas arriba.

- A continuación, se unen ambos tubos, limpiando la campana y la espiga para que quede libre de algún material ajeno y afecte la hermeticidad de la unión, se une aplicando el lubricante que indique el fabricante, acto seguido comienza el relleno de toda la excavación en capas de 15 cm. y compactando manualmente al 90% de la prueba AASHTO modificada.

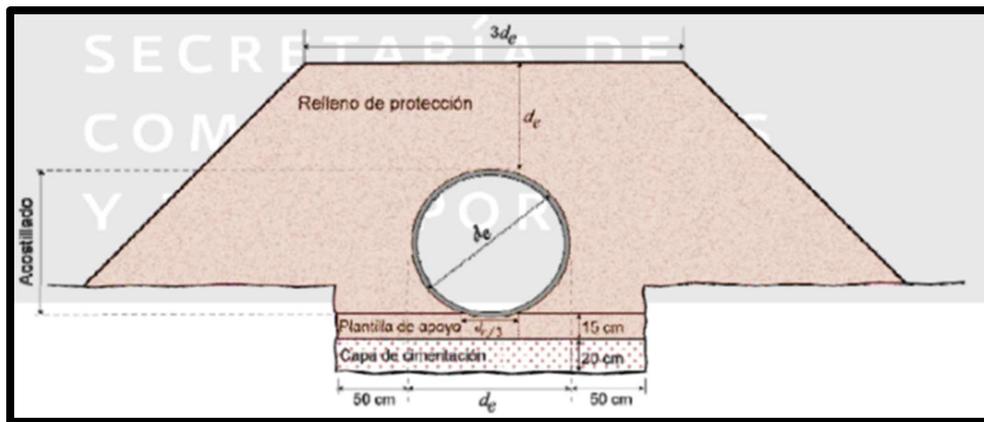


Imagen 5.3. Relleno de alcantarilla en sección de terraplén.

Fuente: N-CTR-CAR-1-03-014-09.

En lo que respecta a los trabajos de la realización de las obras de drenaje, en la imagen 5.12. se observa que la obra ubicada en el km. 2+893 corresponde a la colocación de un tubo de polietileno de alta densidad. En la imagen se observan los trabajos antes descritos como son la excavación, la capa de cimentación y la cama de arena para la colocación del tubo, además de esto, se logra apreciar que están relleno la zanja con el material producto de la excavación y el personal está compactando para garantizar la ejecución del concepto como indica la norma N-CTR-CAR-1-03-014-09.

El residente revisó y certificó que se ejecutaron correctamente los trabajos de la construcción de las obras de drenaje conforme a lo mencionado en la norma.



Imagen 5.12.-Colocación de obra de drenaje de tubo de polietileno de alta densidad.

Fuente: Propia.

5.2.11.- Cunetas.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-03-003-00 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados, con el objeto de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los taludes de los cortes o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.” (N-CTR-CAR-1-03-003-00)

- ✓ Los materiales necesarios para la construcción de cunetas deben cumplir con las calidades especificadas por la SCT, así como sus características físicas, las cuales se especifican en las normas o en el proyecto.
- ✓ El equipo necesario para la construcción de cunetas es a consideración de la contratista, puede usar concreto hecho directamente en obra o suministrar concreto premezclado, pero siempre cumpliendo con lo estipulado en el programa de obra.
- ✓ Las cunetas deben establecerse en donde marca el proyecto, en donde indique la Secretaría o donde sea necesario, el concreto usado será de una resistencia a la compresión $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, este tipo de concreto es suficiente para el uso que se le dará a la cuneta.



Imagen 5.13.- Construcción de cunetas, después del tendido de carpeta asfáltica.

Fuente: Propia.

Se realizaron las cunetas conforme indicaba el proyecto y la norma N-CTR-CAR-1-03-003-00, la ejecución de este concepto puede variar dependiendo del proceso constructivo. Hay quienes optan por realizar las cunetas al final en conjunto con bordillos y lavaderos ya que esta tendida la carpeta asfáltica, como en la imagen 5.13, por la razón de que no se tienen que dejar libre el espesor que llevará la misma carpeta, la otra forma es teniendo la base terminada e impregnada se cuelan las cunetas, pero teniendo cuidado de dejar la pestaña del espesor donde rematará el espesor de la carpeta asfáltica, tal y como se observa en la imagen 5.14.



Imagen 5.14.- Construcción de cunetas, antes del tendido de carpeta asfáltica.

Fuente: Propia.

5.2.12.- Lavaderos.

Los lavaderos son canales que conducen y descargan el agua que juntan los bordillos, las cunetas y guarniciones a lugares donde no cause daño a la estructura del pavimento. Estos pueden ser de mampostería, de concreto o metálicos. Lo anterior según la norma N-CTR-CAR-1-03-006-00 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

“Los lavaderos se construirán sobre el talud y a ambos lados de los terraplenes en tangente, de preferencia en las partes con menor altura; solo en el talud interno de los terraplenes en curva horizontal en su parte más baja; en las partes bajas de las curvas verticales, en las secciones de corte que se haya interceptado un escurrimiento natural que pase arriba de la rasante, que deba continuar drenando, y en las salidas de las obras menores de drenaje que lo requieran.” (N-CTR-CAR-1-03-006-00)

5.2.13.- Bordillos.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-03-007-00 de la SCT los bordillos son elementos en la corona del camino que interceptan y conducen el agua por efecto del bombeo, con el objeto de descargar en los lavaderos para que de esta forma se limite la posible erosión en los taludes de los terraplenes.

Los bordillos se construyen como medida de protección adicional para proteger al pavimento en zonas estratégicas en donde es difícil colocar cuneta.

Para la revisión de la ejecución de estos trabajos, el Residente de Obra certificó que fueron realizados conforme indicaba el proyecto y la norma.

5.2.14.- Base hidráulica.

La norma N-CTR-CAR-1-04-002-11 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la define como:

- ✓ “capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la subbase o la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, la capa de rodadura asfáltica o la carpeta de concreto hidráulico; soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y proporcionar a la estructura del pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.” (N-CTR-CAR-1-04-002-11)
- ✓ Los materiales granulares que constituyen una base hidráulica deben de cumplir con la norma N-CMT-4-02-002 de la SCT, además, estos materiales deberán ser extraídos de bancos indicados en el proyecto o aprobado por la Secretaría, ya sea que fuese extraído en su totalidad de un solo banco o sea necesario utilizar una mezcla de dos o más bancos.
- ✓ El equipo normalmente utilizado para la conformación de una base es una motoconformadora y un compactador ya sea metálico liso o un compactador pata de cabra.
- ✓ El procedimiento para la conformación de una base es el siguiente:

- Para los trabajos preliminares, es necesario que la superficie esté debidamente terminada con niveles y líneas definidas, libre de baches, tener viajes de material ya sobre la subrasante distribuidos sobre todo el ancho de la misma para evitar concentraciones.
- Para el tendido y conformación, una vez teniendo el material acomodado se humedece con la pipa de agua, acto seguido se pasa la motoconformadora para que distribuya el material y se homogenice la humedad, el proceso se repite hasta que se alcance la humedad óptima para las características del material. una vez alcanzada la humedad requerida la motoconformadora distribuirá el material a todo lo ancho del camino en un espesor que regular para que el compactador pueda compactar al grado requerido.
- Para la compactación su puede utilizar el compactador pata de cabra o rodillo liso. La compactación se hará longitudinalmente de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en curvas, traslapando el compactador por lo menos la mitad en cada pasada hasta alcanzar el grado de compactación indicado en el proyecto o por la Secretaría.

Para la construcción de la base como se observa en las imágenes 5.15., 5.16., 5.17. y 5.18 se utilizó como equipo fundamental el camión volteo para el acarreo del material desde el banco de material y la planta de trituración a el camino, la

motoconformadora para poder mezclarlo y distribuirlo en todo el ancho de la sección del camino, y el rodillo vibratorio para poder compactar la capa y que quede del espesor marcado en el proyecto y con el grado de compactación que marca la norma.

El Residente de Obra por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes revisó y aprobó la ejecución de los trabajos, además con ayuda del laboratorio contratado por la contratista, por medio de los reportes entregados, a través de las pruebas necesarias para verificar que la granulometría, las distintas características físicas del material y el grado de compactación necesario certificó que los trabajos cumplieran con la norma.



Imagen 5.15.-Suministro de base hidráulica.

Fuente: Propia.



Imagen 5.16.- Motoconformadora tendiendo la base hidráulica.

Fuente: Propia.



Imagen 5.17.- Base hidráulica ya tendida con la motoconformadora, sin compactar.

Fuente: Propia.



Imagen 5.18.- Compactación de la base.

Fuente: Propia.

5.2.15.- Riego de impregnación.

Conforma a lo mencionado en la norma N-CTR-CAR-1-04-004-15 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ Es la aplicación de un producto asfáltico sobre la base, constituida de material pétreo, con el objetivo de impermeabilizarla y crear una superficie de adherencia entre la base hidráulica y la carpeta asfáltica. Normalmente para este trabajo se utilizan emulsiones de rompimiento lento o especial para la impregnación. Es importante mencionar que el riego de impregnación puede omitirse si el espesor de la carpeta asfáltica a construir es de un espesor mayor a 10 cm.

- ✓ Los materiales deberán cumplir con las características establecidas en la respectiva norma.
- ✓ El equipo que se utiliza para el riego de impregnación es una barredora, que tiene como función limpiar la superficie de la base que se va a impregnar y que esté libre de materiales ajenos a la misma, también es necesaria de una petrolizadora que sea capaz de mantener una temperatura constante y tirar un flujo uniforme
- ✓ Para su ejecución las condiciones climatológicas deben ser aptas y favorables, es decir, no se puede impregnar la base si ésta está mojada o húmeda, los trabajos no se pueden ejecutar si existe probabilidad de lluvia o si la temperatura ambiente está a menos de 15°C y con tendencia a la baja, si se puede impregnar con una temperatura mínima de 10°C con tendencia al alza.
 - Con la barredora la superficie se limpia para que esté libre de basura, piedras, polvo grasa o encharcamientos.
 - Una vez realizado lo anterior se pasa la petrolizadora con el producto asfáltico para que los distribuya uniformemente sobre la superficie.
 - Conforme se va aplicando el riego de impregnación con la petrolizadora, un camión volteo va regando arena por toda la superficie ya impregnada con el objetivo de que se pueda transitar

por la superficie y el riego no se pegue a las llantas de los vehículos, esta acción se llama “poreo”.



Imagen 5.19.- Petrolizadora aplicando riego de impregnación.

Fuente: Propia.

El riego de impregnación es necesario aplicarlo, pues como indica la norma, cumple la función de ser un impermeabilizante para impedir el paso del agua hacia las capas inferiores y además permite ser una liga entre la base y la carpeta asfáltica. Sin este riego de algún producto asfáltico o emulsión la vida de la carpeta sería relativamente corta pues el agua se infiltraría al interior de toda la estructura y con el paso de los vehículos y los esfuerzos producidos el pavimento sufriría daños permanentes graves.

La arena para poreo sirve para que el riego de impregnación no se pegue a las llantas de los vehículos y se levante, dado que la circulación por el camino se tiene que abrir al terminar de aplicar el riego.

El Residente de Obra a cargo por parte de la SCT verificó y aceptó la manera en cómo se ejecutaron los trabajos, así como los materiales y equipo utilizados.



Imagen 5.20.- Petrolizadora aplicando el riego de impregnación.

Fuente: Propia.



Imagen 5.21.- Personal tirando la arena para el poreo.

Fuente: Propia.

5.2.16.- Carpeta asfáltica.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-04-006-14 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- ✓ “Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente son aquellas que se construyen mediante el tendido y la compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura” (N-CTR-CAR-1-04-006-14). Como generalmente se manejan espesores mayores a 4 cm.

estas capas cumplen con el objetivo de soportar las cargas impuestas por los vehículos y distribuir las hacia las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento.

- ✓ Los materiales empleados en la mezcla de productos asfálticos y materiales pétreos para la obtención de mezclas asfálticas deben de cumplir con la norma N-CMT-4-04 materiales pétreos para mezclas asfálticas, N-CMT-4-05-003, calidad de mezclas asfálticas para carreteras y N-CMT-4-05-004, calidad de materiales asfálticos grado PG.
- ✓ Se debe de contar con un equipo, hablando de una vez hecha y transportada la mezcla y puesta en obra, es necesaria una pavimentadora, compactador de rodillos metálicos, compactador de neumáticos y una barredora.
- ✓ Para su ejecución las condiciones climatológicas deben ser aptas y favorables, es decir, no se puede impregnar la base si ésta está mojada o húmeda, los trabajos no se pueden ejecutar si existe probabilidad de lluvia o si la temperatura ambiente está a menos de 15°C y con tendencia a la baja, si se puede impregnar con una temperatura mínima de 10°C con tendencia al alza.
 - Con la barredora la superficie se limpia para que esté libre de basura, piedras, polvo grasa o encharcamientos.
 - Teniendo la base impregnada y seca, si es que lo indica el proyecto o la Secretaría antes de colocar la carpeta asfáltica se

debe de tirar un riego de liga, para asegurar la unión entre ambas capas.

- Una vez realizado lo anterior y teniendo la mezcla preparada, lo siguiente es colocar la mezcla asfáltica con la pavimentadora de un espesor uniforme para después compactarse.
- Cada capa deberá colocarse como mínimo en todo el ancho de un carril. El tendido se debe de hacer de forma continua.
- Inmediatamente después de tendida la carpeta se procede a compactarse, el uso de compactadores vibratorios se usará para espesores mayores a 4 cm., se compactará de forma longitudinal de afuera hacia adentro en tangente y de adentro hacia afuera en curva con un traslape de por lo menos la mitad del compactador en cada pasada.
- Una vez terminada la compactación la superficie quedará limpia con textura y acabado uniformes.

En la ejecución del tendido de la carpeta asfáltica se utilizó el equipo necesario y marcado por la norma N-CTR-CAR-1-04-006-14, como se observa en las imágenes 5.22., 5.23. y 5.24.

La granulometría y características físicas del agregado pétreo también cumplían con la norma correspondiente y se utilizó un cemento asfáltico PG grado 64-22, ratificado por el laboratorio contratado por la contratista y certificado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Ver anexos.

Se siguieron las recomendaciones necesarias para el tendido de la carpeta asfáltica, que consisten principalmente en tener excelentes condiciones climáticas y que la mezcla fuera tendida dentro de los límites permitidos, por la razón de que durante el traslado desde el lugar donde hacer la mezcla al lugar del tiro se llega a enfriar.

El Residente de Obra por parte de la SCT estuvo presente en el sitio de la ejecución de los trabajos y revisó que se hicieran conforme a como la norma indica y revisó cada detalle, la calidad de los materiales usados, el equipo utilizado y su rendimiento, etc., quedando en su totalidad autorizados.



Imagen 5.22.- Camión vaciando el concreto asfáltico a la caja de la pavimentadora.

Fuente: Propia.



Imagen 5.23.- Compactadora de neumáticos dando el terminado a la carpeta.

Fuente: Propia.



Imagen 5.24.- Equipo utilizado para la construcción de carpeta asfáltica.

Fuente: Propia.

5.2.17.- Señalamiento horizontal y vertical.

El señalamiento tanto horizontal y vertical cumple con lo mencionado en la norma correspondiente N-CTR-CAR-1-07 o en el Manual de Señalamiento Vial y Dispositivos de Seguridad de la SCT, en dicho manual viene descrito todo lo referente al señalamiento horizontal y vertical, se mencionan por ejemplo el tamaño de las señales según su ubicación si es zona rural o urbana, el material con el que se deben de hacer los señalamientos, colocación, por ejemplo a cuantos metros del hombro del camino deben de colocarse, instrucciones para colocarse, etc.

5.2.18.- Fotografías de terminación.

A continuación, en las siguientes imágenes se muestra la finalización de los trabajos de la modernización del camino E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo del. Km. 1+500 al km. 4+500.

Al haberse terminado y ejecutado todos los conceptos, el Residente de Obra por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en coordinación con el Superintendente a cargo de la obra por parte de la empresa contratista hacen el cierre administrativo de la obra y realizan un recorrido en el sitio para verificar la ejecución de los trabajos al 100%.

En ese sentido, el Residente de obra por parte de la SCT certificó los trabajos realizados y se hicieron los trámites correspondientes.



Imagen 5.25.- km. 1+500.

Fuente: Propia.



Imagen 5.26.- km. 1+700

Fuente: Propia.



Imagen 5.27.- km. 1+900.

Fuente: Propia.



Imagen 5.28.- km. 2+100.

Fuente: Propia.



Imagen 5.29.- km. 2+300

Fuente: Propia.

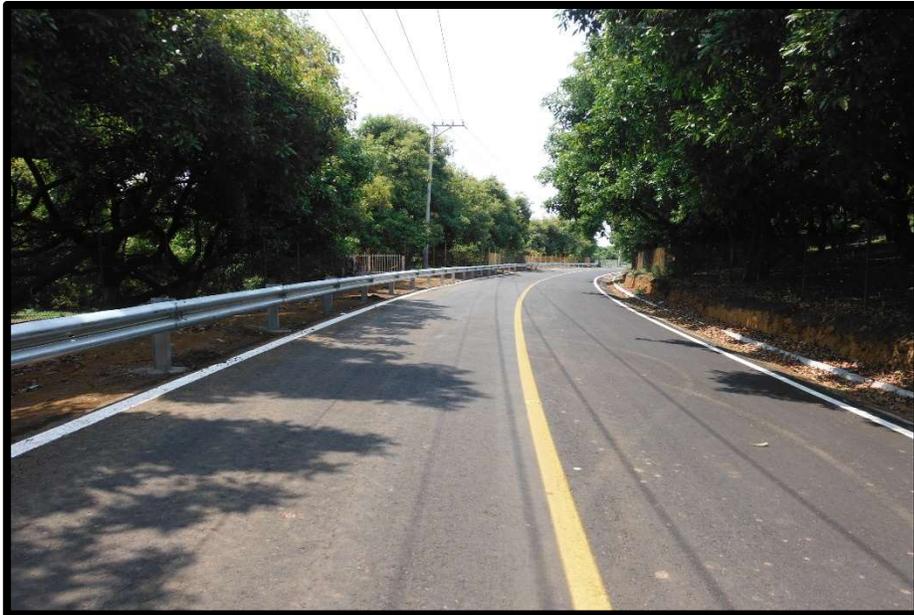


Imagen 5.30.- km. 2+500.

Fuente: Propia.



Imagen 5.31.- km. 2+500.

Fuente: Propia.



Imagen 5.32.- km. 2+700.

Fuente: Propia.



Imagen 5.33.- km. 2+900.

Fuente: Propia.



Imagen 5.34.- km. 3100.

Fuente: Propia.



Imagen 5.35.- km. 3+300.

Fuente: Propia.



Imagen 5.36.- km. 3+500.

Fuente: Propia.



Imagen 5.37.- km. 3+700

Fuente: Propia.



Imagen 5.38.- km. 3+900.

Fuente: Propia.



Imagen 5.39.- km. 4+100.

Fuente: Propia.



Imagen 5.40.- km. 4+300.

Fuente: Propia.



Imagen 5.41.- km. 4+400.

Fuente: Propia.



Imagen 5.42.- km. 4+500.

Fuente: Propia.

CONCLUSIÓN

En la presente investigación se tuvo como objetivo general revisar si el proceso constructivo del camino E.C. (Tancítaro-El Copetiro)-Apúndaro-Pareo, en el municipio de Tancítaro, Michoacán, cumplen con los lineamientos que marcan las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); dependencia que fue la encargada de proporcionar el recurso y hacer el proyecto para dicho camino.

Este objetivo se cumplió haciendo investigación de campo en su más pura expresión, en el sentido de que se tuvo que estar en el sitio de los trabajos revisando la ejecución de los mismos, ya que se observó a detalle el proceso constructivo, desde la calidad de los materiales a simple vista, la operación de las máquinas y la efectividad y rendimiento de los operadores, los ensayos de las pruebas de laboratorio para corroborar la calidad marcada por la norma, etc.

De igual manera, en lo que se refiere a los objetivos particulares de esta investigación se dio cumplimiento, a continuación, se mencionan nuevamente:

1.- Revisar que la ejecución de los conceptos de obra del catálogo se apegue a las normas SCT.

Como se mencionaba anteriormente, fue investigación de campo en su más pura expresión, pero para siempre se consultó la normativa vigente y correspondiente a cada trabajo, con el objetivo de definir cada concepto, que calidad de materiales se debía manejar, que equipo era el necesario para ejecutar el trabajo y revisar las indicaciones del proceso constructivo que se tenía que hacer según la norma.

2.- Revisar la calidad de los materiales empleados.

En la construcción de este camino motivo de esta investigación, y generalmente en todos los de nueva construcción, hay ciertos procesos en los que se debe de revisar la calidad de los materiales usados y en otros la ejecución de los trabajos, por ejemplo, en los rellenos y la construcción de las distintas capas se tuvo que revisar la granulometría de los materiales usados en cada capa, también revisar el grado de compactación de cada una principalmente, en la construcción de cunetas, lavaderos y bordillos se hicieron pruebas a los materiales usados para verificar su calidad y las pruebas de rigor al concreto realizado en obra, como por ejemplo, las pruebas de revenimiento en campo y resistencia a la compresión en un laboratorio con situaciones controladas y simuladas.

3.- Describir si hubo alguna dificultad durante la ejecución de la obra.

Es importante mencionar que debido a la temporada estacional cuando se ejecutó la obra y a la localización de la misma y las características físicas de la zona, como son el tipo de suelo y condiciones del terreno en combinación con factores climatológicos y ambientales, se complicó la ejecución y se presentó una situación.

Como la ejecución de la obra fue en temporada de lluvias y huracanes, tal fue el caso que cuando se iniciaron los cortes se presentó una lluvia y debido al tipo de material que se estaba excavando, tipo arcilla. Como la situación climatológica perduro varios días, el material se saturó, tal fue el caso que en varios puntos de corte la misma contratista excavo más volumen del que se tenía programado y presupuestado y a lo que la contratista le fue difícil estabilizarlos. Como la situación climatológica no

mejoraba, la solución que se propuso a la situación entre ambas partes, es decir, la empresa contratista a cargo de la ejecución de la obra y el Residente de Obra por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fue hacer una capa drenante, es decir, rellenar con material granular de distintos tamaños con el objetivo de que el agua no suba por capilaridad y quede por debajo del nivel de la subrasante.

Al paso de los días el mal tiempo pasó y se logró estabilizar dichas zonas de corte mediante la colocación de una capa filtro, cabe mencionar que la maquinaria que se utilizó fue la excavadora para remover material y el uso de caminos mineros tipo juque para el movimiento de tierras.

4.- Definir que es una vía terrestre y su importancia.

Se puede decir que una vía terrestre es un camino, sin importar su clasificación y condiciones físicas, siempre y cuando sea de fácil acceso y transitable para los vehículos propulsados. Una vía terrestre es de suma importancia ya que puede comunicar dos lugares o más, por grandes o pequeños que sean, desde comunidades hasta capitales de algún estado, con el objetivo de detonar el desarrollo económico.

Con las visitas a dicha obra y la revisión realizada en la ejecución de los trabajos motivo de esta investigación quedan más completos y entendidos los conocimientos aprendidos en clase, ya que se tuvo la oportunidad de relacionar lo conceptual y la teoría con la práctica y aunque el camino construido en mención es relativamente pequeño, esto sienta las bases para poder aplicarse en la vida laboral sin importar el tamaño del camino en un futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Crespo Villalaz, Carlos. (2012)

Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Puertos y Aeropuertos.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores. (2014)

Metodología de la investigación.

Mc Graw-Hill, México.

Juárez Badillo, Eulalio y Colaboradores. (2005)

Mecánica de suelos 1: Fundamentos de la mecánica de suelos.

Ed. Limusa, México.

Mier Suarez, José Alfonso. (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos.

Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2009)

Estructuración de las vías terrestres.

Grupo Editorial Patria, México.

Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo. (1993)

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles Y Aeropuertos. Vol. II.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016)

Manual de señalamiento vial y dispositivos de seguridad.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2016)

Manual de geométrico de carreteras.

Tamayo y Tamayo, Mario. (1998)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

Capítulo 1:

<https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>

Capítulo 3:

www.google.com.mx

www.inegi.gob.mx

www.wikipedia.com

Capítulo 5:

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-001-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-002-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-003-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-03-011-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-009-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-012-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-007-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-02-001-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-03-014-09.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-03-003-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-03-006-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-03-007-00.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-04-002-11.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-04-004-15.pdf>

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-04-006-14.pdf>

ANEXOS

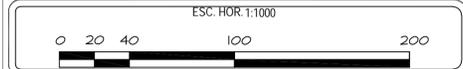
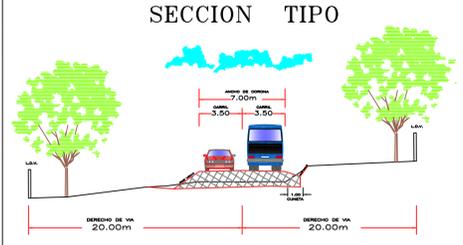
OBRA: AMPLIACION DE TERRACERIAS, OBRAS DE DRENAJE, PAVIMENTACION Y SEÑALAMIENTO
 CAMINO: E. C. (EL COPETIRO-TANCITARO) APUNDARO-PAREO, MPIO. DE TANCITARO MICH.
 TRAMO: DEL KM 1+500.00 AL KM 4+500.00

NOMBRE DEL PLANO:
PLANTA GEOMÉTRICA



DATOS DE PROYECTO

TRANSITO (DPA)	350 VEHÍCULOS	TALUD CORTE=0.5:1	TERRAPLEN=1.5:
CARRETERA TIPO	C	VELOCIDAD DE PROYECTO	40 KMP
CURVATURA MAXIMA	50°00'00"	PENDIENTE GOBERNADORA	7%
ANCHO DE CORONA	7.00 m	ANCHO DE CALZADA	7.00 m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.85 m	PENDIENTE MAXIMA	11.40 %



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
 INCORPORACIÓN N° 8727-15
 A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCITARO-EL COPETIRO)-APUNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCITARO, ESTADO DE MICHOACÁN.

TESIS
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO CIVIL

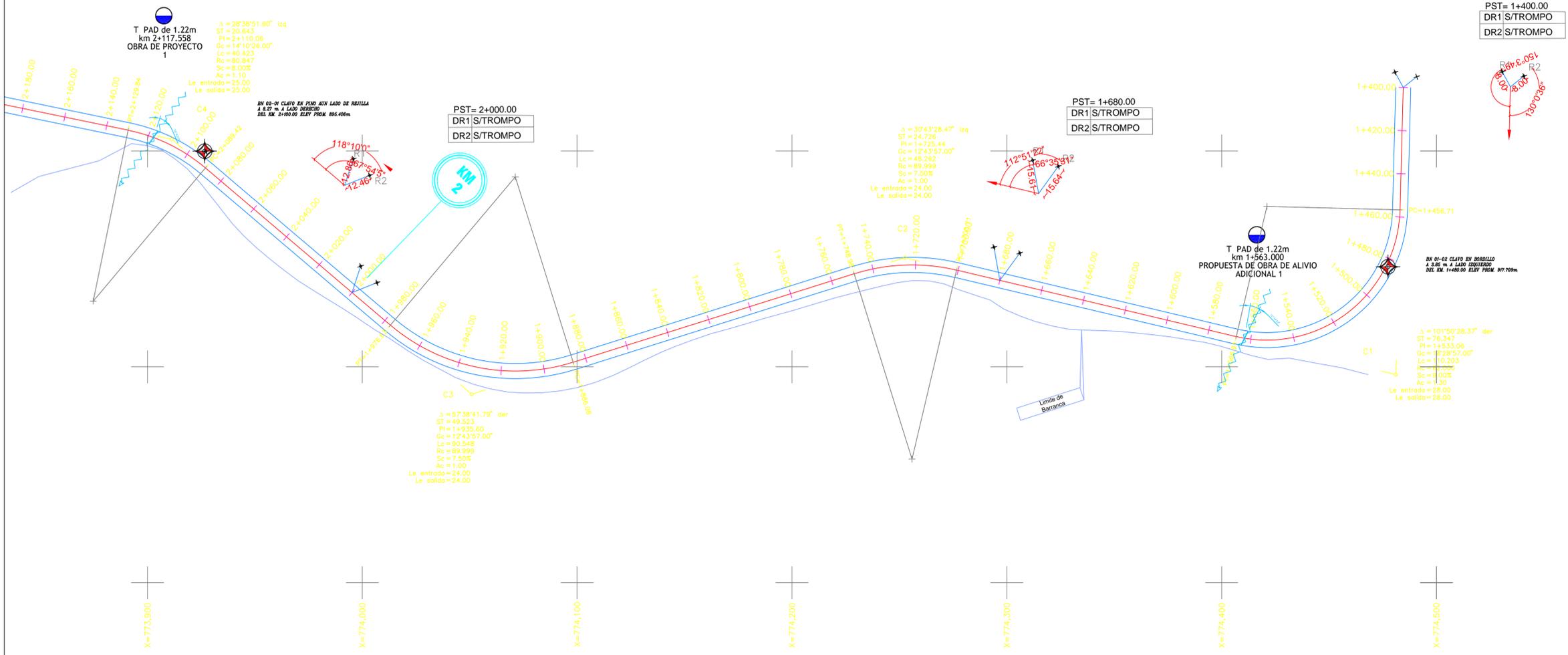
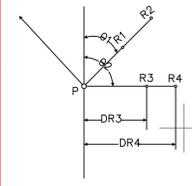
PRESENTA:
 ADALID CASTAÑEDA GARCÍA

ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO

URUAPAN, MICHOACÁN; A 18 DE SEPTIEMBRE DE 2018

REPORTE DE REFERENCIAS DE TRAZO

PTO. REFERENCIADO (P)	Km.	ANGULOS (θ) A LA DERECHA PROLONGACION TANGENTE ATRÁS Y DISTANCIA DE "P" A "R"				DIAGRAMA ILUSTRATIVO				
		θ	DR1	θ	DR2	θ	DR3	θ	DR4	
PST 1+400.00	150°	3'	49"	8'	Trompo	229°	59'	24"	8'	Trompo
PST 1+680.00	66°	35'	31"	15.61	Trompo	112°	51'	22"	15.64	Trompo
PST 2+000.00	67°	54'	5"	12.86	Trompo	118°	10'	0"	12.46	Trompo
PST 2+500.00	62°	58'	29"	12.40	Trompo	123°	15'	38"	13.83	Trompo
PST 2+640.00	61°	38'	8"	15.93	Trompo	229°	24'	18"	16.74	Trompo
PST 3+020.00	58°	20'	43"	15.59	Trompo	298°	13'	41"	12.94	Trompo
PST 3+300.00	130°	14'	0"	15.36	Trompo	229°	2'	24"	11.40	Trompo
PST 3+600.00	56°	36'	9"	17.39	Trompo	136°	44'	29"	15.38	Trompo
PST 4+000.00	227°	38'	11"	15.80	Trompo	290°	51'	36"	13.89	Trompo
PST 4+300.00	48°	45'	1"	14.32	Trompo	100°	37'	51"	14.42	Trompo
PST 4+520.00	60°	32'	2"	12.17	Trompo	298°	7'	20"	9.11	Trompo



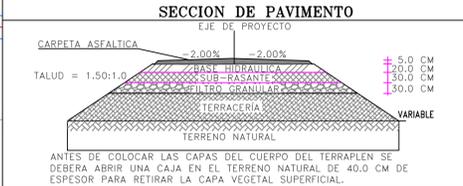
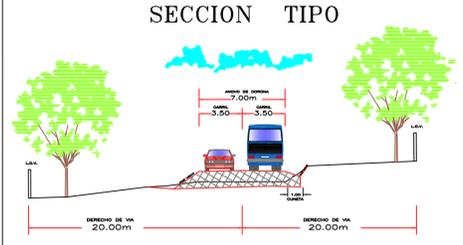
OBRA: AMPLIACION DE TERRACERIAS, OBRAS DE DRENAJE, PAVIMENTACION Y SEÑALAMIENTO
 CAMINO: E. C. (EL COPETIRO-TANCITARO) APUNDARO-PAREO, MPIO. DE TANCITARO MICH.
 TRAMO: DEL KM 1+500.00 AL KM 4+500.00

NOMBRE DEL PLANO:
PLANTA GEOMETRICA



DATOS DE PROYECTO

TRANSITO (DPA)	350 VEHICULOS	TALUD CORTE=0.5:1	TERRAPLEN=1.5:
CARRETERA TIPO	C	VELOCIDAD DE PROYECTO	40 KMP
CURVATURA MAXIMA	50°00'00"	PENDIENTE GOBERNADORA	7%
ANCHO DE CORONA	7.00 m	ANCHO DE CALZADA	7.00 m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.85 m	PENDIENTE MAXIMA	11.40 %



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
 INCORPORACIÓN N° 8727-15
 A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCITARO-EL COPETIRO)-APUNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCITARO, ESTADO DE MICHOACÁN.

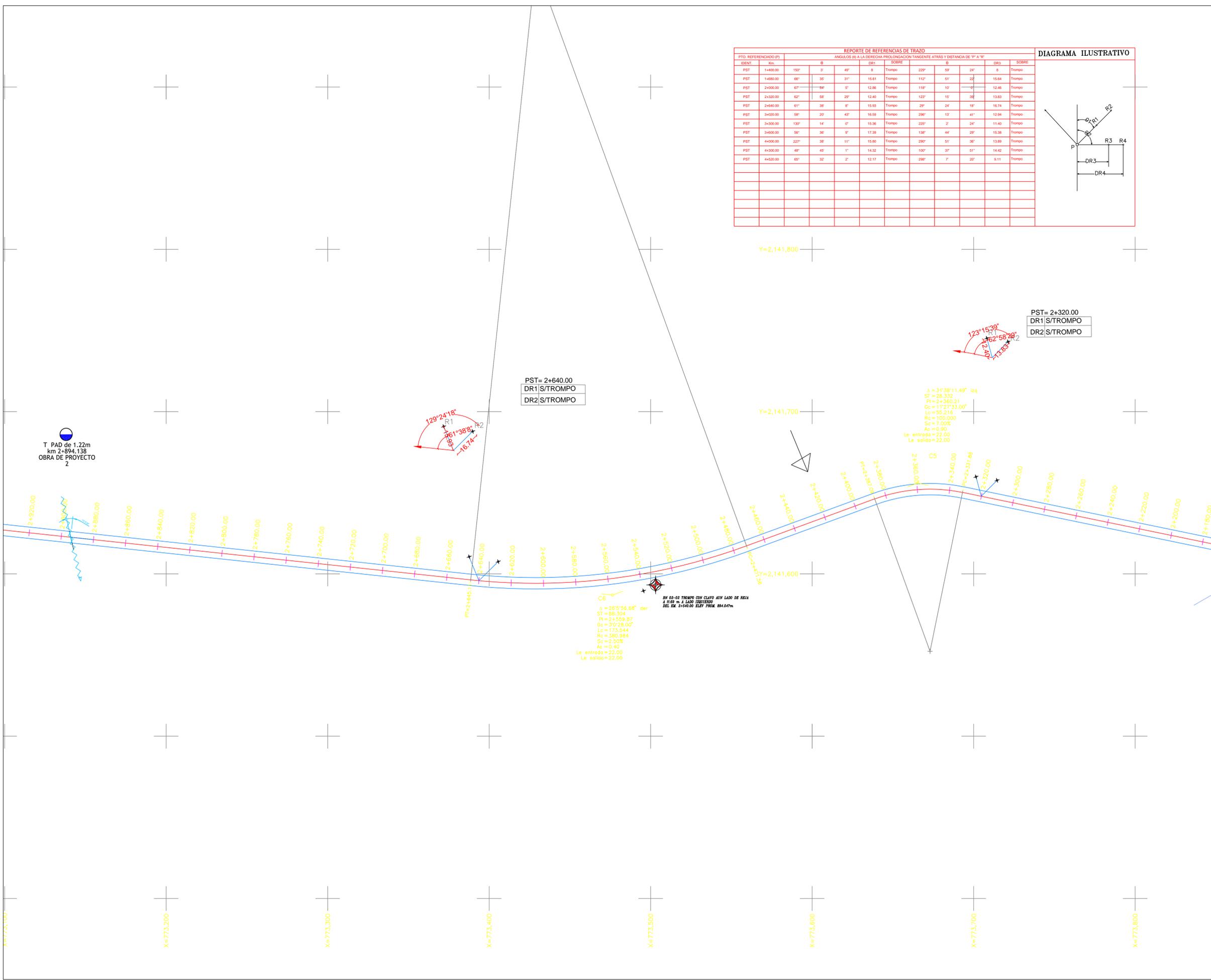
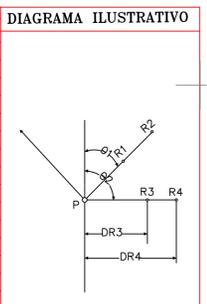
TESIS
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
 ADALID CASTAÑEDA GARCÍA

ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO
 URUAPAN, MICHOACÁN; A 13 DE SEPTIEMBRE DE 2018

REPORTE DE REFERENCIAS DE TRAZO

PTO. REFERENCIADO (P)	ANGULOS (B) A LA DERECHA PROLONGACION TANGENTE ATRAS Y DISTANCIA DE "P" A "B"									
	IDENT.	SOB.	DR1	DR2	DR3	DR4	SOB.	TRONPO		
PST 1+400.00	190°	3'	49'	8	Trompo	229°	59'	24"	8	Trompo
PST 1+600.00	66°	35'	31'	15.61	Trompo	112°	51'	24"	15.64	Trompo
PST 2+000.00	67°	36'	5'	12.86	Trompo	118°	10'	24"	12.46	Trompo
PST 2+320.00	62°	58'	29'	12.40	Trompo	123°	10'	38"	13.83	Trompo
PST 2+640.00	61°	38'	9'	15.93	Trompo	29°	24'	18"	16.74	Trompo
PST 3+020.00	58°	29'	43'	16.59	Trompo	296°	13'	41"	12.94	Trompo
PST 3+300.00	130°	14'	0'	15.36	Trompo	225°	2'	24"	11.40	Trompo
PST 3+600.00	56°	36'	9'	17.39	Trompo	138°	44'	29"	15.38	Trompo
PST 4+000.00	227°	38'	11'	15.80	Trompo	290°	51'	36"	13.89	Trompo
PST 4+300.00	48°	45'	1'	14.32	Trompo	100°	37'	51"	14.42	Trompo
PST 4+520.00	66°	32'	2'	12.17	Trompo	298°	7'	20"	9.11	Trompo



T PAD de 1.22m
 km 2+894.138
 OBRA DE PROYECTO
 2

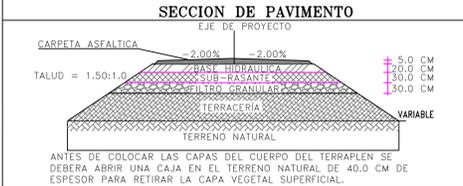
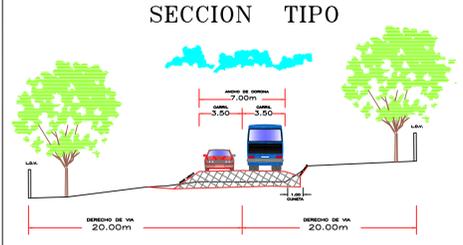
OBRA: **AMPLIACION DE TERRACERIAS, OBRAS DE DRENAJE, PAVIMENTACION Y SEÑALAMIENTO**
 CAMINO: **E. C. (EL COPETIRO-TANCITARO) APUNDARO-PAREO, MPIO. DE TANCITARO MICH.**
 TRAMO: **DEL KM 1+500.00 AL KM 4+500.00**

NOMBRE DEL PLANO:
PLANTA GEOMETRICA



DATOS DE PROYECTO

TRANSITO (DPA)	350 VEHICULOS	TALUD CORTE=0.5:1	TERRAPLEN=1.5:
CARRETERA TIPO	C	VELOCIDAD DE PROYECTO	40 KMP
CURVATURA MAXIMA	50°00'00"	PENDIENTE GOBERNADORA	7%
ANCHO DE CORONA	7.00 m	ANCHO DE CALZADA	7.00 m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.85 m	PENDIENTE MAXIMA	11.40 %



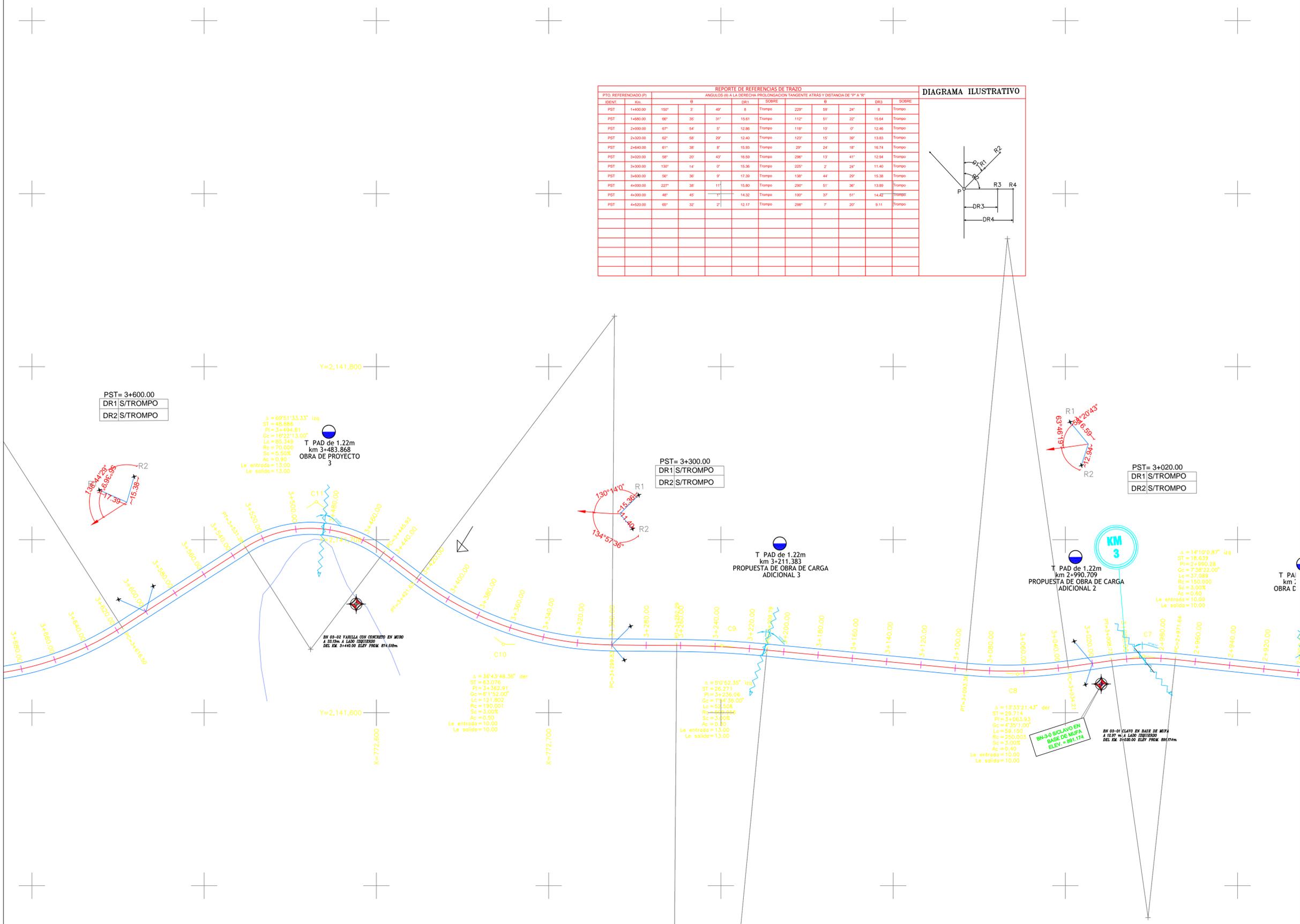
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
 INCORPORACIÓN N° 8727-15
 A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCITARO-EL COPETIRO)-APUNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCITARO, ESTADO DE MICHOACÁN.

TESIS
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO CIVIL
 PRESENTA:
 ADALID CASTAÑEDA GARCÍA
 ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO
 URUAPAN, MICHOACÁN; A 18 DE SEPTIEMBRE DE 2018

DIAGRAMA ILUSTRATIVO

REPORTE DE REFERENCIAS DE TRAZO										
ANGULOS (IN A LA DERECHA) PROLONGACION TANGENTE ATRAS Y DISTANCIA DE "P" A "R"										
PTO. REFERENCIADO (PI)	Km.	θ	DR1	SOBRE	θ	DR3	SOBRE	θ	DR4	
PST	1+400.00	150°	3'	49'	8'	Trompo	229'	59'	24'	8'
PST	1+480.00	66°	30'	31'	15.61	Trompo	112'	51'	22'	15.64
PST	2+000.00	67°	54'	5'	12.86	Trompo	118'	10'	0'	12.86
PST	2+320.00	62°	58'	29'	12.40	Trompo	123'	15'	39'	13.83
PST	2+420.00	61°	38'	8'	15.93	Trompo	29'	24'	18'	16.74
PST	3+020.00	58°	20'	43'	16.59	Trompo	286'	13'	41'	12.94
PST	3+300.00	130°	14'	0'	15.36	Trompo	225°	2'	24'	11.40
PST	3+600.00	56°	36'	9'	17.39	Trompo	138'	44'	29'	15.36
PST	4+000.00	227°	38'	11'	15.80	Trompo	290°	51'	36'	13.89
PST	4+300.00	48°	45'	1'	14.32	Trompo	100°	37'	51'	14.42
PST	4+520.00	65°	32'	2'	12.17	Trompo	298'	7'	20'	9.11



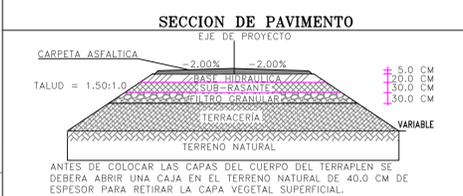
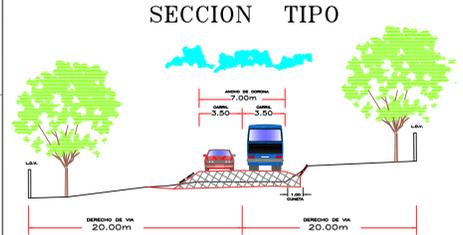
OBRA: AMPLIACION DE TERRACERIAS, OBRAS DE DRENAJE, PAVIMENTACION Y SEÑALAMIENTO
 CAMINO: E. C. (EL COPETIRO-TANCITARO) APUNDARO-PAREO, MPIO. DE TANCITARO MICH.
 TRAMO: DEL KM 1+500.00 AL KM 4+500.00

NOMBRE DEL PLANO:
PLANTA GEOMÉTRICA



DATOS DE PROYECTO

TRANSITO (DPA)	350 VEHICULOS	TALUD CORTE=0.5:1	TERRAPLEN=1.5:
CARRETERA TIPO	C	VELOCIDAD DE PROYECTO	40 KMP
CURVATURA MAXIMA	50°00'00"	PENDIENTE GOBERNADORA	7%
ANCHO DE CORONA	7.00 m	ANCHO DE CALZADA	7.00 m
ESPESOR DE PAVIMENTO	0.85 m	PENDIENTE MAXIMA	11.40 %

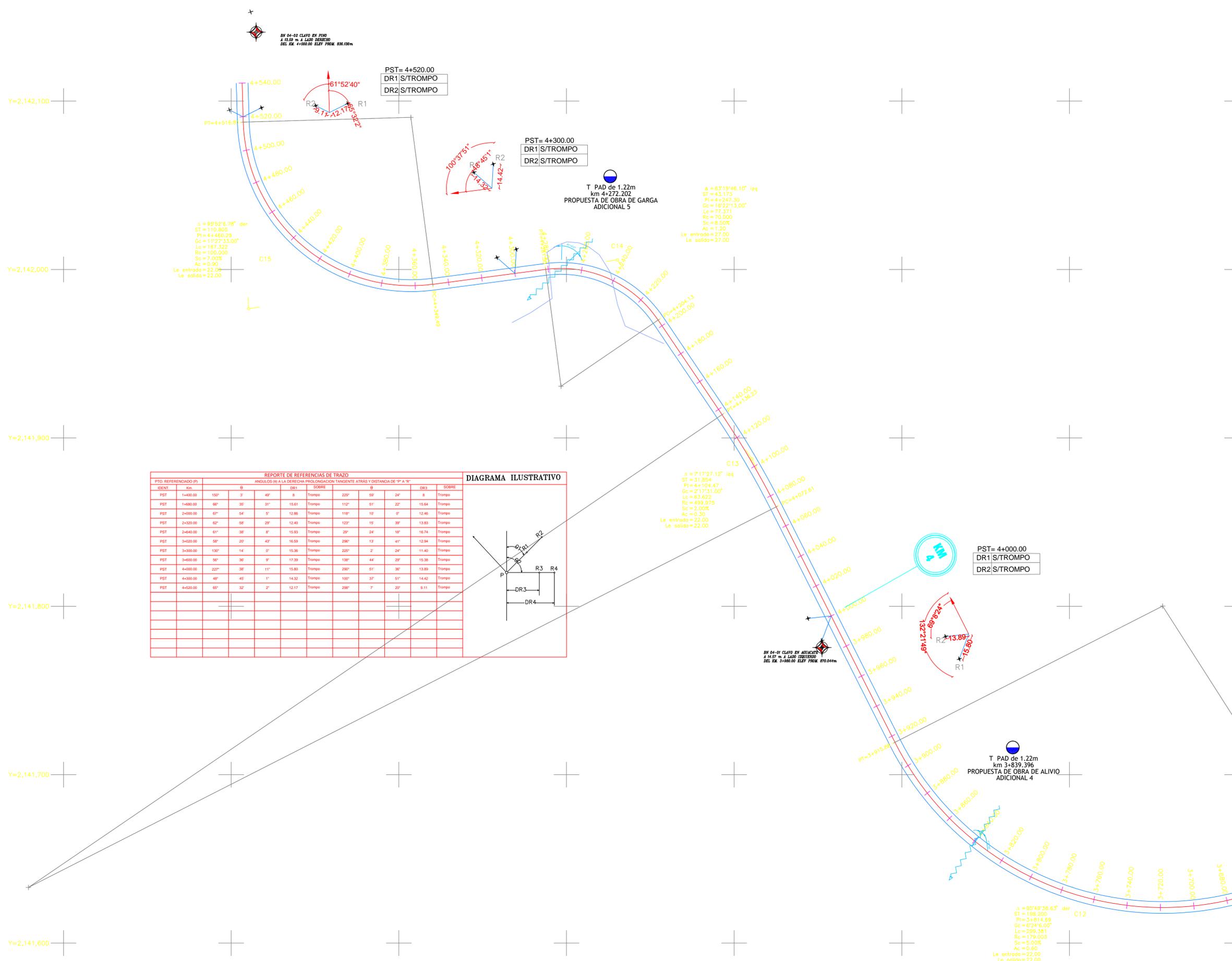


UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
 INCORPORACIÓN N° 8727-15
 A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REVISIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ACUERDO CON LAS NORMAS SCT DEL CAMINO: E.C. (TANCITARO-EL COPETIRO)-APUNDARO-PAREO, DEL KM. 1+500 AL KM. 4+500, EN EL MUNICIPIO DE TANCITARO, ESTADO DE MICHOACÁN.

TESIS
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO CIVIL
 PRESENTA:
 ADALID CASTAÑEDA GARCÍA

ASESOR: I.C. ANASTACIO BLANCO SIMIANO
 URUAPAN, MICHOACÁN; A 13 DE SEPTIEMBRE DE 2018



REPORTE DE REFERENCIAS DE TRAZO

PTO. REFERENCIADO (P)	Km	g	DR1	g	DR3	SOBRE
PST	1+400.00	150°	3'	40"	8	Trompo
PST	1+600.00	66°	30'	31"	15.61	Trompo
PST	2+000.00	67°	54'	5"	13.86	Trompo
PST	2+320.00	62°	58'	29"	12.40	Trompo
PST	2+640.00	61°	38'	8"	15.83	Trompo
PST	3+020.00	58°	20'	43"	16.59	Trompo
PST	3+300.00	130°	14'	0"	15.36	Trompo
PST	3+600.00	56°	36'	9"	17.39	Trompo
PST	4+000.00	227°	38'	11"	15.80	Trompo
PST	4+300.00	48°	45'	1"	14.32	Trompo
PST	4+620.00	65°	32'	2"	12.17	Trompo

