



UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

**PROCESO CONSTRUCTIVO EN AMPLIACIÓN DE TERRACERÍAS
DEL TRAMO APÚNDARO KM 1+000 AL KM 2+000 DEL MUNICIPIO
DE TANCÍTARO, MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Cristian Joaquin Montiel Vargas

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, a 20 de Marzo del 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

Le agradezco a Dios por haberme guiado al camino correcto en el transcurso de mi carrera profesional por ser mi luz y mi camino, brindándome una vida llena de aprendizajes, fortalezas y grandes experiencias.

Le doy gracias a mis padres, Joaquin Montiel y Paula Vargas, por estos cuatro años y medio de grandes esfuerzo y sacrificios. Por los momentos en los que siempre me brindaron su comprensión, confianza y ejemplo de superación, por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional y culminarla.

A mi hermano, Mario Montiel, por todos sus consejos y su apoyo que siempre estuvieron incondicionalmente a lo largo de esta etapa, por ser un ejemplo para mi desarrollo profesional. A Betsabé Solórzano, quien ha sido mi inspiración, por su paciencia y comprensión en los momentos que más lo necesitaba a pesar de la distancia, por su amor, demostrándome siempre su apoyo en las buenas y malas.

A mis profesores.

Por todo su apoyo para la elaboración de este trabajo, por su experiencia, tiempo, amistad y conocimientos brindados a lo largo de mi carrera, son parte esencial de este logro, agradezco a:

Ing. Anastacio Blanco Simiano

Ing. Guillermo Navarrete Calderón.

Ing. Sandra Natalia Parra Macías

Lic. Juan Luis Moreno Hurtado

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

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

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES.....	10
1.1 Historia de las vías terrestres.....	10
1.2 Concepto de carretera.	12
1.3 Clasificación de las carreteras.	12
1.3.1 Clasificación por transitabilidad o estructura.	12
1.3.2 Clasificación según su función administrativa.	13
1.3.3 Clasificación técnica oficial.	14
1.4 Velocidad en general.	15
1.4.1 Velocidad de proyecto.....	15
1.4.2 Velocidad de recorrido.	18
1.4.3 Velocidad de punto.	19
1.4.4 Velocidad media temporal.....	19
1.4.5 Velocidad media espacial.	20
1.4.6 Velocidad de marcha.	20
1.4.7 Velocidad de operación.....	20
1.5 Derecho de vía.....	21
1.5.1 Adquisición del derecho de vía.	21
1.5.2 Procedimientos para adquirir la propiedad.....	22
1.6 Capacidad y nivel de servicio vehicular.	23
1.6.1 Capacidad de un camino.	23

1.6.2 Volumen de servicio.....	25
1.6.3 Capacidad para condiciones de circulación continua.	26
1.7 Concepto de Nivel de servicio.....	27
1.8 Segmentos básicos de autopistas.....	29
1.8.1 Carreteras de carriles múltiples.....	31
1.8.2 Carreteras de dos carriles.....	32
1.8.3 Condiciones ideales.....	33
1.9 Factores relativos al camino.	35

CAPÍTULO 2

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERÍAS	38
2.1 Definición de terracerías.....	38
2.2 Desmonte.....	38
2.2.1 Criterios para aceptación o rechazo de desmonte.....	42
2.3 Cortes.....	42
2.3.1 Equipo para realización de cortes.....	47
2.4 Escalones de liga.....	47
2.5 Préstamos.....	48
2.5 Terraplenes.....	50
2.6 Canales.....	55
2.7 Acarreo para terracerías.....	56
2.8 Compactación de los materiales en el camino.....	57
2.8.1 Compactación de los materiales en el campo.....	60
2.8.2 Compactadores por amasado.....	60
2.8.3 Compactadores por presión.....	61
2.8.4 Compactadores por impacto.....	62
2.8.5 Compactadores por vibración.....	63
2.8.6 Compactadores mixtos.....	63
2.9 Pruebas de compactación.....	64
2.9.1 Materiales para terracerías.....	64

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN	66
3.1 Generalidades.....	66
3.1.1 Objetivo.....	66
3.1.2 Alcance del proyecto.....	67
3.2 Resumen ejecutivo.....	68
3.3 Entorno Geográfico.	69
3.3.1 Macro localización.....	70
3.3.2 Micro localización.....	71
3.3.3 Geología regional.	75
3.3.4 Topografía regional.	76
3.3.5 Uso de suelo regional.	77
3.3.6 Hidrología regional.	78
3.4 Informe fotográfico.	80
3.4.1 Problemática de drenaje superficial y camino poco escarpado.	81
3.4.2 Estado actual del camino.	82
3.5 Alternativa de solución.	83

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA	85
4.1 Método empleado.	85
4.1.1 Método matemático.....	88
4.2 Enfoque de la investigación.	88
4.2.1 Alcance de la investigación.....	90
4.3 Diseño de la investigación.	91
4.4 Instrumentos de recopilación de datos.....	92
4.5 Descripción del proceso de investigación.	93

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	94
5.1 Preliminares.	94

5.2 Desmonte.....	95
5.3 Despalme en cortes y en terraplén.	97
5.4 Excavación en cortes para formación terracerías.	98
5.5 Préstamos de Banco.....	102
5.6 Compactación del terreno.	102
5.7 Obras de drenaje.	104
5.7.1 Alcantarilla de tubo.....	106
5.8 Formación de la capa subrasante.	107
5.9 Generación de volúmenes de obra.	108
CONCLUSIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	119
OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.....	122
ANEXOS	123

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Al hablar de una carretera se hace mención de una “infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad”. (Cárdenas Grisales; 2002:2)

“La construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones comenzaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores”. (Rufino; 2005:16)

De acuerdo con Mier Suárez (1987), los primeros caminos que existían eran aquellos de tipo peatonal, el principal lugar donde dio origen a estos caminos fue en las civilizaciones maya y azteca en forma respectiva. Con la invención de la rueda surgió la carreta jalada por personas o por bestias por ende fue necesario acondicionar el camino para trasladarse lo más rápido y cómodo posible.

A finales del siglo XXI surgió la invención del automóvil de esta manera los caminos sufrieron varios cambios tanto en su geometría como en su estructuración, pero el automóvil tiene su mayor auge en el siglo XX, por lo anterior, se puede decir que el vehículo es el elemento principal que debe ser tomado en cuenta al proyectar

las vialidades y servicios complementarios, ya que todo sistema de transporte tiene un impacto profundo y trascendente en el uso del suelo y el bienestar socioeconómico de la población.

En la presente investigación se abordará de manera específica el tema de procesos constructivos de terracerías, en la cual una terracería puede ser definida como todo aquel material que será útil para el relleno de volumen en una construcción de una vía terrestre, tomando en cuenta que todo volumen que se usa en los terraplenes o los rellenos se dice que se tiene terracerías compensadas, mientras que el volumen de corte se considera desperdicio, según Mier Suárez (1987).

Al realizar la búsqueda en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C.se encontraron tres tesis similares de procesos constructivos en ampliación de terracerías, las cuales se mencionan a continuación:

Carlos Eduardo Ortiz Anadón en el año 2008, realizó una investigación que lleva por título: Proceso constructivo para la ampliación del tramo: “T Zinapecuaro – Morelia” del km 141+000 al km 151+000 de la carretera federal Atlacomulco – Morelia, esta investigación tiene como objetivo general brindar una solución adecuada en los resultados de estudios técnicos, topográficos, económicos y de tránsito de la ampliación del tramo “T Zinapecuaro – Morelia” , en conclusión la investigación cumplió con el objetivo general, mejorando el diseño geométrico, así mismo, esta investigación aportó datos técnicos a estudiantes de la carrera de

ingeniería civil, así como a cualquier persona técnica o profesional involucrada en el campo de las vías terrestres.

En el año de 1999 se elaboró un trabajo de investigación que lleva por título, Procedimientos constructivos de terracerías para la autopista Morelia – Lázaro Cárdenas del subtramo Uruapan - Nueva Italia del km 11+000 al 18+000, realizada por el alumno Ignacio Quintero Vizcarra, de la cual el objetivo general es el conocer los diferentes procesos constructivos de terracerías, concluyendo con el proyecto se logró la construcción de una vía de comunicación rápida y segura para el usuario de esta manera logrando el objetivo general.

Por último, en la tesis: Diseño del proyecto geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la hidroeléctrica de la CFE, en Uruapan, Michoacán, elaborada por Omar Jerzain Vargas Martínez en el año 2012, se plantea un objetivo general para diseñar el proyecto geométrico del tramo carretero del camino viejo a la hidroeléctrica de la CFE DE Uruapan, cumpliendo de esta manera satisfactoriamente con los calculo realizados durante la investigación, señalando que dicho proyecto es una alternativa que mejora la vialidad brindando seguridad, comodidad y confiabilidad.

Planteamiento del problema

Actualmente se puede observar que el tramo Apúndaro es de gran importancia, debido que su nivel de servicio con el paso del tiempo ha sido rebasado por el incremento del volumen de tránsito y capacidad de carga vehicular que a diario circula por esta vía de carretera.

Por esto es necesario realizar una ampliación para la vía de comunicación ya existente para proporcionar todo objetivo que una vía rápida debe cumplir, como son seguridad, comodidad, velocidad y confiabilidad.

Para esto existe la necesidad de construir, conservar y ampliar del tramo de terracería en el municipio de Tancítaro, km 1+000 al 2+000, del subtramo Apúndaro – Pareo. El mejoramiento y ampliación de esta vía, aseguraría su adecuado y normal funcionamiento, beneficiando con ello a la población del área de influencia y a la vez protegiendo la inversión ya realizada y la que se tenía en un futuro.

Como beneficio a la ampliación de dicha carretera se reducirá el tiempo de traslado teniendo un flujo vehicular adecuado para evitar saturación en horas de mayor circulación. En caso de que no se realice el proceso constructivo adecuado se corre el riesgo de gastos innecesarios, riesgos e inconformidad de los usuarios. De tal forma que surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el proceso constructivo adecuado para la ampliación de terracerías del tramo Apúndaro km 1+00 al km 2+000 del municipio de Tancítaro, Michoacán?

Objetivos

Objetivo general:

Diseñar el proceso constructivo adecuado para ampliación de terracerías del tramo Apúndaro-Pareo km 1+000 al km 2+000.

Objetivos particulares:

- 1.- Señalar el concepto de vía terrestre.
- 2.- Determinar las características de una vía terrestre.
- 3.- Conocer características geométricas del proyecto.
- 4.- Determinar las condiciones geométricas actuales del tramo.
- 5.- Definir conceptualmente el proceso constructivo
- 6.- Definir qué es un movimiento de tierra.
- 7.- Conceptualizar una terracería.
- 8.- Indicar y seleccionar tipo de maquinaria.
- 9.- Conocer tipo de material.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el proceso constructivo adecuado para la ampliación de terracerías del tramo Apúndaro km 1+000 al km 2+000, en el municipio de Tancítaro, Michoacán, del subtramo Apúndaro – Pareo?

Preguntas secundarias

- 1.- ¿Qué es una vía terrestre?
- 2.- ¿Qué es un proceso constructivo?
- 3.- ¿Cuáles son las condiciones actuales del tramo en terracería?
- 5.- ¿Cuál será el tipo de maquinaria adecuada para el proyecto?

Justificación.

Esta investigación permitirá dar una solución adecuada a la ampliación del camino de terracería del tramo Apúndaro, ya que las características del trazo no son las adecuadas respecto al tránsito vehicular para este tramo, pues la capacidad de servicio ha ido aumentando, lo que ha traído como consecuencia un flujo vehicular inestable así como considerables accidentes.

Con este trabajo se beneficiará a muchas personas directa e indirectamente, ayudando a los usuarios que transitan por este camino contando con una mayor

rapidez para transportarse y sobre todo segura, tiene la finalidad de aportar un procedimiento adecuado para la ampliación de terracería, de esta manera apoyándose de los diferentes cálculos, estudios técnicos, topográficos así como de tránsito. Al realizarse dicho proyecto y ser construido, tendrán una mejor ruta para poder transportarse con mayor rapidez, contando con los bienes y servicio que toda carretera vial debe contar, así evitando los problemas de tránsito y capacidad de carga vehicular que a diario circula por esta vía de carretera.

El investigador se verá favorecido con este proyecto, ya que podrá descifrar todas las teorías que tuvo antes de realizar la práctica, ahora sabrá en lo que tenía razón y en lo que no lo tuvo, al igual que conocerá el proceso constructivo adecuado de una carreta en terracería.

Se beneficiará a la institución así como a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. por ser una referencia como una nueva aportación a la investigación, de esta manera contando con otra fuente de consulta para futuros trabajos basándose en un modelo real.

Marco de referencia.

El tramo de la presente investigación se encuentra situada en el municipio de Tancítaro, se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°20' de latitud norte y 102°22' de longitud oeste, a una altura de 2,080 metros sobre el nivel del mar, su distancia a la capital del estado es de 170 km..

De acuerdo a la INEGI se encuentra delimitada Limita al norte con Peribán y Nuevo Parangaricutiro, al oeste con Nuevo Parangaricutiro y Parácuaro, al sur con

Parácuaro, Apatzingán y Buenavista, y al oeste con Peribán y Buenavista. Su superficie es de 717.65 Km² y representa 1.21 por ciento del total del. Esta zona se encuentra conformada principalmente por derivación de las actividades volcánicas pasadas, los suelos son los llamados andasoles. Principalmente se localizan en el macizo volcánico del Pico de Tancítaro y en algunas elevaciones volcánicas aisladas.

En este municipio la topografía del lugar cuenta principalmente con relieve accidentado con laderas de fuertes pendientes y barrancas profundas, dando la formación de miradoes naturales

La hidrología del municipio de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, las cuencas de mayor relevancia a nivel nacional y estatal por su extensión y significado socio-económico y ambiental son el Lerma-Santiago y el Balsas, donde se localiza el Pico de Tancítaro.

Las distintas actividades agrícolas así como todos los asentamientos humanos, han ocasionado el cambio de uso de suelo, y ha impactado de manera importante los recursos de la región, ya que esto ha provocado el desgaste y en muchas ocasiones la eliminación de la cubierta vegetal original, lo que ocasiona una disminución en la captación de agua y la erosión del terreno. Para evitar problemas graves con los cultivos es necesaria la utilización de las aguas provenientes del Pico de Tancítaro, de manantiales o bien o a través de la recolección del agua desde los escurrimientos superficiales permanentes.

Las actividades económicas realizadas dentro del parque nacional del Pico de Tancítaro, son de carácter primario: básicamente forestales maderables y no maderables, cultivo de frutales como aguacate y durazno, ganadería extensiva y agricultura de temporal, especialmente maíz.

El Pico de Tancítaro tomado como entidad hidrológica es catalogado como el principal desarrollo de cerca de 40,000 habitantes en 81 poblaciones y comunidades que se dedican al cultivo de aguacate, durazno, manzana y pera.

El principal uso de suelo en el municipio de Tancítaro Michoacán, se ha ido modificando, de acuerdo a la INAFED dependen en gran parte de la actividad forestal y agrícola tradicional, la actividad económica más popular es la agricultura y se cultiva principalmente: aguacate, durazno, maíz, trigo, haba, calabaza, papa y frijol.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se hablará del origen de las vías terrestres, así como la evolución que ha sufrido a través de los años y la clasificación que debe otorgarse conforme a la ingeniería y características de tránsito del camino. Se dará a conocer los medios adecuados para diseñar el proyecto geométrico de la mejor manera respecto a su volumen de tránsito, velocidad, flujo vehicular, estudios de proyecto capacidad vial, entre otros.

1.1 Historia de las vías terrestres.

Las vías terrestres son construidas de tierra y sobre tierra, y deben ser obras de tal manera que cumplan adecuadamente con las finalidades para la cual fueron proyectadas, así, como en la forma más económica posible. Una carretera tiene como objetivo principal el desarrollo y progreso de la nación o pueblo de quienes la construyen.

Los primeros caminos que fueron realizados se construyeron de tipo peatonal, ya que los habitantes nómadas formaban estos caminos principalmente por la necesidad de transportar sus alimentos de una región a otra, conforme fue pasando el tiempo estos tuvieron otras necesidades con finalidades comerciales, religiosas que tenían que realizarse de manera más rápida y segura, llevando a la construcción de otros caminos más civilizados.

Posteriormente, surgió la invención de la rueda, la cual, el principal medio en la que fue aplicada y aprovechada fue la carreta jalada, por este motivo fue necesario desarrollar, mejorar y ampliar las condiciones de los caminos con los que se contaba para realizar estos trayectos de la manera más rápida, segura y cómoda que fuera posible.

Es importante mencionar que la invención del automóvil proporcionó grandes beneficios en el desarrollo de la infraestructura a finales del siglo XIX. Los vehículos se han multiplicado tanto en número como en peso, por lo que se mejoró el tránsito y velocidad, acondicionando los caminos antiguos de carretera por construcciones mejoradas y sofisticada en su geometría y estructuración.

Cabe señalar que la infraestructura juega un papel muy importante en la vía terrestre, debido a que provocan un gran desarrollo, pues al ser construido un camino, los servicios de instalaciones de energía eléctrica, la conducción de agua potable, las obras de drenaje y alcantarillado son más fáciles de proporcionarlos.

Las vías terrestres y carreteras en el mundo se han constituido en un pilar fundamental de gran importancia económica y por este motivo deben ser evaluadas y programarse de tal manera que cumpla con los beneficios sociales y económicos que deban proporcionar, razón por la cual el mantenimiento es indispensable para cumplir el objetivo para la cual fue diseñada y construida.

1.2 Concepto de carretera.

Hablar de una carretera es referirse a una “infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad”. (Cárdenas Grisales; 2002:2)

1.3 Clasificación de las carreteras.

Una carretera debe cumplir con los requisitos de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el flujo de rodamiento vehicular adecuado para lo cual fue acondicionada. Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo, ya sea por sus aspectos físicos o por su transitabilidad.

Cabe mencionar que la práctica vial en México se pueden dividir en diferentes rubros para ser distinguidos con las diferentes clasificaciones proporcionadas en otros paises. Estos rubros son: clasificación por transitabilidad, clasificación por su aspecto administrativo y clasificación técnica oficial.

1.3.1 Clasificación por transitabilidad o estructura.

Su transitabilidad se clasifica por las etapas de construcción y se divide en las siguientes:

1.- Terracerías: cuando la sección de proyecto se ha construido hasta el nivel de subrasante, sin ningún tipo de revestimiento, transitablemente sólo en tiempo de secas.

2. Revestida: es la que se ha colocado sobre la subrasante una o varias capas de material granular.

3. Pavimentada: se refiere a la construcción total del pavimento, incluyendo la capa de rodadura.



Imagen 1.1.- Clasificación de carreteras por transitabilidad.

Fuente: Crespo; 1980: 2.

1.3.2 Clasificación según su función administrativa.

La clasificación administrativa de carreteras se divide en:

1. Federales: se refiere a los gastos que los cubre integralmente la federación y por lo tanto están a su cargo.

2. Estatales: son construidas por el sistema de cooperación dando un porcentaje al estado en la cual se construye y otra la federación, estos porcentajes se dividen en un 50%. Los caminos están al cargo de la Junta Local de Camino.

3. Vecinales: cuando son construidas por la cooperación de vecinos beneficiarios, los cuales pagan un tercio de su valor, mientras que otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado.

4. Cuota: son construidas por la SCT y se dan a cargo de una dependencia oficial descentralizada llamada CAPUFE(Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos), siendo la inversión recuperada por medio de cuotas de peaje.

1.3.3 Clasificación técnica oficial.

De acuerdo con Crespo (1980), este tipo de clasificación es la que determina de manera precisa la categoría física de un camino, debido a que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico al igual que las especificaciones geométricas aplicadas. Se clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

1. Tipo especial: para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos por hora o más. Los caminos de este tipo necesitan un estudio especial, por tener coronas de dos o cuatro carriles en un solo sentido.

2. Tipo A: para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 equivalentes a un tránsito horario máximo horario de 180 a 360 vehículos.

3. Tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12% de tránsito promedio diario.)

4. Tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos (12% del T.P.D.)
5. Tipo 5: tránsito promedio diario anual menor de 50, equivalentes a un tránsito máximo anual de 5 vehículos.

1.4 Velocidad en general.

Hablar del término velocidad es referirse a “la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h)”. (Mayor Reyes; 1994:205)

Es de gran importancia mencionar que uno de los factores más importantes dentro del proyecto de un camino es la velocidad, debido a su gran papel que juega en el funcionamiento adecuado, así como la rapidez y seguridad con la que se transportan de un sitio a otro tanto las personas como mercancías. Es muy común que la velocidad asignada para cada proyecto no sea la máxima que los vehículos pueden desarrollar, debido a que las velocidades mayores alcanzadas por cada uno pueden ser mucho mayores a las consideradas como de seguridad de los caminos, de acuerdo con Mier Suárez (1987).

1.4.1 Velocidad de proyecto.

Cabe mencionar que la velocidad de un proyecto a lo largo de un camino debe cumplir con todas y cada una de las características de proyecto, puesto que es la

máxima velocidad sostenida y debe ofrecer la máxima seguridad. Coincidiendo principalmente con el tipo del camino y el carácter del terreno. El principal punto para elegir adecuadamente la velocidad de proyecto debe tener una relación con la topografía de la región, por los volúmenes de tránsito, el uso de tierra y por el tipo de camino.

Estas características deben obtener como resultado un proyecto equilibrado las cuales deben coincidir con las características geométricas del mismo, una vez definida la velocidad de proyecto. Un camino definirá su velocidad de proyecto por el volumen de tránsito, si cuenta con un mayor volumen puede obtener una velocidad de proyecto mayor a diferencia de otro de menor importancia en topografía similar, primordialmente si la economía de operación de vehículos y otros costos es grande. Para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) las velocidades de proyectos viables son las siguientes:

Velocidades de proyecto recomendables				
Topografía				
TIPO DE CAMINO	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa, pero muy escarpada
Tipo especial	110km/h	110km/h	80km/h	80km/h
Tipo A	70	60	50	40
Tipo B	60	50	40	35
Tipo C	50	40	30	25

Tabla: 1.1.- Velocidades de proyecto recomendable.

Fuente: Crespo; 1980: 6.

Es recomendable por seguridad proyectar todo el camino con una misma velocidad de proyecto, aunque es común ver en algunos casos que no se realiza por los cambios constantes, principalmente por factores que intervienen dentro de la misma, como lo son: la topografía del terreno, el uso de la tierra, el volumen, por mencionar algunas. Y por lo tanto los cambios deben realizarse mediante transiciones suaves cuando esto pase, de tal manera la velocidad se ajustará a los conductores gradualmente y no de forma brusca.

Es común observar la variación en las velocidades con la que cada conductor transita, cambiando de tal manera esta velocidad respecto al volumen de tránsito y a las condiciones de superficie de rodamiento, de tal manera que cada proyecto debe acomodarse a los deseos y hábitos de circulación de la mayoría de los conductores.

En algunas circunstancias la topografía del terreno complica la localización del camino o en algunas ocasiones por cruzar por regiones muy pobladas, para esto es importante informarles a los conductores de estas circunstancias, aceptando las velocidades bajas de buena manera.

Según indica Mier Suárez (1987), por lo general los caminos se proyectan para una vida útil de 15 a 20 años, pero en algunas ocasiones se determinan por un tiempo mayor cuando el proyecto se realizó de manera adecuada, ya que las características de los alineamientos horizontal y vertical no cambian, de esta forma serán modificados sin causar ningún problema en un futuro, pero es importante mencionar que todo cambio de alineamiento y de perfil implica gastos considerables.

1.4.2 Velocidad de recorrido.

Este tipo de velocidad es conocida también como velocidad global o de viaje, arrojándonos como resultado de la división de la distancia recorrida, es decir de principio hasta el fin de viaje, entre el tiempo total que se emplea en recorrerla. Los factores tomados en cuenta dentro del tiempo total de recorrido son todas aquellas demoras de tiempo por reducción de velocidad y paradas provocadas por la vía, el volumen de tránsito y los diferentes dispositivos de control, que se encuentran ajenos a la voluntad del conductor. Pero, cabe mencionar, que las demoras fuera de la vía no son tomadas en cuenta, como son las paradas en restaurantes, en lugares de recreación y gasolineras.

Otro punto importante en los vehículos es la velocidad media de recorrido, la cual es obtenida mediante la suma de sus distancias recorrida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Pero si todo el grupo de vehículos recorren la misma distancia, se obtendrá dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido, esto nos indica que la velocidad media tendrá como punto de referencia la distancia.

El objetivo principal de la velocidad de recorrido es obtener las condiciones de fluidez vehicular de ciertas rutas, comparando los cambios realizados para medir los efectos.

1.4.3 Velocidad de punto.

Es la velocidad determinada de un vehículo al pasar por un punto determinado de una carretera o de una calle. A esta velocidad también se le denomina velocidad instantánea, debido a que se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto.

Las características de operación varían respecto al tramo, si el tramo de camino es pequeño, entonces la velocidad de punto podrá ser considerada representativa de la velocidad de operación. Mientras que en tramos largos donde la velocidad varía mucho en la media aritmética de las velocidades de punto, nos arrojará la velocidad de operación a lo largo del tramo recorrido.

Cuando los vehículos circulan con una velocidad de operación próxima a la de proyecto, las curvas proyectadas serán horizontales con baja velocidad de proyecto; por otro lugar, si las a curvas son diseñadas con un alto proyecto de velocidad, se obtendrán velocidades de operación muy por debajo de las reales del proyecto. Esta velocidad se medirá de diferente maneras, siendo la más conocida el Enoscopío.

1.4.4 Velocidad media temporal.

“Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carreta o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto”. (Mayor Reyes; 1994:208)

1.4.5 Velocidad media espacial.

Es aquel promedio de las velocidades de punto de todos los vehículos que en un cierto momento se encuentran en un tramo de carretera o calle. Teniendo una distribución espacial de velocidades de punto. Para obtener la velocidad media espacial en un punto de espacio o distancia dados, se calculará dividiendo la distancia por el promedio de los tiempos empleados por los vehículos en recorrerla.

1.4.6 Velocidad de marcha.

Para los vehículos, la velocidad de marcha es también conocida como velocidad de cruce, el valor que nos arroja será obtenido mediante la división de la distancia recorrida entre el tiempo durante la que el vehículo estuvo en movimiento. Para la velocidad en marcha de un viaje normal se obtendrá descontando el tiempo total de recorrido, sin importar por la causa que se hubiese detenido. Esta velocidad de marcha por lo regular será de valor superior a la de recorrido.

1.4.7 Velocidad de operación.

Son los vehículos que transitan con una velocidad real sobre el camino, contando con un índice del grado de eficiencia que la carretera proporciona a los usuarios al ser transitada. Esta velocidad se mantendrá a lo largo de un cierto tramo o camino mientras el vehículo se encuentre en movimiento.

1.5 Derecho de vía.

El derecho de vía es conocido principalmente como “la faja dentro de la cual se alojan una vía de comunicación y sus servicios auxiliares y cuya anchura mínima absoluta es de 25m a cada lado del eje de la vía”. (Crespo; 1980:42)

De acuerdo con Mier Suárez (1987), el derecho de vía es el borde con el cual dispone un terreno, con un ancho determinado para poder albergar de manera adecuada y segura una vía de comunicación con las partes correspondientes de la misma.

Retomando a Mier Suárez (1987), para la elaboración adecuada del derecho de vía se realizaran tomando en cuenta todas aquellas condiciones técnicas principalmente vinculadas con la seguridad, utilidad especial y la eficacia para otorgar un buen servicio, satisfaciendo de esta manera las vías de comunicación transitables. Los caminos en México correspondientes al derecho de vía cuentan con una capacidad mínima de cuarenta metros, es decir veinte metros de cada uno de los lados del eje, provocando una disminución en el ancho de las calles en el cruce de una zona urbana.

1.5.1 Adquisición del derecho de vía.

Cuando no se cuenten con los conocimientos adecuados correspondientes al aspecto legal de dicho problema, es de suma importancia seguir de forma adecuada tantos los procedimientos y reglamentos en los cuales están mencionados y se obtienen las características del derecho de vía.

1.5.2 Procedimientos para adquirir la propiedad.

Para la obtención de la propiedad de derecho de vía en la República Mexicana cambia dependiendo del tipo de camino con el que se encuentre, tomando el origen de los fundamentos con los que se construirá, ya sean federales de cooperación bipartita es decir formada por dos miembros o de cooperación tripartita.

En caminos federales se cuenta con un procedimiento llevado a cabo por el artículo contemplado en la “Ley de Vías Generales de Comunicación” tramitado el 30 de diciembre de 1939, en dicha ley se establecen los mencionados a continuación:

ARTICULO 1°. Son vías generales de comunicación.

Dentro de los caminos:

- a) Cuando estén relacionados con alguna vía de país extranjero.
- b) Cuando se encuentren en comunicación dos o más Entidades Federativas entre sí.
- c) Se encuentran en su totalidad o bien en una mayor parte construidas por la Federación

En los Puentes.

- a) Aquellos que están contruidos o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.
- b) Los ya contruidos o que se están construyendo sobre vías generales de comunicación.

- c) La construcción de puentes deberá contar con previo permiso de la Secretaria de la Defensa Nacional y de Obras Públicas.

ARTICULO 2°. Son parte integrante de las vías de generales de comunicación.

- I. Todos los servicios auxiliares, tanto obras, construcciones y demás dependencias así como los accesorios de las mismas.
- II. Los terrenos y aguas que sean necesarios para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras que se refieren la fracción anterior.

1.6 Capacidad y nivel de servicio vehicular.

El término capacidad es toda aquella “medida de la eficiencia de una calle o un camino”. (Mier Suárez; 1987: 59) De acuerdo al autor, una carretera debe contar con un nivel de servicio adecuado para que el conductor cumpla con las condiciones aptas de operación, cabe mencionar que la capacidad de un camino es uno de los niveles que operan dentro de un camino, siempre y cuando no se exceda el volumen de tránsito, ya que es la relación con la que cambia el nivel de servicio.

1.6.1 Capacidad de un camino.

Esta capacidad indica cuál es el flujo vehicular máximo que pueden operar dentro de él, además nos indica todas las condiciones de tránsito del camino en

cierto periodo de tiempo. Es importante mencionar que debe quedar perfectamente definido el periodo de tiempo en las determinaciones de capacidad elegidas.

El autor indica que en algunas ocasiones se pueden presentar periodos largos de tiempo que pueden variar desde un día o hasta un año, pero siempre va a cambiar dependiendo de la aspiración de los conductores que transiten por esa vía, ya que ellos crearán las variaciones horarias y estacionales en un promedio de volumen lo cual arroja como resultado sólo la utilización del camino en un porcentaje del tiempo total, siempre y cuando la demanda es la máxima.

De otra manera al presentarse periodos cortos, los cuales fluyen desde una hora o tiempos menores, siempre será la capacidad el máximo tránsito para el periodo de tiempo especificado.

En raras ocasiones estas características cambiarán, ya que sólo pueden sufrir una modificación si se deseara una reconstrucción total o parcial del camino, de no ser así las condiciones del terreno serán las que prevalecerán, mientras que las características del tránsito si pueden cambiar durante algunos periodos del día. Además de estos factores que afectan en la capacidad del camino el autor nos menciona algunos otros factores que no son tomados en cuenta pero que es importante indicarlos, principalmente tienen una relación con el medio ambiente, como los son: la precipitación, niebla tormentas, smog, por el frio, calor, claridad, entre otras.

1.6.2 Volumen de servicio.

Es el volumen del flujo vehicular de tránsito de acuerdo a un determinado nivel de servicio. El volumen de flujo vehicular máximo es igual a la capacidad.

Como ya ha mencionado anteriormente el autor, todo camino va a presentar diferentes características geométricas, las cuales dependen de la topografía del terreno y los problemas que presenten, que afectan en la sección transversal y pendiente; por esta razón las características afectan el flujo vehicular que opera por ese camino, principalmente los vehículos pesados y, por lo tanto, afecta de la siguiente manera la capacidad del camino:

1. Caminos en terreno plano: este tipo de camino es el que permite mantener a los vehículos pesados siempre una velocidad similar respecto a la de los vehículos ligeros.
2. Caminos en lomerío: sólo en diferentes intervalos del camino los vehículos pesados tendrán problemas y se verán obligados a disminuir su velocidad por debajo de las de los ligeros.
3. Caminos en montaña: este tipo de camino reduce de manera considerable la velocidad con la que operan los vehículos pesados, en grandes distancias del camino y con mucha frecuencia.

1.6.3 Capacidad para condiciones de circulación continua.

De acuerdo con Mier Suárez (1987), hay distintas formas para determinar los valores numéricos de la capacidad dependiendo de los diferentes tipos de caminos que se encuentren siempre bajo condiciones óptimas, los principales factores que ayudan para establecer dichos valores, son los valores máximos observados y los resultados obtenidos del análisis de las características del tránsito. Las condiciones de un camino cambian respecto a sus características geométricas y de operación bajo las siguientes condiciones ideales:

1. Circulación continua.
2. Exclusivamente vehículos ligeros.
3. Deben contar con carriles de 3.65m de ancho, con acotamientos adecuados sin ningún obstáculo lateral en 1.80m a partir de la orilla de la calzada.
4. Alineamiento horizontal y vertical adecuado para velocidades de proyecto de 110 km/h o mayores y sin restricciones en la distancia de visibilidad de rebase.

Es necesario contar en una carretera con las condiciones ideales requeridas, para de esta manera tener una buena operación, aunque se producen mayores volúmenes si se reducen de manera significativa. Una carretera de carriles múltiples que se encuentre bajo las condiciones ideales, deberán considerarse 2000 vehículos de tipo ligero que pasan por hora en un solo carril, mientras la carretera de dos carriles pero en ambos sentidos se estiman 2000 vehículos ligeros por hora en ambos sentidos. Para esto a continuación se muestran los valores de capacidad con circulación continua dentro de las condiciones ideales:

1. Carriles múltiples: 2000 vehículos por carril.
2. Dos carriles y dos sentidos: 2000 vehículos total, en ambas direcciones.
3. Tres carriles, dos o más sentidos: 4000 total en ambas direcciones.

1.7 Concepto de Nivel de servicio.

Para medir la calidad de flujo vehicular se utiliza el nivel de servicio que se refiere “a la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial”. (Mayor Reyes; 1994:328)

De acuerdo con lo anterior, para la determinación del nivel de servicio, es necesario conocer las distintas condiciones con las que se opera en un camino al momento en que se presentan diferentes volúmenes de tránsito, y por ser una medida cualitativa el nivel de servicio, se deben tomar en cuenta factores de principal importancia como: la velocidad, intervalos de tránsito, la seguridad, los costos de operación, comodidad y libertad de manejo, etc. Cada camino cuenta con diferentes niveles de servicio de acuerdo a los volúmenes y composición del tránsito vehicular, así como las velocidades alcanzadas.

Para las condiciones ideales de operación se han establecido seis niveles de servicios denominados: A, B, C, D, E, F, que se encuentran del mejor al peor:

Nivel de servicio A: los usuarios se encuentran en una circulación a flujo libre, se puede decir que se encuentran libres de la presencia de otros usuarios en la

circulación. También se menciona que los pasajeros cuentan con un nivel excelente de comodidad y conveniencia debido al nivel de servicio. No se tiene problemas para realizar maniobras dentro del tránsito y sus velocidades pueden cambiar de la manera en que lo deseen.

Nivel de servicio B: en este nivel diferentes vehículos se presentan en la circulación del camino, y se encuentran dentro del rango del flujo estable, el nivel de comodidad del usuario baja respecto al nivel de servicio A, debido a la presencia de otros usuarios cambiando las condiciones individuales. Maneja una libertad de velocidad similar al nivel anterior, pero si disminuye la libertad de maniobra respecto con la del nivel de servicio A.

Nivel de servicio C: se encuentra en el nivel del flujo estable, los usuarios están notablemente afectados por las condiciones de operación debido a las intercepciones con los demás usuarios, baja considerablemente la velocidad de tránsito y la libertad de maniobra se reduce por la presencia de otros, mientras el nivel de comodidad baja de manera significativa de igual manera que la conveniencia.

Nivel de servicio D: el nivel de circulación de los usuarios es elevada, pero de una manera estable, comienzan a tener problemas considerables debido a la restricción de la velocidad y libertad de maniobra, los niveles de comodidad y conveniencia del conductor son escasos en forma general, provocando un incremento pequeño de flujo trayendo como consecuencia principalmente, problemas significativos en su funcionamiento.

Nivel de servicio E: el nivel de funcionamiento se encuentra muy cercano al límite de su capacidad, reduciendo su valor de velocidad a un nivel bajo, mientras la libertad de maniobra para circular se comienza a presentar muy complicada, obligando a los usuarios a ceder el paso para evitar accidentes. Los niveles de comodidad y conveniencia son considerablemente bajos, la circulación del conductor por lo regular es muy inestable, provocados por el aumento del flujo vehicular o por la variación del tránsito produciendo colapsos. Es muy elevada la frustración de los conductores

Nivel de servicio F: el nivel de flujo es forzado, se produce en las circunstancias cuando la cantidad de tránsito que se aproxima a un cierto lugar, excede la cantidad que suele pasar por él. Se producen colas de vehículos en las restricciones, la velocidad produce paradas por el mismo congestionamiento y pueden descender a cero al igual que el volumen vehicular, el nivel de operación se representa por la gran cantidad de paradas y arranques inestables.

1.8 Segmentos básicos de autopistas.

Los segmentos básicos de autopistas son “secciones de dos o más carriles por sentido con control total de accesos, que no son afectados ni por los movimientos de convergencia o divergencia en rampas de enlace cercanas ni por movimientos de entrecruzamientos”. (Mayor Reyes; 1994:335)

Las características básicas se consideran para un conjunto de condiciones ideales de una autopista, mencionadas enseguida:

1. Carriles con una ancho mínimo de 3.60 metros.

2. Distancias laterales medidas desde el borde de la calzada hasta el objeto de obstáculo de 1.80 metros como mínimo. Algunas barreras colocadas en la faja separadora no son consideradas como un obstáculo, aunque se encuentren a una distancia del borde inferior a 1.80 metros.
3. Los vehículos del flujo vehicular deberán ser livianos es decir, automóviles.
4. Las características del conductor es el de un día laborable.

Si se presenta cualquier otra condición que difiera de la ideal, provocará cambios en las condiciones de capacidad y los niveles de servicio, los factores que modifican la circulación en condiciones ideales son las siguientes:

Anchura de carril y obstáculos laterales: se presenta cuando el ancho de los carriles queda por debajo a 3.60 metros, forzando a los conductores a trasladarse guardando una distancia lateral entre cada uno inferior a la deseada. Los conductores mantienen mayor espacio entre los vehículos del mismo carril, de esta manera los compensan.

De igual manera, cuando se encuentran con obstáculos laterales muy cercanos al borde de la calzada, los usuarios se alejan de ellos, realizando la misma maniobra por el efecto de un carril estrecho, de esta manera el conductor tiene la obligación de viajar más cerca uno del otro en el sentido lateral. Para compensar esta situación los conductores guardan mayor distancia entre los vehículos, se conservan mayores espacios para una cierta velocidad por lo que la tasa de flujo alcanzada disminuye al igual que la capacidad.

Velocidad de proyecto reducida: la velocidad de proyecto inferior a los 112 km/h modifica la operación de tránsito, el conductor requiere una mayor atención, por esto las velocidades reales en cualquier volumen generalmente disminuyen en comparación con las existentes en tramos similares con una velocidad de proyecto de 112 km/h.

Camiones, autobuses y vehículos recreativos: al presentarse vehículos diferentes a los de tipo liviano afectará el flujo de dos formas distintas: los vehículos son de mayor tamaño que los vehículos livianos, ocupando por lo tanto un mayor espacio, y sus características de operación son inferiores, como la velocidad, aceleración, desaceleración, comodidad, velocidad constante, etc.

Características de la población de conductores: las características no serán las mismas al presentarse un conductor que no viaje habitualmente en días laborales, esto quiere decir que si un conductor viaja los domingos, opera con una menor eficiencia.

1.8.1 Carreteras de carriles múltiples.

De acuerdo con Mayor Reyes (1994), las carreteras de carriles múltiples serán todas aquellas que cuenten con dos o más carriles por sentido y tendrán condiciones por debajo a las autopistas. Se diferencia por la ausencia de la faja separadora central y por el control total de acceso, principalmente ubicadas en zonas suburbanas y rurales donde son mayores las densidades de desarrollo urbano, provocando congestionamiento vehicular por las intersecciones que se presenten,

como los retornos y movimientos de vuelta, de esta manera los niveles de servicio disminuyen con respecto a los servicios ofrecidos en una autopista.

1.8.2 Carreteras de dos carriles.

Toda carretera de dos carriles es aquella que cuenta con un carril disponible de circulación para cada uno de los sentidos. Los vehículos que efectúan un rebase lo deberán realizar en el carril del sentido opuesto de tal manera que las condiciones físicas y geométricas de la carretera lo permitan, esto quiere decir deben tener una suficiente distancia de visibilidad, es decir la necesaria para que el conductor de un vehículo que viaja a una velocidad específica del proyecto, logre detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su trayecto, y tomando en cuenta las condiciones del tránsito es decir, la magnitud de los vehículos entre el sentido opuesto, quiere decir que las características geométricas del terreno van a restringir la distancia de visibilidad y la capacidad vehicular, según nos indica Mayor Reyes (1994).

Para realizar los rebases efectuados dependen del volumen de tránsito opuesto, para de esta manera tener la oportunidad y la capacidad de efectuarlos, para la evaluación de la capacidad y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles es necesario realizar los análisis adecuados para ambos sentidos. Para conocer la calidad de los servicios se utilizan las medidas de velocidad media recorrida, la demora porcentual y la utilización de la capacidad.

1.8.3 Condiciones ideales.

Para este tipo de condiciones en las carreteras de dos carriles, se toman medidas que no se encuentren condicionadas desde el punto de vista geométrico y del tránsito o entorno. Las condiciones ideales en carreteras rurales se presentan a continuación:

1. Contar con una velocidad de proyecto igual o mayor a los 95 km/h.
2. El ancho de carril igual o mayor de 3.60 metros.
3. El ancho de acotamiento deberá ser igual o mayor de 1.80 metros.
4. Inexistencia de tramos con rebase restringido
5. Los vehículos que viajen por esa corriente de tránsito serán exclusivamente ligeros.
6. No deben contar con restricciones al tránsito directo ya sea por controles o por vehículos que dan vueltas.
7. Terreno parejo.

Las carreteras de dos carriles contarán con una capacidad ideal de 2800 vehículos, a continuación se presentarán los niveles de servicio para carreteras rurales de dos carriles en condiciones ideales, así como una gráfica con relación entre la demora porcentual y el flujo en carreteras rurales de dos carriles en las condiciones ideales:

Niveles de servicio en condiciones ideales en tramos extensos de carreteras rurales de dos carriles

Nivel de servicio	Demora porcentual (%)	Velocidad de recorrido (km/h)	Relación v/c	Flujo máximo de servicio (vl/h)
A	≤ 30	≥ 93	0.15	420
B	≤ 345	≥ 88	0.27	756
C	≤ 60	≥ 83	0.43	1204
D	≤ 75	≥ 80	0.64	1792
E	≤ 90	≥ 72	1.00	2800
F	100	< 72	> 1.00	cualquiera

Tabla 1.2.- Condiciones ideales en carreteras rurales de dos carriles.

Fuente: Cal y Mayor; 1994: 352

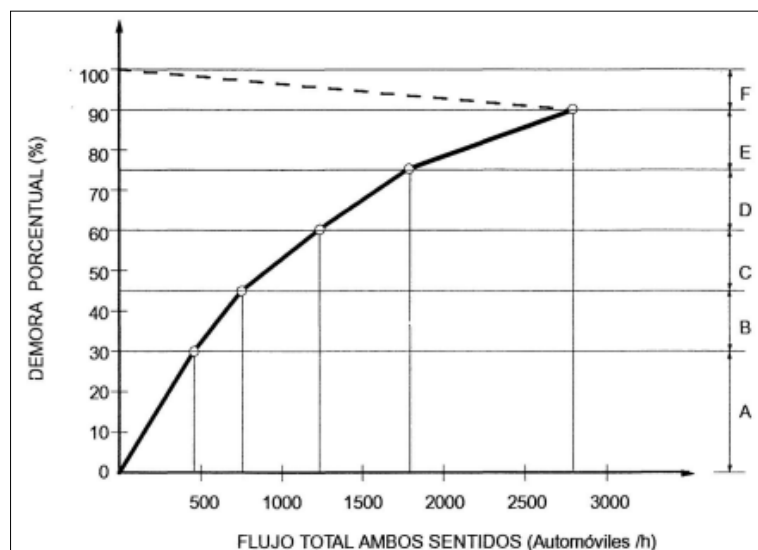


Tabla 1.3.- Relación demora porcentual-flujo.

Fuente: Cal y Mayor; 1994: 352.

1.9 Factores relativos al camino.

Los factores relativos al camino son:

- a) Ancho de carril: los carriles con un ancho menor de 3.65 metros, en relación con la circulación continua cuentan con una menor capacidad vehicular a diferencia de los que tienen esa dimensión y que son consideradas ideales. Cuando un vehículo efectúa un rebase se verá obligado a invadir el carril del sentido opuesto es decir el carril izquierdo en un periodo más largo si los carriles son angostos a diferencia que si fueran anchos. A continuación se muestra la información del efecto del ancho del carril con la capacidad vial:

Efecto del ancho carril en la capacidad

Ancho de carril (M)	Capacidad de una carril de 3.65 metros.	
	Caminos de 2 carriles	Caminos de carriles múltiples
3.65	100	100
3.3	88	97
3.00	81	91
2.7	76	81

Tabla: 1.4.- Efecto del ancho de carril en la capacidad.

Fuente: Mier Suárez; 1997: 69.

b) Obstáculos laterales: aquellos obstáculos que se encuentran a una distancia menor de 1.80 metros de la orilla del carril, va a disminuir de manera considerable el ancho efectivo de dicho carril. Los obstáculos que cuenten con una altura de 0.20 metros o menor no tiene influencia. La siguiente tabla muestra cómo influyen los obstáculos laterales en ambos sentidos de un camino:

Ancho efectivo de carril debido a obstáculos.

Distancia desde la orilla del pavimento a la obstrucción en ambos lados (M)	Ancho efectivo de 2 carriles de 3.65 metros.	Capacidad de los 2 carriles de 3.65 metros (en relación de la capacidad ideal).
1.80	7.30	100
1.20	6.60	92
0.60	6.00	83
0.00	5.10	72

Tabla: 1.5.- Ancho efectivo de carril debido a obstáculos.

Fuente: Mier Suárez; 1997: 70.

- c) Combinación de ancho de carril y distancia a obstáculos laterales: los obstáculos laterales tienen el mismo efecto que el ancho de carril, de esta manera si existen en ambos sentidos del camino obstáculos laterales en diferentes distancias, se saca una media aritmética de los factores correspondientes.
- d) Acotamientos: si no se cuenta con un lugar fuera de los carriles de tránsito para un vehículo que se encuentre descompuesto tendrá problemas en su capacidad óptima de la carretera, disminuyendo considerablemente su capacidad a la de un carril, provocando más problemas si el ancho de carril es inferior a 3.65m.

El vehículo descompuesto obstruye el carril que ocupa y por esto los vehículos deben viajar con velocidades menores con las que el camino cuenta de esta manera, si se presenta otro accidente menor de un vehículo bajará más la velocidad causando una capacidad menor del camino.

CAPÍTULO 2

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE TERRACERÍAS

En el presente capítulo se hablará de los procedimientos de construcción en las terracerías, se dará a conocer las normas generales que deben cumplirse y seguirse en toda construcción de las terracerías en una obra. Los principales conceptos que se abordarán en dicho capítulo son aquellos relacionados con el desmonte, los cortes y terraplenes, canales, accesos, entre otros.

2.1 Definición de terracerías.

De acuerdo con Mier Suárez (1987), las terracerías son aquel conjunto de cortes y terraplenes en la construcción de una obra vial, ejecutándose únicamente hasta la subrasante. En la etapa de terracerías incluye el desmonte, cortes, terraplenes refinamientos, canales, accesos y acarreo para las terracerías.

2.2 Desmonte.

El término desmonte se define como “el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad.” (Mier Suárez; 1987:289) Para realizar las operaciones del desmonte su ejecución consta de las siguientes actividades para el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía:

Tala: se realiza el corte de árboles y arbustos

Roza: se retira la maleza, el zacate hierba, y todos los residuos provenientes de la siembra.

Desenraice: consiste en sacar los troncos con raíces o simplemente cortando estas.

Limpia y quema: se realiza el retiro del producto del desmonte a un lugar específico donde no obstruya el camino encontrándose libre de accidentes, para apoyarlos y quemar los no utilizables.

Para realizar el desmonte, la SCT generalmente toma en cuenta los siguientes tipos de vegetación:

Manglar: se encuentran conformados la mayor parte por arbustos y especies de raíces que descienden hasta tocar el suelo, dominan principalmente en climas cálidos así como en pantanos.

Selva o bosque: la selva conformada por palmeras, caobas mangos, cedros, chacas en las zonas bajas y cálidas. Mientras los bosques se encuentran conformados por pinos, oyameles encinos y eucaliptos, principalmente localizados en las zonas altas con clima templado o frío.

Monte de regiones áridas o semiáridas: está constituido por arboles de baja altura y diámetro al igual que arbustos pequeños como son: mezquites, huizaches y espinos.

Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales: en esta región principalmente se encuentra constituido por cactáceas, vegetación de sembradíos,

órganos, nopales, biznagas, candelillas, guayules, ocotillos, mezquitillas y magueyes, también se conforman por sembradíos de maíz, trigo, arroz, cebada, y caña; zacate y hierba.

El equipo óptimo para realizar la operación de desmonte de acuerdo con las Normativas SCT (NIT-SCT) será utilizado el adecuado de esta manera obtener la seguridad así como la calidad con la cual lo especifica el proyecto, tomando como base el volumen ya establecido en el programa ejecutado y el programa de maquinaria utilizado. El equipo a utilizarse contara y estará en las mejores condiciones para lo acción requerida en el tiempo que dure la obra, contando con un operador capacitado para realizar dicha obra.

De acuerdo al camino indica el autor Mier Suárez (1987), es conveniente ejecutar las operaciones de limpia, quema, talar y rozar en todo o en parte del derecho de vía. Para ejecutar las operaciones de desenraice es conveniente realizarlas a un metro fuera de los cerros en las superficies limitadas para cortes y terraplenes que cuenten con un espesor inferior de un metro así como canales, contracuentas, bancos, zonas de préstamos, entre otras superficies.

Para realizar el desmonte se puede efectuar de dos maneras: a mano o con máquina. El desmonte efectuado a mano, debe cumplir el corte de los arboles con altura máxima sobre el suelo de 0.75 metros mientras que los arbustos deben cumplir una altura de 0.40 metros, cuando en las superficies es necesario efectuar el desenraice esto se desprecia. El frente de desmonte se encuentra localizado cuando

menos a un kilómetro adelante del frente de terracerías para tener una mejor perspectiva.

El desmonte se obtiene como unidad de hectárea con un decimal, dividiendo con anticipación la superficie por desmontar en tramos de características de vegetación semejante. La vegetación con densidad más uniforme como las áreas con selva, bosque se realiza una división en sub-tramos, mientras en los tramos constituida por manglares, regiones desérticas, pastizales no se realiza la división en sub-tramos en esta región la densidad es considerada del 100 % sin tomar en cuenta el poblado del manglar, del monte, pastizales o los sembradíos.

La obtención de la sección neta para cada árbol se toma a una altura sobre el nivel del suelo correspondiente a 1.50 metros, mientras en los arbustos se toma una altura a 0.60 metros. La densidad de vegetación para el desmonte se toma respecto al tipo de región, en las selvas o bosques se obtiene en cada sub-tramo, relacionando la sección neta total de madera de cada uno de los troncos de árboles y arbustos por hectárea con la densidad máxima del 100% correspondiente a 100 metros cuadrados de sección neta de madera por hectárea.

En las regiones áridas o semiáridas la operación en la densidad de vegetación para el desmonte también se obtendrá en sub-tramos semejante al desmonte de las regiones de selvas o bosques, de igual manera se relaciona la sección neta total de madera de los troncos y arbustos por hectárea con una densidad del 100% correspondiente ahora a 50 metros cuadrados de sección neta de madera por hectárea.

2.2.1 Criterios para aceptación o rechazo de desmonte.

Para tomar en cuenta que se ha finalizado correctamente el desmonte y aceptado por La Secretaria, será confirmado lo siguiente:

- a) Se encuentre retirado completamente la zona de desmonte toda la vegetación existente o haya vuelto a crecer, también se deberá tomar en cuenta retirar todas las ramas que se encuentren a menos de ocho metros sobre la corona.
- b) Todos aquellos árboles y arbustos indicados por la Secretaria o el proyecto no hayan sufrido algún daño.
- c) La disposición de los residuos resultado del desmonte se hayan ejecutado de acuerdo al proyecto o a la Secretaría en la forma o sitio correspondiente.

2.3 Cortes.

Excavaciones realizadas a cielo abierto en el terreno natural, en la ampliación, en abatimiento de taludes, en rebajes de corona, en derrumbes, en despalmes de los cortes o desplante de terraplenes, todo con el objetivo de contar con la forma de la sección de la obra indicado en el proyecto o por la Secretaría, de acuerdo con lo mencionado por Normativas SCT (NIT-SCT). Los cortes fijados previamente al proyecto, se clasifica de acuerdo a la dificultad para la excavación y extracción del material, se consideran siempre como bases lo tres tipos siguientes:

- 1. Material A
- 2. Material B
- 3. Material C

El material A es de tipo blando suelto, este material puede ser excavado fácilmente con escrepa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas de 90 a 110 caballos de fuerza sin tener ningún tipo de ayuda, ya sea por arados o algún empujador frontal. Además son considerados tipo A todo aquel suelo poco o nada cementado constituido por partículas hasta de 7.5 centímetros (3"), como los son los suelos agrícolas, los limos y arenas.

El material B es el que por la dificultad para la extracción y carga, sólo se puede excavar de manera eficiente por un tractor de oruga conformado con cuchillas de inclinación variable, aproximadamente de 140 a 160 caballos de potencia, de no ser necesaria se utilizarán para su extracción pala mecánicas de una capacidad mínima de un metro cúbico, el requerimiento de explosivos es necesario para aumentar satisfactoriamente el rendimiento, o bien de igual manera puede ser aflojado con arado de una fuerza de 6 toneladas jalado mediante un tractor de oruga de 140 a 160 caballos de potencia, las piedras sueltas menores a 75 centímetros, y mayores de 7.5 centímetros (3") tales como rocas alteradas son también material B, así como conglomerados medianamente centrados, areniscas bandas y tepetates.

El tipo de material C sólo puede ser retirado o excavado usando el empleo de explosivos, entre este tipo de material se encuentran las rocas basálticas, areniscas, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas y andesitas sanas. El material C también se encuentra conformado por aquellas piedras sueltas con una dimensión superior a 0.75 metros.

Los materiales que tienen una mayor dificultad para ser retirada o triturada comparada con los del material tipo A, pero que a su vez este sea menor que los descritos como material tipo B y aquellos que cuenten con una dificultad mayor de extracción que los indicados como material B pero menores que los descritos como material C, se clasificarán de manera intermedia tomando en cuenta el tipo de material y el porcentaje ya sea A y B o B y C, dependiendo de la dificultad que se haya presentado para ser retirada mencionando siempre los tres tipos de material sin importar su porcentaje, por ejemplo para la clasificación de un suelo poco o nada cementado, que contiene partículas inferiores a 3" se clasifica 100-0-0; un material intermedio se clasifica de la siguiente manera 50-50-0; un material que se encuentre en condiciones entre los material tipo B y C, se clasifica de la siguiente manera 0-50-50.

Algunos cortes se encuentran conformados por distintos tipos de material de tal manera que su extracción es complicada, pero al encontrarse este tipo de cortes su estrato está bien definido. Tomando cada material por separado, es decir, tomando los volúmenes parciales y enseguida se computa la clasificación general resultante para obtener el volumen total, sin olvidar que siempre deben ser considerados los tres tipos de material A, B, C.

En algunos caso no se puede realizar por separado la clasificación de los materiales encontrados, de tal manera que se fija a todo el volumen del corte una clasificación relacionada a la dificultad de extracción y carga, considerando los tres tipos de materiales A, B y C , aunque arroje valores correspondientes a cero. Cuando todo el corte se encuentra conformado por material del tipo C es decir roca, alternado

en capas y otros de menor clasificación, de tal manera que el material se encuentre formado por lo menos en un 75 % del volumen total, y el conjunto será considerado como material C. Los despalmes serán ejecutados únicamente en materiales tipo A.

Para realizar las excavaciones adecuadas en un corte es necesario realizar un sistema de ataque de tal manera que se facilite el drenaje del corte y los materiales obtenidos sean los adecuados para utilizarse en la formación de los terraplenes o bien, pueden ser desperdiciados según indique el proyecto. Para evitar accidentes las piedras flojas que se encuentren y aquel material suelto deberán removerse de los taludes.

Las excavaciones realizadas en los cortes en material tipo C se hacen hasta una profundidad media de 30 centímetros por debajo de la sub-rasante para formar la cama, debe asegurarse evitar tener rocas que estén salientes a menos de 15 centímetros debajo de la sub-rasante. Cuando se realiza un corte en los tramos de terracerías debe considerarse la construcción de alcantarillas y/o muros, en las terracerías compensadas antes de realizar los ajustes necesarios, se deben vaciar totalmente los cortes, utilizando todo el material que se obtenga para la elaboración de los terraplenes.

Las laderas lisas que cuenten con una pendiente transversal de 25 % se deben construirse escalones de tal manera se apoyen los terraplenes, formados por plantillas de 2.50 metros cuando estos se hayan realizado en tipos de material A y B. todo corte debe estar perfectamente alineado, tomando en cuenta el perfil y la

sección en su forma, anchura y acabado dentro de las tolerancias de la siguiente tabla:

Ancho de la corona, al nivel de la capa sub-rasante, del centro a la orilla.	(+ 10 CM)
Salientes aisladas, con respecto a la superficie teórica del talud: En Material A o B En Material C	
	10 CM
	50 CM

Tabla 2.1.- Tolerancia en cortes.

Fuente: Mier Suárez; 1997: 293.

El despalme se debe pagar al precio para el metro cúbico correspondiente al del material A, mientras los cortes, los adicionales que se realizan por debajo de la sub-rasante, los de ampliación o abatimiento de taludes, los resultantes de rebaje de la corona, los de escalones y los de extracción de derrumbes, se deben pagar a los precios para el metro cúbico de los materiales A, B y C, incluyendo todo lo relacionado con la extracción, acarreo de material, tiro del material para la formación de terraplenes, traslado y descarga de desperdicio en los bancos adecuados y la demora del tiempo de los vehículos en su transporte que se realizan en la carga y descarga.

2.3.1 Equipo para realización de cortes.

El equipo utilizado para la elaboración de los cortes deberá ser el correcto para obtener la geometría y selección de los materiales indicados en el proyecto, así como obtener el volumen establecido por el programa especificado por concepto y ubicación, entre el equipo más usual se encuentran los mencionados a continuación de acuerdo a lo mencionado por las Normativas SCT (NIT-SCT):

- a) Barrenadoras: pueden ser operadas manualmente o de forma mecanizada, contando con la facilidad adecuada para adaptarse al patrón de barrenación.
- b) Tractores: pueden ser montados sobre orugas, reversibles, contando en el frente de ataque con la compatibilidad en potencia y capacidad.
- c) Motoescrepas: Autopropulsadas, reversibles y autocargables con una capacidad correspondiente a los 8.4 metros cúbicos.
- d) Cargadores frontales: autopropulsados y reversibles, ya sea de llantas o sobre orugas, contando con la capacidad y potencia en el frente de ataque compatible, para la realización de excavación y retiro de materiales producto del corte.

2.4 Escalones de liga.

Retomando lo mencionado por las Normativas SCT (NIT-SCT) los escalones de liga son las excavaciones realizadas ya sea en el terreno natural o bien en el cuerpo de terraplenes ya existentes, en donde será tomado en cuenta la pendiente transversal no sobrepase el 25%, esto con el fin de obtener un apoyo al material

colocado para la elaboración de terraplenes nuevos o para ampliar terraplenes construidos. Para delimitar los escalones de liga serán utilizadas estacas u otras referencias, de acuerdo con las necesidades del proyecto o lo que indique la Secretaria.

2.5 Préstamos.

De acuerdo con Mier Suárez (1987), los préstamos es la ejecución de excavaciones en aquellos lugares especificados por el proyecto, para poder obtener y clasificar los materiales con que se forman los terraplenes no compensados, ya sean laterales o de banco. Los préstamos laterales son los que se realizan dentro de las fajas localizadas fuera de los cerros, ya sea en uno o ambos lados del eje de las terracerías, obteniendo los anchos ya determinados en el proyecto, los materiales obtenidos serán únicamente utilizados para la elaboración de los terraplenes ubicados lateralmente a dichos préstamos, sobresaliendo los extremos de unos u otros, hasta 20 metros.

Los anchos de las fajas serán tomadas siempre a partir del eje de las terracerías. En estas circunstancias el acarreo no se mide debido a que es libre, mientras el ancho de la faja puede variar desde 20, 40, 60, 80 ó 100 metros, como máximo.

Los préstamos de banco son tomados por fuera de la faja de 100 metros de ancho, tomando en cuenta también las excavaciones realizadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se utilizarán en la construcción de

los terraplenes que no se encuentren situados lateralmente a dichos préstamos., siempre tomando la tolerancia de 20 metros. Excavando los préstamos hasta la profundidad que el proyecto indica, no iniciando su ejecución hasta ser trazados y seccionados de manera correcta.

En el préstamo cercano a las terracerías se le deja una barrera, entre la línea del terraplén y la orilla cercana de la excavación para dicho préstamo, este ancho se considerará por seguridad mayor de 3 metros. Todas las excavaciones para préstamos deben estar correctamente drenadas para evitar que se destruyan o modifiquen las referencias y bancos de nivel del seccionamiento. Estos préstamos se toman midiendo como unidad el metro cubico, sin tomar en cuenta el abudamiento y redondeando el resultado a la unidad, las excavaciones se encontraran seccionadas a veinte metros o menos si la topografía del terreno aso lo requiera y calculándolo por el método del promedio de áreas extremas. Los volúmenes deben ser obtenidos de acuerdo a cada uno de los materiales A, B y C.

Los precios unitarios para préstamos laterales y de banco se obtienen tomando distintos factores, en los precios unitarios para préstamos laterales contienen todo el tipo de extracción que se necesite, remoción y la carga de materiales, así como el acarreo y descarga del material utilizado para la formación de terraplenes a distintas alturas y se toma en cuenta el tiempo de los vehículos durante el transporte de cargas y descargas.

Para los precios unitarios utilizados en préstamos de banco, se toman en cuenta los datos correspondientes por la extracción, retiro y carga del material,

acarreo libre, descarga del material para la elaboración de los terraplenes a distintas alturas y los tiempos de los vehículos en el transcurso de las cargas y las descargas.

2.5 Terraplenes.

Los terraplenes son “estructuras de tierra ejecutadas con material adecuado producto de cortes o préstamos, también son considerados como terraplenes las cuñas contiguas a los estribos de puentes y de paso a desnivel, la ampliación de la corona, el tendido de los taludes y la elevación de la sub-rasante y en cortes.” (Mier Suárez; 1997:296) De acuerdo a esto, los materiales que se utilizarán en los terraplenes se emplean de acuerdo a la clasificación del material, es decir su clasificación puede ser como material compactable, material no compactable y agua.

Todos los materiales compactables son aquellos suelos, fragmentos de rocas alteradas, algunos conglomerados, areniscas blandas y tepetates; cuando todos estos se encuentran en duda se deben sujetar a la siguiente prueba:

Primero debe tenderse una capa aproximadamente que cuente con un espesor el cual permita el tamaño máximo del material la cual no debe inferir de los 30 centímetros, cubriendo todo el ancho del terraplén en veinte metros de longitud, después debe ser regado con agua sobre toda la capa, aplicando aproximadamente una cantidad de cien litros por metro cubico de material para de esta manera ser sometida a capa para dar paso al tránsito de un tractor de orugas con garras de un peso de veinte toneladas, recomendablemente una maquina tipo Caterpillar D8, debe pasar tres veces por cada uno de los puntos de la superficie, enseguida se realizan en los 20 centímetros superiores de la capa sondeos a cielo abierto, que

cuenten con un volumen aproximado de 0.5 metros cúbicos cada uno de los sondeos, el material resultante de estos sondeos debe contar con un máximo aproximado de 230 % en el volumen de material retenido en la malla del número tres, mientras que el material retenido debe de contener un 5% del volumen total, con fragmentos de roca mayores de seis pulgadas. Para todo esto deberán ser tomados el promedio de los resultados en tres sondeos ya efectuados en distintos lugares.

Los materiales no compactables son identificados por ser aquellos fragmentos de roca provenientes de mantos sanos como los son los basaltos, conglomerados fuertemente cementados, calizas, riolitas, granitos entre otras más, otros materiales no compactables son los que no cumplen con los requisitos de la prueba anterior.

Para el desplante de los terraplenes se debe siempre de despallar este sitio, sin olvidar ser rellenados los huecos formados por el desenraice, para enseguida escarificar y compactar el terreno natural o el despallado realizado en el área del desplante, hasta alcanzar el grado de compactación fijado. Los terraplenes deben de ejecutarse en capas sensiblemente horizontales sobre todo el ancho de la sección aplicando un espesor uniforme para obtener de tal manera la compactación fijada, esto será realizado siempre y cuando la topografía del terreno lo permita.

Cuando ya se encuentran terraplenes existentes y es necesaria la ampliación de su corona o en la elevación de sub rasante, para tener una buena liga entre el material que se utiliza y el terraplén que ya se encuentra debe ser despallado de buena manera el sitio, para esto debe de rebajarse de forma horizontal la parte superior del terraplén sobre todo el ancho de la sección, colocando y extendiendo el

material del rebaje al ras del terraplén desde la ampliación del desplante de la ampliación, simultáneamente recortando el escalón de liga, este espesor debe ser igual al espesor de la capa que está siendo realizada, el material de la capa extendida debe ser compactado rebajando el terraplén por capas sucesivas. El material obtenido es vaciado para ser extendido para ser compactado de igual manera por capas sucesivas, para seguir con el proceso de formación del terraplén de ampliación hasta llegar al nivel del terraplén que se ha venido rebajando, es importante no formar escalones cuando el material con el que se forma el terraplén se encuentre conformado con material no compactable.

En los terraplenes ya existentes cuando es necesario el tendido de taludes y no es necesario modificar el ancho de la corona, para tener una buena liga entre el material utilizado y el terraplén existente, es necesario realizarse de la siguiente manera: se realiza el despalme del sitio del desplante de los terraplenes, recortando el primer escalón de liga al pie del talud del terraplén, el material debe ser colocado por capas, realizando excavaciones para la formación de escalones en el talud del terraplén existente, el peralte se recomienda ser aproximadamente igual a l espesor de la capa suelta que se está formando, por ultimo las capas son compactadas al nivel que el proyecto lo indique.

Cuando es complicado el acceso de equipo de construcción a los lugares donde la topografía no lo permite, como los son en las depresiones profundas y angostas, o en aquellas laderas muy pronunciadas, se recomienda un llenado del volteo hasta la altura mínima requerida para formar una planilla constituida por la

corona del terraplén parcialmente formado, para operar de manera adecuada el equipo continuando con las construcción por capas compactadas.

Al realizar la compactación de los terraplenes debe realizarse uniformemente en todo el ancho de la sección como ya se había mencionado, aplicando la humedad conveniente. Para lograra el objetivo de que cada terraplén alcance su grado de compactación fijado (lo cual es complicado obtener en las orillas), debe optarse por construir terraplenes con coronas más anchas que la del proyecto y cambiando el talud, que se encuentra con el talud teórico del proyecto en la línea de los ceros para obtener las cuñas laterales de sobre ancho, en estas la compactación puede ser menor que la fijada.

El proyecto debe tener ya incluidas las dimensiones de las cuñas de sobre ancho, pero estas deberán ser recortadas una vez que se haya terminado la construcción del terraplén dejando el talud adecuadamente afinado. Aquel material obtenido del corte realizado de las cuñas de sobre ancho, serán extendidas de manera uniforme sobre todo el terreno natural al pie de los taludes del terraplén, evitando la obstrucción de los drenajes.

La construcción de los terraplenes debe empezarse hasta que estén finalizados las alcantarillas y muros de sostenimiento en un frente de trabajo que deberá ir 500 metros delante de las terracerías. Para dar por concluida la elaboración de un terraplén, así como su afinamiento adecuado, es necesaria la revisión de alineamiento, el perfil y el seccionamiento en su forma, anchura y acabado, de

acuerdo con el proyecto y dentro de las tolerancias especificadas en la siguiente tabla:

Niveles de la subrasante	± 3 cm.
Ancho de la corona, al nivel de la subrasante del centro del camino a la orilla.	± 10 cm.
Taludes:	
Ancho entre el centro línea y las líneas de los ceros, conservando el plano general de los taludes:	
En Material A o B	± 30 cm.
En Material C	± 75 cm.

Tabla: 2.2.- Tolerancias en terraplenes.

Fuente: Mier Suárez; 1997: 302.

Los volúmenes de terraplén son medidos tomando como unidad al metro cubico, redondeando a la unidad siempre, el terraplén deberá ser seccionado a cada veinte metros o menos si la forma del terreno así lo requiere calculando por medio del método del promedio de áreas extremas, debe ser tomada siempre como base la sección que el proyecto nos indica y hacer las modificaciones que resulten necesarias. La elaboración de los precios unitarios para realizar la compactación del terreno natural, debe incluir la escarificación, así como la incorporación del agua empleada y la compactación hasta obtener el grado fijado.

Los precios unitarios conformados para la formación y compactación de los terraplenes de la parte superior de los terraplenes en las cuales la parte inferior fue

construida con material no compactable, de los terraplenes de rellenos construidos para dar la formación a la sub-rasante en aquellos cortes donde se hay necesitado una excavación adicional y de las cuñas de terraplenes contiguas a los estribos de puentes y estructuras a desnivel, deben tomar en cuenta todo lo correspondiente por la formación del terraplén incluyendo el extendido del material en capas, incorporación del agua empleada en la compactación, adecuada compactación de las diferentes capas al grado fijado, recorte de las cuñas de sobre ancho con el extendido del material al pie de los taludes y el correcto afinamiento de toda la sección.

2.6 Canales.

“Los canales son excavaciones a cielo abierto que se realizan para formar la sección de las contracunetas, de cauces artificiales y de rectificación de cauces naturales.” (Mier Suárez: 1987; 302)

Los procedimientos de construcción de canales deben seguir con un sistema de ataque para ayudar y facilitar el drenaje de manera natural y hasta donde sea posible económicamente, es recomendable hacerlas en seco, para esto deben ser realizadas las obras auxiliares necesarias. Al encontrarnos con un material desperdiciado lateralmente, debe dejarse entre la excavación y el depósito una berma con un ancho mínimo igual a la mitad de la altura del corte del canal, no siendo menor a un metro en ninguno de los casos y siempre del lado de aguas abajo.

La medición de los volúmenes excavados para los canales se utiliza tomando en cuenta como unidad el metro cúbico, redondeando siempre a la unidad.

2.7 Acarreo para terracerías.

De acuerdo con Mier Suárez (1987), el transporte del material es aquel obtenido del producto de cortes, excavaciones extras necesarias por debajo de las sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, re nivelación en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos y canales para construir un terraplén, así como la cantidad de agua necesaria en la compactación de terrecerías. Todos los materiales tienen un acarreo libre, mientras al término de este el transporte se le denomina como sobreacarreo.

El acarreo libre es el considerado cuando se efectúa hasta una distancia de 20 metros. Al término de estos 20 metros de acarreo libre es el momento cuando se convierte en un sobreacarreo. Para la utilización de materiales de préstamos laterales todo el acarreo es libre. Para sobreacarreo son tomadas las siguientes consideraciones: hasta 5 estaciones, hasta 5 hectómetros y a más de 5 hectómetros.

El sobreacarreo se cuantifica por medio del resultado de la multiplicación del volumen total de los materiales acarreados por la distancia de sobreacarreos, tomando siempre en consideración como unidad el metro cubico estación, el metro cubico-hectómetro y el metro cubico-kilometro, según sea la distancia de sobreacarreo, de acuerdo a lo que indica Mier Suárez (1987).

Mientras el acarreo libre es determinado de la siguiente manera: en las terracerías que son compensadas, limitadas por el diagrama de masas de proyecto, en los préstamos laterales, la totalidad del acarreo, en los préstamos de banco, en los desperdicios, derrumbes, despalmes, escalones así como ampliación y/o

abatimiento de taludes, rebajos en la corona de cortes y/o terraplenes y canales, el agua requerida para para la compactación de terraplenes, tomado a partir de la extracción de la misma sobre la ruta más corta y la más conveniente.

Para la medición del sobreacarreo se toman de la siguiente forma: en aquellos sobreacarreos de hasta cinco estaciones, tomando como unidad la estación de veinte metros, aproximándose a un decimal, en los sobreacarreos de hasta cinco hectómetros, en la cual se tomará como unidad el hectómetro con aproximación de igual manera de una decimal, y en los sobreacarreos a más de cinco hectómetros tomando como unidad el kilómetro, con unidad decimal de aproximación.

Para tomar la distancia para el sobreacarreo del agua utilizada para realizar la compactación de terracerías, se mide tomando como unidad el kilómetro, con una aproximación de un decimal.

Para determinar la distancia de sobreacarreo se determina de la siguiente manera de acuerdo con Mier Suárez (1987), en las terracerías que son compactadas, entre los centros de gravedad de la excavación y del terraplén, descontando la distancia de acarreo libre, en los préstamos de banco, realizados entre los centros del lugar donde se efectúa la excavación del préstamo y el lugar de la descarga en el terraplén según la ruta más conveniente y corta, de igual manera descontando la distancia de acarreo libre.

2.8 Compactación de los materiales en el camino.

La compactación de los suelos es conocido como un proceso mecánico con el cual se recurre a mejorar las características de resistencia, compresibilidad y

deformación de los suelos, la compactación tiene como principal objetivo ofrecer una mejor estructura que posea y presente un comportamiento mecánico adecuado a través de la vida útil de la obra en construcción, de acuerdo con Mier Suárez (1987).

Para saber la compactación necesaria del terreno es necesario determinar el peso volumétrico seco de los materiales a compactar, pero en muchas ocasiones no es viable debido a que la correlación entre las propiedades del suelo y el peso volumétrico seco no es tan segura y simple, para permitir la aplicación a ciegas de la norma mencionada, esta aplicación es realizada sin tomar en cuenta las peculiaridades y objetivo de cada caso y es quizás la fuente más común de los errores que se presentan en las aplicaciones prácticas a la hora de las técnicas de compactación.

Para los parámetros que determinan el proceso de compactación son fundamentalmente los siguientes:

- a) Naturaleza del suelo.
- b) Método de compactación empleado, los cuatro métodos de compactación de laboratorio son: por impacto, por amasado por aplicación de carga estática y por vibración, estos métodos de compactación dependen del tipo de equipo de compactación empleado (rodillo liso, rodillo neumático, pata de cabra, equipo vibratorio, etc.)
- c) La energía de compactación es una de las variables que más afecta en el proceso de compactación de un suelo, para esto se emplea un procedimiento determinado.

- d) El contenido de agua del suelo es el factor requerido para la compactación, llamado el óptimo, esto quiere decir es aquello que nos permite conocer el máximo peso volumétrico seco que se obtiene mediante ese proceso de compactación.
- e) Contenido de agua original del suelo. Es recomendable buscar siempre condiciones de humedad natural que no varíe demasiado de la humedad óptima para la realización en el proceso de compactación que se vaya a utilizar, ya que el contenido de agua original gobierna una gran parte del comportamiento ulterior de la masa compactada.
- f) Recompactación. Afecta de manera considerable al ser arrojados los resultados obtenidos en el laboratorio. Debido al trabajo de suelos recompactados los pesos volumétricos que son obtenidos son mayores a los obtenidos mediante las muestras vírgenes en las mismas circunstancias.
- g) Temperatura. Debe ser tomada en cuenta en los procesos de compactación de campo ocasionada por los efectos de evaporación del agua incorporada en el suelo o por causa de la condensación de la humedad del ambiente en la que se encuentre.

Otras de las variables que deben considerarse por afectar el proceso de compactación es, el número y el espesor de las capas contenidas por el suelo, el número de pasadas aplicadas mediante el equipo de compactación sobre cada uno de los puntos, o de ser necesario por el número de golpes del pisón en cada una de las capas.

2.8.1 Compactación de los materiales en el campo.

La compactación de los materiales en el campo se puede realizar mediante cuatro formas diferentes aplicando la energía de compactación: mediante amasado, por presión, por impacto y por vibración.

2.8.2 Compactadores por amasado.

Son conocidos fundamentalmente por los rodillos pata de cabra, la función de este equipo es la de concentrar todo su peso sobre la superficie relativamente pequeña de todo un conjunto de forma variada, ejerciendo presiones estáticas muy altas en aquellos puntos donde las mencionadas protuberancias penetran en el suelo. Al dar varias pasadas por el camino las patas profundizan cada vez menos en el suelo llegando el momento en el que no se presenta ninguna compactación. La función del rodillo es hacer progresar la compactación de la capa de suelo de abajo hacia arriba.

Los rodillos más utilizados para este tipo de trabajo cuentan con vástagos de 20 a 25 centímetros de longitud, utilizados principalmente para compactar capas de suelo suelto de aproximadamente 30 centímetros de espesor. Este rodillo da dos resultados muy confortables en los terraplenes de suelos finos compactados que son la buena distribución uniforme de la energía de compactación en cada una de las capas y proporciona una buena liga o unión entre capas sucesivas.

La intensidad de la presión de la pata no tiene no es de suma importancia pero es necesario tomar aconsejablemente un valor mínimo de 8 kg/cm^2 , siempre y

cuando el área de contacto con el vástago no es mayor a 75 a 90 cm². Al realizar un incremento del área con el contacto del suelo trae como efecto el incremento del peso volumétrico seco permitiendo reducir el número de pasadas para alcanzar un determinado resultado.

2.8.3 Compactadores por presión.

El tipo de compactación por presión se logra y se efectúa principalmente mediante rodillos lisos y neumáticos. Cabe mencionar que los rodillos lisos se dividen en dos grupos: remolcados y autopropulsados. Los rodillos lisos están formados por dos tambores que se encuentran montados en un marco en el que van sujetos los ejes, tiene un peso aproximadamente de 14 a 20 ton.

Mientras los rodillo autopropulsados están conformados mediante una rueda delantera y con una o dos traseras, con pesos de 3 a 13 ton. Circulan en velocidades directas o en reversa, son utilizados en aquellos materiales donde no es necesario concentraciones elevadas de presión, por no formarse grumos o por ni necesitarse disgregados. El efecto de la compactación con dichos rodillos se va reduciendo de manera considerable mediante profundiza en la capa que se está compactando, esto quiere decir a medida que el suelo está siendo compactado, su resistencia a la penetración va aumentando, por tal motivo es recomendable emplear aquellos equipos que transmitan presiones de contacto relativamente bajas y al llegar a las etapas finales utilizar equipos de compactación los cuales puedan transmitir presiones mayores, de acuerdo a lo mencionado por Mier Suárez (1987).

Los rodillos de neumáticos son empleados principalmente en aquellos suelos arenosos con finos poco plásticos y en limos poco plásticos. Al utilizarse en suelos residuales el rodillo pata de cabra logra una mayor uniformidad y es más eficiente este tipo de equipo que el neumático, debido a la concentración de presiones producidas en las patas permiten el objetivo de desintegrar aquel fragmento considerable de roca intemperizada. Una de las principales ventajas de los rodillos neumáticos es compactar capas de mayor grosor y a una velocidad mayor en comparación a los rodillos pata de cabra, además de una ventaja económica considerable que esto implica, al ser mayor el espesor de la capa nos permite incluir un material grueso de mayor tamaño.

2.8.4 Compactadores por impacto.

El tipo de compactación por impacto se logra mediante el uso de varios tipos de pisones conocidos como bailarinas, es utilizado principalmente en áreas de dimensiones pequeñas, y algunas clases de rodillo apisonadores (tamper) semejantes en muchos aspectos a los rodillos pata de cabra, teniendo como ventaja a ser operados a una velocidad mayor que los equipos anteriores.

El empleo de compactadores de impacto se encuentra limitado a zanjas, desplantes de cimentaciones, rellenos de alcantarillas y en los sitios donde es complicado utilizar otros equipos de compactación de un mayor rendimiento por la falta de espacio o por tener un peso excesivo en el suelo.

2.8.5 Compactadores por vibración.

La compactación por vibración la frecuencia de vibración influye de un manera importante en el proceso de compactación. Una de las ventajas principales de la vibración es contar con la posibilidad de trabajar con capas de espesores mayores, así como contar con la posibilidad de compactar capas de hasta 1.20 metros utilizando rodillos vibratorios muy pesados.

2.8.6 Compactadores mixtos.

Es común utilizar un gran número de equipos para encontrar una mejor combinación a los efectos de dos o más de los cuatros sistemas tradicionales. El compactador de rodillo- liso vibratorio, la unidad vibrante se acopla mediante un equipo liso convencional, mientras el compactador neumático vibratorio encuentra su óptima aplicación en aquellos suelos arenosos bien graduados, arenas limosas y arenas arcillosas.

Los rodillos “pata de cabra” cuando cuentan con un aditamento es recomendable usarse para compactar suelos de tipo finos-arcillosos utilizando un mayor espesor de capa. También se encuentra la combinación de rodillos lisos y de neumáticos (Duopactor), se encuentra principalmente conformado a base de ruedas con llantas en el eje trasero y rodillos lisos en el delantero, suelen ser autopulsados, contando con la opción de operar con tres modalidades diferentes. Los rodillos pueden ser combinados de igual manera con rodillos lisos vibratorios y rodillos segmentados.

2.9 Pruebas de compactación.

De acuerdo con Mier Suárez las pruebas de compactación de laboratorio pueden agruparse en unos de los siguientes grupos:

- Pruebas dinámicas.
- Pruebas estáticas.
- Pruebas por amasado.
- Pruebas por vibración.
- Pruebas especiales o en proceso de desarrollo.

2.9.1 Materiales para terracerías.

Los materiales para terracerías son provenientes de la corteza terrestre, pueden ser extraídos por la extracción de los cortes o bien por los préstamos, para la elaboración de terraplenes solos, mezclados o estabilizadores utilizando el empleo de otros materiales naturales o elaborados, siempre y cuando cumplan con los requisitos necesarios para su uso.

Los materiales para terracerías serán clasificados de acuerdo con lo que nos indica la siguiente tabla:

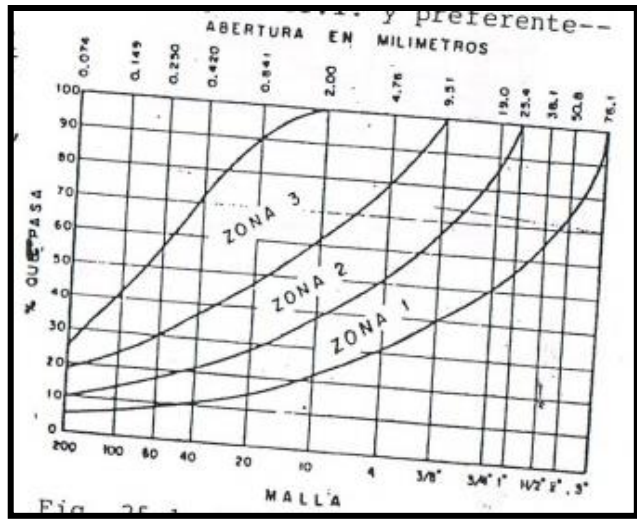


Tabla 2.3.- Zonas granulométricas para revestimientos.

Fuente: Mier Suárez; 1997: 351.

Para clasificar de manera adecuada y las características y requisitos sean los correctos para el uso adecuado de los materiales empleados para la construcción de terracerías, deben comprobarse realizando las pruebas de laboratorio y campo que sean necesarias.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se abordará la información necesaria para la ubicación, generalidades y características geométricas del lugar, así como el estado físico actual de la región, se mencionará la topografía, climatología, morfología de la zona que se encuentra en estudio, siguiendo las distintas fases de estudios y las diferentes alternativas para llegar al procedimiento de construcción adecuado del camino.

3.1 Generalidades.

Para la realización y desarrollo de la investigación se partirá de la adecuada elaboración de análisis y procedimiento constructivos del tramo carretero en ampliación de terracerías de Apúndaro del municipio de Tancítaro, para de esta manera lograr brindar una vía de comunicación más segura y rápida tanto para los usuarios de esa zona así como todos aquellos que transitan diariamente por esta vialidad, que es una de las vías de comunicación más transitables para los habitantes de esta zonas como lo es para el transporte de mercancías y personas, ya que conecta a municipios muy importantes de Michoacán.

3.1.1 Objetivo.

Esta vía de comunicación es tan importante para el municipio de Tancítaro ubicada al oeste del Estado, debido a que es una vía que une a dos localidades muy importantes del Municipio de Tancítaro como lo son Apúndaro y Pareo.

Teniendo como objetivo principal una elaboración y proyección de un correcto proceso constructivo para la realización de terracerías, contando y cumpliendo con las normas y los requisitos para una vialidad segura, rápida y cómoda para los usuarios mejorando sus condiciones de transitabilidad.

3.1.2 Alcance del proyecto.

Es de gran importancia contar con una investigación del camino y con la ampliación de esta vialidad ubicada en el municipio de Tancítaro en el entronque Las Higueras, debido a que esto permitirá tener un desarrollo económico con relación a la infraestructura de carreteras, de esta forma permitir unir varios sectores de la sociedad logrando beneficios significativos como los son el intercambio de mercancías, transporte de productos, personas y lograr beneficios de gran importancia en las poblaciones cercanas al lugar.

Las localidades que serán beneficiadas principalmente son las de Pareo, Apúndaro, Apo, Condébaro, Santa Catarina, Agua Zarca, Zirimóndiro, entre otras más, las cuales necesitan este camino para el traslado de mercancías y de personas.

Este proyecto traerá como beneficio la disminución de desequilibrios sociales y económicos, logrando un desarrollo regional significativo formando un acceso a zonas rurales marginadas satisfaciendo las necesidades del usuario, considerando aspectos de seguridad y movilidad, tomando en cuenta la protección al medio ambiente y el desarrollo de proyectos. Se tendrá un beneficio en los estudiantes de la carrera de ingeniería civil debido a que se contará con una fuente de investigación para ser consultada como referencia en los procesos constructivos de terracerías.

3.2 Resumen ejecutivo.

Para el presente trabajo de investigación en el proceso constructivo en ampliación de terracerías se comenzó con la visita al sitio, para de esta manera observar el problema actual del lugar, también se logró ubicar la superficie de rodamiento obteniendo un reconocimiento del camino.

Para comenzar con el proceso constructivo de las terracerías fue necesaria la obtención de aquellos datos necesarios con los que se contaban actualmente del tramo carretero apoyándose de los distintos planos, como lo fue el estudio topográfico del terreno , especificaciones técnicas y algunos datos de la construcción los cuales fueron proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Esta información es la necesaria, para de esta manera lograr un proceso constructivo adecuado cumpliendo con el objetivo de esta investigación. El procedimiento que será llevado a cabo estará conformado por el corte, despilme, retiro de material y compactación del lugar hasta llegar al nivel de la capa llamada sub-rasante. Es importante tomar en cuenta que al encontrarse líneas de obras de drenaje existentes pueden ocasionarse algunas rupturas al momento del proceso constructivo para esto se debe contar con el personal adecuado para atender alguna falla inmediatamente al momento de la ruptura, así evitar una saturación excesiva en la capa de la terracería, evitando gastos y retrasos innecesarios en la obra.

Para evitar que ocurran problemas en las líneas de drenaje y sean dañados por el aplastamiento de las máquinas a usar, será necesario conocer el nivel al que

se encuentren así optar por el nivel de colchón suficiente evitando sobre cargas muy elevadas ocasionando rupturas en el sistema de drenaje.

Para la realización de las terracería se iniciará por la limpieza y despalme del área por construir en la zona, el despalme, excavación de cortes, compactaciones del terreno natural así como la formación y compactación de las capas del cuerpo del terraplén se deberán realizar de acuerdo en el proyecto de terracerías. Al construirse el cuerpo de terraplén las alturas serán variables debido a que dependerán de la rasante y se compactará al 95% de su peso volumétrico seco máximo PVSM. Enseguida para la última fase la capa sub-rasante que deberá contar con un espesor de 0.30 m., debiéndose compactar el material que forme una capa al 100% de PVSM.

Siempre se deberá tomar en cuenta que las diferentes capas de material cumplirán con la calidad que nos indiquen las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y contar con los grados de compactación según corresponda cada una de las capas.

3.3 Entorno Geográfico.

En este apartado se hablará y especificará la ubicación del tramo carretero requiriendo mediante la macro y micro localización, de igual manera se abordará la hidrología, la topografía del sitio, climatología y el uso de suelo teniendo como referencia el informe fotográfico generado del estado actual del camino.

Tancítaro se localiza al oeste del Estado. Limita al norte con Peribán, Uruapan y Nuevo Parangaricutiro, al oeste con Nuevo Parangaricutiro y Parácuaro, al sur con Parácuaro, Apatzingán y Buenavista, y al oeste con Peribán y Buenavista.

3.3.1 Macro localización.

A continuación en la figura 3.1 se representa la macro localización del estado de Michoacán en el cual se localiza el camino en investigación dentro del territorio de la República Mexicana.



Figura 3.1.- Mapa de la República Mexicana.

Fuente: Google Earth (2014)

La ubicación del estado de Michoacán se encuentra situado hacia el centro - oeste de la República Mexicana, sus coordenadas geográficas son; 20°23'27" y

17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Al norte se encuentra limitado por los estados de Jalisco y Guanajuato, mientras que al noroeste se encuentra limitado por el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con estado de Guerrero. Cuenta con una gran extensión territorial ocupando el décimo sexto lugar a nivel nacional, la superficie es de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional, el estado de Michoacán se encuentra dividido en 113 municipios.

Al haberse ubicado el estado de Michoacán dentro del país, se localizará el municipio de Tancítaro uno de los 113 con los que cuenta este estado localizado al centro del estado, se encuentra Limitada al norte con Uruapan, Peribán y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, al sur con Apatzingán. Tancítaro significa lugar del tributo.

3.3.2 Micro localización

Se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°20' de latitud norte y 102°22' de longitud oeste, a una altura de 2,080 metros sobre el nivel del mar, su distancia a la capital del estado es de 170 km.

Para llegar al tramo en investigación se pueden seguir distintas rutas acorde a la disponibilidad del usuario, Desde Morelia tomar la carretera 14, se encuentra a 170 km. A Morelia – 64 km; A Uruapan – 57.3 km.

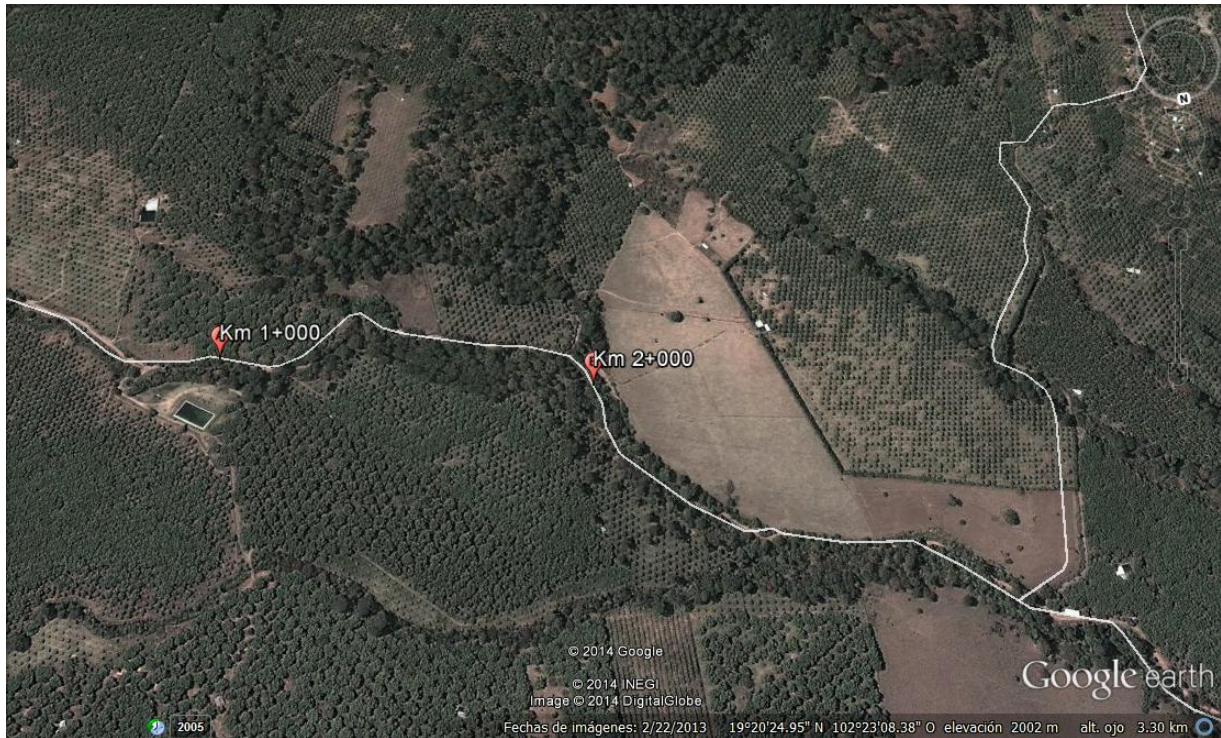


Figura 3.2.- Ubicación del tramo.

Fuente: Google Earth (2014)

En la micro localización que se muestra en la figura 3.2 se puede observar el tramo donde se ubica el proyecto, en el cual se inicia del km 1+000 al km 2+000 del municipio de Tancítaro.

En las figuras 3.3 se muestra el municipio de Tancítaro dentro del estado de Michoacán mientras en la figura 3.4 sus principales localidades con las que colinda.

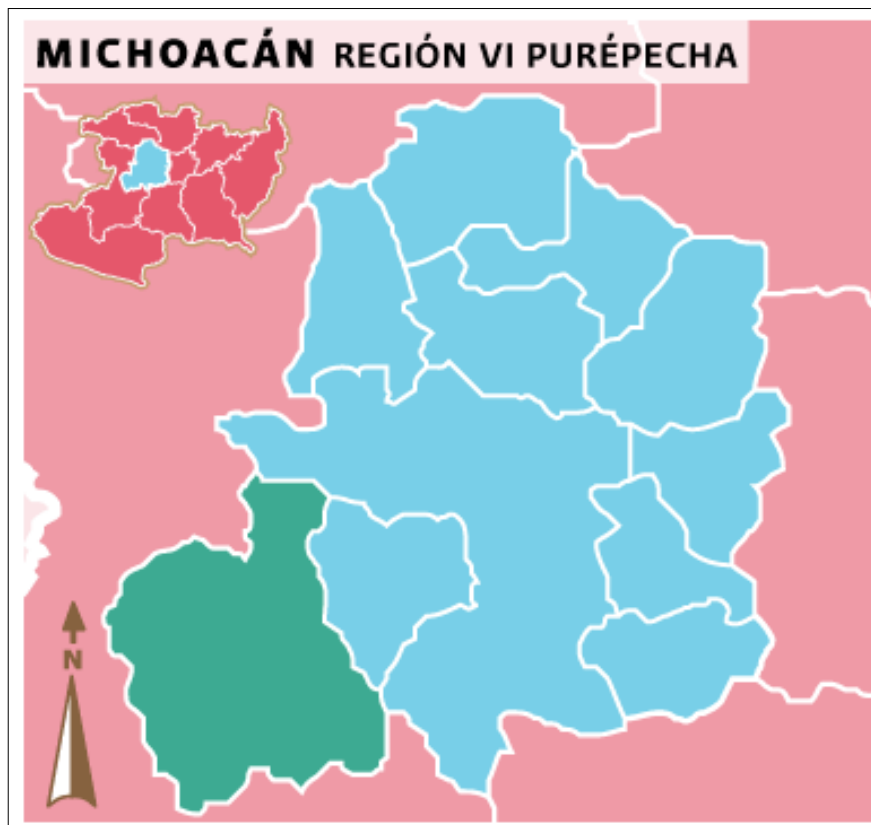


Figura 3.3.- Ubicación del Municipio de Tancítaro.

Fuente: inafed.gob.mx/

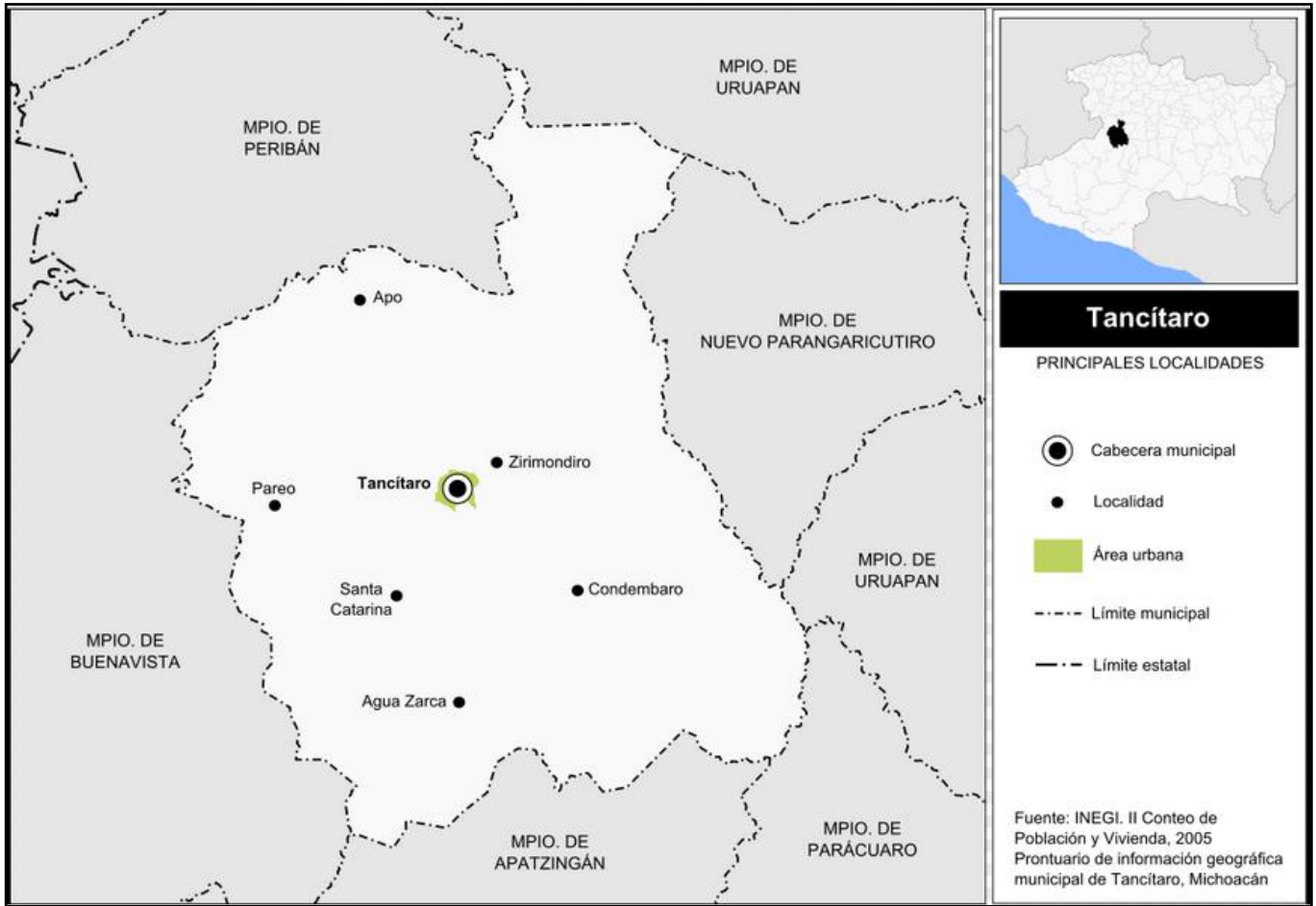


Figura 3.4.- Ubicación del municipio de Tancítaro y principales colindancias.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tancítaro>

3.3.3 Geología regional.

Esta zona se encuentra conformada principalmente por derivación de las actividades volcánicas pasadas, los suelos son los llamados andasoles. Principalmente se localizan en el macizo volcánico del Pico de Tancítaro y en algunas elevaciones volcánicas aisladas.

Los andosoles de acuerdo con Alejandro Velázquez (2003), cuentan con una textura que por lo general son arenosas, permitiendo la rápida absorción de agua, de esta manera su infiltración a los mantos freáticos es muy fácil. Pero este tipo de suelos son muy propensos a la erosión.

Otro tipo de suelo encontrado en esta región son los regosoles, principalmente formado por el establecimiento de cenizas volcánicas, son suelos someros de un material grueso y muy susceptible a la erosión. Otro tipo de suelo es el llamado luviosol, se encuentran principalmente al sureste de la zona y son afectadas probablemente por hechos geológicos que afectaron a Tancítaro hace miles de años.

El suelo menos abundante se encuentra en la zona de Peribán cerca del cerro La Chimenea, este tipo de suelo es utilizado para la agricultura.

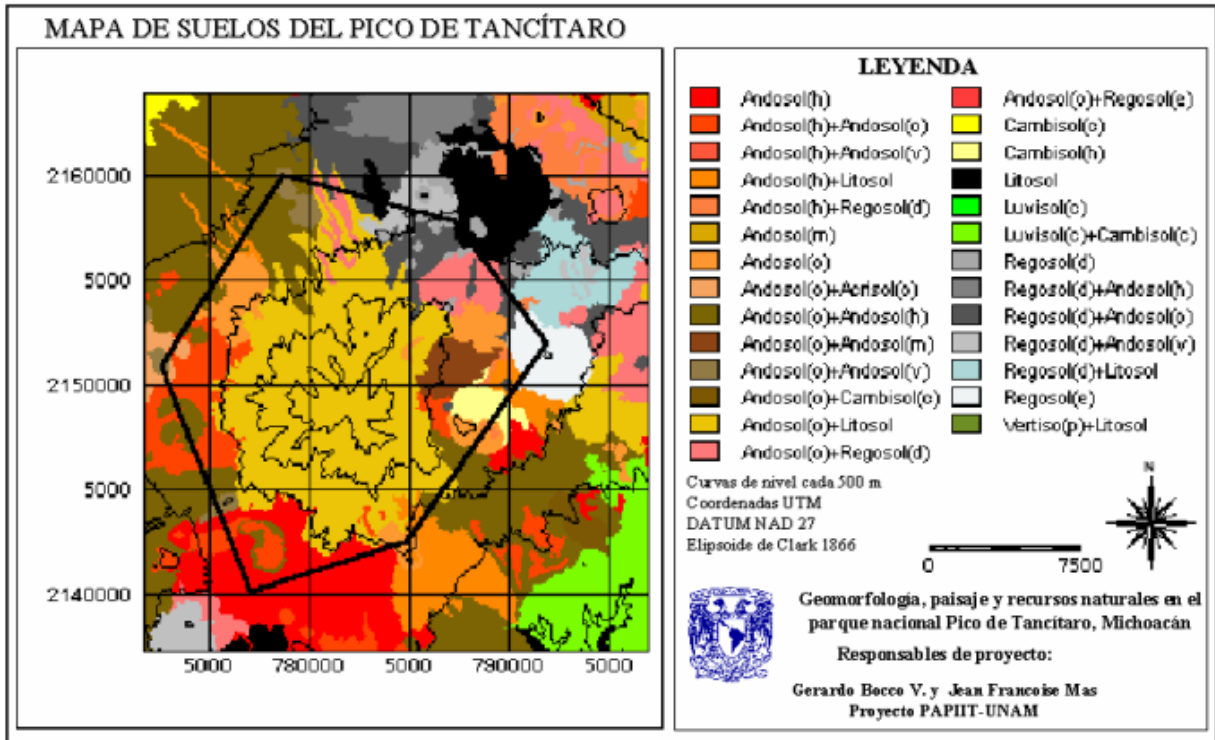


Figura 3.5.- Suelo regional de Tancítaro.

Fuente: INEGI y CONANP(Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas).

3.3.4 Topografía regional.

En este municipio la topografía del lugar cuenta principalmente con relieve accidentado con laderas de fuertes pendientes y barrancas profundas, dando la formación de miradoes naturales. De acuerdo con Sarh (1993), las pendientes varían del 15 al 100 %, la cumbre es formada por una cresta que alcanza una altitud de 3,846 metros sobre el nivel del mar, siendo la mayor elevación del estado de Michoacán.

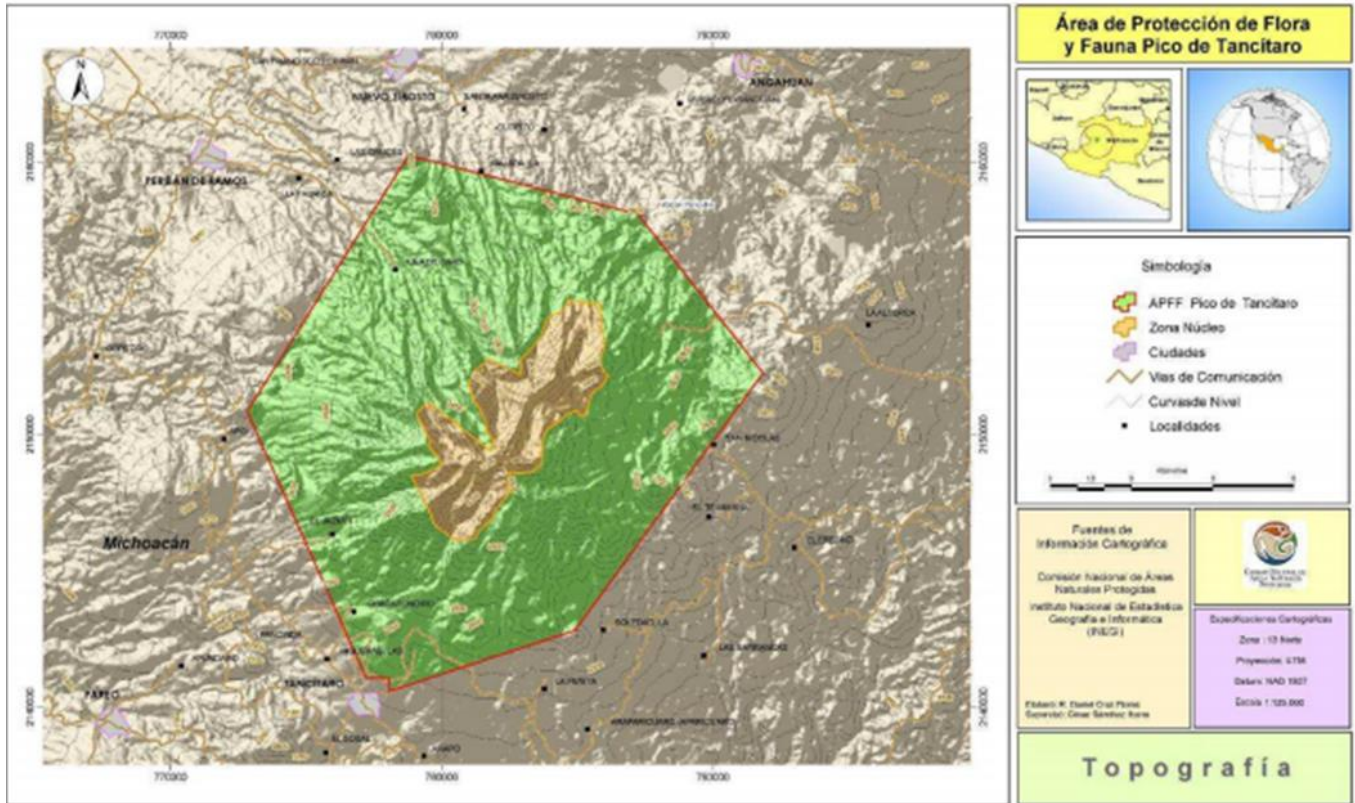


Figura 3.6.- Topografía regional de Tancitaro.

Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, INEGI.

3.3.5 Uso de suelo regional.

El uso del suelo en el municipio de Tancitaro ha cambiado conforme ha pasado el tiempo, pero de acuerdo a la página www.inafed.gob.mx (2010), dependen en gran parte de la actividad forestal y agrícola tradicional, la actividad económica que mayor se emplea es la agricultura y se cultiva principalmente: aguacate, durazno, maíz, trigo, haba, calabaza, papa y frijol.

El cultivo de aguacate es el más importante y tiene trascendencia a nivel regional, estatal y nacional. Mientras que la segunda de mayor importancia es la ganadera, se cría ganado vacuno, porcino, lanar, caballar y caprino, los dos sectores representan hasta el 70% de su actividad económica.

Las actividades agrícolas y los asentamientos humanos, han ocasionado el cambio de uso de suelo, y ha impactado de manera importante los recursos de la región, ya que esto ha provocado el desgaste y en muchas ocasiones la eliminación de la cubierta vegetal original, lo que ocasiona una disminución en la captación de agua y la erosión del terreno. Para el mantenimiento de estos cultivos es necesaria la utilización de las aguas provenientes del Pico de Tancítaro, de algunos manantiales o bien o a través de la recolección del agua desde los escurrimientos superficiales permanentes.

Las actividades económicas que se realizan dentro del parque nacional del Pico de Tancítaro, son de carácter primario: básicamente forestales maderables y no maderables, cultivo de frutales como aguacate y durazno, ganadería extensiva y agricultura de temporal, especialmente maíz.

3.3.6 Hidrología regional.

La hidrología del municipio de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, las cuencas de mayor relevancia a nivel nacional y estatal por su extensión y significado socio-económico y ambiental son el Lerma-Santiago y el Balsas, donde se localiza el Pico de Tancítaro.

El Pico de Tancítaro como entidad hidrológica, es la principal fuente de desarrollo de cerca de 40,000 habitantes en 81 poblaciones y comunidades que se dedican al cultivo de aguacate, durazno, manzana y pera. Esta zona es una de las áreas más importantes del país en la producción de aguacate de exportación y pertenece a la zona conocida como el corredor aguacatero de Uruapan de acuerdo con Torres y Bocco (1999).

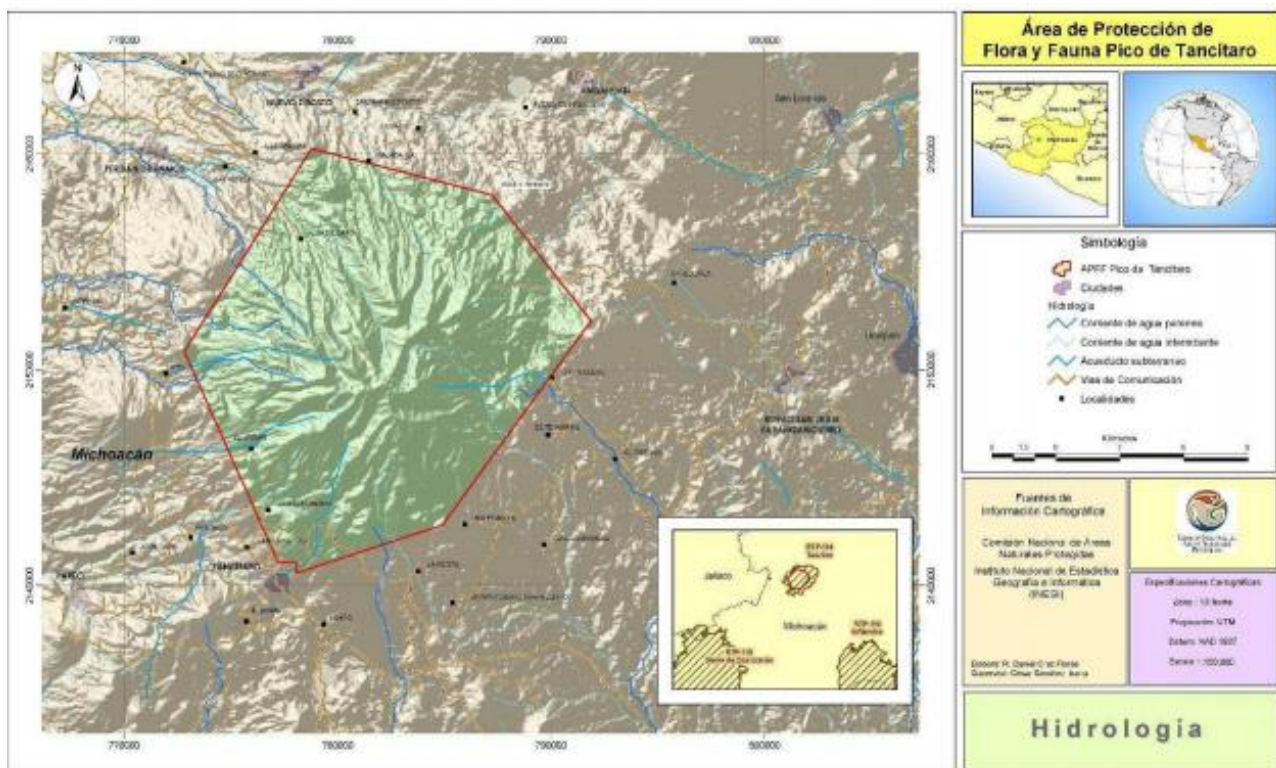


Figura 3.7.- Hidrología Regional de Tancítaro.

Fuente: INEGI.

3.4 Informe fotográfico.

El informe fotográfico permitirá conocer y observar las condiciones del tramo actual, así tener presente la problemática con la que se cuenta en la superficie de rodamiento del tramo, teniendo una mejor perspectiva del tipo de terreno con el que se cuenta y el entorno del camino. De esta manera poder dar las diferentes alternativas de solución que a su vez sean las más propias de acuerdo con las normas especificadas.

En las fotografías 3.1 y 3.2 se puede observar que el camino es un terreno plano con lomerío fuerte en algunos tramos, mientras que en otros es más escarpado y se encuentran algunas piedras, se visualiza la vegetación existente en el sitio y no se cuenta con obras de drenaje.



Fotografía 3.1.- Vista hacia Uruapan.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.2.- Estado actual del camino.

Fuente: Propia.

3.4.1 Problemática de drenaje superficial y camino poco escarpado.

En las fotografías 3.3 y 3.4 se puede observar que a lo largo del tramo no existen las suficientes obras de drenaje, no se visualiza alguna obra superficial, y las existentes no se encuentran en buenas condiciones ocasionando comúnmente algunos problemas en las deformaciones de la superficie de rodamiento.

Por esta razón es recomendable realizar en las zonas donde hay un mayor problema de deterioro en la superficie obras de drenaje como pueden ser cunetas y en algunas obras de cruce de agua alcantarillas, en la fotografía se puede observar el daño que ocurre en el momento de lluvias el agua se estanque en el camino ocasionando que no sean transitables, también se puede visualizar que cuenta con un tipo de material tipo b en unos tramos y en algunas otras tipo c.



Fotografía 3.3.- Superficie de rodamiento.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.- Problemática drenaje.

Fuente: Propia.

3.4.2 Estado actual del camino.

En la fotografía 3.5 se representa el estado actual del camino, de esta manera lograr darse cuenta de las condiciones de la superficie de rodamiento, se visualiza en algunos puntos existen algunas piedras es decir material tipo c que la conforman rocas y es necesaria la utilización de maquinaria para retirarlas, y por la falta de algunos puentes de cruce para el paso del agua o cunetas, el camino se ve afectado por las lluvias o el desbordamiento de agua.



Fotografía 3.5.- Tipo de material y superficie de rodamiento.

Fuente: Propia.

3.5 Alternativa de solución.

A continuación se darán a conocer algunas alternativas de solución, para así poder saber cuál es la más apropiada tomando en cuenta todos los estudios que se hayan realizado para el planteamiento del problema, basándose en la superficie actual del camino.

- Para el proceso constructivo de terracerías se deberá llevar a cabo una mejora en la superficie de rodamiento ya que con el reconocimiento del camino es necesario mejorarla, realizando los cortes, despalmes y el retiro de vegetación del camino.
- Será necesario con base al estudio topográfico llegar hasta la capa de la sub-rasante que deberá contar con un espesor de 0.30 m., debiéndose compactar el material que forme una capa al 100% de PVSM.
- Al no contarse con las obras de drenaje necesarias se realizarán las apropiadas para evitar que el agua circule en gran cantidad por el camino ocasionando el reblandecimiento o derrumbes de las terracerías, trayendo como consecuencia pérdidas de estabilidad hasta provocar que la sub-rasante se reblandezca.

Las alternativas mencionadas anteriormente la más apropiada de acuerdo a las condiciones del camino y a las especificaciones técnicas, datos de la

construcción que fueron proporcionados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la siguiente:

1. Para la elaboración de terracerías se comenzará con la limpieza del camino a construir, así como el despilme excavación de cortes y la elaboración del cuerpo del terraplén, utilizando la maquinaria óptima de acuerdo al proyecto.
2. Al construirse el terraplén las alturas con las que contará el cuerpo estarán cambiando debido a que dependerán de la rasante y se compactará al 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM).
3. Enseguida para la última fase la capa sub-rasante que deberá contar con un espesor de 0.30 m., debiéndose compactar el material que forme una capa al 100% de PVSM.

Cabe mencionar que es importante tomar en cuenta que las diferentes capas de material cumplirán con la calidad que nos indiquen las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y tener los grados de compactación según corresponda cada una de las capas.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En este capítulo se hablará de la metodología de investigación que se empleó para el desarrollo de la presente tesis, se explicará el método empleado, así como el enfoque de investigación, diseño y alcance de la investigación, instrumentos de compilación de datos y la descripción del procedimiento con el propósito de conocer la metodología y el desarrollo del presente trabajo.

4.1.- Método empleado.

Para la realización del presente trabajo el procedimiento empleado o método utilizado el cual corresponde al proceso constructivo en ampliación en la autopista Siglo XXI del tramo Pátzcuaro – Morelia fue el método científico.

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizados generalmente por ser tentativo, verificables, de razonamiento riguroso y observación empírica”. (Tamayo; 2000: 35)

De acuerdo con lo anterior, el método científico es el procedimiento o instrumento ayuda para descubrir nuevos conocimientos para ser empleados, mediante la aplicación de la lógica a la realidad o a los distintos hechos que se observan en nuestro entorno poniendo a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo.

Las etapas empleadas para el método científico, de acuerdo con Tamayo (2000) son las siguientes:

Percepción de una dificultad: se refiere aquel problema que se presenta en algún individuo y es preocupante, por no contar con los medios adecuados para llegar al fin deseado y no puede explicar un acontecimiento inesperado.

Identificación y definición de la dificultad: en esta etapa es cuando el individuo efectúa observaciones para poder obtener y definir la dificultad con la que cuenta con una mayor precisión.

Soluciones propuestas para el problema: hipótesis. Se realiza de acuerdo al estudio de los hechos, aquí es cuando el individuo formula su juicio respecto aquellas soluciones posibles para ser aplicadas al problema, a esto se le da el nombre de, formula hipótesis.

Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas: llega a la conclusión el individuo de que si cada hipótesis resultan ser verdaderas, le traerá ciertas consecuencias.

Verificación de las hipótesis mediante la acción: en esta etapa final el individuo pone a prueba las distintas hipótesis, de esta manera encontrar si es posible que existan hechos observables para poder confirmar si las consecuencias que deberían seguirse se van a producir o no. Con dicho procedimiento es posible conocer cuál es la hipótesis adecuada y la que concuerde con todos los hechos observables

anteriormente, de esta manera obtener la solución más confiable para su problema, de acuerdo con lo que indica Tamayo (2000).

Las características principales que se encuentran en el método científico pueden concretarse en las siguientes:

Es fáctico: es cuando se basa en los hechos, esto quiere decir, tiene una referencia empírica.

Trasciende los hechos: para ir más allá de las apariencias y los hechos, los científicos optan por experimentar la realidad.

Verificación empírica: se toma en base a la verificación empírica para de esta manera generar respuestas a los diferentes problemas que han sido planteados, así apoyar sus propias afirmaciones.

Autocorrectivo: esta confrontación permite al método científico estar en una constante confrontación autocorrectiva así como progresiva; es autocorrectivo debido al rechazo o ajuste de las propias conclusiones, y es progresivo por no tomar las conclusiones como infalibles y finales, se encuentra abierto para obtener nuevos aportes y la aplicación de nuevos procedimientos y distintas técnicas.

Formulaciones de tipo general: el hecho singular interesa a medida en que éste es un miembro de una clase, pero más aun presupone que todo hecho es clasificable o legal.

Es objetivo: la objetividad no es referirse solamente a llegar el objeto tal como es, sino se trata de evitar la distorsión del sujeto que se encuentra mediante las circunstancias concretas.

4.1.1 Método matemático.

Es el método que indica el origen del objeto, se podría decir que son todas aquellas nociones conceptuales que capta el ser humano, este método se utiliza en todas aquellas investigaciones donde surja la necesidad de realizar cálculos diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de factores, por lo que este método se identifica debido al trabajo con números y los diferentes cálculos para llegar a un resultado, de acuerdo con Tamayo (2000).

El procedimiento matemático indica principalmente el origen del objeto, debido a esto en cualquier investigación en la que sea necesario llevar a cabo la aplicación de números, diversidad de comprobaciones y la variedad de hipótesis, con el propósito de tratar de afirmar o negar algún hecho se está aplicando el método matemático.

4.2.- Enfoque de la investigación.

En la presente investigación se tiene como objeto dos principales enfoques que son el cuantitativo y el cualitativo, en este caso la investigación se ha analizado mediante un enfoque cuantitativo.

De acuerdo con Hernández y Cols. (2010), la investigación cuantitativa representa aquel conjunto de procesos que deben ser secuenciales y probatorios, y no se puede dejar desapercibido, brincar o eludir pasos debido a que cada etapa precede a la siguiente. Se derivan objetivos a partir de una idea así como preguntas de investigación, realizando después un marco o una perspectiva teórica.

De las distintas preguntas empleadas se realizan hipótesis para de esta manera poder determinar las variables realizando planes para probarlas es decir diseños, con frecuencia se utilizan métodos estadísticos para analizar las mediciones obtenidas, por último se establecen una serie de conclusiones respecto a las distintas hipótesis.

La investigación cuantitativa permite generalizar los resultados de una forma más amplia, ofrece un punto de vista de conteo o magnitudes de estos, esto facilita la comparación entre estudios similares. Este método cuantitativo son los más usados por las ciencias como la física, química y biología, las principales licenciaturas que utilizan este enfoque de investigación es la ingeniería debido a que nos ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorga un control sobre los fenómenos y puntos de vista de conteo.

Debido a esto en la presente investigación se está empleando el enfoque cuantitativo, ya que se está diseñando el procedimiento constructivo del camino propuesto, partiendo de los distintos estudios que ya han sido realizados, los cuales se analizan para obtener resultados y así poder especificar las soluciones más favorables y adecuadas de nuestro objetivo principal.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

Los alcances que pueden tener un estudio cuantitativo de acuerdo con Hernández y Cols. (2010), para el alcance de la investigación se divide en cuatro rubros:

- Exploratorios
- Descriptivos
- Explicativos
- Correlacionales

Los estudios de tipo exploratorios tienen como función anteceder a distintas investigaciones mediante los alcances descriptivos, correlaciones o explicativos. Los estudios de tipo descriptivos son tomados en base a las investigaciones correlacionales, para de esta manera brindar información para llevar a cabo los estudios explicativos. Aquellas investigaciones llevadas en un campo de conocimiento específico se encuentran formadas por distintos alcances en las etapas distintas de su desarrollo.

Retomando a Hernández y Cols. (2010), se debe tener en cuenta que la presente investigación utiliza un estudio de alcance descriptivo debido a que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas así como rasgos de cualquier fenómeno que se encuentre sujeto a un análisis. El alcance de investigación de la presente tesis es pretender medir, especificar las propiedades, las características, variables y componentes importantes del procedimiento constructivo

en ampliación de un camino analizando los costos de obra el contexto o situación del lugar.

4.3.- Diseño de la investigación.

Basándose a Hernández y Cols. (2010), se manejan dos tipos de diseño de investigación, se encuentra el diseño experimental y el no experimental, dividiéndose a su vez el no experimental en los siguientes dos rubros:

- Transeccional
- Longitudinal

De acuerdo con Hernández y Cols. (2010), la investigación no experimental tiene como objeto no hacer variar de una manera intencional aquellas variables independientes para observar su efecto sobre otras variables, esto se refiere a juntar todos los datos en un mismo instante, en un tiempo único, es decir observar el fenómeno que se presente en el momento, tal como se da en su contexto natural, de esta manera después lograr analizar los fenómenos, obteniendo los resultados que sean requeridos.

Cabe mencionar que la investigación transaccional o transversal tiene como objetivo recolectar los datos ocurridos en un solo momento, describiendo las distintas variables analizando su incidencia en un momento determinado.

De acuerdo a lo anterior, el diseño de investigación de la presente tesis es una investigación que se clasifica como no experimental tomándose en base a sus

diseños transeccionales o transversa, debido a que se tiene el objetivo de recolectar datos en un solo momento, en un tiempo único, para de esta manera en un momento dado analizar cuál es el nivel de algunas variables, así como evaluar la situación, comunidad, fenómeno o contexto en un cierto punto del tiempo, también se trata de un estudio descriptivo debido al manejo de hipótesis que son tomadas de igual manera como descriptivas.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

De acuerdo con Hernández y Cols. (2010), para la recolección de datos es necesario elaborar un plan detallado de todos aquellos medios que se utilizaron para ser conducidos a reunir datos con un propósito específico, con la finalidad de disponer de los distintos tipos de instrumentos o las técnicas necesarias para llevarnos a la respuesta de nuestro trabajo de investigación de la presente tesis.

Para la elaboración de la presente tesis se utilizaron programas de los más requeridos para la carrera de ingeniería civil, los programas que fueron utilizados son:

- Word. Este programa se utilizó para la elaboración digitalizada de la presente tesis.
- AutoCAD. Programa utilizado para dibujar en 2D, así como para la visualización y obtención del levantamiento topográfico del camino en estudio.
- Civil-cad. Este software se utilizó para obtener los perfiles, secciones transversales, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en sección de corte y terraplén.

- Excel. Este programa sirvió para elaborar las diferentes tablas de información así como el cálculo, generadores, costos y cantidad de obra.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

Para el desarrollo y elaboración de la presente tesis fue necesario escoger el tramo carretero del camino que se encuentra en la autopista Siglo XXI del subtramo Pátzcuaro- Uruapan, realizando posteriormente el siguiente proceso para su integración:

- Se seleccionó el tema de investigación
- Se realizó la visita y ubicación al lugar del tramo en estudio, para conocer la situación actual.
- Se realizó una investigación documental para la recopilación de datos teóricos y prácticos de acuerdo a las vías terrestres, así como sus especificaciones normativas vigentes de estado, etc.
- Se estableció el tipo de metodología de investigación a utilizar.
- Se realizó el levantamiento topográfico, para generar los volúmenes de corte y terraplén del terreno.
- Se capturaron los datos con el apoyo de los diferentes programas de cómputo.
- Enseguida se realizó un presupuesto de cantidad de obra, de esta manera conocer el costo de construcción del tramo del camino.
- Por último se realizó una revisión de los datos obtenidos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se hablará del proceso constructivo que se llevará a cabo para la elaboración de la obra de ampliación de terracerías en el municipio de Tancítaro y las etapas en las que se realizará la construcción: preliminares, despalle de la capa de material vegetal, desmonte del material del terreno, así como la elaboración del cuerpo del terraplén y el corte necesario, generadores de volúmenes de obra, elaboración de obras de drenaje, hasta llegar a la formación de la capa subrasante.

5.1 Preliminares.

Con las condiciones del terreno se realizaron trabajos para comenzar las etapas de terracerías siguiendo los siguientes pasos:

1.- Trazo o eje de camino: este trazo es realizado tomando como base la topografía y referencias del terreno los cuales fueron previamente indicados en los planos del proyecto del kilómetro en estudio, conforme a estos datos obtenidos se tomaron las distancias, pendientes del terreno y nivelación del eje.

Los datos correspondientes al levantamiento topográfico del terreno fueron proporcionados por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) bajo las normas correspondientes.

En base al eje del camino se marcaron las estaciones para el trazo hechas a una distancia de cada 20 metros, en los puntos donde se encontraban curvas fueron marcadas los puntos de inflexión así como el principio de curva y de tangente, dichos datos ya fueron obtenidos en el levantamiento topográfico otorgado por la SCT, realizado con el equipo adecuado con tecnología de punta como lo son la estación total, y el equipo auxiliar para su empleo.

2.- Colocación de estacas de talúd: con este tipo de estacas se determinaron aquellos puntos en donde se iban a realizar los cortes y la formación de terraplén, así como todos aquellos puntos en donde el terreno cambiaba el nivel del terreno. Cabe mencionar que dichos datos ya se encontraban establecidos en el levantamiento otorgado.

3.- Colocación de estacas de referencia: esta colocación de estacas o puntos de referencia es muy importante debido a que sirvieron para localizar donde fueron tomados los puntos del eje del camino, que por trabajos realizados durante la obra fueron cubiertas por algún material o removidas de su lugar original y con la ayuda de estas estacas alejadas al eje y del derecho de vía se puede volver a replantear la nueva colocación de las estacas, evitando la demora de tiempo en la obra.

5.2 Desmonte.

En la etapa donde fueron realizados los trabajos de desmonte se retiró toda aquella capa de material vegetal que se encontraba en el kilómetro de trabajo con el equipo específico. Se encontraron principalmente vegetación como oyamel y pino principalmente, así como arbustos pequeños.

Para comenzar con la elaboración de las terracerías es necesario realizar y verificar aquellos inconvenientes con los que nos vamos a enfrentar al momento de la construcción, conociendo los estudios realizados en el área específica en la que se va a trabajar, de esta manera brindar seguridad y comodidad a los usuarios. Para la construcción de terracerías se limpiará la zona realizando el desmonte de la capa vegetal quedando libre de materiales vegetales, evitando daños a la obra.

De acuerdo con la norma N-CTR-CAR-1-01-001/11 de la SCT el desmonte ayudará a contar con una mejor visibilidad para los trabajadores realizando la remoción de aquella vegetación ubicada en el derecho de vía, o en algunas zonas cercanas como son de bancos de materiales, canales que obstruyan la zona de trabajo, entre otras. El material de desmonte se encuentra conformado principalmente por: el corte de los árboles y arbustos, la roza que es donde se retira todo el material como hierba, zacate o algunos residuos de siembra.

Y para finalizar esta etapa se realiza la limpieza y disposición final, retirando todo el material que se obtuvo del desmonte trasladándolo al banco de desperdicios con el que se cuenta en el proyecto como lo indica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para este trabajo el equipo que se utilizó para el desmonte, fue el más viable para cumplir con lo indicado en el proyecto, se llevó a cabo con maquinaria pesada, mediante el uso de un tractor mediano modelo D7R como el que se muestra en la fotografía 5.1, para de esta manera producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación.



Fotografía 5.1.- Tractor Caterpillar D7R

Fuente: Propia.

5.3 Despalme en cortes y en terraplén.

Los trabajos de despalme que se realizan del terreno natural serán compactados al 90 % de P.V.S.M. de acuerdo a la prueba AASHTO estándar. Para lograr una buena liga entre el material a utilizar y el material existente es necesario realizar esta etapa de despalme.

El despalme es aquel retiro del material ubicado en toda la superficie del terreno, en los cuales se realiza el retiro del material catalogado como material vegetal de acuerdo a los datos obtenidos en los planos del proyecto, con la finalidad de evitar problemas que puedan ocasionar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o algún material no viable para nuestra construcción.

El espesor de despalme más apropiado se debe tomar de acuerdo con la estratigrafía del terreno. El material producto del despalme podrá ser empleado para lograr un recubrimiento en los taludes del terraplén según lo indique el proyecto o la Secretaría y de acuerdo con la Norma N-CTR-CAR-1-09-002. Para realizar el desmonte se utilizará de igual manera un tractor Caterpillar D7R.

5.4 Excavación en cortes para formación terracerías.

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.

Este tipo de excavaciones para la realización de los cortes, es de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno y el tipo de material que encontramos en el tramo, el tipo de material fue principalmente de tipo "A" y "B", realizando su retiro con retroexcavadoras y con la ayuda de un tractor bulldozer el cual ayudaba a retirar el material a la zona con el ripper para aflojar en donde se encontrara material tipo B y de esta manera mediante el uso de la hoja se dirigió a la estación donde se ubicará

el termino de corte o donde fuera necesaria la formación de un terraplén, y si este material no fuera utilizado será transportado al banco de desperdicios.

Al terminar adecuadamente los trabajos de despalme y desmonte conforme a la normativa N·CTR·CAR·1·01·003/11, los cortes de la construcción se van a ejecutar colocando estacas en las líneas de ceros en los límites de la zona de corte y conforme a las líneas del proyecto, de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo que se obtuvo en los cálculos de volúmenes siempre aprobado por la Secretaría.

Posteriormente se utilizará el material sobrante producto del corte para realizar la elaboración de la formación de terraplenes, como se encuentra señalado en el proyecto, tomando en cuenta una zona debidamente despalmada conforme lo indica la Norma N·CTR·CAR·1·01·002, enseguida debemos cerciorarnos que todo el material sobrante del corte realizado no obstruya la zona de trabajo o tenga una mala visibilidad al paisaje de esta manera evitar obstaculizar el drenaje natural. Las cunetas se elaborarán tomando en cuenta que la dirección del desagüe no provoque algún daño a los cortes ni a los terraplenes.

Los cortes se realizarán con el equipo adecuado, con una retroexcavadora Caterpillar 3200 como la que se muestra en la fotografía 5.2, generando la geometría, y tomando los materiales especificados en el proyecto, obteniendo de esta manera el volumen establecido en el generador y el producto de ejecución detallado por concepto y ubicación, se utilizará una retroexcavadora que cuente con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

Para agilizar el trabajo en los cortes para la construcción de terracerías se utilizó el trabajo de una motoconformadora Caterpillar 120 (fotografía 5.3 y 5.4), de esta manera obtener la superficie nivelada y que cuente con los niveles de proyecto. Al finalizar se transportó el material que se obtuvo como sobrante del corte al sitio o banco de desperdicios. El transporte de los materiales está sujeto, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes, considerando lo establecido en la Norma (N-CTR-CAR-1-01-013), Acarreos.



Fotografía 5.2.- Retroexcavadora Caterpillar.

Fuente: Propia.



Fotografía 5.3.- Motoconformadora Caterpillar 120.

Fuente: Propia.



Fotografía 5.4.- Motoconformadora Caterpillar 120.

Fuente: Propia.

5.5 Préstamos de Banco.

Este trabajo fue realizado en base los cálculos y volúmenes para la construcción de terraplenes si el material producto del corte no fuera suficiente se obtendría de un banco de material específico para la elaboración de dichos trabajos.

Los bancos de materiales son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para la formación de cuerpos de terraplenes; ampliaciones de las coronas, bermas o tendido de los taludes de terraplenes existentes; capas subyacentes o subrasantes; terraplenes reforzados; rellenos de excavaciones para estructuras o cuñas de terraplenes contiguas a estructuras; capas de pavimento; protección de obras y trabajos de restauración ecológica, así como para la fabricación de mezclas asfálticas y de concretos hidráulicos.

5.6 Compactación del terreno.

Estos trabajos son realizados en el sitio donde se realizó el despalle y desplante del material existente al momento que se han terminado estas acciones, para obtener un suelo de tal manera que cumpla y mantenga un comportamiento mecánico adecuado conforme lo indica el proyecto.

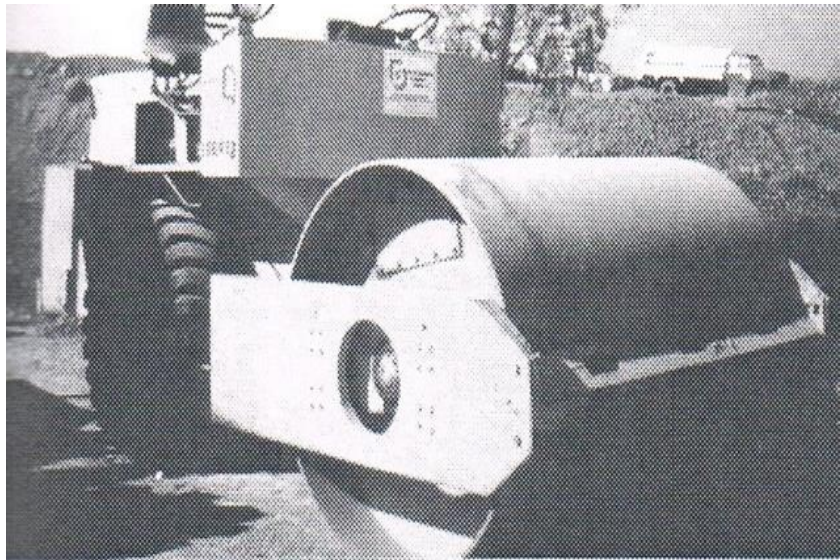
Para esto se utilizaron equipos de compactación pesados, así lograr más rápida y eficiente el efecto de la compactación, también permitió reducir el número de pasadas y economizar la utilización de equipos de compactación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio para la compactación de campo y la humedad óptima correspondiente, fue utilizado un tracto compactador pata de cabra (fotografía 5.5), ya que este equipo trabaja haciendo una compactación de la capa inferior a la superior para mejores resultados, obteniendo el 90 % de compactación de terraplenes de 15 a 20 cm de espesor, utilizando por último un vibrocompactador como el que se muestra en la fotografía 5.6, para dejar una superficie nivelada conforme a los niveles del proyecto.



Fotografía 5.5.- Compactador pata de cabra 815F.

Fuente: Propia.



Fotografía 5.6.- Vibrocompactador liso.

Fuente: Propia.

5.7 Obras de drenaje.

Las Obras de Drenaje tienen la función principal de captar o recibir el agua y conducirla a un sitio de desfogue donde no cause daños estructurales de la carretera, es importante evitar los cortes de material de una mala calidad se saturen de agua ya que provocarían el derrumbe o deslizamiento del mismo, también evitando el reblandecimiento de la subrasante por causa del agua subterránea.

El desfogue del agua en una carretera se emplea mediante la siguiente clasificación que es: el drenaje superficial y los subdrenaje, el primero permite drenar el agua por medio de la superficie de la carretera por la misma pendiente, mientras el

segundo tiene como objeto principal transportar el agua de un lado a otro del camino por el interior del suelo ya que no puede ser desviada de otra manera.

El drenaje superficial es el conocido como drenaje longitudinal y se componen por obras complementarias como son las cunetas, bombeo del camino, contracunetas, bordillos, lavaderos y vertedores entre otros. Es importante mencionar que dichas obras son construidas posteriormente al término del trabajo de terracerías por lo que nuestro estudio no estará enfocado en el drenaje longitudinal, sino al estudio del subdrenaje.

Las obras subterráneas permiten brindar ductos de drenaje para de esta manera controlar el agua que se encuentra por abajo del terreno, teniendo de esta forma un control en el nivel de aguas freáticas evitando el reblandecimiento de las terracerías. Este tipo de obra es conocido también como drenaje transversal es decir obras de cruce dando el paso rápido al agua de un lado a otro del camino, es importante la elaboración de estas obras de cruce debido a que si contamos con cunetas muy largas es necesario aliviarlas mediante una alcantarilla de alivio para dar salida a esta agua y evitar problemas en la obra.

En este caso se fue necesaria la utilización de alcantarillas de tubo de acuerdo a lo señalado en el proyecto, conforme a las Especificaciones Particulares y las Normas para la Construcción de la SCT N·CTR·CAR·1·03·001/00.

Una alcantarilla se encuentra compuesta por el cañón que es el que forma el canal y los muros extremos o cabezal que es el anclaje para evitar que ocasione

erosión aguas arriba y aguas debajo de la obra de drenaje. Existen distintos tipos de alcantarillas y para su selección es necesario conocer el suelo de cimentación, los requisitos de la topografía, así como la economía de los diferentes tipos. Los diferentes tipos de alcantarilla dependen según la forma de cuerpo o cañón y se dividen en:

- 1.- Alcantarillas de tubo.
- 2.- Alcantarillas de bóveda.
- 3.- Alcantarillas de losa.

En este caso la obra de drenaje que se utilizó fue mediante la implementación de una alcantarilla de tubo para dar el paso del agua de una lado de la carretera al otro.

5.7.1 Alcantarilla de tubo.

Las alcantarillas son estructuras construidas mediante la utilización de tubos. También se encuentran formadas por arcos de láminas corrugadas en el caso de las alcantarillas de acero, en nuestro proyecto se optó por la utilización de alcantarilla de acero, formada principalmente por dos o más placas ensambladas que posteriormente son colocadas en el terreno en una o varias líneas para proporcionar el paso del agua de un lado al otro de la vialidad de acuerdo a la normativa de la SCT N-CTR-CAR-1-03-001/00.

Existen dos tipos de material de los que se encuentran formados los tubos, pueden ser de concreto o lamina de acero, y algunos de los diámetros más usuales y comerciales son los siguientes:

Concreto: 0.90 m., 1.05 m., 1.20 m. y 1.50 m.

Lámina: 0.91 m., 1.07 m., 1.22 m. Y 1.52 m.

Conforme a lo mencionado por la normativa de alcantarillas de la SCT, para su construcción es según el terreno ya que dependiendo de esto se realiza la colocación de los tubo, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén.

La colocación de la alcantarilla será realizada de aguas abajo hacia aguas arriba, mientras los extremos de las alcantarillas se sujetarán con los muros de cabeza, y por ultimo será colocado un colchón colocando la primera capa a mano y compactando cuidadosamente para obtener un mejor funcionamiento con una capa de 30 cm usando maquinaria adecuada cuidando que no ocurran rupturas en el sistema de drenaje.

5.8 Formación de la capa subrasante.

La formación de la capa subrasante es muy importante ya que debe de cumplir con las especificaciones del proyecto así como todas aquellas normas de construcción señaladas por la SCT. Es la última etapa en el procedimiento constructivo de las terracerías y al finalizar el proceso de dicha etapa comienzan los trabajos de pavimentación.

Para realizar la compactación de la capa subrasante fue necesario emplear un espesor que fue constante en todo el tramo de 30 cm, dicho material fue obtenido del producto de los cortes del terreno así como del préstamo de banco, compactando la capa al 100 % de PSVM de la prueba AASHTO estándar.

Se fue realizando la elaboración de la capa extendiendo el material adecuado, empleando maquinaria como fue el caso de motoconformadora compactándolo por medio de pata de cabra y vibrocompactadores, tomando en cuenta los niveles adecuados y el espesor considerado para realizar los niveles de las siguientes capas del pavimento.

Cabe mencionar que al momento de realizar la formación de la capa subrasante se tomaron en cuenta el control de calidad obtenidos en el laboratorio para de esta manera tener la humedad necesaria para contar con las características de compactación, de esta manera evitar problemas en la superficie de rodamiento de dicha capa así como en las capas del pavimento.

5.9 Generación de volúmenes de obra.

Para realizar la elaboración del presupuesto económico de la obra en el procedimiento de terracerías se deben conocer los volúmenes de trabajos para la obra, basándose en las secciones obtenidas en el proyecto mediante el levantamiento topográfico del terreno.

Enseguida se muestran los números generadores, los cuales indican el cálculo de los volúmenes de obra que se van a ejecutar en la construcción de terracerías en cada una de las secciones transversales.

GENERACIÓN DE VOLÚMENES								
Estación	Escalón de liga	Despalme en corte	Corte	Despalme en terraplén	Cuerpo terraplén	Subrasante	Base	Carpeta
	EL	DC	C2	DT	CT	SR	BH	CA
1+000				0.62	14.74	2.47	1.49	0.35
1+020		0.12		0.35	10.50	2.46	1.49	0.35
1+040		0.10	0.12	0.22	7.40	2.32	1.47	0.35
1+060		0.05	0.01	0.24	5.63	2.37	1.49	0.35
1+080				0.32	4.27	2.47	1.49	0.35
1+100				0.26	2.42	2.47	1.49	0.35
1+120		0.20	0.01	0.12	1.01	2.46	1.49	0.35
1+140		0.15	0.04	0.35	0.75	2.43	1.49	0.35
1+160		0.36	0.12	0.28	0.38	2.40	1.49	0.35
1+180		0.03	0.16	0.21	0.45	2.44	1.49	0.35
1+200				0.31	1.42	2.47	1.49	0.35
1+220			0.01	0.32	1.51	2.47	1.49	0.35
1+240		0.04	0.23	0.26	0.90	2.44	1.49	0.35
1+260		0.06	0.66	0.18	0.48	2.42	1.49	0.35
1+280		0.44	1.31	0.22	0.46	2.68	1.61	0.37
1+300		1.21	4.36	0.30	1.24	2.92	1.80	0.42
1+320		1.21	4.24	0.05	0.60	2.92	1.80	0.42
1+340		2.03	3.81	0.06	0.21	2.92	1.80	0.42
1+360		1.90	4.28	0.23	0.50	2.92	1.80	0.42
1+380		0.65	5.08	0.16	0.24	2.87	1.76	0.41
1+400		0.47	6.38			2.59	1.58	0.36
1+420		0.62	8.14			2.50	1.56	0.36
1+440		0.64	9.55			2.69	1.59	0.36
1+460		1.01	11.14			2.93	1.76	0.40
1+480		0.98	13.90			3.03	1.84	0.42
1+500		2.26	12.66			3.03	1.84	0.42
1+520		2.04	5.88			2.89	1.80	0.42
1+540		1.13	2.36	1.17	3.66	2.92	1.80	0.42
1+560		1.05	2.09	0.50	4.25	2.92	1.80	0.42
1+580				0.65	3.46	2.55	1.56	0.37
1+600		0.11	0.01	0.60	2.25	2.39	1.49	0.35

1+620	0.40	0.45	0.58	1.97	2.30	1.46	0.35
1+640	0.75	0.38	0.69	2.30	2.37	1.49	0.35
1+660	0.51		1.38	3.82	2.46	1.49	0.35
1+680			2.04	6.75	2.47	1.49	0.35
1+700			1.02	8.72	2.66	1.62	0.39
1+720			1.11	10.22	2.73	1.67	0.40
1+740			1.16	6.55	2.73	1.67	0.40
1+760	1.00	1.90	0.13	0.13	2.67	1.64	0.38
1+780	0.11		0.73	4.42	2.47	1.49	0.35
1+800	0.01		0.45	4.71	2.47	1.49	0.35
1+820			0.25	3.51	2.47	1.49	0.35
1+840			0.11	0.89	2.47	1.49	0.35
1+860	0.07	1.04	0.15	0.36	2.43	1.53	0.36
1+880	0.96	2.80	0.20	0.59	2.83	1.73	0.40
1+900	1.22	4.30	0.04	0.09	2.82	1.73	0.40
1+920	1.27	4.62	0.32	0.50	2.82	1.73	0.40
1+940	0.83	4.43			2.75	1.73	0.40
1+960	0.65	7.88			2.94	1.77	0.40
1+980	0.51	7.72			2.80	1.67	0.38
2+000	0.36	7.65			2.69	1.59	0.36

Para la obtención de los cálculos de volúmenes de terracerías fue necesaria la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V = L \frac{A1 + A2}{2}$$

Donde A1 y A2 son las áreas obtenidas de las secciones transversales extremas, mientras que L es la distancia entre éstas.

Para tener el cálculo más aproximado en el movimiento de terracerías, es necesario contar con la elevación obtenida de la subrasante, así como aquellos puntos en donde existan cambios en las pendientes del terreno. De esta manera definir el espesor correspondiente con los resultados entre las elevaciones del terreno y la subrasante.

Realizando los cálculos correspondientes se obtienen los siguientes resultados:

CÁLCULO DE OBRA DE TERRACERÍAS								
Estación	Escalón de liga	Despalme en corte	Corte	Despalme en terraplén	Cuerpo terraplén	Subrasante	Base	Carpeta
	EL	DC	C2	DT	CT	SR	BH	CA
1+000								
1+020		1.2		9.7	252.4	49.3	29.9	7.1
1+040		2.2	1.2	5.7	179.0	47.8	29.6	7.1
1+060		1.5	1.3	4.6	130.3	47.0	29.6	7.1
1+080		0.5	0.1	5.6	99.0	48.4	29.8	7.1
1+100		0	0	5.8	66.9	49.4	29.9	7.1
1+120		2	0.1	3.8	34.3	49.3	29.9	7.1
1+140		3.5	0.5	4.7	17.6	48.9	29.9	7.1
1+160		5.1	1.6	6.3	11.3	48.2	29.9	7.1
1+180		3.9	2.8	4.9	8.3	48.4	29.9	7.1
1+200		0.3	1.6	5.2	18.7	49.1	29.9	7.1
1+220		0	0.1	6.3	29.3	49.4	29.9	7.1
1+240		0.4	2.4	5.8	24.1	49.1	29.9	7.1
1+260		1	8.9	4.4	13.8	48.7	29.9	7.1
1+280		5	19.7	4.0	9.4	51.0	31.1	7.3
1+300		16.5	56.7	5.2	17.0	55.9	34.2	7.9
1+320		24.2	86	3.5	18.4	58.4	36.1	8.3
1+340		32.4	80.5	1.1	8.1	58.4	36.1	8.3
1+360		39.3	80.9	2.9	7.1	58.4	36.1	8.3
1+380		25.5	93.6	3.9	7.4	57.9	35.7	8.3
1+400		11.2	114.6	1.6	2.4	54.6	33.4	7.7
1+420		10.9	145.2	0.0	0.0	51.0	31.4	7.2
1+440		12.6	176.9	0.0	0.0	51.9	31.5	7.2
1+460		16.5	206.9	0.0	0.0	56.2	33.5	7.6
1+480		19.9	250.4	0.0	0.0	59.6	36.0	8.2
1+500		32.4	265.6	0.0	0.0	60.5	36.7	8.4
1+520		43	185.4	0.0	0.0	59.2	36.4	8.3
1+540		31.7	82.4	11.7	36.6	58.1	36.1	8.3
1+560		21.8	44.5	16.7	79.1	58.4	36.1	8.3
1+580		10.5	20.9	11.5	77.1	54.7	33.6	7.9
1+600		1.1	0.1	12.5	57.1	49.4	30.5	7.3

1+620	5.1	4.6	11.8	42.2	46.9	29.5	7.1
1+640	11.5	8.3	12.7	42.7	46.7	29.5	7.1
1+660	12.6	3.8	20.7	61.2	48.3	29.8	7.1
1+680	5.1	0	34.2	105.7	49.3	29.8	7.1
1+700	0	0	30.6	154.7	51.3	31.2	7.4
1+720	0	0	21.3	189.4	54.0	33.0	7.9
1+740	0	0	22.7	167.7	54.7	33.4	8.0
1+760	10	19	12.9	66.8	54.0	33.1	7.8
1+780	11.1	19	8.6	45.5	51.3	31.3	7.4
1+800	1.2	0	11.8	91.3	49.4	29.9	7.1
1+820	0.1	0	7.0	82.2	49.4	29.9	7.1
1+840	0	0	3.6	44.0	49.4	29.9	7.1
1+860	0.7	10.4	2.6	12.5	49.0	30.2	7.2
1+880	10.3	38.4	3.5	9.5	52.6	32.6	7.7
1+900	21.8	71	2.4	6.8	56.5	34.7	8.0
1+920	24.9	89.2	3.6	5.9	56.4	34.7	8.0
1+940	21	90.5	3.2	5.0	55.8	34.7	8.0
1+960	14.8	123.1	0.0	0.0	57.0	35.0	8.0
1+980	11.6	156	0.0	0.0	57.5	34.4	7.8
2+000	8.7	153.7	0.0	0.0	54.9	32.6	7.4
	546.6	2,718	361	2,338	2,631	1,611	377
				4,969			

En la generación de volúmenes de obra como resumen se tiene los siguientes resultados:

- Los trabajos obtenidos de despalme en corte realizados del terreno natural serán compactados al 90 % de P.V.S.M. de acuerdo a la prueba AASHTO estándar. Para lograr una buena liga entre el material a utilizar y el material existente, obteniendo 546.6 m³.
- Los trabajos obtenidos de despalme en terraplén realizados del terreno natural al igual tendrán una compactación al 90 % de P.V.S.M. de acuerdo a la prueba AASHTO estándar. Obteniendo 361 m³.

- Como resultado del corte de terreno, tomando en cuenta el espesor necesario en cada una de las secciones para obtener el nivel de subrasante correspondiente es de, 2,718 m³.
- Para la elaboración y compactación de terraplenes realizados con el producto de corte, así como del banco de materiales, se realizara al 90 % de su PSVM, extendiendo el material con la maquinaria requerida, la humedad óptima compactada en capas de 15 y 20 cm de espesor, obteniendo un volumen de 2,338 m³.
- Por último para la compactación de la capa subrasante fue necesario emplear un espesor constante en todo el tramo de 30 cm, dicho material fue obtenido del producto de los cortes del terreno así como del préstamo de banco, compactando la capa al 100 % de PSVM de la prueba AASHTO estándar. Con un volumen de 2,631 m³.
- El control de calidad se realizó de acuerdo a la norma N.CAL.1.01/05, correspondiente al control y aseguramiento de calidad, cumpliendo con los requisitos empleados, de igual manera se evaluaron los laboratorios, verificando su calidad y control de materiales como indica la norma N.CAL.2.05, aprobación de laboratorios.
- Las calas ubicadas para la compactación y tendido de las distintas capas que se realizaron, se obtuvieron mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M•CAL•1•02, Criterios Estadísticos de Muestreo.
- El número de calas por realizar se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$c = L/50$$

Dónde:

c = Número de calas por realizar en cada capa tendida y compactada, con aproximación a la unidad superior

L = Longitud de la capa tendida y compactada en un día de trabajo, (m)

Todas las compactaciones que se determinen en las calas, para ser aceptadas, deberán estar dentro de las tolerancias que fije el proyecto o apruebe la Secretaría.

Tan pronto se concluya la verificación, se rellenarán los huecos con el mismo material usado en la capa compactada.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo general contenido en el presente trabajo de investigación, el cual tenía el propósito de realizar el diseño adecuado para el proceso constructivo en la ampliación de terracerías del tramo Apúndaro-Pareo en el municipio de Tancítaro Michoacán, éste se ha cumplido, debido a que en dicho tramo de Apúndaro-Pareo era necesaria la ampliación, por la necesidad de transporte y comunicación de estas zonas dado que el nivel de servicio en este camino se ha ido incrementando, teniendo un mayor flujo vehicular dando beneficio a los usuarios que transitan por esta vía, ya que son localidades importantes de este municipio, por lo cual fue necesaria la ampliación de nuestro ancho de corona a 7.00 metros del tramo km 1+000 al km 2+000.

Para lograr el objetivo general en este subtramo, se realizó el mejoramiento del diseño geométrico, gracias al levantamiento topográfico, el cual fue proporcionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), conforme a estos datos obtenidos se tomaron las distancias, pendientes del terreno, nivelación del eje. Enseguida se realizaron los trabajos de desmonte se retiró toda aquella capa de material vegetal que se encontraba en el kilómetro de trabajo con el equipo específico, al terminar los trabajos realizados del terreno natural estuvieron compactados al 90 % de P.V.S.M. de acuerdo a la prueba AASHTO estándar, continuando con los trabajos restantes de excavación en cortes para formación terracerías, compactación del terreno obteniendo el 90 % de compactación de terraplenes de 15 a 20 cm de espesor, colocación de alcantarilla de tubo del tramo en construcción.

Por último se lograron cumplir cabalmente los objetivos particulares del presente trabajo de investigación, como es el concepto de vía terrestre que es aquella construcción de tierra y sobre tierra que se puede transitar como las terracerías, carreteras, autopistas, cumpliendo adecuadamente con las finalidades para la cual fueron proyectadas. Se determinaron las características de una vía terrestre las cuales se pueden clasificar por su administración, transitabilidad y su clasificación técnica oficial dependiendo al rubro al que pertenezcan, con lo que se obtuvo que es una terracería ya que solo se realizará la construcción hasta el nivel de subrasante, sin contar con ningún tipo de revestimiento.

Se conocieron de igual manera dentro de los objetivos particulares las características geométricas con las que contaba el subtramo en construcción, dichas características fueron obtenidas gracias al levantamiento topográfico, para dar el trazo, nivelación y pendientes del terreno adecuado. Conociendo de igual manera las condiciones geométricas actuales del tramo teniendo características de un tramo con poco lomerío, así como un terreno poco escarpado en algunos puntos, de esta manera se obtuvieron los cálculos de los volúmenes para el corte y terraplén.

En cuanto al concepto de proceso constructivo, el cual se logró definir el capítulo dos, se puede citar como el conjunto de fases que se deben llevar adecuadamente para realizar la construcción de cualquier tipo de obra, cumpliendo las normas y especificaciones, de esta manera lograr un trabajo de buena calidad y brindar la seguridad para los usuarios, teniendo un desarrollo en la infraestructura.

Cabe mencionar que para el movimiento de tierras, se llegó al resultado de que son todas aquellas operaciones realizadas dentro del terreno natural, con la finalidad de cambiar la forma actual del terreno respecto a nuestras necesidades de proyecto, así como para la aportación de materiales y maquinarias para la obra.

De igual manera se definió el concepto de terracerías, los cuales son el conjunto de cortes y terraplenes en la construcción de una carretera, dichos trabajos únicamente son realizados hasta la capa llamada subrasante, llegando a la realización del desmonte, despalme cortes, terraplén y compactación del terreno. En cuanto al tipo de material se obtuvo que se cuenta en la mayoría del terreno material tipo B, es decir, en gran parte del terreno predomina rocas de tamaño medio que pueden ser extraídas con una retroexcavadora. Se indicaron y seleccionaron el tipo de maquinaria adecuado para la realización de esta obra, de acuerdo a los datos del proyecto, al tipo de camino, a los trazos, pendientes y nivelación, para de esta manera poder llegar hasta la ejecución de la subrasante.

De acuerdo con la pregunta de investigación, ¿Cuál es el proceso constructivo adecuado para la ampliación de terracerías del tramo km 1+000 al km 2+000 del municipio de Tancítaro Michoacán, del subtramo Apúndaro – Pareo?, se llegó a la respuesta que debe realizarse toda la serie de paso conforme a lo mencionado en el capítulo cinco, llevándose a cabo el procedimiento mediante las etapas de construcción de terracerías iniciando por la etapa de preliminares, desmonte, despalme en corte y terraplén, excavación en corte, compactación del terreno, obras de drenaje, formación de capa subrasante y generación de volúmenes de obra.

Por último, se tiene que para la elaboración de la presente tesis los hallazgos más sobresalientes que se presentaron en la investigación, fue el conocimiento de la fórmula para la generación y la obtención de los cálculos de volúmenes de terracerías en las distintas secciones transversales, en la cual se deben incluir las áreas obtenidas de las secciones transversales extremas, así como la distancia existente entre éstas. También se obtuvo un mejor conocimiento para el manejo de programas computacionales como lo fue el Civil Cad, obteniendo mediante el software los perfiles, secciones transversales, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en sección de corte y terraplén.

Así mismo, con la elaboración e investigación de la presente tesis, se aportará y beneficiará a la institución, así como a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. y a cualquier persona profesional involucrado en el área de las vías terrestres, por ser una referencia como una nueva aportación a la investigación y realización de propuestas para diferentes proyectos en la ampliación de terracerías de un tramo carretero, de esta manera contando con otra fuente de consulta para futuros trabajos basándose en un modelo real.

BIBLIOGRAFÍA

Alonzo Salomón, Lauro Ariel. (2005)

Carreteras.

Ed. Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005)

Vías de comunicación.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill, México.

Mier Suárez, José Alfonso (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos.

Ed. Impresos González, Morelia, Mich.

Morales Sosa, Hugo. (2006)

Ingeniería Vial I.

Ed. Búho, Republica Dominicana.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de vías terrestres.

Ed. Continental, México.

Ortiz Anadón, Carlos Eduardo. (2008)

Proceso constructivo para la ampliación del tramo: "T Zinapecuaro - Morelia" del km 141+000 al km 151+000 de la carretera federal Atlacomulco - Morelia.

Tesis inédita de la escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A.C., en la ciudad de Uruapan, Michoacán

Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola. (1994)

Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones.

Ed. Alfaomega, S.S. de C.V., México.

Velázquez Alejandro. (2003)

Las enseñanzas de San Juan.

Ed. Inst. Nacional de Ecología, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/11.MEspecificaciones/MEspecific-Volumen%20I.pdf

Normativas para la infraestructura del transporte. (2011)

http://normas.imt.mx/nov_08_12_2011.html

<http://normas.imt.mx/barra.php?tm=1>

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM16michoacan/mediofisico.html>

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16083a.html>

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/420/seis.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tanc%C3%ADtaro_\(municipio\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tanc%C3%ADtaro_(municipio))

ANEXOS

**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Escuela de Ingeniería Civil

Catálogo de concepto del proceso constructivo en ampliación de Terracerías del tramo Apundaro-Pareo del municipio De Tancitaro km 1+000 a 2+000

Asesor: Guillermo Navarrete Calderón

Elaboró: Crisitan Joaquin Montiel Vargas

CARRETERA: E.C (LAS HIGUERAS-APUNDARO)-PAREO

TRAMO: DEL KM 1+000 a 2+000

MUNICIPIO DE TANCITARO, MICHOACAN

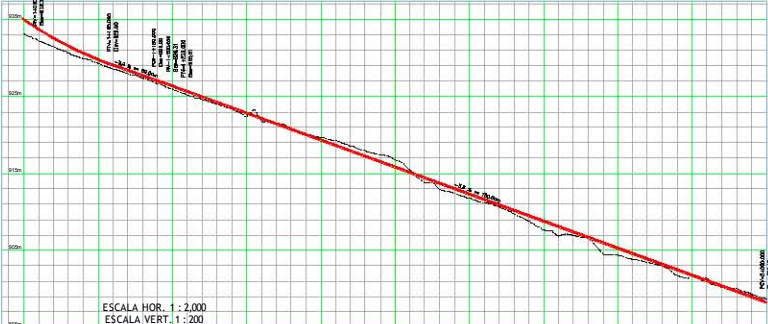
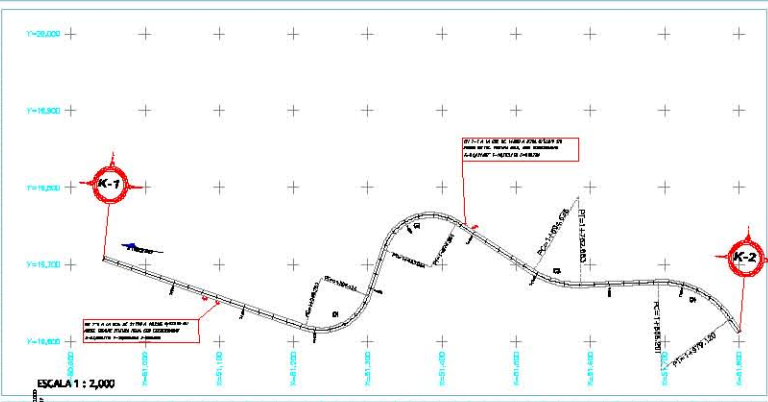
NO.	CLAVE DEL CONCEPTO	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PRECIO UNIT. CON NUMERO	IMPORTE \$	EN
		TERRACERIAS.					
	009-D.04	Desmante P.U.O.T. (N•CTR•CAR•1•01•001/00)					
1	a)	Desmante	1.00	ha	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	
	009-D.04	Despalme desperdiciando el material P.U.O.T. (N•CTR•CAR•1•01•002/00)					
2	a)	En cortes	546.60	m ³	\$ 11.70	\$ 6,395.22	
3	b)	En terraplenes	361.00	m ³	\$ 11.70	\$ 4,223.70	
	009-D.06	Excavaciones, P.U.O.T. (N•CTR•CAR•1•01•003/00)					
4	2)	Cuando el material se desperdicie	2,718.00	m ³	\$ 28.93	\$ 78,631.74	
	009-E.04	Préstamos de banco, P.U.O.T. (N•CTR•CAR•1•01•008/00)					
5	1)		4,969.00	m ³	\$ 29.91	\$ 148,622.79	
	009-F.09	Compactacion, P.U.O.T.					
	a)	Del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes					
6	2)	Para el noventa por ciento (90 %) N•CMT•1•01/02	361.00	m ³	\$ 19.02	\$ 6,866.22	
	b)	De la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavacion adicional					
7	3)	para el noventa y cinco por ciento (95 %) N•CMT•1•01/02	546.60	m ³	\$ 11.71	\$ 6,400.69	
	009-I	Acarreos para terracerías, P.U.O.T. (N•CTR•CAR•1•01•013/00)					
8	3	Del materiales producto de los cortes (a desperdicio) 30%	1,287.60	m ³ -km	\$ 4.96	\$ 6,386.50	
9	4	Para el primer kilometro	9,013.20	m ³ -km	\$ 7.12	\$ 64,173.98	
ANEXO 1						ACUMULADO TERRACERIAS	\$ 323,250.84

REFERENCIAS DEL TRAZO			
PUNTO	COORDENADAS	ALICATA	OTRO
1	111400.00 111400.00	111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
2	111400.00 111400.00	111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
3	111400.00 111400.00	111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO

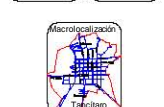
GEOMETRIA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL			
ORDEN	TIPO	COORDENADAS	ALICATA
1	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
2	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
3	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
4	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO

ORDEN	TIPO	COORDENADAS	ALICATA
1	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
2	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
3	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
4	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO

MOVIMIENTO DE TERRACERIAS			
ORDEN	TIPO	COORDENADAS	ALICATA
1	Excavación	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
2	Repleno	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO



ORDEN	TIPO	COORDENADAS	ALICATA
1	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
2	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
3	Recta	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO
4	Curva	111400.00 111400.00	ALICATA DE PUNTO CON VERTICE EN EL PUNTO



Carretera Apurácaro - Iancano km 1+000 al 2+000, planta y perfil del terreno.

Universidad Don Bosco A.C.
Cristian Joaquín Montiel Vargas

Asesor: Ing. Guillermo Navarrete Calderón
Fecha: 2019
Escala: 1-1

