



UNIVERSIDAD
"DON VASCO, A. C."

UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.

Incorporación no. 8727-15 a la
Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil.

REVISIÓN DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DEL CAMINO CHARAPAN-SAN JOSÉ DEL KM 0+000 AL KM 8+098.

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

Presenta:

Carlos Morales Bonaparte.

Asesor:

Ing. Anastacio Blanco Simiano.

Uruapan, Michoacán a 16 de febrero de 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE.

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	4
Objetivos.	5
Pregunta de investigación.	5
Justificación.	6
Marco de referencia.	8

Capítulo 1. Vías terrestres.

1.1. Antecedentes históricos de los caminos.	9
1.2. Inventario de caminos.	11
1.3. Definición de camino.	13
1.4. Problemas de tránsito.	14
1.5. Elementos de la ingeniería de tránsito.	16
1.6. El tráfico.	26
1.7. Velocidad.	30
1.8. La visibilidad.	33
1.9. El derecho de vía.	36
1.10. Capacidad y niveles de servicio.	36
1.11. La mecánica de suelos.	37

Capítulo 2. El proyecto geométrico.

2.1.	Selección de la ruta.	43
2.2.	Reconocimientos.	45
2.3.	Alternativas posibles.	47
2.4.	Metodología del proyecto.	48
2.5.	El anteproyecto.	49
2.6.	El proyecto.	49
2.7.	La subrasante.	84

Capítulo 3. Resumen ejecutivo de macro y micro localización.

3.1.	Generalidades.	86
3.2.	Resumen ejecutivo..	89
3.3.	Entorno geográfico..	90
3.4.	Reporte fotográfico..	95

Capítulo 4. Metodología.

4.1.	Método empleado.	99
4.2.	Enfoque de la investigación.	102
4.3.	Diseño de la investigación.	103
4.4.	Recopilación de datos.	104
4.5.	Descripción del procedimiento de investigación.	105

Capítulo 5. Análisis e interpretación de resultados.

5.1. Análisis e interpretación de resultados.	107
Conclusiones.	147
Bibliografía.	150
Anexos.	

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Desde el primer momento de la existencia del ser humano su instinto de supervivencia lo encaminó al traslado de un lugar a otro para satisfacer sus necesidades, queriendo ir cada vez más lejos, fue entonces cuando surge su afán por desarrollar los primeros troncos en forma de rodillos, posteriormente la rueda y hoy en día la aeronáutica, así el hombre fue creando su propio medio de transporte.

En toda historia, llámese económica, cultural o política de cualquier sociedad, los medios de transporte han desempeñado un papel muy importante para el traslado de personas, mercancías, bienes y servicios; esto es susceptible a presentarse en las ciudades o poblaciones y en otras ocasiones del campo a la ciudad, así como también entre los diferentes países perteneciendo al mismo continente.

Es importante mencionar que el transporte no sólo brinda lo antes mencionado, también traslada la cultura propia de las diferentes sociedades con la riqueza y variedad que éstas contienen dentro de su territorio, en algunos casos terminando por integrarse a la misma.

En la cuestión económica, la necesidad de trasladar eficientemente los bienes de una población, para evitar las pérdidas, es como el transporte se convirtió en el principal medio para la realización de distintas actividades laborales y

educativas por mencionar algunas; también se puede decir que es el gestor que ayuda a integrar los diferentes mercados tanto de capitales como de servicios financieros; sin embargo, la necesidad de utilizar el transporte va en aumentando en las últimas décadas por el crecimiento del comercio y ciudades, así como por las características socioeconómicas, ocasionando problemas de vialidad, accidentalidad, contaminación, cambios de uso de suelo, degradación de los recursos naturales ante la necesidad de la construcción infraestructura viaria. A pesar de lo grave que es lo antes mencionado, el transporte es uno de los principales contribuyentes del desarrollo de las sociedades económicamente activas así como de integrar las zonas de marginalidad con los diferentes centros de actividad económica, generando valor en los precios de los predios vecinales a la vialidad urbana, tomando por consiguiente el transporte desde una visión económica, eficaz, eficiente, cómoda y segura el bienestar de la sociedad.

Dentro de la Universidad Don Vasco A.C. y en particular en la escuela de Ingeniería Civil se han realizado algunas investigaciones de los proyectos geométricos carreteros, los cuales fueron realizadas en el año 2008.

En la investigación realizada por Oscar Francisco Martínez (2008), que lleva por título “Revisión del proyecto geométrico del camino Churumuco cuatro caminos, del tramo Zicuirán - Churumuco Km 42+340 al Km 45+520, en el Estado de Michoacán”, teniendo como finalidad presentar adecuaciones geométricas de la vialidad Zicuiran-Churumuco, así como la construcción de una adecuada carretera para aumentar la producción agrícola, concluyendo que las modificaciones geométricas realizadas en el proyecto se hicieron para tener un camino rápido,

cómodo y seguro para el usuario, tomando en cuenta la velocidad de proyecto, así como también, el buen diseño geométrico realizado, permitió resolver los problemas para el suministro de alimentos y transportarlos a otros sitios vecinales.

Cabe mencionar el trabajo realizado por Dorían Vladimir Hernández Báez (2008), denominado “Revisión y alternativa del proyecto geométrico en la denominada Curva del Diablo”, de la carretera Carapan-Playa Azul, tramo Carapan-Uruapan Km 65+000 al 66+ 160; Teniendo como objetivo primordial revisar el proyecto geométrico del tramo que suele denominarse “Del Diablo”. Llegando a la conclusión de que una vía terrestre es un espacio de dominio público, con proyección para la circulación de los vehículos, también menciona que todo proyecto geométrico es la base fundamental para la realización de la obra, por otro lado hace referencia a la adecuación geométrica de la curva con la finalidad de proporcionar seguridad a los automovilistas.

Planteamiento del problema.

Una carretera está integrada por un conjunto de elementos; que a la vez se subdividen en la obra civil como es el caso del proyecto geométrico Charapan-San José, con el cual se pretende realizar los diferentes cálculos para su posterior revisión geometría con la finalidad de que los cálculos sean apegados a las exigencias y demandas, tanto sociales como de las autoridades que competen en ésta como es la SCT.

Con base en lo anterior se plantea el siguiente problema de investigación:
¿Los cálculos establecidos en el proyecto geométrico Charapan- San José cumplirán con la normativa establecida por la SCT?

Es importante mencionar que un mal diseño geométrico provocará diversas afectaciones tales como: inseguridad vial, mala funcionalidad, incomodidad al circular sobre ella, pésima estética y mala economía sobre la misma. Lo cual implicaría una adversidad para lo que son proyectadas las carreteras además del peligro latente para los transeúntes.

Por ello la importancia de revisar de manera minuciosa el diseño geométrico con base a las normas establecidas por la SCT, a fin de prevenir accidentes viales, gastos excesivos y malestares para los automovilistas e inversionistas de la carretera.

Objetivos.

En la presente investigación se tratarán de cumplir con una serie de objetivos.

Objetivo general.

Revisar mediante las normativas existentes y los cálculos posteriores que la geometría del camino Charapan-San José cumpla con la con las características preestablecidas por la SCT, con la finalidad de mejorar la vialidad del tráfico y la seguridad de los mismos, que actualmente representa una alta peligrosidad para los conductores que transitan este camino.

Objetivos específicos.

- a) Definir una vía terrestre.
- b) Revisar mediante diferentes cálculos que se cumpla un buen diseño geométrico.
- c) Concluir si el proyecto geométrico cumple con las normativas expedidas por la SCT.

Pregunta de investigación.

1. ¿Cuáles serán los beneficios con la revisión geométrica a realizarse en el tramo carretero Charapan-San José?
2. ¿Cómo se manifiesta el buen diseño geométrico?
3. ¿Qué aportaciones brinda seguir de manera correcta la normativa en los cálculos geométricos?

Justificación.

La presente investigación pretende realizar una aportación de conocimientos minuciosos de la secuencia de cálculos que se realizan para el proyecto geométrico, beneficiando tanto al investigador como a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C. siendo ésta un apoyo didáctico para consulta de los alumnos de la misma carrera.

Por otra parte, se pretende que la localidad de San José, Michoacán, se beneficie con este proyecto carretero para poder tener una mejora de vida tanto social como económica, así como mejorar el paso vial en Charapan y beneficiar a otros municipios tales como Los Reyes, Tangancícuaro, Zamora, Jacona y Periban, para el transporte de carga pesada dentro de sus actividades productivas con un acortamiento de tiempo, sin contratiempos ni afectaciones. Igualmente se beneficiará al crecimiento y desarrollo económico de la región.

Cabe mencionar que el buen diseño geométrico aumentará la seguridad de los transeúntes, estableciendo distancias cortas en menor tiempo posible reflejándose en el bolsillo de los mismos. Así como también se resolverán los problemas del traslado de diferentes mercancías tanto agrícolas como alimentarias.

Haciendo un hincapié, este proyecto vendrá a resolver problemas de transporte en algunas variables tales como:

- Empresas dedicadas al cultivo del aguacate, zarzamora y maíz, en el transporte de sus mercancías hacia los diferentes sectores consumidores.
- Microempresas dedicadas a la elaboración de caja de madera para los empaques.
- Incrementándose la competitividad de la población, del sector logístico o de las centrales de abasto: tiempos de entrega y la reducción de cuellos de botella.

Es por lo anterior que el buen diseño geométrico generará comodidad, rapidez y seguridad, con la finalidad de provocar gastos elevados y molestias en las poblaciones vecinas.

Marco de referencia.

En base a los datos proporcionados por la presidencia municipal de Charapan, en coordinación con la Dirección de Obras Públicas de la misma, el municipio rural cuenta con una extensión territorial de 233.16 km². Se localiza en la sección de la meseta tarasca en las coordenadas 19° 34´ latitud norte y 102° 18´ longitud oeste, a una altura de 2470 msnm.

Su distribución geográfica corresponde a zonas de colinas bajas ligeras a moderadamente disecadas. Así como enlomas de cimas angostas; las inclinaciones varían del 8 a 40%. Por la naturaleza del paisaje sobre la cual se encuentra el municipio, el suelo presenta un buen drenaje y escurrimiento superficial moderadamente lento a rápido, condición que imprime un potencial hidro-erosivo.

La localidad de San José se encuentra localizada al oeste del estado de Michoacán con longitud de 102°19´30” y una altitud de 19°35´06” a una altura de 2,200 msnm.

Es poca la infraestructura con la que en la actualidad cuenta la localidad de San José como es el caso de la carretera San José–Zacan construida actualmente en forma tripartaría, además cuenta con el servicio de agua potable pero carece del drenaje lo cual provoca deficiencia en algunos elementos infraestructurales.

Dentro del ámbito educativo cuenta con tan solo 1 primaria (educación básica) por lo que algunos de los jóvenes estudiantes tienen que trasladarse a otros pueblos o ciudades para ingresar a un nivel de educación más amplio.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

Dentro del presente capítulo se tratarán diferentes temas relacionados con la proyección vial, desde los antecedentes de los caminos, pasando por los elementos necesarios para la construcción hasta la importancia que desempeña la mecánica de suelos en el ámbito carretero.

1.1. Antecedentes históricos de los caminos.

Desde la aparición del ser humano las vías de comunicación fueron desarrollándose de manera simultánea con el avance de las diferentes civilizaciones, el desplazamiento de los diferentes bienes y personas se realizaba a pie o mediante los animales de carga, donde estos a su vez con el paso continuo por la misma ruta formaban de una manera inconsciente las llamadas veredas, posteriormente con la invención de la rueda en Asia menor hace aproximadamente unos 5,000 mil años. Se tuvo la necesidad de realizar mejores superficies de rodamiento, con la finalidad de trasladar las diferentes mercancías de los pueblos que manifestaban un mayor florecimiento económico-social.

1.1.1. Historia de los caminos en México.

Las grandes civilizaciones que se encontraban en territorio mexicano los aztecas, mayas, olmecas y purépechas por mencionar algunos, tuvieron su origen en forma de grupos aldeanos agrícolas, ya que la agricultura se desarrolló como una actividad económica fundamental, motivos por el cual se organizó una gran red

comercial que involucraba el traslado de las mercancías a centros urbanos lejanos donde el recorrido era realizado por los mismos pobladores cargando sus mercancías y como medio de comunicación eran las veredas o senderos.

En 1492 Colón llegó a tierras del actual continente Americano. Dicho acontecimiento fue fundamental para que los españoles empezaran la conquista tanto espiritual como territorialmente y estableciéndose en el actual territorio Mexicano.

La conquista española encontró que los pobladores tenían sus propias técnicas de traslado para las mercancías pero desconocían el uso de la rueda, por dicho motivo los españoles introdujeron el uso de animales de carga y por consecuencia el mejoramiento de las vías de comunicación, surgiendo de esta manera las primeras brechas, y el acondicionamiento de los caminos existentes.

Durante el gobierno de Porfirio Díaz se otorgaron grandes facilidades a los extranjeros para invertir su capital en México, así la minería, el petróleo, los transportes y el comercio quedaron a manos del capital foráneo.

Los grandes privilegios que gozaban los inversionistas extranjeros crearon mejores condiciones para el desarrollo de las vías de comunicación y del transporte. Por tal motivo se modernizó y amplió las vías ferroviarias alcanzando 20,000 Km en esa época.

En 1892, los alemanes Carl Benz y Gottlieb Daimler fabricaron los primeros automóviles con motor de gasolina. Este invento se introdujo en nuestro país en los primeros años del siglo XX.

En 1903, en la Ciudad de México circulaban 136 automóviles y en los tres años posteriores 800. En 1906 las autoridades porfiristas dieron a conocer el primer reglamento de tránsito estableciendo las velocidades máximas.

El uso del automóvil se difundió muy rápidamente por algunas ciudades del país, pero fue necesaria la construcción de caminos adecuados para la circulación de los mismos.

Según Mier (1987); en México se dio un gran despliegue en infraestructura viaria cuando alcanzó una economía importante; se construyeron grandes tramos de brechas, hasta importantes autopistas de cuota, y el 30 de Marzo de 1925 se crea la Comisión Nacional de Caminos expedida por el entonces Presidente de la República Mexicana, el Gral. Plutarco Elías Calles.

1.2. Inventario de caminos.

Los inventarios de caminos consisten en la recopilación ordenada de datos acerca de las redes viarias existentes, sus elementos y sus características, siendo útiles para la gestión de una red viaria.

Existen varios procedimientos para realizar inventario de caminos, desde el más simple, que consiste en recorrer el camino por medio de un vehículo, anotando la cantidad de kilómetros recorridos con un odómetro e ir visualizando los rasgos físicos persistentes hasta los más modernos hoy en día como es el GPS.

Independientemente del equipo o métodos que se utilicen en un inventario de caminos deben proporcionar algunos de los siguientes elementos físicos:

- a) Tipo de camino.
- b) Principio y final del tramo.
- c) Localización.
- d) Trazado.
- e) Los nudos viarios.
- f) Características principales de las explanaciones: taludes (inclinación, altura), presencia de problemas.
- g) Elementos de desagüe y drenaje.
- h) Los puentes, muros y túneles.
- i) Tipos de pavimento y firme.

1.2.1. Método Odógrafo – Giroscopio – Barométrico.

Es un método de combinación entre rapidez, precisión y economía, consiste en un levantamiento odográfico – giroscópico del perfil planta de un camino, y el sistema barométrico es para dibujar el perfil, uniendo el levantamiento de los aspectos importantes del camino.

1.2.2. Método del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Esta alternativa permite emplear coordenada absolutas, este sistema es portátil, automático y fácil de utilizar.

1.2.3. Aplicación del inventario de caminos.

Según Mier (1987), una de la principal aplicación en el inventario de caminos es la obtención de la capacidad de caminos que integran la red, comprendida por las

características geométricas del camino tales como: sección transversal, ancho de carriles, distancia entre obstáculos laterales; ancho y estado de los acotamientos, lineamiento horizontal y vertical, así como la distancia de visibilidad de rebase. Todo lo anterior puede ser aplicado para calcular de una manera rápida la capacidad de un camino en distintos tramos.

1.3. Definición de camino.

Un camino es una franja de terreno adoptada y acondicionada para la circulación de los vehículos. Este término se puede aplicar desde finales del siglo XIX, cuando los principales caminos fueron arreglados para la circulación vial de esa época.

1.3.1. Funcionalidad e importancia de las carreteras.

Es importante desarrollar una superficie de rodamiento adecuada reuniendo las especificaciones correspondientes, con la finalidad de permitir que los automovilistas transiten la carretera de una forma rápida, cómoda y segura, evitando que la conducción resulte fastidiosa e insegura. Dado que el transporte en la actualidad es el principal medio de traslado hacia diferentes partes del interior de los países, es importante que las diferentes carreteras formen una red viaria para permitir el desplazamiento de los vehículos entre los diferentes destinos. Las diferentes redes deben de contar con un acceso fácil y adecuado desde cualquier zona dentro de la red viaria.

De acuerdo con Carlos Kraemer (2003); una red de carreteras debe cumplir con dos funciones primordiales: la movilidad y accesibilidad, la primera tiene como

finalidad la rapidez, economía, comodidad y seguridad mientras que la segunda la accesibilidad de los vehículos a las diferentes áreas que comprende una red viaria.

1.4. Los problemas del tránsito.

En la actualidad, el automóvil pasó de ser un lujo para convertirse en una necesidad de primer orden, de ahí el desprendimiento de varios tipos de automóviles desde los más comunes hasta los modernos deportivos.

Las civilizaciones antiguas contaban con ingenieros, quienes eran los encargados de trazar los diferentes campos de cultivo en forma cuadriculada – rectangular, misma que se utilizaba para el trazo de ciudades y dentro de estas las calles, este método se ha venido utilizando hasta la actualidad. Cabe mencionar que el automóvil no puede desplazarse de manera natural sobre las calles ya que están diseñado para desplazarse en curvas gradualmente amplias y por consecuencia las calles no cumplen con el requerimiento de los vehículos modernos ocasionando congestionamiento y provocando accidentes, ya que muchos de los caminos existentes son adaptaciones de las rutas antiguas y otros se encuentran en funcionalidad para automóviles de más de cinco décadas de antigüedad, por consiguiente no cumplen con los requerimientos de los autos modernos ocasionando congestionamiento y accidentes.

La variedad de automóviles sobre un camino (carretera) y calles muy estrechas con pendientes tanto prolongadas como fuertes, la falta un plan de desarrollo, inadecuada cultura vial, son factores importantes en la problemática de

tránsito, ocasionando pérdidas de tiempo como humanas siendo estas últimas de carácter grave y crítico.

1.4.1. Soluciones al problema de tránsito.

Al manifestarse un problema, es necesario desplegar una serie de soluciones posibles, con la finalidad de resolver el problema de tránsito lo más rápido posible tomando en cuenta los recursos existentes.

De acuerdo con Mier (1987), existen tres tipos de solución al problema de tránsito vial, descritas a continuación.

Solución integral. Consiste en la creación de nuevas alternativas de caminos, calles y trazado de ciudades, proyectadas a futuro con vehículos modernos. Es importante mencionar que esta solución no es factible en ciudades actuales ya que se tendría que modificar toda la ciudad lo cual resultaría antieconómico.

Solución parcial de alto costo. La presente solución consiste en modificar los caminos existentes con inversiones fuertes como ampliación de las calles, construcción de intersecciones, arterias de acceso controlado, mejorar y ampliar los estacionamientos públicos y sistemas automáticos de semáforos.

Solución parcial de bajo costo. Se refiere al mejor aprovechamiento de los caminos existentes, con un mínimo de obras materiales máximo de regulación eficaz de tránsito.

Independientemente cuál sea la solución que se adopte, deberán de existir tres elementos para el desempeño de un tránsito seguro y eficaz. Tales elementos son: la ingeniería de tránsito, cultura vial, legislación y vigilancia policiaca.

1.5. Elementos de la ingeniería de tránsito.

“La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería vial que se dedica al estudio del movimiento tanto de personas como de vehículos en calles y caminos, con la finalidad de hacerlo eficaz, libre, rápido, cómodo y seguro”. (Mier, 1987; 21)

1.5.1. El camino.

Un camino (carretera) es una franja longitudinal de terreno acondicionada y adoptada desde su lineamiento, ancho y pendiente adecuada para el paso de los vehículos a una velocidad promedio.

Existen diferentes maneras de clasificar los caminos (carreteras) siguiendo el esquema político y administrativo de cada país, independientemente de la clasificación, éstas son proyectadas y construidas para la circulación de vehículos, en México son clasificadas por transitabilidad, administrativas y técnica oficial.

Clasificación por transitabilidad. Esta toma en cuenta el estado de construcción del camino.

- a) **Terracería.** La construcción se encuentra hasta la subrasante y tiene su mayor fluidez vehicular en época de estiaje.
- b) **Revestidas.** Están constituidas por una o más capas de material graduado sobre la subrasante y son transitadas durante todo el año.

- c) **Pavimentadas.** En este tipo, sobre la subrasante se coloca en pavimento flexible previamente diseñado con la finalidad de soportar el paso de los vehículos, es transitada durante todo el año.

La clasificación anterior es casi utilizada de manera universal y se usa en cartografías, presentándose de la manera siguiente:

Terracerías	
Revestido	
Pavimentado	

Clasificación administrativa: le competen a las diferentes autoridades.

- a) **Federales.** Son costeadas por la federación y por ende están a cargo de la misma.
- b) **Estatales.** Construidas por un sistema vinculado, aportando un porcentaje el estado y otro la federación, quedando a cargo de la junta local de caminos.
- c) **Vecinales.** Son obras convenidas, cuyos recursos para la construcción lo aportan: los vecinos, la federación y el estado, la junta local de caminos es la encargada tanto de la ejecución como la conservación.
- d) **De cuota.** Están a cargo de la dependencia social descentralizada, aportando los recursos para la construcción CAPUFE (Caminos y Puentes Federales), la inversión es recuperable por medio de cuotas a los automovilistas que transitan la misma.

e) **Concesional.** Construida por particulares encontrándose a su cargo por un determinado periodo logrando recuperar la inversión y la obtención de ganancias.

Clasificación técnica oficial SCT: esta clasificación toma en cuenta varios aspectos tales como se muestran en la tabla siguiente.

CONCEPTO		UNIDAD	TIPO DE CARRETERA.																													
TPDA	En el horizonte De proyecto	Veh./día	E				D				E				C				A													
			HASTA 100				100 a 500				500 a 1500				1500 a 3000				Más de 3000													
Tipo de terreno	Montañoso	---	[Bar chart showing traffic volume distribution for mountainous terrain]																													
	Lomerío	---	[Bar chart showing traffic volume distribution for hilly terrain]																													
	Plano	---	[Bar chart showing traffic volume distribution for flat terrain]																													
Velocidad de Proyecto.	Km/h.		30	40	50	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
Distancia de Visibilidad de Parada.	m.		30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
Distancia de Visibilidad de Rebase.	m.		--	--	--	--	135	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495	
Grado Máximo de Curvatura.	° (Grados)		60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	17	11	7.5	5.5	4.3	3.25	2.75	
Curvas Verticales.	K	Cresta.	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72
		Columpio.	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43
	Longitud Mínima.		20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60	60
Pendiente Gobernadora.	%		9				8				6				5				4													
			7				6				5				4				3													
			--				--				--				--				--													
Pendiente Máxima.	%		13				12				8				7				5													
			10				9				7				6				5													
			7				6				5				4				4													
Ancho de Calzada.	m.		7.0				7.0				7.0				7.0				A2													
			7.0				7.0				7.0				7.0				7 (dos carriles)													
			7.0				7.0				7.0				7.0				2x7 (cuatro carriles)													
			7.0				7.0				7.0				7.0				3x7 (cuatro carriles)													
Ancho de Corona.	m.		7.0				7.0				7.0				9.0				12 (un cuerpo)													
			7.0				7.0				7.0				9.0				>22 (un cuerpo)													
			7.0				7.0				7.0				9.0				2x11 (cuerpos separados)													
Ancho de acotamientos.	m.		-				-				-				1.0				2.5													
			-				-				-				1.0				3.0 Ext. 0.5 Int.													
			-				-				-				-				3.0 Ext. 1.0 Int.													
Ancho de Faja separadora Central.	m.		-				-				-				-				-													
			-				-				-				-				>1.0													
			-				-				-				-				0.8													
Bombeo.	%		2 a 3				2 a 3				2				2				2													
Sobreelevación Máxima.	%		10				10				10				10				10													

Tabla 1.1 Clasificación de caminos según SCT.

Fuente: Manual de Proyectos Geométricos SCT, 1991.

- a) **Tipo especial.** Para un paso de vehículos promedio diario mayor a 3,000 con una equivalencia de 360 automóviles o más. Con posibilidad de tener corona de dos a cuatro carriles en uno o dos cuerpos diferentes.
- b) **Tipo A.** para un tránsito promedio diario de 1,500 a 3,000 equivalente a un tránsito horario anual de 180 a 360 vehículos.
- c) **Tipo B.** Para un tránsito promedio diario de 500 a 1500 vehículos equivalente a un flujo vial horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.
- d) **Tipo C.** Para un tránsito promedio de 50 a 500 vehículos, equivalente a un flujo vial horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

1.5.2. El usuario.

Tanto para la planeación como en la proyección de carreteras es importante conocer las características psicológicas y físicas de todo usuario, por esta razón el ser humano es un elemento importante para la determinación de las características físicas del tránsito, por tanto el usuario lo constituye la población en general dividiéndose en conductor y peatón.

1.5.2.1. Los conductores.

Los conductores son un elemento importante en la circulación viaria, ya que el movimiento y las maniobras que ejercen sobre los vehículos dependen de ellos, también la circulación depende de la habilidad para adoptar el movimiento de los vehículos a las características de la carretera. La manera de conducir depende de las

actitudes y conocimientos del conductor para desplazarse de un lugar a otro con seguridad, rapidez y comodidad.

La recepción de la información sobre la circulación, la percepción de las situaciones existentes dentro y fuera de la carretera, el análisis de la situación y la toma de decisiones, todo este proceso forma parte de la información que el conductor recibe hasta que el vehículo inicia la respuesta del mando (conductor), tomándose varios segundos para producir la percepción y reacción del conductor.

1.5.2.2. Tiempo de percepción y reacción.

Es un intervalo de tiempo entre ver, oír y sentir del conductor para iniciar la respuesta del vehículo en una situación de tránsito o del camino. El tiempo para este proceso varía de unos conductores con otros, también existen comportamientos erróneos que, dependiendo del estado físico, fisiológico, psicológico de las personas provocan accidentes, el tiempo requerido para esta acción varía desde los 0.5 segundos para situaciones simples y hasta los 2 a 3 segundos para situaciones complejas, según Kraemer (2003), para tomar una decisión antes de iniciar un adelantamiento, el conductor puede necesitar hasta 3.5 segundos.

1.5.2.3. Visión del conductor.

La mayor parte de la información que acontece a los alrededores es necesaria para la conducción de vehículos y es recibida por medio de la visión. En acuerdo con Kraemer (2003), el conductor es capaz de percibir con mucha claridad los objetos que caen dentro de un campo visual en un ángulo de 11° a 18°.

1.5.2.4. Los peatones.

El peatón es el sujeto más vulnerable a sufrir accidentes en zonas urbanas y fuera del poblado, es evidente la gran diferencia entre los automóviles y los peatones por esta razón es preciso que ambas circulaciones permanezcan separadas. El comportamiento de los peatones es menos predecible que en los conductores, así como es difícil regular el movimiento de los peatones en comparación con los vehículos, es importante mencionar que la mayoría de los reglamentos de tránsito tienen poca atención hacia lo peatones, otra característica es que los peatones en zonas urbanas asimilan a los vehículos como intrusos en su dominio, mientras que en zonas interurbanas, los peatones son cuidadosos, ya sea porque la situación es más peligrosa o porque ahora piensan que se encuentran en territorio de los vehículos presentándose pocas veces los accidentes entre peatón y automóvil.

Para evitar los accidentes en zonas urbanas es importante disponer de zonas especiales para ellos, como aceras o paseos.

1.5.3. Los vehículos.

Toda carretera está proyectada para una circulación rápida, cómoda y económica para los conductores así como para los pasajeros. Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta las características esenciales de los vehículos. Estas características pueden variar de un vehículo a otro ya que en la actualidad circulan numerables estilos y tipos de carros. La potencia de estos ha crecido de manera significativa a tal grado que pueden alcanzar velocidades superiores a las permitidas por las autoridades de tránsito.

1.5.3.1. Clasificación de vehículos.

Existen diferentes maneras de clasificar los vehículos, dependiendo de la finalidad y el país. De esta manera se diferencian según el sistema de propulsión, el tamaño, peso y movilidad, etc. En México para la realización de los aforos y estudios de tráfico, se utiliza la siguiente clasificación:

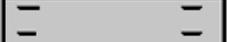
TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
					C3
		3			T2 - S1
					T2 - S2
					T3 - S2
		5			T2 - S1 R2

Tabla: 1.2 Clasificación de los vehículos en México (SCT)

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT 1991.

En México los vehículos más numerosos son los coches, destinados al transporte de viajeros, seguidos por los destinados al transporte de mercancías entre los que destacan los camiones rígidos con 2, 3 ó 4 ejes;

1.5.3.2. Seguridad en los vehículos.

En muy pocas ocasiones el mal funcionamiento de los automóviles en carretera pueden ocasionar accidentes. La falta de cuidado y el mantenimiento tanto de carreteras como de los vehículos ocasionan varios accidentes. Por tal motivo, es indispensable establecer una estrecha revisión sobre el automóvil en lapsos de tiempo, dependiendo de las características del vehículo y el tipo de servicio que se realice.

Existen diferentes aspectos dentro de la seguridad automovilística que deben mejorarse con la finalidad de prevenir lesiones graves en los accidentes sobre los usuarios, tal es el caso de la seguridad pasiva, esta hace referencia a las medidas de seguridad que deben implementarse los ocupantes del vehículo en caso de un accidente, para conseguirlo es indispensable la instalación de cinturones de seguridad y bolsas de aire. En automóviles modernos es difícil conservar la seguridad pasiva por que estos alcanzan velocidades altas que dificultan la velocidad.

1.5.3.3. Vehículo tipo.

Debido a la gran cantidad de vehículos existentes, para el proyecto de toda carretera es necesario establecer un automóvil hipotético, eligiéndose de tal manera

que cumplan con las exigencias de la vía, para establecer los lineamientos posteriores que rigen todo proyecto geométrico.

Habitualmente, los vehículos más grandes exigen mayor espacio carretero, encareciendo de esta manera la obra utilizando la vía ocasionalmente, pero es necesario considerarlos. En México, el 42 % de los vehículos son pesados, particularmente los de dos ejes.

En acuerdo con la Normativa de la SCT el vehículo de proyecto seleccionado para cualquier vía en particular, debe tener dimensiones y radio de viraje no más pequeños que casi todos los vehículos los cuales se espera que usen el camino.

En México el método más usado para la clasificación de los vehículos es el descrito en la tabla anterior (tabla 1.2) definido por la SCT. Basado en el porcentaje típico de estos nueve tipos, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha desarrollado cinco vehículos de proyecto para ser usados en proyectos de carreteras, los que se enlistan en la Tabla 1.3, así como sus principales características. Uno de éstos, el DE 450, fue desarrollado específicamente para regular el proyecto de vías rurales de volumen bajo. Los automóviles, como se representan por DE 335, casi nunca regulan el proyecto, así es que la selección de vehículos de proyecto es casi siempre entre el DE 610, el DE 1220 y, el DE 1525.

En la siguiente tabla 1.3 se muestran las características de los los vehículos de proyecto que se deberán considerar.

Características de los vehículos de proyecto:

CARACTERISTICAS			VEHICULO DE PROYECTO						
			DE - 335	DE - 450	DE - 610	DE - 1220	DE - 1525		
D	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1675		
I	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1575		
M	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	—	—	—	397	915		
E	Distancia entre ejes del semiremolque	DES	—	—	—	762	610		
N	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92		
S	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61		
I	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	—	—	—	—	122		
O	Distancia entre ejes tándem semiremolque	Ts	—	—	—	122	122		
N	Distancia entre ejes inferiores tractor	Dt	—	—	—	379	488		
E	Dist. entre ejes interiores tractor y semiremolque	Ds	—	—	—	701	793		
S	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259		
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259		
E	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412		
	Altura de los ejes del conductor	Hc	114	114	114	114	114		
N	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61		
	Altura de los faros traseros	Ht	61	61	61	61	61		
cms.									
Angulo de desviación del haz de luz de los faros			1°	1°	1°	1°	1°		
Radio de giro mínimo (cm)			Rg	732	1040	1281	1220	1372	
PESO TOTAL (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000		
	Vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000		
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)			Wc/P	45	90	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO			Ap y Ac	C2	B.- C3	T2 - S1	T3 - S2		
						T2 - S2	OTROS		
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DEL PROYECTO			Ap y Ac	99	100	100	100	100	
			C2	30	90	99	100	100	
			C3	10	75	99	100	100	
			T2 - S1	0	0	1	80	78	99
			T2 - S2	0	0	1	93		100
			T3 - S2	0	0	1	18	90	98
			PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DEL PROYECTO			Ap y Ac	98	100	100
C2	62	98				100	100	100	
C3	20	82				100	100	100	
T2 - S1	6	85				100	100	100	
T2 - S2	6	42				98	98	98	
T3 - S2	2	35				80	80	80	

Tabla 1.3. Características de los vehículos

Fuente: Manual de Proyecto Geométrica de Carreteras, SCT 199.

1.6. El tráfico.

Para proyectar una carretera así como para la elección del tipo de camino, es necesario saber el volumen de tráfico que circulará dentro de un tiempo determinado.

Intensidad o volumen de tráfico. Es el número de vehículos que pasan sobre un punto determinado de carretera durante un intervalo de tiempo; tomando como periodos más usuales el día y la hora.

El volumen de tráfico define la importancia de las distintas vías permitiendo la clasificación de las mismas, también sirve para el estudio de las tendencias y la evolución del tráfico, para los estudios económicos entre algunos.

Tránsito máximo horario. Es el máximo número de vehículos que pasan por un tramo carretero durante una hora.

Volumen horario del proyecto. Es la intensidad horaria de tráfico que sirve para determinar las características geométricas del camino.

La densidad de tráfico es el número de vehículos que se encuentran por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede medir, obteniendo una fotografía de un tramo carretero y contando los vehículos que hay sobre él.

La densidad de tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación, ya que al aumentar la velocidad resulta más difícil mantener una velocidad constante.

1.6.1. Determinación del volumen de tráfico.

Con la finalidad de conocer los volúmenes y las características del tráfico, es necesario realizar estudios, las diferentes técnicas que existen para la realización de estos estudios, permiten la obtención de datos muy seguros, estas técnicas dependen de la clase y datos que se deseen obtener. Los estudios más usuales son: origen – destino y los aforos electromecánicos.

1.6.1.1. Estudios de origen y destino.

Según Mier (1987), es considerado el método manual más completo en el aforamiento de vehículos, permitiendo conocer el volúmenes horarios de tránsito por sentidos de circulación, las rutas de los automovilistas, tipo de productos y tonelaje que transportan, clasificación de las direcciones, número de pasajeros, longitudes recorridas, registrando además, modelos y marcas de los vehículos, lo que resulta imposible para los aparatos automáticos. Sin embargo, el inconveniente principal es su alto costo de ejecución, que normalmente su duración es superior a las 24 horas. Por esta razón, este tipo de aforos se usa como complemento a los automáticos.

Existen cuatro maneras básicas de realizar los estudios de origen y destino, a continuación descritos:

1. Realizando entrevistas directas con el conductor.
2. Entregando cuestionarios en diferentes casetas de cobro para que posteriormente los llene y regresarlos en la siguiente estación de parada.
3. Entrevistando de manera aleatoria los domicilios de usuarios.
4. Anotando la cantidad de placas vehiculares desde diferentes partes.

Independientemente de las maneras del estudio de origen – destino, este persigue diferentes objetivos tales como: conocer la localización de una nueva carretera, rehabilitar alguna ya existente, justificar la construcción de un camino nuevo, conocer la demanda dentro de una ciudad con la finalidad de usar una vía con mayor o menor frecuencia y fijar rutas para desviar la diferente circulación dentro de una ciudad, información sobre el número de vehículos, características de los viajes y el por qué lo realizan.

1.6.1.2. Aforos automáticos.

La mayor parte de los aforos en carreteras se realiza de manera automática, mediante el uso de aparatos capaces de detectar el paso de los vehículos en un tiempo determinado, cuyos tipos principales son los que se describen a continuación:

a) Detector de tubo neumático. Consta de un tubo de goma el cual es instalado transversalmente a la carretera, el registro lo realiza al pasar un vehículo sobre el tubo de tal forma, que cada dos impulsos, registra un vehículo de dos ejes.

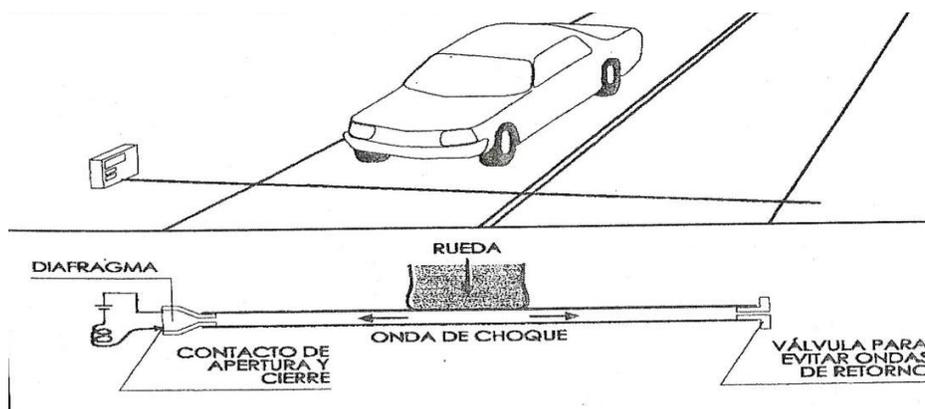


Figura. 1.1. Detector de tubo neumático.

Fuente. Kraemer 2003.

b) Contador electromecánicos. Son colocados dentro del pavimento, constituido por circuitos, al pasar las masas metálicas de los vehículos se provoca un cambio de intensidad de la corriente lo cual produce el registro.

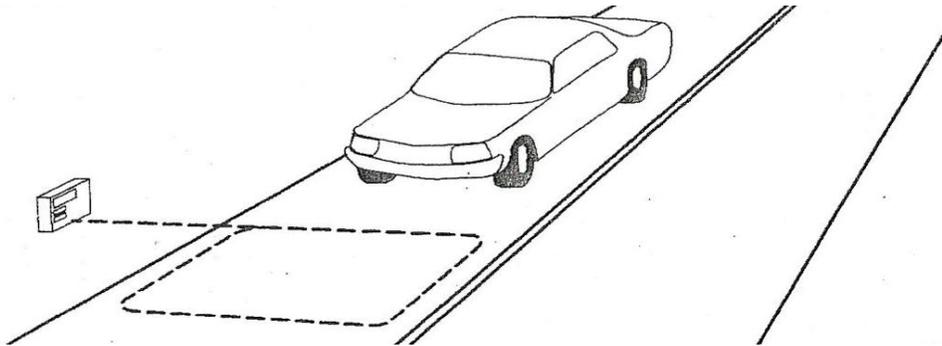


Figura 1.2. Contador electromecánico.

Fuente. Kraemer 2003.

c) Detector de presión – contacto. Son los más usuales en caminos de cuota, consta de una caja y dentro de esta, se localiza un electroimán con una tapa metálica enresortada, la caja es colocada bajo la superficie de rodamiento, al pasar los neumáticos de los vehículos la caja es presionada produciendo una corriente eléctrica y transformándose en registros.

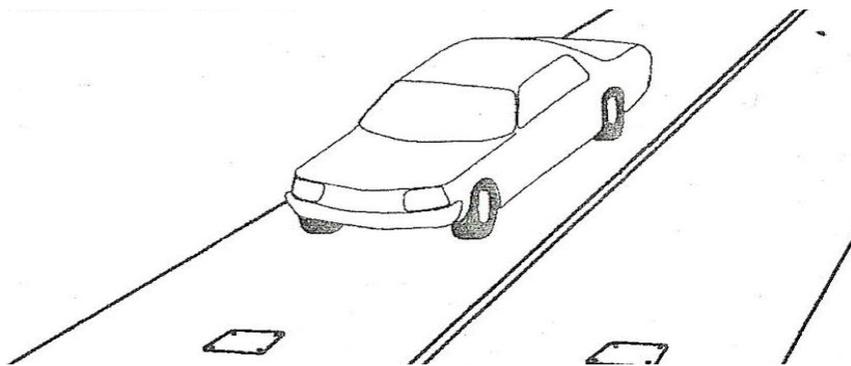


Figura. 1.3. Detector presión – contacto.

Fuente. Kraemer 2003.

1.7. Velocidad.

La velocidad es una de las variables más importantes para un proyecto vial, influyendo de manera incondicional en la calidad del servicio mercancías y personas en la seguridad y el tiempo de desplazamiento.

La velocidad es la relación entre un espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la formula: $v = \frac{d}{t}$

Es indispensable conocer los cuatro tipos de velocidades descritas a continuación.

1.7.1. Velocidad de proyecto.

Es la velocidad máxima por la que los vehículos pueden transitar de manera segura sobre un camino, la determinación de la velocidad del proyecto está ligada con la topografía existente del terreno, el tipo del camino, los volúmenes de tránsito y el uso de tierras.

Con la finalidad de obtener un proyecto armónico es necesario que todas las características geométricas del camino estén calculadas con la velocidad de proyecto.

Las velocidades de proyecto recomendadas por S.C.T. 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	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
Tipo A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
Tipo C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

Tabla. 1.4. Velocidades de proyecto.

Fuente. Manual de Proyectos Geométricos de la SCT

Como se observa en la tabla 1.4 las velocidades dependen fundamentalmente del terreno existente y tipo de camino, al proyectar una carretera, es conveniente adoptar un valor constante en la velocidad aunque en ocasiones no siempre sea factible, cuando la topografía del terreno y el uso de suelos provocan cambios de velocidad, cuando esto sucede, los cambios deben ajustarse de una manera suave, con la finalidad que los conductores empleen una velocidad de transacción moderada.

La curva horizontal y vertical, la elevación y la distancia de visibilidad, se encuentran directamente relacionadas con la velocidad de proyecto. Cuando se hace una modificación a la velocidad de proyecto, muchos elementos en el proyecto de la vía cambian.

1.7.2. Velocidad de operación.

Es la máxima velocidad por la cual los vehículos pueden desplazarse sobre un tramo de camino, bajo condiciones favorables tanto ambientales como del camino, sin superar por ningún motivo la velocidad de proyecto.

Los volúmenes de tránsito, son afectaciones en la velocidad de operación, provocando con volúmenes bajos, la cernía con la velocidad de proyecto, de tal manera, cuando los volúmenes van en aumento, los automovilistas descienden la velocidad del automóvil debido a la transferencia de otros vehículos.

El congestionamiento vial, es provocado cuando el volumen de tráfico se aproxima con la capacidad del camino, disminuyendo considerablemente la velocidad de operación, provocando para los conductores malestares severos.

1.7.3. Velocidad de punto.

Es la velocidad que alcanza un vehículo al pasar por un punto determinado de un tramo carretero, encontrándose influenciada por los usuarios, el vehículo, el camino, el volumen de tránsito, la velocidad permitida y las condiciones existentes.

La velocidad de punto se puede considerar similar a la de operación en tramos pequeños de un camino y en tramos largos, donde prevalecen altas variaciones de velocidad, la media aritmética de las velocidades de punto proporciona la velocidad de operación en un camino.

La manera más simple de medir la velocidad de punto es mediante un radar.

1.7.4. Velocidad global.

Es la división de la distancia recorrida por el vehículo entre el tiempo de viaje incluyendo las demoras debidos a condiciones climatológicas y del camino, no incluye los retrasos fuera del camino correspondientes a gasolineras, restaurantes y recreaciones . Por lo tanto, es el promedio de la velocidad mantenida del automóvil.

1.8. La visibilidad.

Todo conductor al desplazarse sobre un camino cualquiera necesita visualizar el entorno que lo rodea para facilitar la conducción. Los indicadores visuales pueden ser de distinta naturaleza como los descritos a continuación:

- Los de percepción: perciben las marcas viales que delimitan la calzada, las márgenes visibles y las construcciones aledañas.
- Los que proporcionan información: las señales verticales y horizontales, el balizamiento y publicidad.
- Los que conforman el entorno: mobiliario urbano, los demás usuarios.

Todos los indicadores deben de ser visibles para el conductor independientemente de las circunstancias ambientales. La propia calzada de la carretera que el conductor percibe, y los diferentes objetos que sobre ella se encuentren, constituyen el indicador visual más importante.

1.8.1. Distancia de visibilidad.

Se llama así a la distancia de visible que tiene un conductor delante de él, cuando las condiciones ambientales y de tránsito son favorables.

1.8.1.1. Distancia de visibilidad de parada.

Es una distancia de visibilidad mínima necesaria para que el conductor de un vehículo desplazándose a la velocidad de proyecto, detecte los objetos en la trayectoria y pueda parar el vehículo antes de llegar a él. Lo anterior se refiere a una distancia de reacción de los frenos y, la distancia de frenado, respectivamente.

La distancia de visibilidad de parada está integrada por la suma de dos distancias: la distancia recorrida y la distancia de frenado, la primera se refiere a la distancia recorrida desde que el conductor capta el objeto hasta que coloca el pie en el pedal de frenado, la segunda es la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación del frenado.

$$d_0 = dr + df$$

Donde:

dr: distancia recorrida.

df: distancia de frenado.

La siguiente tabla muestra valores para la distancia de visibilidad de parada, correspondientes a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

Velocidad de proyecto Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado m.	Distancia de visibilidad	
		Tiempo seg.	Distancia m.			Calculada m.	Para proyecto m.
30	28	2.5	19.44	0.4	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.38	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.36	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.34	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.3	0.31	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.3	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

Tabla. 1.5. Distancias de visibilidad de parada.

Fuente. Manual de Proyectos Geométricos SCT.

1.8.1.2. Distancia de visibilidad de rebase.

Es la distancia necesaria que requiere un conductor de vehículo para que pueda adelantarse a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que aparezca en sentido contrario.

La distancia de visibilidad de rebase es aplicable a carreteras de dos carriles, ya que en carreteras de cuatro o más carriles, la maniobra de rebasar se realiza en el carril de la misma dirección del tránsito.

La AASSHO supone que la maniobra de rebase es cuatro punto cinco veces la velocidad de proyecto.

Es importante mencionar que visibilidad de rebase solo debe realizarse de tramo en tramo y tan frecuentes como lo permita la topografía, el volumen de tránsito, la velocidad de proyecto y el costo.

1.9. El derecho de vía.

El derecho de vía es una franja de terreno ocupada por la carretera y sus elementos funcionales, el ancho de esta depende del tipo de camino, se adquiere con la finalidad de alojar una vía de comunicación o ampliaciones de la carretera en un futuro.

El ancho de la vía está ligado con la seguridad, utilidad especial y las eficiencias que deben cumplir las vías, en México el derecho de la vía se ha considerado de cuarenta metros correspondiendo a cada lado veinte metros a cada lado del eje, cuando se trata de casos especiales pueden aumentarse.

La propiedad del derecho de vía se adquiere tomando en cuenta aspectos legales y reglamentos, en México el procedimiento de adquisición para el derecho la propiedad varía dependiendo del tipo de carretera y en base a los aportadores llámense federales, estatales, bipartida o tripartida.

La Ley de Vías Generales de Comunicación, establece en sus artículos los procedimientos que se deben seguir en caminos federales para la adquisición de la propiedad de vías.

Para los caminos de cooperación tripartaria, no se realiza ningún pago por la adquisición del derecho de vía, dado que es cooperación de los particulares interesados.

1.10. Capacidad y niveles de servicio.

La capacidad es la eficiencia de la vía de comunicación, determinada por las condiciones de servicio que brinda y que el usuario experimenta al circular el camino.

1.10.1. Capacidad del camino.

Se entiende por capacidad, el máximo número de automóviles que puedan pasar sobre él, bajo las distintas condiciones de tránsito y camino, del periodo de tiempo y condiciones ambientales.

1.11. La mecánica de suelos.

“La mecánica de suelos, es una rama de la Ingeniería Civil, se refiere a la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los distintos problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a en 1925.”

El suelo es un agregado natural conformado por partículas minerales, con o sin componentes orgánicos y con gases y líquidos incluidos. Por otra parte un las rocas son agregados naturales de granos minerales unidos por fuerzas cohesivas. Cabe resaltar, que aun las rocas más rígidas y fuertes pueden debilitarse al presentarse el proceso de meteorización, y algunos suelos muy endurecidos pueden manifestar resistencias muy grandes.

1.11.1. Origen de los suelos.

La mayor parte de los materiales que forman al suelo, son las rocas. Durante millones de años las condiciones climatológicas han desgastado las montañas, así como sobre las rocas se desarrollan plantas que, poco a poco, contribuyen a la desintegración de las mismas, dando lugar a la formación de los suelos.

Cuando los productos originados por la descomposición de las rocas se encuentran en el sitio de origen, se le nombre suelo residual y cuando los productos se localizan fuera del lugar de origen, se dice que se forma un suelo transportado, sin importar el medio de transporte.

- **Suelos residuales.** Están compuestos por los residuos producto de la intemperización de la roca, producida por fuerzas químicas, físicas y biológicas dando como consecuencia la formación de suelos, estos son generalmente confiables, firmes y estables. Pero también pueden estar formados por materiales compresibles, presentando complicaciones para cimentar sobre ellos.

- **Suelos transportados.** Son suelos de origen orgánico, producto de la descomposición de las rocas con contenido de materia orgánica vegetal descompuesta. Generalmente presentan grandes dificultades para cimentar sobre ellos.

- **Suelos glaciales.** Estos, están formados por una mezcla de partícula fina, piedras y grandes pedazos de roca, acumulándose durante millones de años debido a los deshielos en años calurosos y a la congelación en años fríos. Cuando el clima de la tierra se hizo más templado, el hielo comenzó a derretirse provocando la formación de ríos caudalosos, los cuales arrastraron a su paso gravas, arcillas y

arenas, que en la actualidad se encuentran depositados en valles y planicies.

El viento juega un papel muy importante en la formación de suelos. El arrastre da origen a dos tipos de suelos:

- Suelos loess. Depósitos acumulados por el viento, no contienen piedras y su conformación es de arenas finas y limo, principalmente.
- Suelos médanos. Son acumulaciones de arenas sueltas de cuarzos arrastradas por el viento, su formación es de arenas uniformes.

1.11.2. Propiedades de los suelos para la clasificación.

1.11.2.1. Granulometría.

Se puede considerar que la granulometría es una de las propiedades más características de un suelo, ya que los suelos pueden distinguirse según el tamaño de las partículas tales como: grava, arena, arcilla, limo, por mencionar algunas.

Los suelos son clasificados, de acuerdo al tamaño de las partículas que lo conforman, en gruesos y finos, definidos de la siguiente manera:

Suelos gruesos. Son los que se encuentran constituidos por partículas mayores a 0.074 mm y menor que 76.2 mm.

Suelos finos. Son los que se encuentran formados por partículas de tamaño menor a 0.074 mm.

1.11.2.2. Plasticidad.

Es lo referente al moldeado del suelo sin ser fracturado, sin variar su volumen y sin desmoronarse, entendiéndose por moldeado un cambio de forma inducido. La plasticidad de cualquier suelo, depende principalmente de la humedad y de la posible cantidad de arcilla existente en el suelo.

El grado de plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia de Atterberg, estos miden la plasticidad de suelo a través de la humedad que es la necesaria para alcanzar los dos estados límites de consistencia:

- Límite líquido. Es determinado por el método de Casagrande, “ se define arbitrariamente como la humedad del suelo tal que un surco de 2 mm de anchura realizado en el suelo se cierra a lo largo del fondo en una distancia de 13 mm al dejar caer la cuchara 25 veces desde una altura de 10 mm. Si la humedad fuera mayor a ésta, el suelo fluiría si se le diera la oportunidad” (Kraemer; 2004: 34). Los resultados son representados de manera gráfica y con esta se determina el límite líquido.

- Límite plástico. Es la cantidad de agua (humedad) del suelo, que permite la pérdida de las propiedades de elasticidad, provocando no fabricar rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro sin que se agrieten.

1.11.3. Objetivos en la clasificación de suelos.

Al empezar una obra carretera es necesario estudiar los diferentes materiales existentes alrededor de la zona de proyecto, determinando características y propiedades de los diferentes suelos existentes en la región.

La clasificación de los suelos permite la agrupación de estos dependiendo de la diferentes propiedades (permeabilidad, capacidad de soporte, etc.).

1.11.4. El SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 Esta clasificación divide los suelos en:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos orgánicos.

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz No. 200.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos:

Suelos gruesos. Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

Suelos finos. El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas © y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LI = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

- ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad. OL: Limos y arcillas orgánicas.
- CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad. CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad. MH:

Limos inorgánicos de alta compresibilidad. OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.

CAPÍTULO 2

PROYECTO GEOMÉTRICO

En este capítulo se abordan diferentes temas relacionados con el diseño geométrico del proyecto, el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría, además se trataran diferente temas tales como: selección de la ruta más viable, reconocimientos al sitio de proyección del camino vial, fuentes de información necesarias, metodología del proyecto, alineamientos verticales y horizontales así como la normatividad existente para los mismos, elementos que constituyen la sección transversal, el proyecto de la subrasante y la curva masa.

2.1. Selección de la ruta.

Con la justificación para construcción de la carretera en base a los estudios realizados y el beneficio que tendrá la sociedad cuando ésta se ponga en servicio, dicho proyecto obtendrá más valor que los recursos impuestos para construirla. Para llevar a cabo la proyección y su posterior construcción, es necesario realizar un proceso de selección con el objeto de percibir la ruta más viable, dentro del proyecto geométrico esto se logra mediante una serie de estudios comparativos basados en las posibles alternativas.

Una ruta es una franja de terreno existente entre dos puntos obligados, donde resulta factible trazar un camino. El ancho de la ruta depende de la exactitud y

detallado de los estudios, entre más exactos sean los estudios la ruta será más adecuada.

Puntos obligados: Son aquellos sitios extremos o intermedios por los que necesariamente deberá pasar la vía.

2.1.1. Recolección de datos.

Para la ubicación de las posibles rutas es necesario contar con cartas geográficas y topográficas, además deberá estudiarse la hidrología, y el uso consuntivo del suelo.

La recopilación de datos debe influenciar las obras existentes dentro de los alrededores del proyecto, así como información de posibles construcciones proyectadas a largo, mediano y corto plazo, producciones agrícolas, agropecuarias, comercio y geológicas. Los datos antes mencionados se realizan con la finalidad de seleccionar la ruta más adecuada, económica, segura tratando de mitigar y minimizar daños ambientales.

2.1.1.1. Cartas topográficas.

Su contenido es sobre la topografía del lugar de estudio, poblaciones aledañas, caminos, aeropistas, presas, líneas de ferrocarriles, etc.

2.1.1.2. Carta geológica.

La información abunda sobre las rocas, su clasificación y el origen de los suelos. Mediante la carta geológica se pueden visualizar bancos de materiales que

pueden ser aprovechados en la construcción del camino, previamente analizados por el laboratorio de geotecnia.

Puede encontrarse también la hidrografía necesaria para calcular las obras de drenaje del camino, en cuanto a la minería señalan las minas existentes dentro del entorno.

2.1.1.3. Mapas sobre el uso de suelo.

Contiene datos sobre la cubierta vegetal existente de la zona en estudio y el uso de suelo como por ejemplo: tipo de agricultura, si existen terrenos de riego o temporal, tipo de siembra. Estos datos son importantes para el proyectista de caminos ya que brindan datos sobre la producción de la zona.

2.2. Reconocimientos.

El reconocimiento es un trabajo de campo, que consiste en visualizar de manera directa el terreno por donde se pretende cruzará el camino. Durante el recorrido se podrá observar los tipos de suelos, disponibilidad de bancos de materiales, pendientes longitudinales y transversales, drenaje natural y la presencia de fallas estructurales.

El desplazamiento sobre el terreno puede realizarse de diversas maneras tales como: terrestre y aéreos, este último ha venido evolucionando de una manera significativa, ya que permite tomar fotografías de diferentes perspectivas aéreas abarcando grandes zonas y facilitando su estudio.

Un primer reconocimiento aéreo suele efectuarse con la finalidad de observar rutas adecuadas y viables previamente establecidas, posteriormente dentro del gabinete se pueden estudiar mediante la fotointerpretación obteniendo resultados sobre las rutas y el terreno existente. Posteriormente, un segundo reconocimiento puede realizarse mediante un helicóptero, con el objeto de poder bajar a la superficie hacia diferentes lugares y comprobar los datos obtenidos con anterioridad para obtener información sobre los alrededores de la zona influenciada por el camino. Por último dentro del reconocimiento aéreo es necesario realizar un recorrido a lo largo del posible camino en estudio, con el afán de persuadir la trayectoria que seguirá la posible ruta.

El reconocimiento terrestre, es realizado cuando por alguna razón no sea posible llevar a cabo el aéreo, una de sus desventajas principales es que no se pueden abarcar grandes zonas de estudio. Este reconocimiento es llevado a cabo después de conocer las cartas geográficas tomando en cuenta las diferentes rutas.

Un reconocimiento combinado es realizado solo en las siguientes circunstancias descritas posteriormente.

1. Cuando no se cuenta con fotografías aéreas de la zona y cabe la posibilidad de recorrerla mediante avioneta o helicóptero.
2. Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y no se puede continuar con el reconocimiento aéreo.

2.3. Alternativas posibles.

Algunas alternativas de rutas son mejores que otras, por lo que es necesario considerar todo tipo de acciones, de tal manera que resuelvan las diferentes problemáticas y por ende escoger la que mejor se adapte a los objetivos planteados (planeados), por esta razón es necesario hacer uso adecuado de la razón y de la experiencia para tener en cuenta todas las opciones que permitan conseguir los objetivos previstos, evitando considerar únicamente unas pocas que, aunque ofrezcan una solución, pueden no ser las mejores.

Una vez trazadas las posibles rutas, servirán para obtener una estimación del funcionamiento del sistema de cada una de ellas y, por ende, realizar una especulación de las mismas. De esta manera se podrán obtener las ventajas y desventajas que supone cada opción considerada para alcanzar todo objetivo.

2.3.1. Selección de la opción óptima.

El objetivo de este proceso es seleccionar la ruta más adecuada, si se tratara de un sólo objetivo y éste fuera cuantificable, el problema de la elección sería inmediato. Pero, por lo regular, son varios los objetivos por lo que la elección se manifiesta más complicada. Muchas de las veces los objetivos son del orden económico (costos de infraestructura), en estos casos es posible establecer, para cada opción en estudio, un balance entre costo – beneficio.

En la mayoría de las ocasiones la selección de las alternativas se complica debido a los distintos objetivos que no pueden traducirse en términos monetarios (el impacto ambiental, desigualdad social). Por lo anterior, es raro que en la práctica se

emplee un criterio único, por lo tanto, la elección de la alternativa se realiza atendiendo varios criterios simultáneamente cuya solución depende de las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, además de ofrecer el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética así como del futuro de la carretera, operación y conservación de la misma.

2.4. Metodología del proyecto.

Las carreteras son inversiones de orden público y privado, brindan altos beneficios a la sociedad con un mínimo de inversión posible. En acuerdo con el MPGC, SCT, (1991), todo proyecto deberá basarse en los siguientes criterios:

1. Las fallas reflejadas en la obra concluida son más costosas, que el costo adicional de los diferentes estudios necesarios para eliminar o mitigar las posibles fallas.
2. El empleo de la tecnología y la buena aplicación de la misma, permite una economía moderada.
3. Los diferentes estudios realizados en el lugar de proyección permiten analizar el comportamiento que desempeñará dicha infraestructura.
4. Todo proyecto vial requiere de diferentes especialistas, con la finalidad de que cada técnico realice sus labores correspondientes de una manera satisfactoria aplicando la tecnología a su alcance y de una manera correcta.

La selección de la ruta, el anteproyecto y el proyecto, es la metodología que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, siendo ésta la máxima autoridad vial en México.

2.5. El anteproyecto.

Es el resultado de los diferentes estudios y levantamientos topográficos realizados, dentro del anteproyecto se podrá fijar el eje del camino.

El anteproyecto requiere un análisis detallado de la geometría de cada una de las alternativas posibles. Posteriormente con la clasificación vial y las características geométricas de la misma, se deberá buscar los alineamientos que mejor se apeguen a la topografía existente del lugar, con el objeto de minimizar los costos de acarreo de terracerías por lo que los acarreo y cortes son los causantes de encarecer la obra.

2.6. El proyecto.

Los elementos del proyecto geométrico, se divide en: alineamiento horizontal, alineamiento vertical y la sección transversal del camino, así como las normas generales, tanto para el alineamiento horizontal como vertical.

Con la finalidad de realizar un trazo óptimo es necesario conocer las especificaciones que rigen el diseño geométrico y encontrar una armonía entre el alineamiento vertical y horizontal.

2.6.1. Normas generales para el alineamiento horizontal.

Según el MPGC, SCT, (1991), las normas mencionadas a continuación se encuentran reconocidas dentro de la práctica, siendo parte fundamental de una circulación vial efectiva, cómoda y segura.

- El proyecto deberá presentar una seguridad al tráfico siendo la de mayor preferencia.
- Los radios de curvatura y la velocidad de proyecto se encuentran definidos por la topografía del lugar.
- La distancia de visibilidad es importante, ya que en ocasiones está necesita radios más grandes que la velocidad.
- El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía.
- El alineamiento debe ser de manera uniforme, cuidando la aparición de fuertes quiebres, por lo anterior se deberá evitar curvas forzadas después de tangentes largas y no pasar de curvas suaves a curvas forzadas.
- En terraplenes altos y largos solo son aceptables alineamientos rectos y de suave curvatura, para que el conductor pueda ajustar la velocidad del automóvil.
- Debe evitarse usar curvas compuestas sobre todo cuando ya se hayan previsto curvas fuertes. Cuando la relación de radio mayor entre el radio menor sea igual o menor que 1.5, se podrán proyectar las curvas compuestas.

- Una maniobra peligrosa que puede desempeñar el conductor sobre la carretera, es cuando se presentan cambios de dirección rápidos, por esta razón debe evitarse el uso de curvas inversas.
- Cuando existan tangentes cortas entre las curvas, el alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección deberá de evitarse y pueden ser utilizadas cuando las tangentes sean mayores a 500m.
- El alineamiento horizontal deberá estar en coordinación con el alineamiento vertical, con la finalidad de no presentar distorsión alguna.
- Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentran durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas simples.

2.6.2. Normas generales para el alineamiento vertical.

Siguiendo con MPGC, SCT, (1991), dentro del perfil longitudinal carretero, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical, la posición de la subrasante depende principalmente de la topografía así como de los factores a continuación mencionados:

- La subrasante se encuentra directamente influenciada con la topografía del terreno.
- Se debe buscar una subrasante suave con cambios granulares. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica.

- Algunos perfiles pueden presentar condiciones de inseguridad y mala estética, debido a los vados que pueden llegarse a formar, por ello deben evitarse la formación de vados.
- Debe evitarse la formación de dos curvas verticales sobre una misma dirección separada por una vertical corta, sobre todo en columpios ya que la vista de las curvas no es agradable.
- Con la finalidad de permitir el aumento en la velocidad antes de ascender, así como para el vencimiento de desniveles, es necesario presentar un perfil escalonado.
- Al presentarse magnitudes fuertes de ascenso, prolongadas pendientes y las características del tráfico, se puede adaptar un carril adicional.
- Cuando algunas pendientes sean excedidas, si el volumen de proyecto excede un 20% en la capacidad de diseño, al tratarse caminos de dos carriles se considera un 30 % de excedencia y deberá considerarse carriles auxiliares de ascenso.
- Si se trata de salvar desniveles importantes, ya sea con pendientes escalonadas o pendientes largas uniformes, es necesario disponer de pendientes fuertes al iniciar el ascenso.
- Al existir intercesiones a desnivel en tramos de caminos de moderados a fuertes, es común reducir la pendiente dentro de la intersección con la finalidad de que el vehículo de vuelta de manera segura.

2.6.3. Interacción de alineamiento horizontal y vertical.

Los alineamientos, llámese vertical u horizontal, deberán estar ligados mutuamente, ya que se complementa uno a otro. Si alguno de los lineamientos se encuentra proyectado escasamente, este influye de manera negativa en los dos alineamientos.

La relación entre el alineamiento horizontal y vertical debe partir dentro del anteproyecto, pudiendo presentar ajustes correspondientes.

El objetivo de combinar ambos alineamientos es obtener un proyecto eficiente que ofrezca las condiciones de seguridad y capacidad necesarias además de resultar una vía económica. Para lograr esto, es necesario conocer las siguientes normas:

1. La curva y la pendiente deberán estar balanceadas.
2. No deben proyectarse curvas horizontales formadas en o cerca de una curva vertical en cresta.
3. No deben proyectarse curvas horizontales formadas en o cerca de una curva vertical en columpio.
4. Es necesario colocar tangentes largas para que funcionen como tramos de rebase y por consiguiente asegurar la distancia de rebase.
5. En intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos sea importante y los vehículos tengan que disminuir la velocidad, la curvatura horizontal y el perfil deberán proyectarse de una manera suave.

2.6.4. Alineamiento horizontal.

De acuerdo con Olivera (2006) el alineamiento horizontal es la proyección del centro de una línea sobre un plano horizontal. Los elementos que lo integran son: tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

2.6.4.1. Las tangentes.

Según el MPGC, SCT, (1991), las tangentes son proyecciones sobre un plano horizontal de rectas que unen las curvas, teniendo una longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de una curva horizontal y el inicio de la curva posterior; la dirección es el rumbo.

Cuando es conveniente proporcionar una sobreelevación y una ampliación a las curvas se deberá de contar con una longitud mínima de tangente horizontal.

La longitud máxima de una tangente se encuentra relacionada con la seguridad. Los accidentes pueden ser causados por tangentes muy largas, ya que la mayoría de los conductores fijan su mirada en puntos estáticos del camino.

Cuando dos tangentes consecutivas de alineamiento son prolongadas cruzándose en un punto llamado de inflexión (PI), formando un ángulo de deflexión (Δ), originado por la prolongación de las tangentes tanto de entrada como de salida.

2.6.4.2. Curva circular.

Son arcos de círculos, que forman proyecciones horizontales con la finalidad de ligar dos tangentes consecutivas para la formación de curvas circulares, estas pueden ser simples o compuestas, este diseño deberá favorecer la seguridad y ésta

a su vez depende de las características de las curvas (velocidad de proyecto, grado de curvatura, sobreelevación, ampliación, visibilidad, entre algunas).

2.6.4.2.1. Curva circular simple.

Se le llama curva circular simple a dos tangentes ligadas entre sí por una curva circular, independientemente del sentido en que se encuentren (derechos o izquierdos).

La siguiente figura muestra los elementos de la curva circular simple:

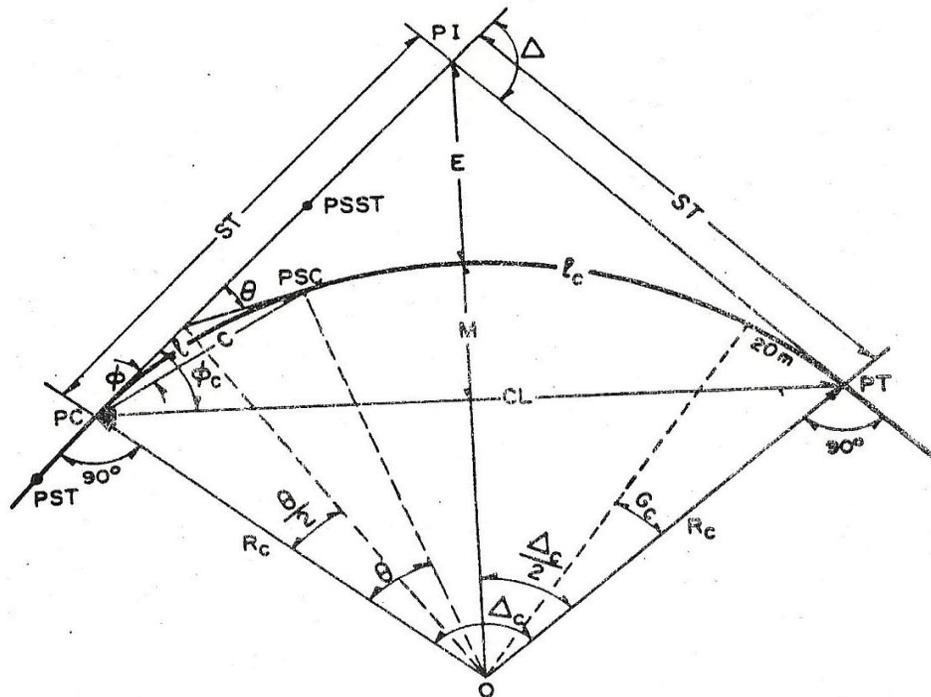


Figura 2.1. Curva circular simple.

Fuente: MPGC, SCT, 1991.

PI Punto de intersección de las tangentes.

PC Punto de comienzo.

PT Punto de término.

- PST Punto sobre la tangente.
- PSST Punto sobre la subtangente.
- PSC Punto sobre la curva circular.
- O Centro de la curva circular.
- Δ Angulo de deflexión de las tangentes.
- Δ_c Angulo central de la curva circular.
- θ Angulo de deflexión a un PSC.
- ϕ Angulo de una cuerda cualquiera.
- ϕ_c Angulo de la cuerda larga.
- G_c Grado de curvatura.
- R_c Radio de la curva circular.
- ST Subtangente.
- E Externa.
- M Ordenada media.
- C Cuerda.
- Cl Cuerda larga.
- ℓ Longitud de un arco.

ℓ_c Longitud de la curva circular.

- I. Grado de curvatura (G_c). Es el ángulo en el centro correspondiente a un desarrollo de arco de 20 m y su relación con el radio de curvatura. Es obteniendo en función de la circunferencia.

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R_c} \quad \therefore \quad G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

- II. Radio de curvatura (R_c). Es el radio de la curva circular.

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c}$$

- III. Angulo central (Δ_c). Es al ángulo subtendido por la curva circular. En curvas circulares simples es igual a la deflexión entre las dos tangentes.
- IV. Longitud de la curva (ι_c). Es la longitud del arco medida desde el Pc hasta el PT.

$$\frac{\iota_c}{2\pi R_c} = \frac{\Delta_c}{360^\circ} \quad \therefore \quad \iota_c = \frac{\pi \Delta_c}{180^\circ} R_c$$

Sustituyendo R_c en la expresión anterior, se obtiene:

$$\iota_c = 20 \frac{\Delta_c}{G_c}$$

- V. Subtangente (ST). Es la distancia entre PI y el PC o el PT. Del triangulo rectángulo PI-O-PT.

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2}$$

- VI. Externa (E). distancia mínima entre la curva y el PI, se encuentra localizada dentro del triangulo PI-O-PT.

$$E = Rc \sec \frac{\Delta c}{2} - Rc = \frac{Rc}{\cos \frac{\Delta}{2}} - Rc$$

- VII. Ordenada media (M). Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva, localizada dentro del triangulo PI-O-PT.

$$M = Rc - Rc \cos \frac{\Delta}{2}$$

- VIII. Deflexión a un punto cualquiera de la curva (θ). Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado.

$$\frac{\theta}{l} = \frac{Gc}{20} \quad \therefore \theta = Gc \frac{l}{20}$$

- IX. Cuerda ©. Es una recta comprendida entre dos puntos de la curva. Dichos puntos son PC y PT, resultando ser la cuerda larga. Entro del triangulo PC-O-PSC.

$$C = 2Rc \text{ Sen} \frac{\theta}{2}$$

Y para la cuerda larga:

$$CL = 2Rc \text{ Sen} \frac{\Delta c}{2}$$

- X. Angulo de la cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada, localizada dentro del triangulo PC-O-PSC.

$$\phi = \frac{\theta}{2} \text{ sustituyendo } \theta \therefore \phi = Gc \frac{\mathcal{L}}{40}$$

Y para una cuerda larga:

$$\phi c = Gc \frac{ic}{40}$$

$$\text{Principio de la curva (Pc)} = PI - ST$$

$$\text{Principio de la tangente (PT)} = Pc + Lc$$

2.6.4.2.2. Curvas circulares compuestas.

Son aquellas que se encuentran formadas por dos curvas circulares uniéndose en un punto de tangencia, si las dos curvas se encuentran orientadas al mismo lado con diferente radio, se llaman curvas compuesta directa y si se localizan en sentido contrario, se nombran curvas compuestas inversas, independientemente del sentido ambas tienen un punto de unión (tangencia) llamado punto de curvatura compuesta.

En caminos deberá evitarse este tipo de curvas, ya que resultan peligrosos los cambios de curvatura, y preferencialmente son viables para las intersecciones. Por esta razón, en la presente investigación se descartó el uso de curvas circulares compuestas y no se indago más en el tema de las mismas.

2.6.4.3. Curvas de transición.

Son curvas de enlace entre una recta y una curva circular, éstas tienen una curvatura variable con la distancia recorrida, con lo que suavizan las discontinuidades en la variación de la curvatura tomando en cuenta la sobreelevación y la ampliación.

Tanto la curvatura de la trayectoria como la sobreelevación varían en la longitud de la transición, desde una línea recta que toma un valor nulo, hasta un valor infinito dentro de la curva circular.

2.6.4.3.1. Curvas espirales de transición.

La seguridad vial es uno de los parámetros más importantes dentro de un camino y para conseguirlo es necesario recurrir a curvas espirales de transición, ya que estas permiten al conductor que circula a la velocidad de proyecto poder mantener con facilidad el vehículo dentro del su carril y no invadir el contrario.

Al utilizar las curvas de transición con espiral se obtienen ventajas tales como:

- al ser proyectadas correctamente aumenta la comodidad de la conducción, pues en volante se gira paulatinamente, así la fuerza centrífuga aumenta y es disminuida gradualmente al entrar o salir el vehículo.
- La longitud de la curva de transición brinda una disposición para la transición entre la pendiente transversal y la sección elevada en la

curva, puede realizarse sobre la longitud de transición de manera que se ajuste a la relación velocidad – radio

- La espiral brinda facilidad en la zona de transición para dar un sobre ancho en las curvas circulares.
- Las curvas espirales brindan estética en los caminos. Al utilizarlas mitigan las posibles fracturas del pavimento visualizadas al principio y fin de la curva circular.

Su uso más común es para conectar tramos rectos de un alineamiento con curvas circulares, disminuyendo así el cambio brusco de dirección que ocurriría en los puntos de tangencia.

En la figura 2.2, se aprecia una curva espiral con longitud L_e , que conecta la tangente de entrada con una curva circular de radio R . La longitud L , es la longitud de la curva espiral desde su origen a un punto cualquiera P de radio conocido.

Se ha venido utilizando de menos a más el uso de curvas espirales para realizar la zona de transición, para ello se utiliza el espiral de Euler (Clotoide).

$$K^2 = R \cdot L$$

Donde:

K^2 Constante de magnitud.

R Radio de la curva.

L Longitud de la curva

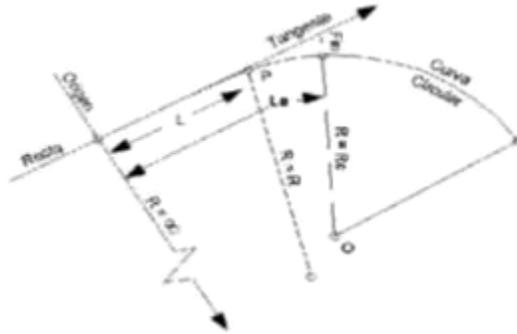


Figura 2.2

Fuente: Ingeniería de carreteras, Kraemer 2003

La ecuación anterior cumple con la condición de que el producto del radio (r) y la longitud (L) en cualquier punto es constante.

El objetivo de una transición es permitir un cambio continuo en la aceleración centrífuga del automóvil. Existen diferentes métodos para calcular la longitud mínima de la espiral de transición, en México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes adopta tablas con valores relacionados por la siguiente expresión:

$$Le = 0.0351 \frac{V^3}{Rc}$$

Donde:

Le Longitud de la transición; mts.

V Velocidad de proyecto; Km/h.

Rc Radio de curvatura; mts.

Según el MPGC, SCT, (1991), las curvas circulares de transición constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida. Se llama

curva simétrica, cuando el espiral de entrada es igual al espiral de salida y en caso contrario se le nombra asimétrica.

2.6.4.3.2. Sobreelevación.

Se le llama sobreelevación a la pendiente transversal descendente localizada desde la corona hacia el centro de la curva, con la finalidad de contrarrestar la fuerza centrífuga que desarrolla el automóvil dentro de las curvas horizontales. La volcadura de un automóvil y el deslizamiento ocurre con frecuencia dentro de las curvas horizontales, estos casos pueden mitigarse dando una sobreelevación adecuada.

Existen diferentes procedimientos para calcular la sobreelevación, en México la S.C.T establece la siguiente expresión:

$$S = \frac{V^2}{127 R} - \mu$$

Donde:

S Sobreelevación; en valor absoluto.

V Velocidad de proyecto; Km/h.

R Radio de curvatura; m.

μ Coeficiente de fricción lateral.

Sin embargo, recientemente la SCT establece que la fórmula anterior arroja resultados muy altos, lo que puede provocar deslizamientos de los vehículos en la

curva cuando estos circulen a una velocidad menor a la de proyecto, por lo tanto se calcula de manera proporcional al grado de curvatura, de acuerdo al tipo de carretera y tomando en consideración que el valor máximo se emplea en lugares donde no se presentan heladas y el porcentaje de vehículos pesados en bajo. En lugares sin helada o nevadas, pero con un alto porcentaje de vehículos pesados se usara un 10% y cuando dichas heladas o nevadas son frecuentes deberá usarse un valor de 8% como máximo. Para efectos prácticos se utilizan tablas. Establecidas en el anexo del presente trabajo.

2.6.4.3.3. Sobre-ancho de curvas.

Es una ampliación que se realiza al pavimento sobre las curvas con relación al de la tangente, las curvas horizontales se amplían en cantidad constante desde el P.C. al P.T. y después se disminuye gradualmente hasta llegar al ancho de la tangente a esta longitud se le llama transición. Esta ampliación se realiza siempre sobre el lado interior de la curva y cuando la curva tiene un grado de curvatura menor a 4° no es necesaria la ampliación.

En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha desarrollado algunas fórmulas empíricas para calcular el sobre ancho del pavimento de las curvas horizontales, para los cálculo se consideran algunos elementos importantes tales como: velocidad de proyecto, tipo de vehículo y el grado de curvatura y el resultado de éstas se expone en tablas editadas por la misma Secretaría que son el resultado de la aplicación de las formulas para cada tipo de camino, grado de curvatura y velocidad de proyecto.

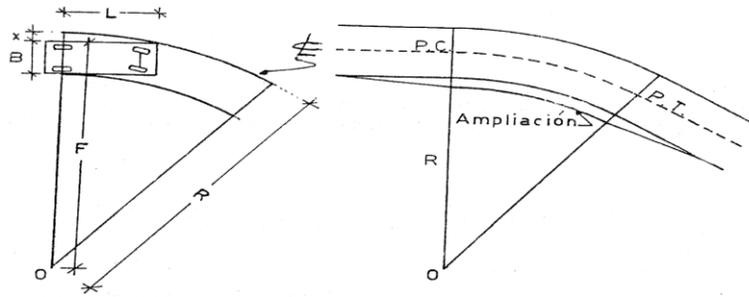


Figura 2.3. Ampliación de las curvas.

Fuente. Vías de comunicación (carreteras), Crespo, 1996.

- a)
$$X' = (R - \sqrt{R^2 - L^2})N + \frac{0.10 V}{\sqrt{R}}$$
- b)
$$X' = \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} + \frac{26.62}{R} \right) N$$

Donde:

X' : sobreeancho.

N : número de carriles.

R : radi; m

L : distancia del eje traccero a la defensa delantera; m, usualmente se considera 6 m.

V : velocidad de proyecto; Km/h

2.6.4.3.4. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de visibilidad, ya que un objeto ubicado cerca de la línea interna del camino puede obstruir la visibilidad haciendo que la curva sea peligrosa, un ejemplo de obstáculo son los taludes, estos impiden una visual adecuada, para ello cuando exista un obstáculo en el lado interior

de la curva, deberá existir una distancia mínima "m" que debe haber entre él y el eje del carril interior. $m = R' \left(1 - \cos \frac{G.d0}{20} \right)$

La SCT determinó en base a estudios realizados que la distancia mínima de visibilidad en curvas horizontales, medida a lo largo del arco, es $2 d0$ siendo $d0$ la distancia de visibilidad de parada.

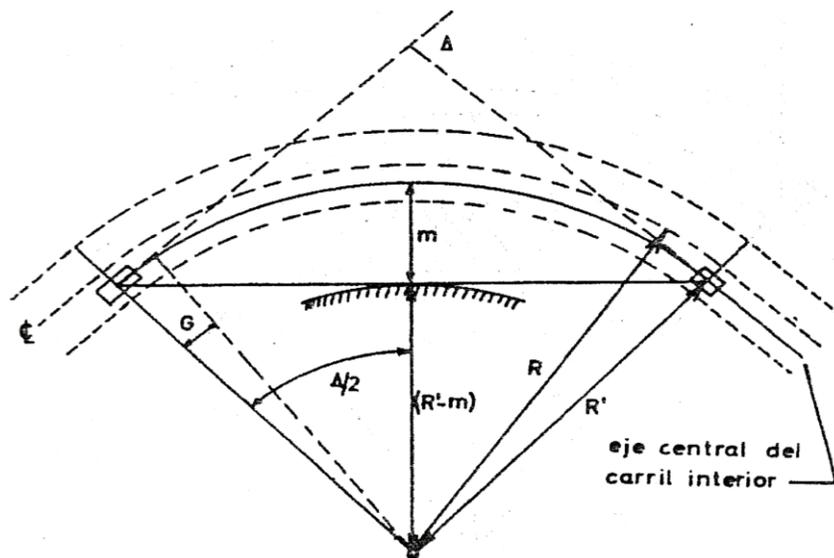


Figura 2.4. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Fuente. Vías de comunicación (carreteras), Crespo, 1996.

2.6.5. Alineamiento vertical.

Según el MPGC, S.C.T, (1991), un alineamiento vertical es una proyección del desarrollo sobre el plano vertical sobre el eje de la subcorona (subrasante).

Los elementos que componen el alineamiento vertical son las tangentes verticales y las curvas verticales.

2.6.5.1. Tangentes verticales.

Las tangentes verticales se encuentran definidas por la longitud (distancia horizontal entre sus extremos y la pendiente (relación que existe entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma). La prolongación de las pendientes ya sea hacia delante o hacia atrás se encuentran en un punto llamado inflexión vertical (P.I.V.).

De acuerdo con Mier (1987), la longitud máxima que un camión cargado puede subir sin reducir la velocidad está definida por tres elementos básicamente: vehículo de proyecto, topografía del terreno y composición del tránsito.

Existen tres tipos de pendientes de las tangentes verticales: mínima, gobernadora y máxima.

- Pendiente mínima. Es utilizada para asegurar un buen drenaje y se recomienda el 0.5% para cortes. Y en terraplenes puede ser nula.
- Pendiente gobernadora. Es una pendiente media, en teoría, puede ser indefinida a lo largo del trazo con la finalidad de poder dominar el desnivel y dependiendo de las características del tránsito y de la topografía del terreno, la pendiente gobernadora más viable es aquella que permite que los costos de construcción, operación y mantenimiento sean los más económicos.
- Pendiente máxima. Es la mayor a utilizarse dentro del proyecto, visualizada por la topografía del terreno. Esta pendiente es utilizada para salvar obstáculos tales como: cantiles, fallas y zonas inestables.

velocidad de proyecto en Km/h	PENDIENTE MAXIMA EN %		
	Terreno plano	Terreno en Lomerío	Terreno Montañoso
50	6	7	9
60	5	6	8
70	4	5	7
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	5
110	3	4	5

Tabla 2.1. Pendientes máximas para caminos.

Fuente. Vías de comunicación (carreteras), Crespo, 1996.

2.6.5.2. Curvas verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes, usada para pasar de una pendiente determinada a otra diferente y diseñadas para la mejor combinación existente de la topografía, se pueden manifestar dos casos de curvas verticales: el primero se conoce como cresta (la concavidad es hacia abajo) y el segundo en columpio (la concavidad es hacia arriba).

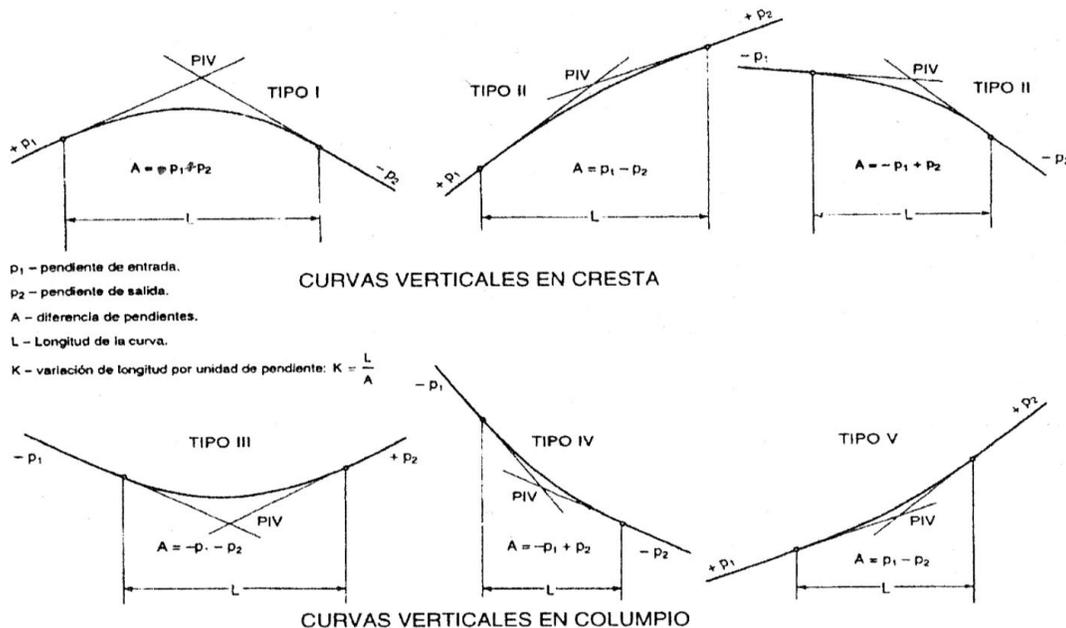


Figura 2.5. Tipos de curvas verticales.

Fuente. MPGC, SCT, 1991.

Es importante resaltar la aclaración que realiza la SCT y otros autores, la cual consiste en que únicamente se deberá proyectar la curva vertical cuando la diferencia algebraica entre dos pendientes deberá ser mayor al 0.5%, ya que en los casos de la diferencia igual o menor a la indicada no se deberán proyectar, ya que el cambio es tan pequeño que se pierde durante la construcción.

2.6.5.3. Distancia de visibilidad en las curvas verticales.

Es necesario que la distancia de visibilidad sea la adecuada dentro de las curvas verticales para que todo conductor pueda ver de manera continua delante de él a una distancia razonable, para poder tomar las decisiones adecuadas y oportunas. Dicha distancia es conocida como de parada.

La distancia de parada está compuesta por dos elementos: la distancia de recorrido y la de frenado.

$$d_0 = D_r + D_f$$

$$D_r = \frac{V \cdot t}{3.6}$$

$$D_f = \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

d_0 : distancia de parada; m.

V: velocidad de proyecto; km/h.

f: coeficiente de fricción (varia de 0.2 a 0.9, aconsejable 0.4)

t: tiempo de percepción y reacción del conductor (de 1 a 2.5 Seg).

La pendiente en las fórmulas anteriores se deberá usar de manera fraccional.

La convección de signos de i serán (+) para subir y (-) para bajar.

2.6.5.4. Elementos de la curva parabólica.

Los elementos de la curva vertical se muestran en la figura siguiente:

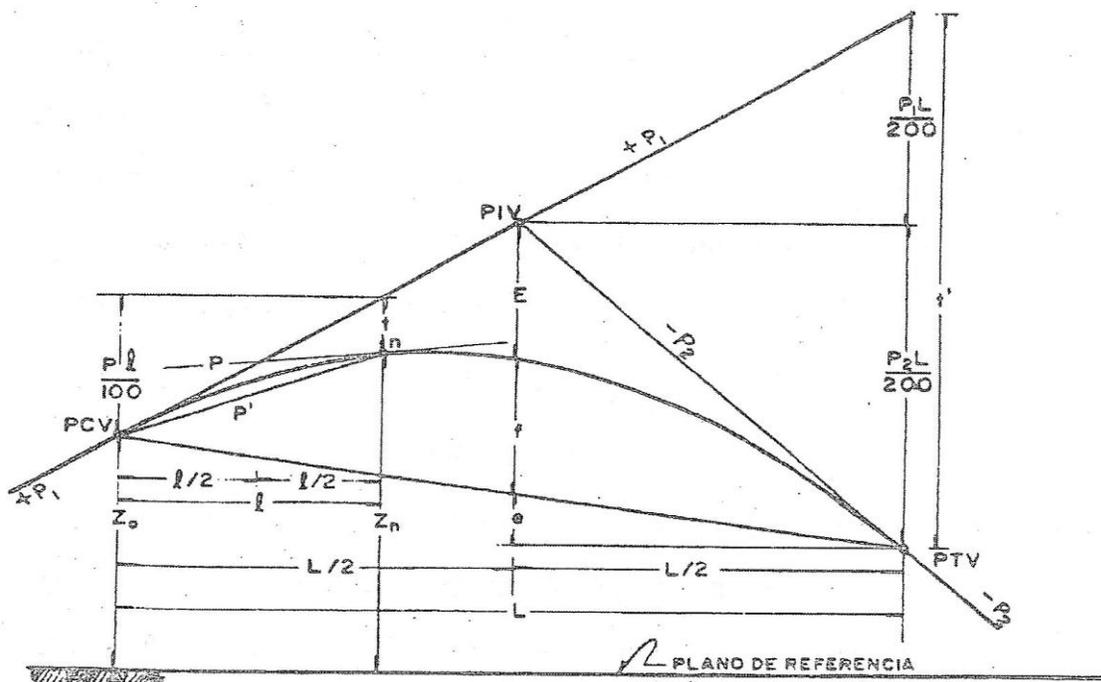


Figura 2.6. Elementos de la curva vertical.

Fuente. MPGC, SCT, 1991.

PIV: Punto de intersección de las tangentes.

PCV: Punto donde comienza la curva vertical.

PTV: Punto donde termina la curva vertical. (Inicio de la tangente).

n: Punto cualquiera sobre la curva.

P1: Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.

P2: Pendiente de la tangente de salida en por ciento.

P: Pendiente en un punto cualquiera de la curva en por ciento.

P': Pendiente de una cuerda a un punto cualquiera en por ciento.

A: Diferencia algebraica entre las pendientes de tangente de entrada y salida.

L: Longitud de la curva.

E: Externa.

f: Flecha.

ℓ : Longitud de la curva a un punto cualquiera.

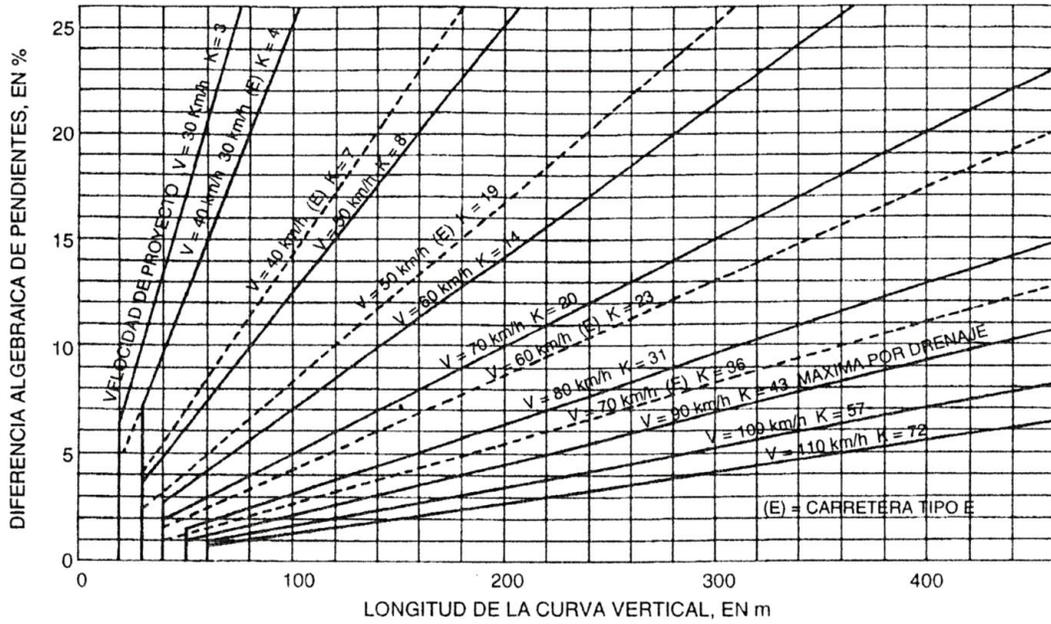
t: Desviación respecto a la tangente de un punto cualquiera.

K: Variación de longitud por unidad de pendiente, $K=L/A$.

Z_0 : Elevación del PCV.

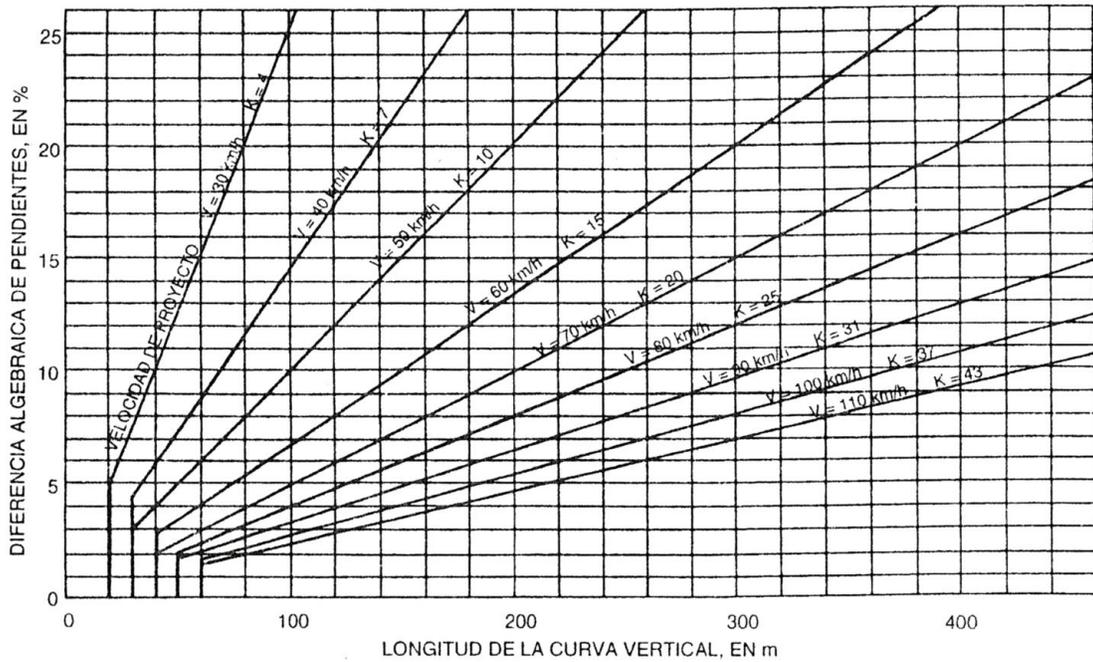
Z_n : Elevación de un punto cualquiera.

1. Longitud. Es la distancia medida horizontalmente entre PCV y PTV. Para calcular la longitud la SCT menciona cuatro criterios: de comodidad, de apariencia, drenaje y seguridad, siendo este último el más importante e indispensable para todo proyecto, es por ello que la longitud a calcularse es determinada en virtud de la seguridad y las gráficas siguientes cumplen dicho criterio.



Gráfica 2.1. Longitud de las curvas verticales en cresta.

Fuente. MPGC.SCT, 1996.



Gráfica 2.2. Longitud de las curvas verticales en columpio.

Fuente. MPGC.SCT, 1996.

La longitud mínima de las curvas verticales en Cresta está en función de la visibilidad de parada, y se manifiestan dos casos.

a) Cuando $d_0 > L$ (la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la

curva). La longitud mínima será: $L = 2 d_0 - \frac{200(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{\rho}$

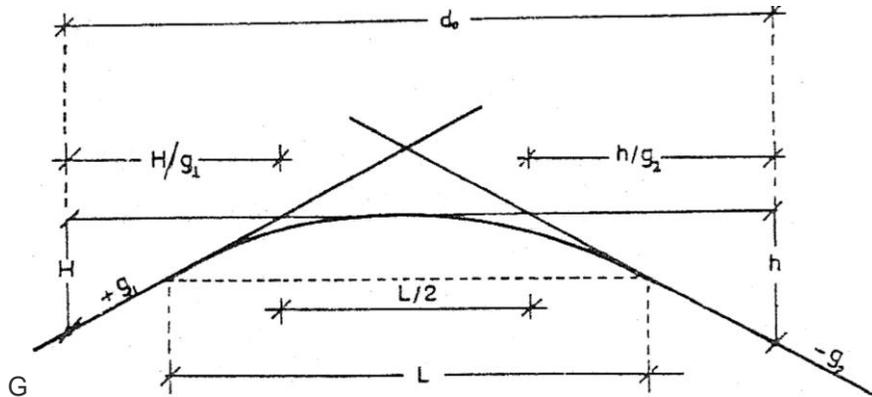


Figura 2.7. Curva vertical en cresta.

Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

b) Cuando $d_0 < L$ (la distancia de visibilidad es menor a la longitud de la

curva). La longitud mínima es: $L = \rho \frac{d_0^2}{200(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}$

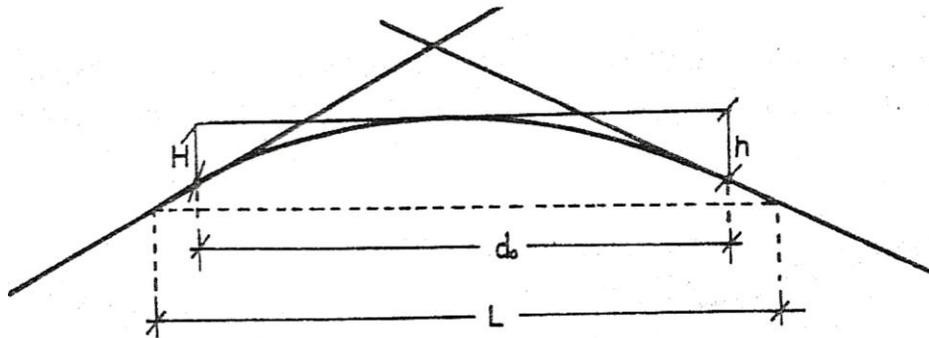


Figura 2.8. Curva vertical en cresta.

Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

Para ambos caso los elementos son los siguientes:

L longitud mínima de la curva; m.

d_0 distancia mínima de visibilidad de parada; m.

p diferencia algebraica de pendientes; % o decimal.

H altura del ojo del conductor sobre la calzada; m. actualmente $H= 1.14$ m.

h altura del objeto; m. en la actualidad se considera $h= 0.15$ m.

La longitud mínima de las curvas verticales en columpio está en función de la visibilidad de parada y se vincula con la condición de la visibilidad nocturna, se calcula en dos condiciones:

- a) La distancia de visibilidad es mayor a la longitud de la curva, $d_0 > L$, por lo tanto la longitud mínima será:

$$L = 2 d_0 - \frac{H + d_0 \tan \alpha}{\rho}$$

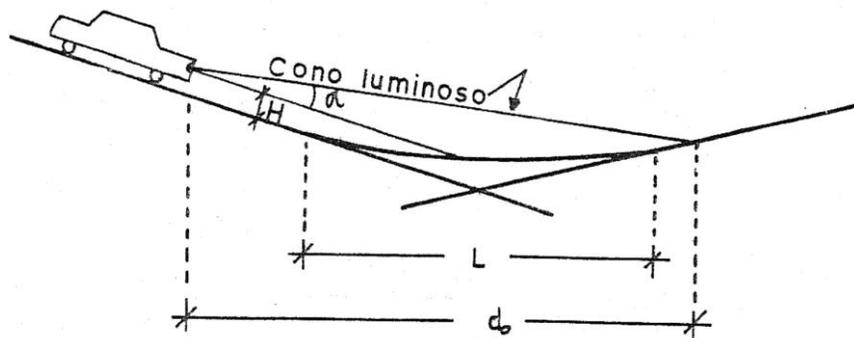


Figura 2.9. Curva vertical en columpio.
Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

- b) La distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva, $d_0 < L$, la longitud mínima quedará expresada de la siguiente manera:

$$L = \rho \frac{\rho d_0^2}{200(H + d_0 + \tan \alpha)^2}$$

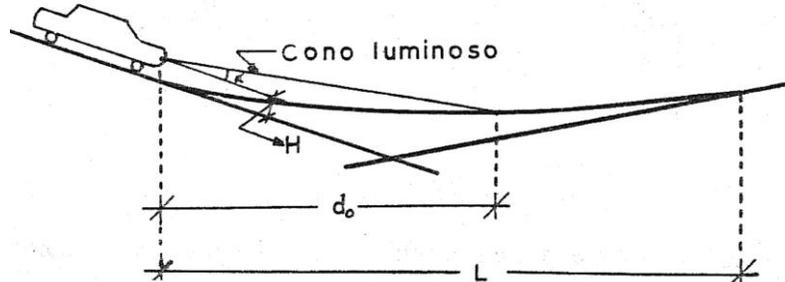


Figura 2.10. Curva vertical en columpio.
Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

Donde:

H: altura del centro de los faros sobre la calzada, actualmente se considera 0.60 m.

α : Ángulo máximo de los rayos del cono luminosos del faro del vehículo. Suele usarse 1° .

Existe diferentes métodos para trazar las curvas verticales, una manera simple de proyectarlas es la siguiente: teniendo presente que las curvas verticales son parábolas, calculadas con la expresión $Y = K \cdot X^2$ y la constante K puede calcularse:

$K = \frac{\rho}{10L}$. Conociéndose como método del cuadrado de estación.

Donde:

Y: ordenada de la curva vertical, considerada con relación a la tangente de la curva en la estación correspondiente. Estas ordenadas se restan de las cotas de las tangentes si la curva es una cima y se suman si la curva es un columpio.

ρ diferencia algebraica de pendientes.

L longitud de la curva vertical en estaciones de 20 m.

X número de orden que le corresponde a la estación para la cual se calcula la ordenada Y.

2. Pendiente en un punto cualquiera de la curva. Se iniciará con la propiedad de la variación de la parábola a lo largo de esta respecto a su longitud.

$$P = P1 - \frac{A\mathcal{L}}{L}$$

Donde:

P, P1 y A: se encuentran expresados en porciento y \mathcal{L} y L en metros.

3. Pendiente de la curda en un punto cualquiera (P'). la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

$$P' = P1 - \frac{A t}{2L}$$

4. Desviación respecto a la tangente. Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y de la llamada t.

$$t = \frac{A}{200L} t^2$$

5. Externa (E). Distancia entre PIV y la curva.

$$E = \frac{AL}{800}$$

6. Flecha. Distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV.

$$f = P2 \frac{L}{200} - E - \rho = \frac{P2L}{200} - \frac{AL}{800} - \rho$$

$$f = \frac{AL}{800}$$

Se observa que $f=E$

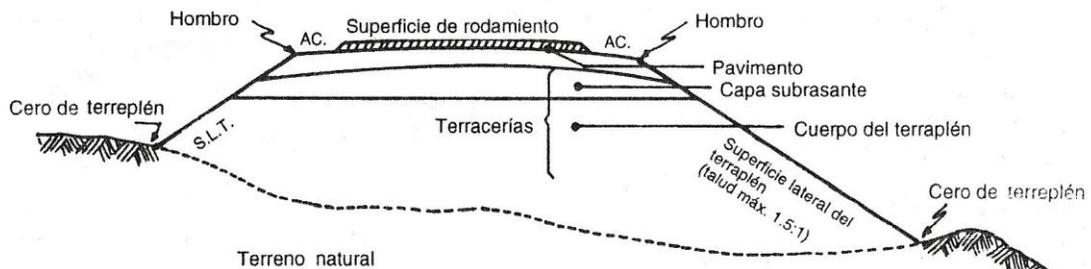
7. Elevación de un punto cualquiera de la curva Z_n .

$$Z_n = Z_{n-1} + \frac{P1}{5} - \frac{A}{10N} (2n - 1)$$

2.6.6. La sección transversal.

La sección transversal de un camino es un corte vertical normal al centro de línea del alineamiento horizontal, es integrada por un grupo de elementos tales como: la corona, la sub-corona, cunetas y contra-cunetas, taludes y partes complementarias

Existen tres secciones transversales típicas de las vías viarias: en terraplén en cajón, y en balcón o mixtas. Ilustradas en la página siguiente.



*Figura.2.11. Sección transversal en terraplén.
Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.*

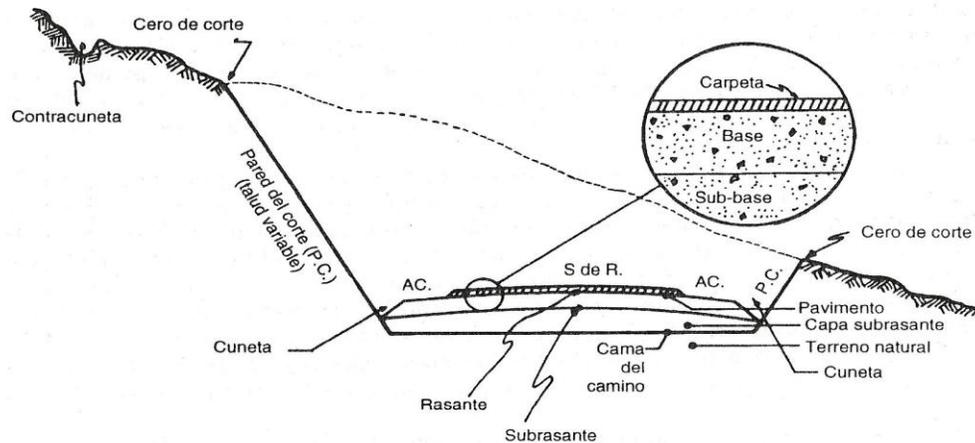


Figura.2.12. Sección transversal en corte.
Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

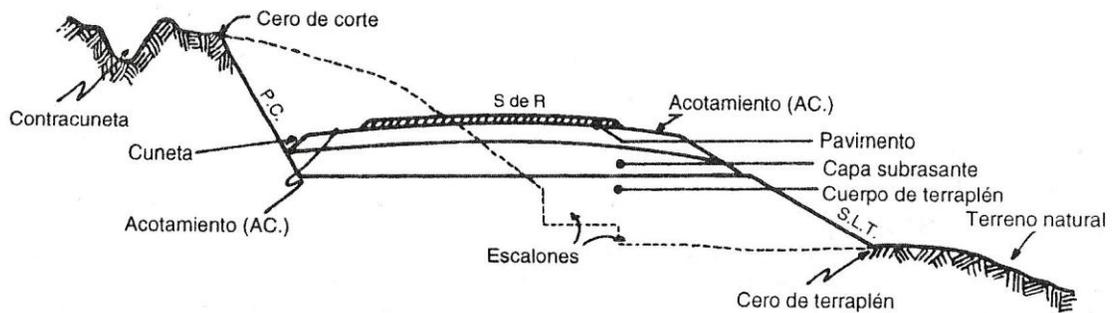


Figura.2.13. Sección transversal en mixta (balcón).

Fuente. Vías de comunicación, Crespo, 1996.

a) **Sub-corona.** Es el área de superficie sobre la cual se apoyan las capas del pavimento. La sub-corona se encuentra conformada por diferentes elementos la definen, tales como: el ancho, la subrasante y la pendiente transversal.

- 1) El ancho. Es el ancho de la subcorona y lo comprende desde los puntos de intersección de la sub-corona hasta los taludes, terraplén, corte o cuneta.

- 2) **Sub-rasante.** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.
 - 3) **Pendiente transversal.** En tangentes horizontales, es el bombeo que se realiza en la corona hacia ambos lados con la finalidad de desalojar el agua de lluvia; y varía de acuerdo al tipo de camino entre 2 a 3 %.
- b) **Corona.** Es la superficie de camino en condiciones terminada y se encuentra definida entre los extremos del camino o las aristas superiores de los taludes del terraplén o de cunetas. La corona esta a su vez definida por varios elementos tales como: rasante, pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.
- 1) La rasante. Es la línea que se obtiene al momento de proyectar sobre un plano vertical el eje de la corona del camino.
 - 2) La calzada. Es la zona de plataforma, destinada para una circulación segura y cómoda de los automovilistas. Puede estar constituida por uno o varios carriles adoptados a las condiciones de circulación, con una anchura suficiente para la circulación vial. Los anchos de carriles más usuales son: 2.75 m, 3.05 m, 3.35 m, y 3.65 m, proyectados en dos, cuatro o más carriles. La SCT recomienda la tabla descrita a continuación dependiendo de la topografía y del tipo de camino.
 - 3) Acotamientos (Hombros). Son franjas de camino, ubicadas entre el bordo del camino y el bordo interno de la cuneta o del talud, dependiendo de la sección. En la actualidad los acotamientos varían dependiendo del tipo de camino y de las condiciones económicas, van

desde 1.25 m a 3.05, la SCT, recomienda que los acotamientos estén pavimentados con el riego de impregnación, con el objeto de proteger el camino, brindar seguridad al conductor, dar espacio a los vehículos para estacionarse al tener algún problema.

4) Pendiente transversal. Es la elevación dada a la corona, se pueden presentar tres casos: bombeo, sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación.

I. Bombeo. Es la pendiente que se le asigna a la corona hacia ambos lados, con la finalidad de evitar la acumulación del agua de lluvia, y dependiendo del tipo de camino varía el porcentaje de bombeo de 2 a 4%.

II. Sobreelevación. Pendiente que se le otorga a la corona hacia dentro de la curva, además asegura el drenaje y junto con la fricción contrarrestan la fuerza centrífuga de los vehículos de las curvas horizontales.

III. Transición de bombeo a la sobreelevación. Dentro del alineamiento horizontal, al pasar una tangente a otra en curva, es necesario proyectar otra pendiente de la corona, tanto de bombeo como en la sobreelevación de la curva, este cambio es realizado dentro de la longitud de la espiral, con el objeto de modificar las pendientes transversales.

Cuando se pasa del bombeo a la sobreelevación, se manifiestan tres casos, el primero es girar la sección sobre el eje de la corona, el segundo es girar la sección sobre la orilla interior de la

corona y el tercero girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. La SCT manifiesta que el primer procedimiento es el mejor, ya que, requiere menor longitud de transición y los desniveles de los hombros son uniformes.

c) Cunetas y contra-cunetas.

Son obras de drenaje

- Cuneta: son zanjas realizadas sobre el terreno de longitudes en corte, en uno o en los dos lados de la corona, construidas para alojar el agua que es bombeada de la corona y captar la misma de los taludes. Normalmente son de sección triangular con un talud generalizado de 3:1

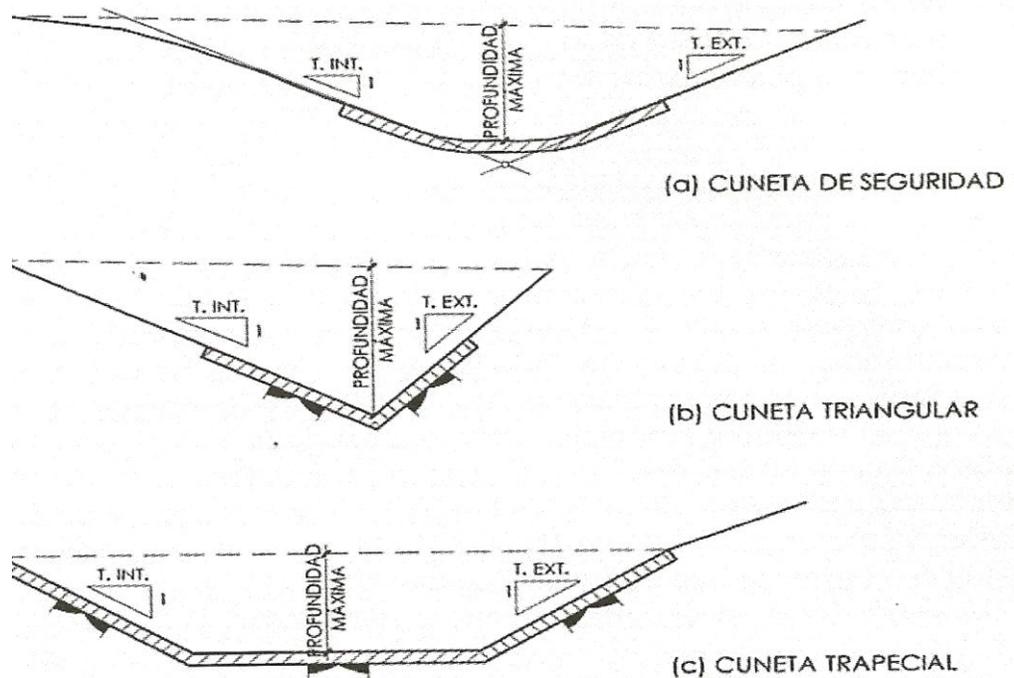


Figura 2.14. Tipos de cunetas.
Fuente. Kraeper, 2003.

- **Contra-cunetas:** usualmente son zanjas de una sección trapezoidal, son construidas para alojar el agua que escurre superficial sobre el terreno natural. Se construyen perpendicularmente a la pendiente máxima del terreno, un aspecto importante es que si las contra -cunetas presentan filtraciones longitudinales pueden llegar a provocar inestabilidad de los taludes (deslizamientos).

d) Taludes.

Es la inclinación que presentan los cortes o terraplenes del suelo, ya sean naturales o inducidos por la mano del hombre.

Los taludes tanto de cortes como de terraplenes son proyectados dependiendo de la altura y del tipo de material del que se encuentran conformados.

e) Partes complementarias.

Su función es mejorar la estética, operación y conservación del camino.

- **Banquetas.** Son franjas de concreto hidráulico destinadas a la circulación peatonal, situadas a una altura mayor a la corona, también son construidos en ambos lados de la corona.
- **Fajas separadoras.** Son aéreas encargadas de dividir los carriles del tránsito.
- **Camellones.** Son franjas con guarniciones ubicadas en ambos lados, y ubicadas a una altura mayor a la calzada.

- Guarniciones y bordillos. Las guarniciones son elementos de concreto hidráulico utilizados para: limitar banquetas y delimitar la orilla del pavimento.

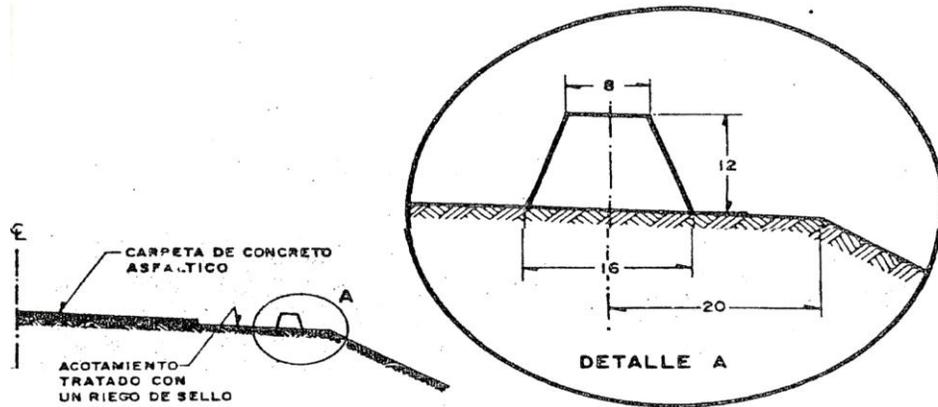


Figura 2.15. Guarniciones y bordillos.

Fuente. MPGC, SCT, 1991.

- Los bordillos son elementos de concreto asfáltico, construidos sobre los hombros de los terraplenes, con el objeto de alojar el agua que escurre sobre la corona, para que le agua no cause deterioros en el talud del terraplén.

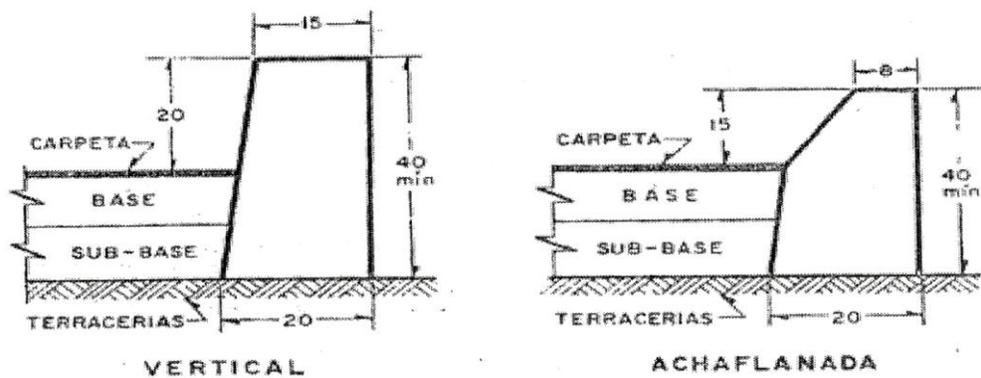


Figura 2.16. Bordillos.

Fuente. MPGC, SCT, 1991.

2.7. La subrasante.

En la mayoría de los casos al construir un camino el movimiento de tierras es principal factor económico dentro de la subrasante.

“La subrasante es relacionada con: combinaciones de las pendientes en tangentes verticales, proyecto de drenaje, geotecnia, nivel de aguas freáticas, zonas de inundación y la altura mínima de los terraplenes.” (Olivera, 2006:39)

Con la subrasante se proyectan los elementos de las secciones transversales (subcorona, bombeos, sobreelevaciones, ampliaciones, cunetas, contra-cuentas, taludes), calculando las diferentes aéreas de corte o terraplén quedando registradas en el dibujo.

Existen diferentes métodos para determinar el área de las secciones de construcción tales como: método analítico, método planimétrico y en la actualidad son utilizados programas de computadora como por ejemplo Civil-Cad.

Una vez conocidas las aéreas de las diferentes secciones del camino, se procede a calcular el volumen de terracerías (corte y terraplén) entre dos secciones consecutivas, multiplicando las aéreas por las distancias que existen entre las secciones; los volúmenes de corete se consideran positivos mientras que los de terraplén se emplean el signo negativo.

Por la diferencia de pesos volumétricos entre el corte y el terraplén es necesario ajustarse a un factor de variación volumétrica, dependiendo del tipo de material con el objeto de proporcionar características de peso semejantes tanto en

corte como en terraplén para poder realizar las sumas o restas correspondientes, según sea el caso.

Posteriormente se obtiene la gráfica de la curva-masa, siendo ésta, la suma de los volúmenes obtenidos de de corte o terraplén.

Una vez obtenida la curva –masa, se deberá calcular los acarreo, son volúmenes de suelo que son removidos de un lugar a otro, la distancia de un acarreo libre es de 20 m, este es pagado dentro de la excavación o corte.

Según la SCT (2000), los costos de acarreo pueden ser de diferentes maneras independientemente si son ejecutados hacia adelante o hacia atrás como: para distancias has de 80 m, se calculan en m^3 -estación; en distancias de 480m, en m^3 -hectómetro y para distancias mayores se calculan en m^3 -kilómetro.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

El texto que a continuación se presenta es un análisis de las condiciones geográficas (Geología, Topografía, Edafología, Hidrología, Clima, Flora y Fauna) y económicas de la región en estudio, sobre el cual se localiza el tramo vial Charapan-San José. Mostrando un panorama sobre su macro y micro localización así como la infraestructura con la que cuenta dicha zona.

3.1. Generalidades.

El nombre de Michoacán proviene de Michámacuan (en castellano: lugar de pescadores). Michoacán se encuentra en la parte oeste de la República Mexicana y se ubica entre los ríos Lerma y Balsas, el lago de Chápala y el Océano Pacífico, con las siguientes coordenadas geográficas: al norte 20°24', al sur 17°55' de latitud norte; al este 100°04', al oeste 103°44' de longitud oeste, cuenta con una superficie territorial de 59 928 km², lo que representa un 3% del territorio Nacional. Sus colindancias son las siguientes; al norte con el estado de Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al este con Querétaro, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.



Figura 3.1. Ubicación del estado de Michoacán.

Fuente:http://www.elclima.com.mx/ubicacion_y_caracteristicas_fisicas_de_michoacan.htm

Michoacán tiene un relieve muy accidentado, por lo que sus climas son muy variados: templado con lluvias todo el año, templado con lluvias en verano, cálido con lluvias en verano y cálido con lluvias escasas durante el año.

La flora del estado es muy variada, presenta bosques mixtos de pino, encino, fresno, oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepemezquite, palma, chirimoya, zapote, aguacate y guanábana entre otros.

El río más importante es el río Lerma, el cual nace en el Estado de México y abastece a la presa de Tepuxtec para regar las tierras del valle de Maravatío y producir energía hidroeléctrica. Le siguen en importancia el río Balsas y el río Cupatitzio, el cual alimenta las caídas de agua de La Tzaráracua. (En Uruapan), además tiene manantiales como Camécuaro, géiser de aguas geotérmicas como el de Ixtlán de los Hervores o los Azufres y ciénegas como la de Zacapu.

El desarrollo de la presente investigación en estudio está comprendido sobre las poblaciones de Charapan - San José del Km 0+000 al Km 8+900 dentro del estado de Michoacán, el camino es una vía importante de comunicación tanto para el traslado de personas como de las diferentes producciones agrícolas que se desarrollan dentro de las mismas. El trabajo presente se encuentra referenciado solamente a la revisión proyecto geométrico del camino.

El municipio de Charapan cuenta con una extensión territorial de 233.16 km². Se localiza en la sección de la meseta tarasca en las coordenadas 19° 34' latitud norte y 102° 18' longitud Oeste, a una altura de 3,360 metros sobre el nivel del mar. (Charapan significa "lugar de tierra colorada".)

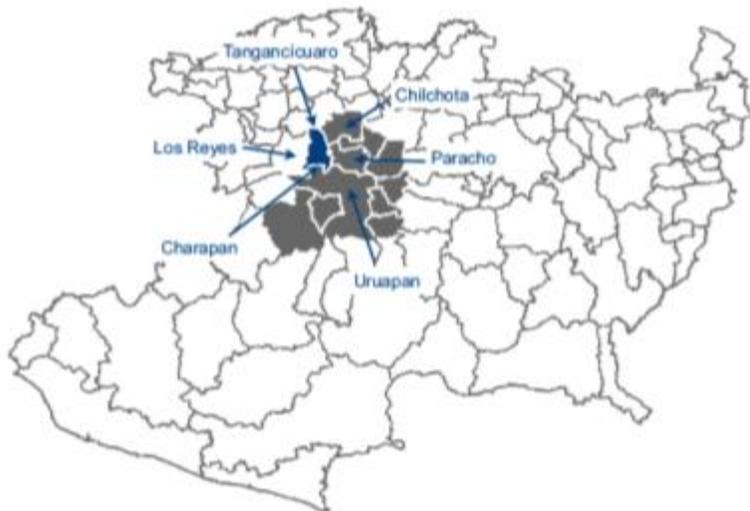


Figura 3.2. Ubicación del municipio de Charapan.

Fuente: SEPLADE (Secretaría de Planeación y Desarrollo Social)

La población se encuentra en la sierra de Charapan, formando parte del sistema montañoso tarasco-náhuatl. Las elevaciones (montañas) que lo rodean son: El Zapiche al suroeste, el Norijuata al oeste y La Alberca al noreste. Entre otras elevaciones menores, todas cubiertas por bosques de Pino Encino y Oyamel, a lo

largo del municipio se extienden valles denominados “tupuri” (arena fina de volcán) también existe el malpaís (tierra infértil) lo que se localizan al noroeste del municipio.

La localidad de San José se encuentra localizada al oeste del estado de Michoacán con longitud de 102°19´30” y una altitud de 19°35´06” a una altura de 2,200 msnm.

Las principales vía de comunicación con la que cuenta dicha localidad es la carretera San José- Zacán, la cual les permite desplazarse a diferentes ciudades tales como Uruapan y Los Reyes de Salgado.

Cuenta con poca extensión de flora y por ende fauna, debido al desplazamiento que ha tenido la misma a causa de la tala inmoderada de arboles con el fin de aprovechar las extensiones territoriales para el cultivo de aguacate, por tal motivo la flora existente que predomina en la localidad es el pino y encino.

La principal fuente de ingresos para los pobladores de San José es el cultivo y la producción de aguacate, maíz y avena.

Debido a que San José es una localidad en pleno desarrollo se carece de información documental.

3.2. Resumen ejecutivo.

Para la elaboración del presente proyecto se realizó una serie de estudios tanto documentales (utilizando varias bibliografías y el Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras editado por la SCT) como de campo, con el objeto de observar de manera directa e indirecta las condiciones actuales del camino en estudio y de esta manera verificar que la geometría desarrollada en el proyecto sea

la establecida por la SCT para satisfacer los lineamientos de seguridad y economía para los automovilistas que diariamente transitan sobre el mismo.

Se realizaron diferentes aforos dentro del tramo carretero durante el día, los cuales permitieron obtener la cantidad de tránsito vehicular que circulan por éste camino y por ende poder establecer las características vehiculares.

Una vez obtenida la información documental y de campo es necesario calcular las proyecciones geométricas de los alineamientos mediante métodos matemáticos apegados a los descritos por la SCT y actualizados por la misma dependencia, con la finalidad de brindar un camino rápido, cómodo y seguro.

3.3. Entorno geográfico.

El camino en estudio Charapan-San José se encuentra localizado principalmente dentro del municipio de Charapan en el estado de Michoacán, al Oeste del estado, las principales vías de comunicación con las se cuentan son la carretera federal 37, que va de Los Reyes – Peribán, así como carreteras municipales que comunican las cuatro tenencias de Charapan que son: Charapan, Ocumicho, Cocucho y San Felipe de los Herreros.

3.3.1. Macro y microlocalización.

El tramo vial en estudio se encuentra referenciado dentro del estado de Michoacán, al oeste del estado, el tramo en estudio abarca del Km 0+000 al Km 8+900 dentro con una altura sobre el nivel del mar de 2,000 m. en la figura 3.4 se puede ubicar la zona en estudio, marcada con un circulo para su mejor apreciación.



Figura. 3.3. Macro localización de la zona en estudio.

Fuente: <http://www.mexico24.org/mapas-mexicanas/Mapa-vial-Michoacan-Carreteras.htm>



Figura. 3.4. Micro localización de la zona en estudio.

Fuente: Enciclopedia Encarta 2007.

3.3.2. La geología de la zona de estudio.

Existen edificios volcánicos con conos sinérgicos, los derrames de material volcánico produjeron valles de aluvión. Las rocas que hay son porosas por lo cual permiten la infiltración y por ende la presencia de cuerpos de agua subterráneas.

3.3.3. Topografía de la zona en estudio.

Su relieve forma parte del Sistema Volcánico Transversal, con los cerros Alberca y Patamban. La altura máxima es de 2360 msnm, mientras que la altura mínima cuenta con sólo 1500 msnm.

Existen valles que se formaron por depósitos de grava, arena y cenizas volcánicas acarreadas por el viento y el sedimento pluvial. Aunque la superficie de estos valles corresponde a un porcentaje bajo en relación al total de la sierra, pero se han desarrollado técnicas para cultivo y producción de aguacate.

3.3.4 Edafología

Los suelos datan de los periodos cenozoico, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal, en menor proporción agrícola, ganadero y hoy en día el cultivo de plantas de aguacate. Suelos originados de materiales sedimentarios del terciario, constituidos por areniscas finas y areniscas arcillosas de matices rojos. Su distribución geográfica corresponde a zonas de colinas bajas ligera a moderadamente. Así como en lomadas de cimas angostas; la inclinación varía de 8 a 40%. Por la naturaleza del paisaje sobre la cual se encuentran, estos suelos presentan buen drenaje y escurrimiento superficial

moderadamente lento a rápido, condición que les imprime un potencial hidro-erosivo significativo. Son suelos profundos, rojo amarillentos; textura moderadamente fina, a fina porosa, permeabilidad moderadamente lenta; consecuentemente tiene una buena capacidad hídrica. Con base en sus características topográficas y edáficas estos suelos pueden adecuarse para cultivos permanentes, y en aquellos suelos afectados por fuertes pendientes su uso debe orientarse fundamentalmente a la producción y aprovechamiento del recurso forestal. Los suelos podzólicos también son aptos para la ganadería.

3.3.5. Hidrografía

Al ser una zona de alta precipitación, se esperaría encontrar bastantes cuerpos de agua superficiales pero por el tipo de materia rocosa, así como el relieve, se encuentra que la importancia radica en que al encontrarse en una zona abrupta estos funcionan como parteaguas dando como resultado que estos escurrimientos produzcan cuerpos de agua subterráneos que se utilizan como pozos o en su defecto se da la utilización de ojos de agua. Es importante señalar que la vegetación funciona como receptora de estos escurrimientos y lo que logra llegar a los valles intermontañosos, ahí se realiza la actividad agrícola. Se cuenta además con una docena de pozos o norias dentro de la misma comunidad.

3.3.6 Clima

Geográficamente constituye una sola área, aunque climáticamente corresponde a la región fría y la región templada, existe un solo clima y este tiene una clasificación de Cw, es decir, templado con lluvias en verano o bien, templado sub-húmedo. Ocasionalmente la época extrema con heladas.

La época de lluvias comienza en los meses de mayo o junio y finalizan en octubre, son lluvias irregulares, se acumulan en los valles cerrados en donde se filtra rápidamente debido a su porosidad, ahí se almacena para luego correr a la periferia de la sierra y luego brotar en altitudes más bajas, en tierras templadas como el caudal río Cupatitzio de Uruapan y los Chorros del Varal en la Los Reyes.

Las temperaturas son las siguientes:Temp. Máxima: 32.5°C Temp. Mínima: 0°C Temp. Media: 17°C - 22.5°C Respecto al clima, éste registra precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año.

3.3.7. Flora y Fauna

La mezcla de pino y encino es lo más frecuente, pero se pueden presentar condiciones puras de pino o de encino. El bosque alcanza una altura de 15 a 40 m y su espaciamiento es variable. Presencia de epífitas escasas o poco abundantes, excepto en las cañadas. Un sotobosque herbáceo, poco arbustivo y a menudo con gramíneas.

El uso de estas comunidades es el forestal y comercial, suministran a la industria una variedad de materias primas de gran importancia económica como son pulpa para papel, celulosa, madera para la elaboración de varios productos, resina

para la fabricación de brea, pinturas y aguarrás, además de proporcionar leña, madera para aserrío, construcción, puntales, postes y además la actividad agrícola.

Su fauna la conforman el conejo, venado, coyote, tejón, zorrillo, armadillo, tlacuache, ardilla y gato montés.

3.3.8. Uso de suelo.

El uso del suelo que predomina es la zona de estudio es el forestal y la agricultura ambos en producciones importantes, no existen sembradíos de riego, la producción de maíz es la más importante seguido por la producción de avena, trigo, aguacate. En el ámbito ganadero se encuentra una producción menor la cual abátese solo a las comunidades vecinas, de aquí se desprende el importante desarrollo que están alcanzando las comunidades de Charapan y San Jose. Enfocándose en la zona de estudio el uso de suelo predominante es la agricultura sobre la cual se desprende la producción de maíz, avena y actualmente el aguacate que ha venido con un crecimiento importante en la última década.

3.4. Reporte fotográfico.

Dentro del presente apartado se podrá observar mediante las fotografías el estado actual del camino, los tipos de vehículos que transitan sobre el mismo, el tipo de vegetación existente en la zona de estudio y el tipo de agricultura que se desarrolla en la misma.

3.4.1. Estado actual del camino.

Es crítica la situación actual del camino Charapan – San Jose, encontrándose en malas condiciones para la circulación vial, debido a la falta de infraestructura adecuada el camino presenta problemas de erosión que por consecuencia provoca problemas de tránsito ya que no existe el ancho adecuado de la superficie de rodamiento, el problema se empeora en épocas de lluvia, aunado a esto, el camino no cuenta con obras de drenaje y mucho menos con proyecciones geométricas adecuadas como especifica la SCT. En las imágenes siguientes se puede observar la carencia del camino en estudio.



Fotografía. 3.1. Estado actual del camino.

Fuente: propia.



Fotografía. 3.2. Estado actual del camino.

Fuente: propia.



Fotografía. 3.3. Cubierta vegetal.

Fuente: propia.



Fotografía. 3.4. Cubierta vegetal.

Fuente: propia.



Fotografía.3.5. uso de suelo.

Fuente: propia.



Fotografía.3.6. uso de suelo.

Fuente: propia.



Fotografía. 3.7. Geometría de curvas.

Fuente: propia.



Fotografía. 3.8. Tipo de vehículo.

Fuente: propia.

En las fotografías 3.1 y 3.2, se puede apreciar el estado físico del camino existente y visualizar que la superficie de rodamiento no es la óptima así como la falta de obras de drenaje lo que implica que el agua de lluvias provoque socavación y por consecuencia el desgaste mayor del camino, por lo que los vehículos que circulan el tramo Charapan – San José, se demoran mucho en transitar dicha vía, esto implica un mayor desgaste sobre los vehículos además de sentir una sensación de inseguridad y fatiga al ser transitada.

La cubierta vegetal existente en la zona de estudio es predominante los bosques de pino, encino, tejocote y otras especies. Como se puede apreciar en las fotografías 3.3 y 3.4.

En las fotografías 3.5 y 3.6, se puede observar las diferentes zonas de cultivo donde predominan el cultivo de avena y maíz. Siendo éstas las que fortalecen el sector económico de la zona.

Uno de los problemas principales es la mala geometría con la que cuenta el camino, debido a que presenta grados de curvatura muy grandes lo que implica la presencia de curvas cerradas y por consiguiente suelen ser peligrosas. Como se puede observar en la fotografía 3.7.

En la fotografía 3.8 se puede visualizar algunos vehículos que transitan la vía, siendo utilizada tanto para el transporte privado como para las labores de trabajo.

Haciendo énfasis en la situación actual del camino en estudio se pudo observar que el camino se encuentra en malas condiciones y, sobre todo, en el sentido geométrico y problemas en las obras de drenaje ya que no cuenta con ningún tipo de cunetas u obras naturales de drenaje.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abundarán los temas relacionados con la metodología utilizada en ésta investigación.

4.1. Método empleado.

Método proviene del griego meta, hacia, y odos, camino, por lo tanto, etimológicamente significa camino hacia (vía para llegar a una meta), por lo anterior un método es una serie de pasos ordenados seguidos para lograra un fin común o un resultado deseado.

En la presente investigación se utilizó el método científico con un enfoque cuantitativo y haciendo un hincapié en el método matemático – analítico, todo pensamiento deductivo lleva de lo general a lo particular, definidos a continuación.

Método y metodología son dos conceptos diferentes. El método es el procedimiento para lograr los objetivos. Metodología es el estudio del método. Por lo anterior ni la metodología ni el método son recetas que se debe seguir, son procedimientos que permiten reflexionar sobre los seres humanos y el entorno que rodea.

4.1.1. Método científico.

“El método científico es un procedimiento que busca formular preguntas o problemas sobre la realidad y los seres humanos, con base en la observación de la

realidad y las teorías existentes, para anticipar soluciones, formular hipótesis a los diferentes problemas”. (Bravo; 2006:25).

De acuerdo con Tamayo (2000), el método científico es un conjunto de pasos que deben seguirse para descubrir la condiciones de algunos sucesos en lugares específicos, se caracteriza por ser tentativo verificable, lógico y de observación empírica, además de tomar en cuenta una interpretación subjetiva, dando lugar a un método objetivo y de credibilidad.

Es indispensable recalcar que el hecho de aplicar el método científico no es necesario encontrar leyes o verdades, lo importante es determinar el procedimiento para realizar la demostración del suceso u acontecimiento.

El método científico conjuga la inducción y la deducción por lo que es necesario conocer las siguientes cinco etapas:

1. Percepción de una dificultad: es donde el individuo encuentra algún problema que le preocupe.
2. Identificación y definición de la dificultad: es donde el individuo observa para definir la dificultad del problema.
3. Solución propuesta para el problema: es donde el individuo busca las posibilidades de solución para los problemas mediante previos estudios de los hechos.
4. Deducción de las consecuencias de las hipótesis: es donde el individuo llega a la conclusión de que si su hipótesis es verdadera, le seguirán ciertas consecuencias.

5. Verificación de la hipótesis: mediante acción: aquí el individuo prueba cada hipótesis buscando hechos ya observados que pruebe que dicha consecuencia sea verdadera para así hallar la solución más confiable.

4.1.2. Método matemático.

Se adentra en el estudio y generalización del aspecto cuantitativo, los rasgos generales y la estructura de los objetos y procesos.

En otras palabras se encuentra relacionado con todo lo que incide en cantidad dentro del procedimiento, variedad de hipótesis, alternativas de comprobaciones tomadas en cuenta para afirmar o negar algún fin deseado.

4.1.3. Método analítico.

Se parte del todo para posteriormente separar las partes o elementos de un fenómeno y su posterior análisis para ver la relación entre estas. El análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo, con la finalidad de conocer el fenómeno además es seguido de varias etapas tales como: la observación, descripción, descomposición de fenómeno, enumeración de sus partes, ordenación y clasificación.

4.2. Enfoque de la investigación.

El enfoque que se presenta en esta investigación es de carácter cuantitativo, orientada a la recolección de datos numéricos para su posterior análisis, generalizando resultados, teniendo un control más adecuado de los fenómenos y el punto de vista de los resultados.

Este enfoque utilizado, permite el uso de técnicas que sirven para contar, medir, (enfocarse a números) usando formulas existentes fundamentadas en esquemas deductivos y lógicos, con el objeto de de verificar y obtener datos precisos, sólidos como los utilizados en las llamadas ciencias exactas.

Los datos que se producen en la presente tesis y que se requieren interpretar son confiables (se pueden contar y medir).

4.2.1. Alcance de la investigación.

Hernández y Cols. (2006), menciona la existencia de cuatro tipos de alcances en la investigación tales como:

1. Exploratorios. La investigación es realizada para problemas que han sido poco estudiados y que sobre dichos temas se han tenido varias dudas.
2. Descriptivos. Permite especificar propiedades, recolección de información, rasgos físicos o fisiológicos de los grupos o personas, poblaciones, censos, etc. En otras palabras es el análisis de cualquier fenómeno, para su posterior descripción.

3. Correlacional. Su objetivo es relacionar el comportamiento entre dos o más conceptos.
4. Explicativa. Pretende establecer las causas de los fenómenos en estudio.

Por lo descrito con anterioridad se establece que la presente investigación tiene un alcance descriptivo. Ya que el punto de partida fue un proyecto realizado, donde el presente trabajo de tesis consistió en investigar las diferentes normativas geométricas establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con la finalidad de verificar si el proyecto cumple con las normas establecidas, para posteriormente describirlas y concluir las.

4.3 Diseño de la investigación

“Un diseño de investigación es una estrategia que se desarrolla para la obtención de información requerida en una investigación”. (Hernández y Cols, 2006:158)

Siguiendo con Hernández y Cols. (2006), manifiesta la clasificación de la investigación, el cual adopta la clasificación como experimental y no experimental. La primera se subdivide en pre-experimentos, experimentos y cuasi-experimentos. La investigación no experimental se divide en diseños transversales y diseños longitudinales.

Para la presente investigación le corresponde el tipo de diseño no experimental y según Hernández y Cols. (2006) es clasificada por su dimensión temporal o un número de momentos o puntos en el tiempo, donde se recopilan los datos en un solo momento.

Para este caso se adoptará el diseño transversal.

4.3.1 Investigación transversal.

Los diseños transversales se subdivide en: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales.

El objetivo de la investigación transversal es recolectar datos en un solo momento y tiempo único, para describir la manifestación de una o más variables, además de brindar una visión a las poblaciones sobre un contexto, una situación o un fenómeno ocurrido.

4.4 Recopilación de datos.

La recolección de datos implica la medición de variables o conceptos mediante diferentes instrumentos o técnicas, las cuales deben cumplir con varios requisitos como la confiabilidad, validez y objetividad. Los instrumentos a utilizarse para la recolección pueden ser de varios tipos tales como: la observación, el análisis del contenido, cuestionarios y las escalas de actitudes, todos estos instrumentos arrojan respuestas que posteriormente se deberán codificar.

Para la recolección de datos de la presente investigación fue realizada mediante una observación cuantitativa, investigación documental y de campo la cual establece Hernández y Cols. (2006), como un registro sistemático, confiable y valido, para poder incluir cuestionarios al mismo tiempo, pruebas y la recopilación de contenidos en análisis estadísticos.

De acuerdo con Sampieri (2006) los pasos para desarrollar el sistema de observación son los siguientes:

- Definir los elementos que se pretenden observar.
- La extracción de una muestra del evento a observar.
- Definir las unidades de observación.
- Establecer las diferentes categorías de la observación.

Dentro de las investigaciones cualitativas los datos pueden ser obtenidos mediante entrevistas, contextos y observaciones por mencionar algunos.

4.5. Descripción del procedimiento de investigación.

El presente trabajo de investigación fue desarrollado primeramente con la obtención del proyecto geométrico del camino Charapan-San José en el estado de Michoacán, comprendido del Km 0+000 al Km 8+098, posteriormente se realizó una visita de campo con la finalidad de poder visualizar de manera directa las características físicas existente del camino en estudio, donde se pudo observar las condiciones actuales del camino tales como la carencia de obras de drenaje, la pésima superficie de rodamiento, la vegetación existente, el uso consuntivo de suelo, el tipo de tránsito vehicular y la geometría existente del camino.

Después se procedió con la investigación documental con la finalidad de analizar las condiciones y características de la región en estudio tales como la geología de la zona, hidrología, actividades de las poblaciones beneficiadas y los aforos realizados.

Dentro de la investigación documental, también se consultaron varias bibliografías con la finalidad obtener las bases técnicas y comparar la información existente sobre las geometrías, pero siempre apegándose a la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ya que es la máxima autoridad en materia de carreteras en México.

Una vez obtenida la información necesaria y teniendo presente la normatividad establecida por la SCT se procedió a revisar los datos sobre el diseño geométrico del tramo carretero Charapan-San José, esto fue elaborado mediante el apoyo de programas de computación tales como el Civilcad, Excel y Word.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo del presente capítulo se desarrollará mediante los cálculos de curvas horizontales y sus elementos correspondientes que la integran y posteriormente las curvas verticales del tramo en estudio. Una vez concluidos los cálculos se procederá a comprobarlos con los existentes del proyecto, para verificar las diferencias o similitudes entre ambas. Después se desarrollará un análisis donde se mencionará las proyecciones geométricas son las adecuadas o no.

VOLUMEN HORARIO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR

CARRETERA: CHARAPAN - SAN JOSÉ
 TRAMO: CHARAPAN - SAN JOSÉ
 DEL KM: 0+000.000
 AL KM: 8+098.000
 ORIGEN: KM. 9+235.000 E.C.(URUAPAN-LOS REYES)-CHARAPAN

FECHA: 11, 12 Y 13 DE octubre DE 2010.
 SENTIDO : AMBOS SENTIDOS
 PUNTO DE AFORO: KM 1+500.00

FECHA	HORA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTALES	
		AP	B2	C2	C3	T2-S2	T3-S2	T3-S2-R4		
D I A S	6:00 - 7:00	4					4		8	
	7:00 - 8:00	2				2			4	
	8:00 - 9:00	3		1		2			6	
	9:00 - 10:00	5				2			5	
	10:00 - 11:00	5		2					7	
	11:00 - 12:00	3				1			3	
	12:00 - 13:00	2				2			3	
	13:00 - 14:00	2				2			4	
	14:00 - 15:00	2				2			4	
	15:00 - 16:00	1		1					2	
	16:00 - 17:00	6		1					7	
	17:00 - 18:00	2				3			5	
	TOTALES		37		5		16			58
	PORCENTAJE		63.79%		8.62%		27.59%			100.00%

FECHA	HORA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTALES	
		AP	B2	C2	C3	T2-S2	T3-S2	T3-S2-R4		
D I A S	6:00 - 7:00	1					1		2	
	7:00 - 8:00	4				2			6	
	8:00 - 9:00	2		1		1			4	
	9:00 - 10:00	2		2		1			5	
	10:00 - 11:00	3		1		2			6	
	11:00 - 12:00	2				1			3	
	12:00 - 13:00	1				1			2	
	13:00 - 14:00	3		1					4	
	14:00 - 15:00	4				2			6	
	15:00 - 16:00	7		1		1			9	
	16:00 - 17:00	6		1		2			9	
	17:00 - 18:00	3				1			4	
	TOTALES		38		8		14			60
	PORCENTAJE		63.33%		13.33%		23.33%			100.00%

FECHA	HORA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTALES	
		AP	B2	C2	C3	T2-S2	T3-S2	T3-S2-R4		
D I A S	6:00 - 7:00	1					2		3	
	7:00 - 8:00	7				1			8	
	8:00 - 9:00	6		1		1			8	
	9:00 - 10:00	4		2		2			8	
	10:00 - 11:00	2				2			2	
	11:00 - 12:00	2		1		1			4	
	12:00 - 13:00	3		1		1			5	
	13:00 - 14:00	5							5	
	14:00 - 15:00	6		1					7	
	15:00 - 16:00	6				1			7	
	16:00 - 17:00	4		2		1			7	
	17:00 - 18:00	4				1			5	
	TOTALES		50		8		11			69
	PORCENTAJE		72.46%		11.59%		15.94%			100.00%

RESUMEN DE AFORO DE VARIACIÓN HORARIA TRES DÍAS

CARRETERA: CHARAPAN - SAN JOSÉ
TRAMO: CHARAPAN - SAN JOSÉ

DEL KM: 0+000.000
PUNTO DE AFORO: KM 1+500.00

VOLUMENES DE TRÁNSITO

SENTIDO (1 Y 2) :	187
TOTAL AFORADO	187

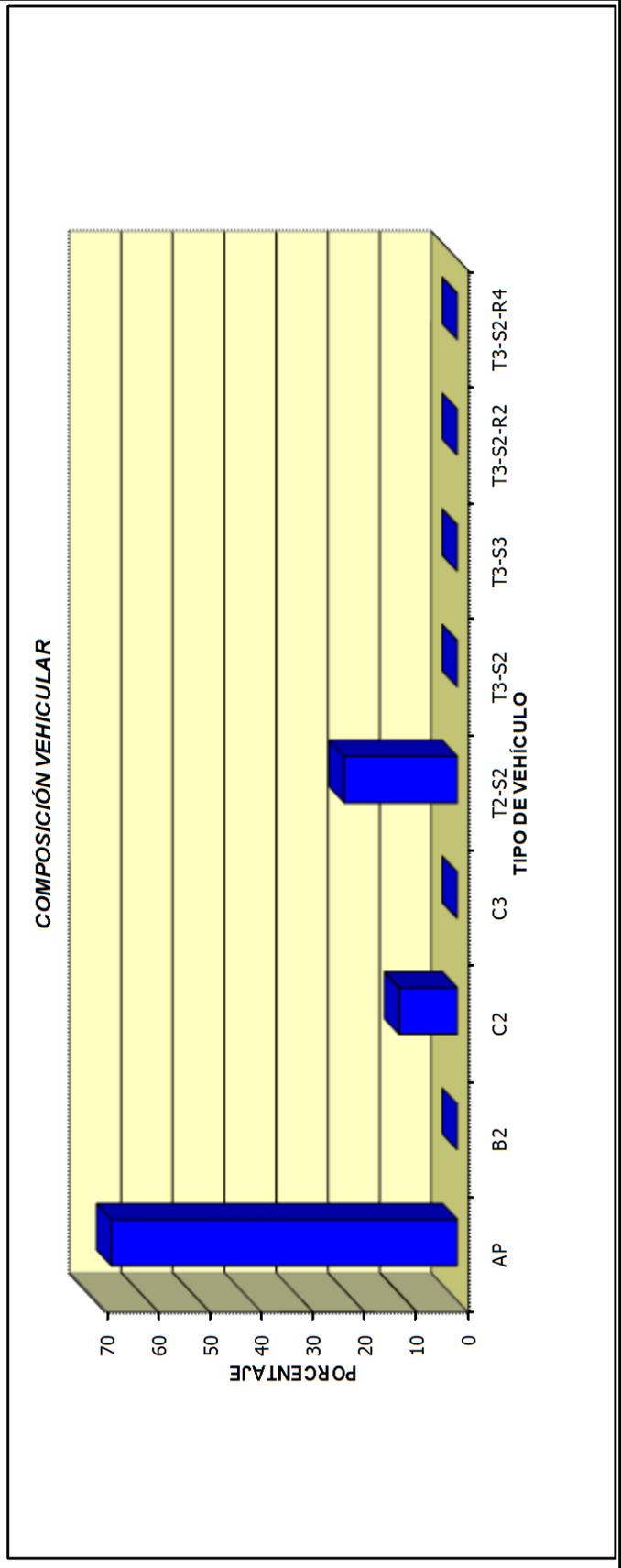
PROMEDIO PARA DOCE HORAS	62
PROMEDIO DIARIO	125

TRÁNSITO DIARIO	CHARAPAN - SAN JOSÉ	CHARAPAN - SAN JOSÉ	TOTAL
LUNES			58
MARTES			60
MIÉRCOLES			69
JUEVES			
VIERNES			
SABADO			
DOMINGO			
TOTAL			187

VOLUMEN POR DÍA	T I P O								VOL. TOTAL POR DÍA	
	AP	B 2	C 2	C 3	T 2-S2	T 3-S2	T 3-S3	T 3-S2-R2		T 3-S2-R4
LUNES	37									58
MARTES	38	5			16					60
MIÉRCOLES	50	8			14					69
JUEVES		8			11					
VIERNES										
SABADO										
DOMINGO										
VOLUMEN POR TRES DÍAS	125		21		41					187
PORCENTAJE (%)	66.84		11.23		21.93					100.00

COMPOSICIÓN DEL FLUJO DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN TRÁNSITO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA EN ESTUDIO.

	T I P O											TOTALES
	AP	B 2	C 2	C 3	T 2-S 2	T 3-S 2	T 3-S 3	T 3-S 2-R 2	T 3-S 2-R 4			
VOLUMEN POR TRES DÍAS	125		21		41							187
PORCENTAJE (%)	66.84		11.23		21.93							100.00



En base a los resultados obtenidos mediante el aforo vehicular, realizado durante un lapso de tres días se pudo plasmar un registro de los diferentes vehículos que circulan a través del camino, y de esta manera se pudo determinar el tipo de camino existente, siendo un camino tipo D.

CARACTERISTICAS GENERALES ESTABLECIDAS POR LA S.C.T. PARA EL TIPO DE CAMINO EN ESTUDIO (tipo D)			
			UNIDAD
<i>TIPO DE CARRETERA.</i>		D	
<i>TPDA (TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL)</i>		125	Veh./ día.
<i>TIPO DE TERRENO.</i>		LOMERIO.	-
<i>VELOCIDAD DE PROYECTO.</i>		60	Km/h
<i>DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.</i>		75	m
<i>DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.</i>		270	m
<i>GRADO MAXIMO DE CURVATURA.</i>		11	Grados (°)
<i>CURVAS VERTICALES</i>	<i>K</i>	<i>CRESTA</i>	14
		<i>COLUMPIO</i>	15
		<i>LONGITUD MINIMA</i>	40
<i>PENDIENTE GOBERNADORA.</i>		-	%
<i>PENDIENTE MÁXIMA.</i>		9	%
<i>ANCHO DE CALZADA.</i>		7	m
<i>ANCHO DE CORONA.</i>		7	m
<i>ANCHO DE ACOTAMIENTO.</i>		-	m
<i>ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL.</i>		-	m
<i>BOMBEO.</i>		3	%
<i>SOBREELEVACIÓN MAXIMA.</i>		10	%

Una vez establecidos los parámetros generales del tipo de camino, se procedió a proporcionar algunos datos tales como: punto de inflexión, grado de curvatura, dentro de la hoja de cálculo en excel, para su posterior revisión, y de esta manera poder determinar los diferentes elementos que componen a la curva horizontal.

CURVA 2. HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA BOMBEO			
UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)= 40 A 60	40	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60
PUNTO DE INFLEXION (PI)= 0+857.28	Mts.	PUNTO DE INFLEXION (PI)=	0+857.28
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (AI)= 9.34	Grados	ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (AI)=	9.34
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Max)= 30	Grados	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Max)=	11
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)= 1.00	Grados	GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	1.00
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc)= 1145.92	Mts.	RADIO DE CURVATURA (Rc)=	1145.92
SUBTANGENTE (ST)= 93.652	Mts.	SUBTANGENTE (ST)=	93.652
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)= 186.888	Mts.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	186.888
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)= 0+763.63		PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	0+763.63
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PI)= 0+950.52		PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PI)=	0+950.52
EXTERNA (E)= 3.82	Mts.	EXTERNA (E)=	3.82
ORDENADA MEDIA (OM)= 3.81	Mts.	ORDENADA MEDIA (OM)=	3.81
CUERDA LARGA (CL)= 186.60	Mts.	CUERDA LARGA (CL)=	186.60
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	Grados	ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	9.34
CUERDA Φ= 186.60	Mts.	CUERDA Φ=	186.60
LONGITUD DE UN ARCO (θ)= 186.89	Mts.	LONGITUD DE UN ARCO (θ)=	186.89
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)= 186.89	Mts.	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	186.89
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)= 30.00	Cm	AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	30.00
SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Max)= 3.00	%	SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Max)=	3.00
BOMBEO (b)= 2.00	%	BOMBEO (b)=	3.00
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)= 20.00	Mts.	LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	19.00
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACION MÁXIMA			
$N = \frac{BOMBEO \times Lc}{Sc}$	Mts.	$N = \frac{BOMBEO \times Lc}{Sc}$	Mts.
13.33		19.000	
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLT)			
BOMBEO			
PLT-N= 0+740.30	(-2,2)	PLT-N= 0+735.13	BOMBEO
PLT-0.5 Le= 0+753.63	(0,-2)	PLT-0.5 Le= 0+754.13	ESPECIFICACION DE LA SCT
PLT+N= 0+766.97	(+2,2)	PLT+N= 0+773.13	(-3,-3)
Pc= 0+763.63	1.5	Pc= 0+763.63	(0,-3)
			(+0.5 Sc-Max , -0.5 Sc-Max)
			1.5
			-1.5
CALCULANDO EL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (TLT)			
TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	0+773.63	TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	0+773.13
	3		(+ Sc-Max , - Sc-Max)
TLT Salida = PT - 0.5 Le =	0+940.52	TLT Salida = PT - 0.5 Le =	0+941.02
	3		(+ Sc-Max , - Sc-Max)
			3
			-3
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLT)			
PLT = 0+950.52	1.5	PLT = 0+950.52	(+0.5 Sc-Max , -0.5 Sc-Max)
			-1.5
PLT-N= 947.19	(-2,2)	PLT-N= 941.02	(-3,-3)
PLT Salida = PT + 0.5 Le = 960.52	(0,-2)	PLT Salida = PT + 0.5 Le = 960.02	(0,-3)
PLT+N= 973.85	(+2,2)	PLT+N= 979.02	(+3,-3)

CURVA 3 HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA BOMBEO			
UNIDAD		UNIDAD	
VELOCIDAD DE PROYECTO (V) = 40	A	60	Km/hr.
PUNTO DE INFLEXION (PI) = 1+150.71	Mts.	1+150.71	Mts.
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (A) = 30.76	Grados	30.76	Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx) = 30	Grados	11	Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc) = 3.00	Grados	3.00	Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc) = 381.97	Mts.	SEGÚN TABLA MPCC 1991	Mts.
SUBTANGENTE (ST) = 105.073	Mts.		Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc) = 205.073	Mts.		Mts.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC) = 1+045.64	Mts.		Mts.
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT) = 1+250.71	Mts.		Mts.
EXTERNA (E) = 14.19	Mts.		Mts.
ORDENADA MEDIA (M) = 13.68	Mts.		Mts.
CUERDA LARGA (CL) = 202.62	Mts.		Mts.
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA = 30.76	Grados		Grados
CUERDA = 202.62	Mts.		Mts.
LONGITUD DE UN ARCO (L) = 205.07	Mts.		Mts.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc) = 205.07	Mts.		Mts.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac) = 50.00	Cm	no es necesario según MPCC	Cm
SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx) = 3.00	%	SEGÚN EL PROYECTO.	%
BOMBEO (B) = 2.00	%	SEGÚN EL PROYECTO.	%
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le) = 20.00	Mts.	SEGÚN EL PROYECTO.	Mts.
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACION MÁXIMA			
$N = \frac{BOMBEO \times Lc}{Sc}$	Mts.	$N = \frac{BOMBEO \times Lc}{Sc}$	Mts.
CALCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICION DE ENTRADA (PLT)			
BOMBEO			
(-2,2)	PLT-N = 1+022.30	BOMBEO	ESPECIFICACION DE LA SCT (-3,3)
(0,-2)	PLT-0.5 Le = 1+035.64	PLT-N = 1+017.14	(-3,3)
(+2,2)	PLT+N = 1+048.97	PLT-0.5 Le = 1+036.14	(0,-3)
(+0.5 Sc-Máx)	Pc = 1+045.64	PLT+N = 1+055.14	(+3,3)
(-1.5)		Pc = 1+045.64	(+0.5 Sc-Máx)
CALCULO DEL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (TLT)			
(+Sc-Máx)	TLT Salida = Pc - 0.5 Le = 1+055.64	(+Sc-Máx)	(+Sc-Máx)
(-Sc-Máx)		(-Sc-Máx)	(-Sc-Máx)
(+Sc-Máx)	TLT Salida = PT - 0.5 Le = 1+240.71	(+Sc-Máx)	(+Sc-Máx)
(-Sc-Máx)		(-Sc-Máx)	(-Sc-Máx)
CALCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICION DE SALIDA (PLT)			
(+0.5 Sc-Máx)	PT = 1+250.71	(+0.5 Sc-Máx)	(+0.5 Sc-Máx)
(-1.5)		(-1.5)	(-1.5)
(-2,2)	PLT-N = 1247.38	PLT-N = 1241.21	(-3,3)
(0,-2)	PLT Salida = PT + 0.5 Le = 1260.71	PLT Salida = PT + 0.5 Le = 1260.21	(0,-3)
(+2,2)	PLT+N = 1274.04	PLT+N = 1279.21	(+3,3)

No cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

CURVA 5 HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA MÓDULOS			
UNIDAD		UNIDAD	
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	40 A 60 Km/hr.	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/hr.
PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA TANGENTE (PI)=	2+293.32 Mts.	PUNTO DE INFLEXIÓN (PI)=	2+293.32 Mts.
ÁNGULO DE INFLEXIÓN DE LA TANGENTE (A)=	20.20 Grados	ÁNGULO DE INFLEXIÓN DE LA TANGENTE (A)=	20.20 Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	30 Grados	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	11 Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	4.00 Grados	GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	4.00 Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (RC)=	286.48 Mts.	RADIO DE CURVATURA (RC)=	286.48 Mts. SEGÚN TABLA MFQC 1991
SUBTANGENTE (ST)=	71.947 Mts.	SUBTANGENTE (ST)=	71.947 Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	140.977 Mts.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	140.977 Mts.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	2+221.37	PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	2+221.37
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	2+362.35	PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	2+362.35
EXTERNA (E)=	8.90 Mts.	EXTERNA (E)=	8.90 Mts.
ORDENADA MEDIA (M)=	8.63 Mts.	ORDENADA MEDIA (M)=	8.63 Mts.
CUERDA LARGA (CL)=	139.56 Mts.	CUERDA LARGA (CL)=	139.56 Mts.
ÁNGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\theta = \sqrt{(PT - PC)^2 + \frac{E^2}{20}}$	ÁNGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\theta = \sqrt{(PT - PC)^2 + \frac{E^2}{20}}$
CUERDA (C)=	28.20 Grados	CUERDA (C)=	28.20 Grados
LONGITUD DE UN ARCO (L)=	139.56 Mts.	LONGITUD DE UN ARCO (L)=	139.56 Mts.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (L)=	140.98 Mts.	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (L)=	140.98 Mts.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	50.00 Cm	AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	50.00 Cm
SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	4.00 %	SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	3.60 %
BOMBEO (B)=	2.00 %	BOMBEO (B)=	3.00 %
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	20.00 Mts.	LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	19.00 Mts.
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACIÓN MÁXIMA.			
$N = \frac{BOMBEO \times L_e}{Sc}$	10.00 Mts.	$N = \frac{BOMBEO \times L_e}{Sc}$	15.833 Mts.
CÁLCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLI)			
BOMBEO			
PLT+N =	2+201.37 (-2.2)	PLT+N =	2+196.04 (-3.-3)
PLT+0.5 Le =	2+211.37 (0.-2)	PLT+0.5 Le =	2+211.87 (0.-3)
PLT+N =	2+221.37 (+2.2)	PLT+N =	2+221.71 (+3.-3)
Pc =	2+221.37	Pc =	2+221.37
PLT+0.5 Sc-Máx =	2+221.37	PLT+0.5 Sc-Máx =	2+221.37
PLT-0.5 Sc-Máx =	2+221.37	PLT-0.5 Sc-Máx =	2+221.37
TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	2+231.37	TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	2+230.87
TLT Salida = PT - 0.5 Le =	2+362.35	TLT Salida = PT - 0.5 Le =	2+352.85
CÁLCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLS)			
PT =	2+362.35	PT =	2+362.35
PLT+N =	2362.35	PLT+N =	2356.02
PLT+0.5 Le =	2372.35	PLT+0.5 Le =	2371.85
PLT+N =	2382.35	PLT+N =	2387.68

No cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

CURVA 6 HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA AMBOS			
UNIDAD		UNIDAD	
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	40 A 60 Km/Hr.	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/Hr.
PUNTO DE INFLEXION (PI)=	2+640.81 Mts.	PUNTO DE INFLEXION (PI)=	2+640.81 Mts.
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (A)=	23.44 Grados	ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (A)=	23.44 Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	30 Grados	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	11 Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	4.00 Grados	GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	4.00 Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc)=	206.48 Mts.	RADIO DE CURVATURA (Rc)=	206.48 Mts.
SUBTANGENTE (ST)=	59.424 Mts.	SUBTANGENTE (ST)=	59.424 Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	117.185 Mts.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	117.185 Mts.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	2+581.38	PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	2+581.38
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	2+698.57	PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	2+698.57
EXTERNA (E)=	6.10 Mts.	EXTERNA (E)=	6.10 Mts.
ORDENADA MEDIA (M)=	5.97 Mts.	ORDENADA MEDIA (M)=	5.97 Mts.
CUERDA LARGA (CL)=	116.37 Mts.	CUERDA LARGA (CL)=	116.37 Mts.
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	23.44 Grados	ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	23.44 Grados
CUERDA Ø=	116.37 Mts.	CUERDA Ø=	116.37 Mts.
LONGITUD DE UN ARCO Ø=	117.18 Mts.	LONGITUD DE UN ARCO Ø=	117.18 Mts.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	117.18 Mts.	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	117.18 Mts.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	50.00 Cm	AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	50.00 Cm
SOBRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	4.00 %	SOBRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	3.00 %
BOMBEO (b)=	2.00 %	BOMBEO (b)=	3.00 %
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	20.00 Mts.	LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	19.00 Mts.
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACION MÁXIMA			
$N = \frac{BOMBEO \times Le}{Sc}$	10.00 Mts.	$N = \frac{BOMBEO \times Le}{Sc}$	15.033 Mts.
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLI)			
BOMBEO			
PLI-N =	2+561.38 (-2,2)	PLI-N =	2+566.05 (-3,3)
PLI-Entrada = Pc - 0.5 Le =	2+571.38 (0,-2)	PLI-Entrada = Pc - 0.5 Le =	2+571.00 (0,-3)
PLI+N =	2+581.38 (+2,-2)	PLI+N =	2+587.72 (+3,-3)
Pc =	2+581.38	Pc =	2+581.38
CALCULANDO EL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (TLI)			
TLI-Salida = Pc - 0.5 Le =	2+591.38	TLI-Salida = Pc - 0.5 Le =	2+590.88
TLI-Salida = PT - 0.5 Le =	2+688.57	TLI-Salida = PT - 0.5 Le =	2+689.07
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLI)			
PLI =	2+698.57 (+0.5 Sc-Máx , -0.5 Sc-Máx)	PLI =	2+698.57 (+0.5 Sc-Máx , -0.5 Sc-Máx)
PLI-N =	2698.57 (-2,2)	PLI-N =	2692.23 (-3,3)
PLI-Salida = PT + 0.5 Le =	2708.57 (0,-2)	PLI-Salida = PT + 0.5 Le =	2708.07 (0,-3)
PLI+N =	2718.57 (+2,-2)	PLI+N =	2723.90 (+3,-3)

No cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa

El proyecto cumple con normativa

El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa
 El proyecto no cumple con normativa

CURVA 7 HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA AMBOS:			
UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD
VELOCIDAD DE PROYECTO (V) = 40 A 60	Km/hr.	60	Km/hr.
PUNTO DE INFLEXION (PI) = 3+752.94	Mts.	3+752.94	Mts.
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (Δ) = 31.75	Grados	31.75	Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc: Máx) = 30	Grados	11	Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc) = 2.00	Grados	2.00	Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc) = 572.96	Mts.	572.96	Mts. SEGÚN TABLA MPCC 1991
SUBTANGENTE (ST) = 162.943	Mts.	162.943	Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc) = 317.502	Mts.	317.502	Mts.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC) = 3+590.00		3+590.00	
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PI) = 3+907.50		3+907.50	
EXTERNA (E) = 22.72	Mts.	22.72	Mts.
ORDENADA MEDIA (M) = 21.85	Mts.	21.85	Mts.
CUERDA LARGA (CL) = 313.46	Mts.	313.46	Mts.
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA = 31.75	Grados	31.75	Grados
CUERDA Φ = 313.46	Mts.	313.46	Mts.
LONGITUD DE UN ARCO (θ) = 317.50	Mts.	317.50	Mts.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (L) = 317.50	Mts.	317.50	Mts.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac) = 40.00	Cm	40.00	Cm no es necesario según MPCC
SORRELEVACION MÁXIMA (Sc: Máx) = 3.00	%	3.00	% SEGÚN EL PROYECTO.
BOMBEO (B) = 2.00	Mts.	3.00	Mts. SEGÚN TABLA MPCC 1991
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le) = 20.00	Mts.	19.00	Mts. SEGÚN TABLA MPCC 1991
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACION MÁXIMA			
$N = \frac{BOMBEO \times Lc}{Sc}$	Mts.	13.33	Mts.
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLI)			
BOMBEO			
PLT-N = 3+566.67	(-2.2)	3+566.67	BOMBEO
PLT-0.5 Le = 3+500.00	(0.-2)	3+500.00	ESPECIFICACION DE LAS CT
PLT+N = 3+593.33	(+2.2)	3+593.33	(-3.3)
Pc = 3+590.00	(+0.5 Sc: Máx .-0.5 Sc: MÍN.)	3+590.00	(0.-3)
	-1.5		(+3.3)
CALCULANDO EL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (TLT)			
TLT Salida = Pc - 0.5 Le = 3+600.00	(+ Sc: Máx .- Sc: MÍN.)	3+599.50	(+ Sc: Máx .- Sc: MÍN.)
	-3		-3
TLT Salida = PT - 0.5 Le = 3+897.50	(+ Sc: Máx .- Sc: MÍN.)	3+898.00	(+ Sc: Máx .- Sc: MÍN.)
	-3		-3
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLT)			
PT = 3+907.50	(+0.5 Sc: Máx .-0.5 Sc: MÍN.)	3+907.50	(+0.5 Sc: Máx .-0.5 Sc: MÍN.)
	-1.5		-1.5
PLT-N = 3904.17	(-2.2)	3908.00	(-3.3)
PLT Salida = PT + 0.5 Le = 3917.50	(0.-2)	3917.00	(0.-3)
PLT+N = 3930.83	(+2.2)	3936.00	(+3.3)

CURVA 8 HORIZONTAL SIMPLE.

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA BOMBOS			
UNIDAD		UNIDAD	
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	40 A 60 Km/hr.	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/hr.
PUNTO DE INFLEXION (PI)=	6+224.18 Ms.	PUNTO DE INFLEXION (PI)=	6+224.18 Ms.
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (A)=	17.35 Grados	ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (A)=	17.35 Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc Máx)=	30 Grados	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc Máx)=	11 Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	1.00 Grados	GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	1.00 Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc)=	1145.92 Ms.	RADIO DE CURVATURA (Rc)=	1145.92 Ms.
SUBTANGENTE (ST)=	174.819 Ms.	SUBTANGENTE (ST)=	174.819 Ms.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	345.961 Ms.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	345.961 Ms.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	6+049.36	PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	6+049.36
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	6+396.32	PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PT)=	6+396.32
EXTERNA (E)=	13.26 Ms.	EXTERNA (E)=	13.26 Ms.
ORDENADA MEDIA (M)=	13.11 Ms.	ORDENADA MEDIA (M)=	13.11 Ms.
CUERDA LARGA (CL)=	345.64 Ms.	CUERDA LARGA (CL)=	345.64 Ms.
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\theta = (\frac{PT - PC}{Rc}) * \frac{G}{20}$	ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\theta = (\frac{PT - PC}{Rc}) * \frac{G}{20}$
CUERDA (C)=	345.64 Ms.	CUERDA (C)=	345.64 Ms.
LONGITUD DE UN ARCO (L)=	346.96 Ms.	LONGITUD DE UN ARCO (L)=	346.96 Ms.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	346.96 Ms.	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	346.96 Ms.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	30.00 Cm	AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	30.00 Cm
SOBRELEVACION MÁXIMA (Sc Máx)=	3.00 %	SOBRELEVACION MÁXIMA (Sc Máx)=	3.00 %
BOMBEO (B)=	2.00 %	BOMBEO (B)=	3.00 %
LONGITUD DE LA ESPIRAL MINIMA (Le)=	20.00 Ms.	LONGITUD DE LA ESPIRAL MINIMA (Le)=	19.00 Ms.
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBRELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBRELEVACION MÁXIMA	$N = \frac{BOMBEO * Lc}{Sc}$	DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBRELEVACION MÁXIMA	$N = \frac{BOMBEO * Lc}{Sc}$
13.33 Ms.		19.000 Ms.	
CÁLCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLI)			
BOMBEO	(-2,2)	BOMBEO	ESPECIFICACION DE LASCT (-3,-3)
PLI-N =	6+026.03	PLI-N =	6+020.86
PLI-Entrada = Pc-0.5Le =	6+039.36	PLI-Entrada = Pc-0.5Le =	6+039.86
PLI+N =	6+052.70	PLI+N =	6+050.86
Pc =	6+049.36	Pc =	6+049.36
(+0.5 Sc Máx , -0.5 Sc Máx , -1.5		(+0.5 Sc Máx , -0.5 Sc Máx , -1.5	
CÁLCULO DEL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (PLI)			
(+ Sc Máx , - Sc Máx , -3		(+ Sc Máx , - Sc Máx , -3	
TLI Salida = Pc-0.5Le =	6+059.36	TLI Salida = Pc-0.5Le =	6+050.86
(+ Sc Máx , - Sc Máx , -3		(+ Sc Máx , - Sc Máx , -3	
TLI Salida = PT-0.5Le =	6+396.32	TLI Salida = PT-0.5Le =	6+396.82
CÁLCULO DEL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLI)			
(-0.5 Sc Máx , -0.5 Sc Máx , -1.5		(-0.5 Sc Máx , -0.5 Sc Máx , -1.5	
PT =	6+396.32	PT =	6+396.32
PLI-N =	6392.99	PLI-N =	6396.82
PLI-Salida = PT+0.5Le =	6406.32	PLI-Salida = PT+0.5Le =	6405.82
PLI+N =	6419.66	PLI+N =	6424.82

CURVA 9 HORIZONTAL SIMPLE

PROYECTO GEOMÉTRICO ORIGINAL		REVISIÓN	
DATOS GENERALES PARA AMBOS:			
UNIDAD		UNIDAD	
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	40 A 60 Km/hr.	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/hr.
PUNTO DE INFLEXION (PI)=	6+851.33 Ms.	PUNTO DE INFLEXION (PI)=	6+851.33 Ms.
ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (α)=	78.15 Grados	ANGULO DE INFLEXION DE LA TANGENTE (α)=	78.15 Grados
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	30 Grados	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA (Gc-Máx)=	11 Grados
GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	8.00 Grados	GRADO DE CURVATURA PROPUESTO (Gc)=	8.00 Grados
CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA 1			
RADIO DE CURVATURA (Rc)=	143.24 Ms. SEGUN TABLA MPCC 1991	RADIO DE CURVATURA (Rc)=	143.24 Ms. SEGUN TABLA MPCC 1991
SUBTANGENTE (ST)=	116.295 Ms.	SUBTANGENTE (ST)=	116.295 Ms.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	195.364 Ms.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	195.364 Ms.
PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	6+735.03 Ms.	PRINCIPIO DE LA CURVA (PC)=	6+735.03 Ms.
PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PI)=	6+930.40 Ms.	PUNTO DE INICIO DE LA TANGENTE (PI)=	6+930.40 Ms.
EXTERNA (E)=	41.27 Ms.	EXTERNA (E)=	41.27 Ms.
ORDENADA MEDIA (M)=	32.04 Ms.	ORDENADA MEDIA (M)=	32.04 Ms.
CUERDA LARGA (CL)=	189.57 Ms.	CUERDA LARGA (CL)=	189.57 Ms.
ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\beta = (\frac{PT - PC}{Lc}) * \frac{G}{20}$	ANGULO DE UNA CUERDA CUALQUIERA=	$\beta = (\frac{PT - PC}{Lc}) * \frac{G}{20}$
CUERDA Ø=	78.15 Ms.	CUERDA Ø=	78.15 Ms.
LONGITUD DE UN ARCO (Ø)=	189.36 Ms.	LONGITUD DE UN ARCO (Ø)=	189.36 Ms.
LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	195.36 Ms.	LONGITUD DE LA CURVA CIRCULAR (Lc)=	195.36 Ms.
AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	80.00 Cm	AMPLIACION DE LA CURVA (Ac)=	80.00 Cm
SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	8.00 %	SORRELEVACION MÁXIMA (Sc-Máx)=	7.30 %
BOMBEO (b)=	2.00 %	BOMBEO (b)=	3.00 %
LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	35.00 Ms.	LONGITUD DE LA ESPIRAL MÍNIMA (Le)=	35.00 Ms.
ZONA DE TRANSICIÓN DEL BOMBEO A LA SOBREELEVACIÓN.			
DISTANCIA DEL PUNTO DONDE TERMINA EL BOMBEO AL PUNTO DE LA SOBREELEVACION MÁXIMA			
$N = \frac{BOMBEO * Lc}{Sc}$	8.75 Ms.	$N = \frac{BOMBEO * Lc}{Sc}$	14.384 Ms.
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE ENTRADA (PLT)			
BOMBEO	(-2.2)	BOMBEO	(-3.3)
PLT-M=	6+706.78	PLT-M=	6+703.15
PLT-Entada = Pc - 0.5 Le =	6+717.53 (0,-2)	PLT-Entada = Pc - 0.5 Le =	6+717.53 (0,-3)
PLT+N =	6+726.28 (+2,2)	PLT+N =	6+731.92 (+3,3)
Pc=	6+735.03	Pc=	6+735.03
CALCULANDO EL PUNTO DE LA TANGENTE DE LONGITUD DE ENTRADA Y SALIDA (TLT)			
TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	6+752.53 (+Sc-Máx)	TLT Salida = Pc - 0.5 Le =	6+752.53 (+Sc-Máx)
TLT =	8	TLT =	7.3
TLT Salida = PT - 0.5 Le =	6+912.90 (+Sc-Máx)	TLT Salida = PT - 0.5 Le =	6+912.90 (+Sc-Máx)
CALCULANDO EL PUNTO DE LONGITUD DE TRANSICIÓN DE SALIDA (PLT)			
PLT =	6+930.40	PLT =	6+930.40
PLT-M =	6939.15 (-2,2)	PLT-M =	6933.51 (-3,3)
PLT-Salida = PT + 0.5 Le =	6947.90 (0,-2)	PLT-Salida = PT + 0.5 Le =	6947.90 (0,-3)
PLT+N =	6956.65 (+2,2)	PLT+N =	6962.28 (+3,3)

CURVAS VERTICALES.

CURVA VERTICAL NÚMERO 1.													
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL	REVISIÓN.												
DATOS GENERALES.	CURVA VERTICAL												
TIPO DE CARRETERA: D TIPO DE CURVA: CRESTA NÚMERO DE CURVA: 1 PENDIENTE GOBERNADORA: 2 % PENDIENTE MÁXIMA: 10 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.	TIPO DE CAMINO: D TIPO DE CURVA: 1 CRESTA CURVA NÚMERO: 1 PENDIENTE GOBERNADORA: 6 % PENDIENTE MÁXIMA: 9 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.												
UNIDADES VELOCIDAD DE PROYECTO (V)= 60 Km/h PENDIENTE DE ENTRADA (P1)= 2.3543 % PENDIENTE DE SALIDA (P2)= 0.0669 % DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)= 2.2874 % PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)= 0+207.22 Mts. ELEVACION (ELEV)= 104.47 Mts. PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)= 0+222.22 Mts. ELEVACION (ELEV)= 104.87 Mts. PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)= 0+237.22 Mts. ELEVACION (ELEV)= 104.84 Mts.	UNIDADES EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN DATOS DE LA CURVA. (V)= 60 Km/h (P1)= 2.3543 % (P2)= 0.0669 % (A)= 2.2874 % (PIV)= 0+222.22 Mts. (ELEV DEL PIV)= 104.87 Mts.												
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)= NO SE ESTABLECE. DISTANCIA DE PARADA (dp 0 d0)= NO SE ESTABLECE. LONGITUD MINIMA (Lmin)= NO SE ESTABLECE.	CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 d0)= 75 Mts. LONGITUD= 30.00 Mts.												
	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0+207.22</td> <td style="text-align: center;">104.517</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0+237.22</td> <td style="text-align: center;">104.860</td> </tr> </table>	$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+207.22	104.517	$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+237.22	104.860
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN											
	0+207.22	104.517											
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN											
	0+237.22	104.860											

CURVA VERTICAL NÚMERO 2		REVISIÓN.							
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL							
DATOS GENERALES.									
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO.								
NÚMERO DE CURVA:	2								
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%							
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%							
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.							
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	2	COLUMPIO	CORRECTO						
CURVA NÚMERO:	2		INCORRECTO						
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%	CORRECTO						
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%	INCORRECTO						
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.	CORRECTO						
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN									
DATOS DE LA CURVA.									
(V)=	60	Km/h							
(P1)=	0.0669	%							
(P2)=	3.293	%							
(A)=	3.2261	%	2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA						
(PN)=	0+456.90								
(ELEV DEL PN)=	194.98	Mts.							
CÁLCULOS.									
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991									
(dp 0 40)=	75	Mts.							
LONGITUD=	50.00	Mts.							
<table border="1"> <tr> <td>$PLV = PIV - \frac{LE}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0+431.90</td> <td>194.997</td> </tr> </table>				$PLV = PIV - \frac{LE}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+431.90	194.997
$PLV = PIV - \frac{LE}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	0+431.90	194.997							
<table border="1"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{LE}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0+481.90</td> <td>195.803</td> </tr> </table>				$PTV = PIV + \frac{LE}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+481.90	195.803
$PTV = PIV + \frac{LE}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	0+481.90	195.803							
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.								
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 40)=	NO SE ESTABLECE.								
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.								
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h							
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	0.0669	%							
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	3.293	%							
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	3.2261	%							
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	0+431.90								
ELEVACION (ELEV)=	104.97	Mts.							
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PNV)=	0+456.90								
ELEVACION (ELEV)=	194.98	Mts.							
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	0+481.86								
ELEVACION (ELEV)=	105.81	Mts.							

CURVA VERTICAL NÚMERO 3.													
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL	REVISIÓN.												
DATOS GENERALES	CURVA VERTICAL												
TIPO DE CARRETERA: D TIPO DE CURVA: CRESTA NÚMERO DE CURVA: 3 PENDIENTE GOBERNADORA: 2 % PENDIENTE MÁXIMA: 10 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.	TIPO DE CAMINO: D TIPO DE CURVA: 1 CRESTA CURVA NÚMERO: 3 PENDIENTE GOBERNADORA: 6 % PENDIENTE MÁXIMA: 9 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.												
UNIDADES VELOCIDAD DE PROYECTO (V)= Km/h PENDIENTE DE ENTRADA (P1)= % PENDIENTE DE SALIDA (P2)= % DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)= % PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)= Mts. ELEVACIÓN (ELEV)= PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)= Mts. ELEVACION (ELEV)= PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)= Mts. ELEVACION (ELEV)=	UNIDADES Km/h % % % Mts. Mts. Mts.												
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	CORRECTO CORRECTO CORRECTO INCORRECTO INCORRECTO CORRECTO												
DATOS DE LA CURVA.													
(V)= 60 (P1)= 3.293 (P2)= -0.503 (A)= 3.796 (PCV)= 0+560.23 (ELEV DEL PCV)= 108.39 (PIV)= 0+585.23 (ELEV DEL PIV)= 108.26	UNIDADES Km/h % % % Mts. Mts.												
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)= NO SE ESTABLECE DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)= NO SE ESTABLECE LONGITUD MINIMA (Lmin)= NO SE ESTABLECE	CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T., 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 50.00 Mts.												
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0+535.23</td> <td>107.567</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0+585.23</td> <td>108.264</td> </tr> </table>	$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+535.23	107.567	$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		0+585.23	108.264
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN											
	0+535.23	107.567											
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN											
	0+585.23	108.264											

CURVA VERTICAL NÚMERO 4.		REVISIÓN.
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL
DATOS GENERALES.		
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO	
NÚMERO DE CURVA:	4	
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES
TIPO DE CURVA:	2	COLUMPIO
CURVA NÚMERO:	4	
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-0.503	%
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	2.5234	%
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	3.0264	%
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	0+842.18	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	106.97	Mts.
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	0+862.18	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	106.87	Mts.
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	0+882.18	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	107.37	Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.	
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 40)=	NO SE ESTABLECE.	
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.	
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN		
DATOS DE LA CURVA.		
(V)=	60	Km/h
(P1)=	-0.503	%
(P2)=	2.5234	%
(A)=	3.0264	%
(PIV)=	0+862.18	Mts.
(ELEV DEL PIV)=	106.87	Mts.
CÁLCULOS.		
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991		
(dp 0 40)=	75	Mts.
LONGITUD=	40.00	Mts.
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN
	0+842.18	106.971
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN
	0+882.18	107.375

CURVA VERTICAL NÚMERO 5.														
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		REVISIÓN.												
DATOS GENERALES		CURVA VERTICAL												
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES												
TIPO DE CURVA:	CRESTA													
NÚMERO DE CURVA:	5													
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %													
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %													
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.													
TIPO DE CAMINO:	D													
TIPO DE CURVA:	1	UNIDADES												
CURVA NÚMERO:	5	CRESTA												
PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %													
PENDIENTE MÁXIMA:	9 %													
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.													
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h													
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	2.5234 %													
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-1.8488 %													
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	4.3722 %													
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	1+210.11													
ELEVACION (ELEV)=	115.65 Mts.													
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	1+240.11													
ELEVACION (ELEV)=	116.4 Mts.													
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	1+270.11													
ELEVACION (ELEV)=	115.85 Mts.													
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.													
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.													
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.													
<p>EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN</p> <p>DATOS DE LA CURVA.</p> <p>UNIDADES</p> <p>(V)= 60 Km/h</p> <p>(P1)= 2.5234 %</p> <p>(P2)= -1.8488 %</p> <p>(A)= 4.3722 %</p> <p>(PIV)= 1+240.11</p> <p>(ELEV DEL PIV)= 116.40 Mts.</p> <p>2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA</p>														
<p>CÁLCULOS.</p> <p>LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T., 1991</p> <p>(dp 0 do)= 75 Mts.</p> <p>LONGITUD= 60.00 Mts.</p> <table border="1"> <tr> <td>$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1+210.11</td> <td>115.643</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1+270.11</td> <td>115.845</td> </tr> </table>			$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		1+210.11	115.643	$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		1+270.11	115.845
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN												
	1+210.11	115.643												
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN												
	1+270.11	115.845												

CURVA VERTICAL NÚMERO 6.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES.			
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES	
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO		
NÚMERO DE CURVA:	6		
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %		
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %		
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.		
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES	
TIPO DE CURVA:	2	COLUMPIO	CORRECTO
CURVA NÚMERO:	6		CORRECTO
PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %		INCORRECTO
PENDIENTE MÁXIMA:	9 %		INCORRECTO
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.		CORRECTO
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h		
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-1.8488 %		
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-0.2838 %		
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	1.565 %		
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	1+411.67 Mts.		
ELEVACIÓN (ELEV)=	113.23 Mts.		
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	1+421.67 Mts.		
ELEVACION (ELEV)=	113.05 Mts.		
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	1+431.67 Mts.		
ELEVACION (ELEV)=	113.02 Mts.		
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE		
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE		
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE		
<p>EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN</p>			
DATOS DE LA CURVA.			
(V)=	60	Km/h	
(P1)=	-1.8488	%	
(P2)=	-0.2838	%	
(A)=	1.565	%	
(PIV)=	1+421.67		2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA
(ELEV DEL PIV)=	113.05	Mts.	
CÁLCULOS.			
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991			
(dp 0 do)=	75	Mts.	
LONGITUD=	20.00	Mts.	NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	
	1+411.67	113.235	
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	
	1+431.67	113.078	

CURVA VERTICAL NÚMERO 7.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES.			
TIPO DE CARRETERA:	D	TIPO DE CAMINO:	D
TIPO DE CURVA:	CRESTA	TIPO DE CURVA:	1 CRESTA
NÚMERO DE CURVA:	7	CURVA NÚMERO:	7
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %	PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %	PENDIENTE MÁXIMA:	9 %
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.	ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h	EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-0.2838 %		
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-1.8236 %		
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	1.5398 %	DATOS DE LA CURVA.	
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	1+571.06	(V)=	60
ELEVACIÓN (ELEV)=	112.62	(P1)=	-0.2838
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	1+581.06	(P2)=	-1.8236
ELEVACIÓN (ELEV)=	112.6	(A)=	1.5398
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	1+591.06	(PIN)=	1+581.06
ELEVACIÓN (ELEV)=	112.41	(ELEV DEL PIV)=	112.60
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.		
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.		
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.		
		CÁLCULOS.	
		LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991	
		(dp 0 do)=	75 Mts.
		LONGITUD=	20.00 Mts.
			NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
		$PCV = PIV - \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN
			ELEVACIÓN
			1+571.06
			112.572
		$PTV = PIV + \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN
			ELEVACIÓN
			1+591.06
			112.418

CURVA VERTICAL NÚMERO 8.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL	REVISIÓN.
DATOS GENERALES.	CURVA VERTICAL
TIPO DE CARRETERA: D TIPO DE CURVA: COLUMPIO NÚMERO DE CURVA: 8 PENDIENTE GOBERNADORA: 2 % PENDIENTE MÁXIMA: 10 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.	TIPO DE CAMINO: D TIPO DE CURVA: COLUMPIO CURVA NÚMERO: 8 PENDIENTE GOBERNADORA: 6 % PENDIENTE MÁXIMA: 9 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.
UNIDADES VELOCIDAD DE PROYECTO (V)= 60 Km/h PENDIENTE DE ENTRADA (P1)= -1.8236 % PENDIENTE DE SALIDA (P2)= -0.1298 % DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)= 1.6938 % PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)= 1+770.28 Mts. ELEVACION (ELEV)= 109.15 PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)= 1+780.28 Mts. ELEVACION (ELEV)= 108.96 PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)= 1+790.28 Mts. ELEVACION (ELEV)= 108.95	UNIDADES (V)= 60 Km/h (P1)= -1.8236 % (P2)= -0.1298 % (A)= 1.6938 % (PIV)= 1+780.28 Mts. (ELEV DEL PIV)= 108.96 Mts.
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	CORRECTO CORRECTO CORRECTO INCORRECTO INCORRECTO CORRECTO
DATOS DE LA CURVA.	DATOS DE LA CURVA.
CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 20.00 Mts. NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA	CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 20.00 Mts. NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)= NO SE ESTABLECE. DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)= NO SE ESTABLECE. LONGITUD MINIMA (Lmin)= NO SE ESTABLECE.	CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 20.00 Mts. NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
$PCV = PIV - \frac{Le}{2} = 1+770.28$ $PTV = PIV + \frac{Le}{2} = 1+790.28$	$PCV = PIV - \frac{Le}{2} = 1+770.28$ $PTV = PIV + \frac{Le}{2} = 1+790.28$
ESTACION ELEVACION 1+770.28 109.142	ESTACION ELEVACION 1+770.28 109.142
ESTACION ELEVACION 1+790.28 108.973	ESTACION ELEVACION 1+790.28 108.973

CURVA VERTICAL NÚMERO 14.						
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		REVISIÓN.				
DATOS GENERALES.		CURVA VERTICAL				
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES				
TIPO DE CURVA:	CRESTA	CRESTA				
NÚMERO DE CURVA:	14					
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%				
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%				
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.				
TIPO DE CAMINO:	D					
TIPO DE CURVA:	1	UNIDADES				
CURVA NÚMERO:	14	CRESTA				
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%				
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%				
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.				
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h				
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	2.1887	%				
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-1.9857	%				
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	4.1744	%				
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	3+774.71	Mts.				
ELEVACIÓN (ELEV)=	117.09	Mts.				
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PVI)=	3+804.71	Mts.				
ELEVACIÓN (ELEV)=	117.75	Mts.				
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	3+834.71	Mts.				
ELEVACIÓN (ELEV)=	117.15	Mts.				
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.					
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.					
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.					
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN.						
DATOS DE LA CURVA.						
(V)=	60	Km/h				
(P1)=	2.1887	%				
(P2)=	-1.9857	%				
(A)=	4.1744	%				
(PVI)=	3+804.71	Mts.				
(ELEV DEL PVI)=	117.75	Mts.				
CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 60.00 Mts. CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA						
$PTV = PVI - \frac{Le}{2} =$		<table border="1"> <tr> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td>3+774.71</td> <td>117.093</td> </tr> </table>	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	3+774.71	117.093
ESTACIÓN	ELEVACIÓN					
3+774.71	117.093					
$PTV = PVI + \frac{Le}{2} =$		<table border="1"> <tr> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td>3+834.71</td> <td>117.154</td> </tr> </table>	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	3+834.71	117.154
ESTACIÓN	ELEVACIÓN					
3+834.71	117.154					

CURVA VERTICAL NÚMERO 15.									
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL	REVISIÓN.								
DATOS GENERALES.	CURVA VERTICAL								
TIPO DE CARRETERA: D TIPO DE CURVA: COLUMPIO NÚMERO DE CURVA: 15 PENDIENTE GOBERNADORA: 2 % PENDIENTE MÁXIMA: 10 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.	TIPO DE CAMINO: D TIPO DE CURVA: COLUMPIO CURVA NÚMERO: 15 PENDIENTE GOBERNADORA: 6 % PENDIENTE MÁXIMA: 9 % ANCHO DE CALZADA: 7 Mts.								
UNIDADES VELOCIDAD DE PROYECTO (V)= Km/h PENDIENTE DE ENTRADA (P1)= % PENDIENTE DE SALIDA (P2)= % DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)= % PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)= Mts. ELEVACIÓN (ELEV)= PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)= Mts. ELEVACIÓN (ELEV)= PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)= ELEVACIÓN (ELEV)=	UNIDADES Km/h % % % Mts. Mts. Mts.								
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	CORRECTO CORRECTO CORRECTO INCORRECTO INCORRECTO CORRECTO								
DATOS DE LA CURVA. UNIDADES (V)= Km/h (P1)= % (P2)= % (A)= % (PIV)= (ELEV DEL PIV)=	60 -1.9857 0.8486 2.8343 4+320.44 107.51								
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)= DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)= LONGITUD MINIMA (Lmin)=	CÁLCULOS. LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991 (dp 0 do)= 75 Mts. LONGITUD= 40.00 Mts. CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA $PCV = PIV - \frac{Le}{2} =$ <table border="1"> <tr> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td>4+300.44</td> <td>107.907</td> </tr> </table> $PTV = PIV + \frac{Le}{2} =$ <table border="1"> <tr> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td>4+340.44</td> <td>107.680</td> </tr> </table>	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	4+300.44	107.907	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	4+340.44	107.680
ESTACIÓN	ELEVACIÓN								
4+300.44	107.907								
ESTACIÓN	ELEVACIÓN								
4+340.44	107.680								

CURVA VERTICAL NÚMERO 16.		REVISIÓN.							
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL							
DATOS GENERALES.									
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	CRESTA	UNIDADES							
NÚMERO DE CURVA:	16	CRESTA	CORRECTO						
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%	CORRECTO						
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%	INCORRECTO						
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.	CORRECTO						
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	1	CRESTA	CORRECTO						
CURVA NÚMERO:	16		CORRECTO						
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%	INCORRECTO						
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%	INCORRECTO						
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.	CORRECTO						
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MIS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN									
DATOS DE LA CURVA.									
(V)=	60	Km/h							
(P1)=	0.8486	%							
(P2)=	-1.6654	%							
(A)=	2.514	%	2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA						
(PVI)=	4+759.12	Mts.							
(ELEV DEL PVI)=	111.23	Mts.							
CÁLCULOS.									
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991									
(dp 0 do)=	75	Mts.							
LONGITUD=	30.00	Mts.	NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA						
<table border="1"> <tr> <td>$PCV = PVI - \frac{Lp}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4+744.12</td> <td>111.103</td> </tr> </table>				$PCV = PVI - \frac{Lp}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		4+744.12	111.103
$PCV = PVI - \frac{Lp}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	4+744.12	111.103							
<table border="1"> <tr> <td>$PVI = PVI + \frac{Lp}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4+774.12</td> <td>110.980</td> </tr> </table>				$PVI = PVI + \frac{Lp}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		4+774.12	110.980
$PVI = PVI + \frac{Lp}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	4+774.12	110.980							
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE								
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE								
LONGITUD MÍNIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE								
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h							
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	0.8486	%							
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-1.6654	%							
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	2.514	%							
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	4+744.12	Mts.							
ELEVACIÓN (ELEV)=	111.1	Mts.							
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PVI)=	4+759.12	Mts.							
ELEVACION (ELEV)=	111.23	Mts.							
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	4+774.12	Mts.							
ELEVACION (ELEV)=	110.98	Mts.							

CURVA VERTICAL NÚMERO 17.		REVISIÓN.
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL
DATOS GENERALES.		
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO	
NÚMERO DE CURVA:	17	
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES
TIPO DE CURVA:	2	COLUMPIO
CURVA NÚMERO:	17	
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-1.6654	%
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	0.2936	%
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	1.959	%
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	4+963.09	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	107.83	
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	4+978.09	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	107.58	
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	4+993.09	Mts.
ELEVACIÓN (ELEV)=	107.63	
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.	
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.	
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.	
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMETRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN		
DATOS DE LA CURVA.		
(V)=	60	Km/h
(P1)=	-1.6654	%
(P2)=	0.2936	%
(A)=	1.959	%
(PIV)=	4+978.09	Mts.
(ELEV DEL PIV)=	107.58	
CÁLCULOS.		
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991		
(dp 0 do)=	75	Mts.
LONGITUD=	30.00	Mts.
NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA		
$PCV = PIV - \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN
	4+963.09	107.830
$PTV = PIV + \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN
	4+993.09	107.624

CURVA VERTICAL NÚMERO 18.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES.			
TIPO DE CARRETERA:	D	TIPO DE CAMINO:	D
TIPO DE CURVA:	CRESTA	TIPO DE CURVA:	1
NÚMERO DE CURVA:	18	CURVA NÚMERO:	18
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %	PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %	PENDIENTE MÁXIMA:	9 %
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.	ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h	EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	CORRECTO
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	0.2936 %		CORRECTO
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-0.2035 %		CORRECTO
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	0.4971 %		INCORRECTO
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	5+395.00		INCORRECTO
ELEVACIÓN (ELEV)=	108.81		CORRECTO
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	5+400.00		1 NO ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA
ELEVACION (ELEV)=	108.82		
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	5+405.00		
ELEVACION (ELEV)=	108.81		
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE	CÁLCULOS.	
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE	LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991	
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE	(dp 0 do)= 75 Mts.	
		LONGITUD= 10.00 Mts.	NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
		$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN ELEVACIÓN
			5+395.00 108.805
		$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN ELEVACIÓN
			5+405.00 108.810
		NO ERA NECESARIO PROYECTAR ESTA CURVA	

CURVA VERTICAL NÚMERO 19.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES			
TIPO DE CARRETERA:	D	TIPO DE CAMINO:	D
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO	TIPO DE CURVA:	2 COLUMPIO
NÚMERO DE CURVA:	19	CURVA NÚMERO:	19
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %	PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %	PENDIENTE MÁXIMA:	9 %
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.	ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h	EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-0.2035 %		
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	2.3583 %		
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	2.5618 %	DATOS DE LA CURVA.	
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	5+734.92	(V)=	60 Km/h
ELEVACIÓN (ELEV)=	108.04	(P1)=	-0.2035 %
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	5+754.92	(P2)=	2.3583 %
ELEVACIÓN (ELEV)=	107.99	(A)=	2.5618 %
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	5+774.92	(PNV)=	5+754.92
ELEVACIÓN (ELEV)=	108.46	(ELEV DEL PIV)=	107.99 Mts.
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.		
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.		
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.		
		CÁLCULOS.	
		LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T., 1991	
		(dp 0 do)=	75 Mts.
		LONGITUD=	40.00 Mts.
			CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
		$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN
			5+734.92
			ELEVACIÓN
			108.031
		$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN
			5+774.92
			ELEVACIÓN
			108.462

CURVA VERTICAL NÚMERO 20.		REVISIÓN.							
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL							
DATOS GENERALES.									
TIPO DE CARRETERA:	D	TIPO DE CAMINO:	D						
TIPO DE CURVA:	CRESTA	TIPO DE CURVA:	1 CRESTA						
NÚMERO DE CURVA:	20	CURVA NÚMERO:	20						
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %	PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %						
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %	PENDIENTE MÁXIMA:	9 %						
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.	ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.						
UNIDADES		UNIDADES							
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h	VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h						
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	2.3583 %	PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	2.3583 %						
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-0.2435 %	PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-0.2435 %						
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	2.6018 %	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	2.6018 %						
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	6+189.32	PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	6+189.32						
ELEVACIÓN (ELEV)=	118.24 Mts.	ELEVACIÓN (ELEV)=	118.24 Mts.						
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PNV)=	6+204.32	PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PNV)=	6+204.32						
ELEVACIÓN (ELEV)=	118.59 Mts.	ELEVACIÓN (ELEV)=	118.59 Mts.						
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	6+219.32	PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	6+219.32						
ELEVACIÓN (ELEV)=	118.55 Mts.	ELEVACIÓN (ELEV)=	118.55 Mts.						
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.	LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.						
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.	DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	75 Mts.						
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.	LONGITUD MINIMA (Lmin)=	30.00 Mts.						
CÁLCULOS.									
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MIPG S.C.T, 1991									
(dp 0 do)=									
LONGITUD=									
<table border="1"> <tr> <td>$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6+189.32</td> <td>118.236</td> </tr> </table>				$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		6+189.32	118.236
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	6+189.32	118.236							
<table border="1"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6+219.32</td> <td>118.553</td> </tr> </table>				$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		6+219.32	118.553
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	6+219.32	118.553							
NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA									

CURVA VERTICAL NÚMERO 21.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES.			
TIPO DE CARRETERA:	D	TIPO DE CAMINO:	D
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO	TIPO DE CURVA:	COLUMPIO
NÚMERO DE CURVA:	21	CURVA NÚMERO:	21
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %	PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %	PENDIENTE MÁXIMA:	9 %
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.	ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60 Km/h	EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN	
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	-0.2435 %		
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	0.2481 %		
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	0.4916 %	DATOS DE LA CURVA.	
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	6+877.38	(V)=	60
ELEVACIÓN (ELEV)=	116.95	(P1)=	-0.2435
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PIV)=	6+882.38	(P2)=	0.2481
ELEVACIÓN (ELEV)=	116.94	(A)=	0.4916
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	6+887.38	(PNV)=	6+882.38
ELEVACIÓN (ELEV)=	116.95	(ELEV DEL PNV)=	116.94
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE.		
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 do)=	NO SE ESTABLECE.		
LONGITUD MINIMA (Lmin)=	NO SE ESTABLECE.		
		CÁLCULOS.	
		LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991	
		(dp 0 do)=	75 Mts.
		LONGITUD=	10.00 Mts.
			NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
		$PCV = PIV - \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN
			6+877.38
			ELEVACIÓN
			116.952
		$PTV = PIV + \frac{Le}{2} =$	ESTACIÓN
			6+887.38
			ELEVACIÓN
			116.952
		NO FUE NECESARIO LA PROYECCION DE ESTA CURVA	

CURVA VERTICAL NÚMERO 22.		REVISIÓN.							
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL							
DATOS GENERALES.									
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	CRESTA	CRESTA	CORRECTO						
NÚMERO DE CURVA:	22		CORRECTO						
PENDIENTE GOBERNADORA:	2	%	CORRECTO						
PENDIENTE MÁXIMA:	10	%	INCORRECTO						
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.	CORRECTO						
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES							
TIPO DE CURVA:	1	CRESTA	CORRECTO						
CURVA NÚMERO:	22		CORRECTO						
PENDIENTE GOBERNADORA:	6	%	INCORRECTO						
PENDIENTE MÁXIMA:	9	%	INCORRECTO						
ANCHO DE CALZADA:	7	Mts.	CORRECTO						
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MIS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN									
DATOS DE LA CURVA.									
(V)=	60	Km/h							
(P1)=	0.2481	%							
(P2)=	-2.0009	%							
(A)=	2.249	%	2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA						
(PNV)=	7+181.13	Mts.							
(ELEV DEL PNV)=	117.68	Mts.							
CÁLCULOS.									
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991									
(dp 0 d0)=	75	Mts.							
LONGITUD=	30.00	Mts.	NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA						
<table border="1"> <tr> <td>$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7+166.13</td> <td>117.643</td> </tr> </table>				$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		7+166.13	117.643
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	7+166.13	117.643							
<table border="1"> <tr> <td>$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$</td> <td>ESTACIÓN</td> <td>ELEVACIÓN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7+196.13</td> <td>117.380</td> </tr> </table>				$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN		7+196.13	117.380
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN							
	7+196.13	117.380							
LONGITUD DE LA CURVA (Lc)=	NO SE ESTABLECE								
DISTANCIA DE PARADA (dp 0 d0)=	NO SE ESTABLECE								
LONGITUD MÍNIMA (L _{mín})=	NO SE ESTABLECE								
VELOCIDAD DE PROYECTO (V)=	60	Km/h							
PENDIENTE DE ENTRADA (P1)=	0.2481	%							
PENDIENTE DE SALIDA (P2)=	-2.0009	%							
DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES (A)=	2.249	%							
PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL (PCV)=	7+166.13	Mts.							
ELEVACIÓN (ELEV)=	117.64	Mts.							
PUNTO DE INFLEXION VERTICAL (PNV)=	7+181.13	Mts.							
ELEVACION (ELEV)=	117.68	Mts.							
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA VERTICAL (PTV)=	7+196.13	Mts.							
ELEVACION (ELEV)=	117.38	Mts.							

CURVA VERTICAL NÚMERO 23.		REVISIÓN.	
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO REAL		CURVA VERTICAL	
DATOS GENERALES.			
TIPO DE CARRETERA:	D	UNIDADES	
TIPO DE CURVA:	COLUMPIO		
NÚMERO DE CURVA:	23		
PENDIENTE GOBERNADORA:	2 %		
PENDIENTE MÁXIMA:	10 %		
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.		
TIPO DE CAMINO:	D	UNIDADES	
TIPO DE CURVA:	2	COLUMPIO	CORRECTO
CURVA NÚMERO:	23		CORRECTO
PENDIENTE GOBERNADORA:	6 %		INCORRECTO
PENDIENTE MÁXIMA:	9 %		INCORRECTO
ANCHO DE CALZADA:	7 Mts.		CORRECTO
EN BASE AL MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE LA SCT, 1991, ESTABLECE QUE LA LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES TENGA UN NÚMERO PAR DE ESTACIONES DE 20 MTS Y QUE EL PCV COINCIDA EXACTAMENTE EN UNA ESTACIÓN			
DATOS DE LA CURVA.			
(V)=	60	Km/h	
(P1)=	-2.0009	%	
(P2)=	-0.7736	%	
(A)=	1.2273	%	2 ES NECESARIO PROYECTAR LA CURVA
(ELEV DEL PV)=	7+942.85	Mts.	
	102.44	Mts.	
	7+952.86	Mts.	
	117.38	Mts.	
CÁLCULOS.			
LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA FUE OBTENIDA DE LAS TABLAS ESTABLECIDAS POR MPG S.C.T, 1991			
(dp 0 40)=	75	Mts.	
LONGITUD=	20.00	Mts.	NO CUMPLE CON LA LONGITUD MÍNIMA
$PCV = PIV - \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	
	7+932.85	102.640	
$PTV = PIV + \frac{Lc}{2} =$	ESTACIÓN	ELEVACIÓN	
	7+952.85	102.517	

En base a los resultados obtenidos por los cálculos realizados, se puede apreciar que el proyecto no cumple completamente con las especificaciones establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En lo que respecta al alineamiento horizontal, en algunas curvas no cumplen con el grado máximo de curvatura. Además de que algunas de estas curvas no requieren el sobre-ancho debido a que cuentan con un grado de curvatura adecuado, sin embargo, tomando el criterio de seguridad, dentro del proyecto el sobree ancho se estableció, independientemente del grado de curvatura proporciona a los automovilistas una sensación de seguridad mediante las ampliaciones en las curvas horizontales.

Otro punto importante que se visualizó en los cálculos fue que la distancia de transición del proyecto no cumple con lo establecido en las normas.

Dentro del alineamiento vertical, algunas curvas no son necesarias, sin embargo, dentro del proyecto se encuentran proyectadas, también se logró apreciar que la pendiente gobernadora del proyecto no se encuentra establecida para ningún tipo de camino, por lo que esta pendiente gobernadora no es la correcta.

La pendiente máxima establecida en el alineamiento vertical del proyecto no es la adecuada para el tipo de camino en estudio. Un aspecto relevante en las curvas verticales, fue que algunas de las curvas verticales no cumplen con la longitud mínima establecida por las normas de la SCT, por lo que deberá ser necesario establecer la distancia mínima en éstas.

Cabe destacarse que se realizo el estudio antes mencionado del Km 0+000 al Km 8+098 del tramo carretero Charapan-San José en su totalidad, sin embargo, para fines prácticos y por espacio en esta tesis, solo se presenta en los anexos los primeros 3 Km del perfil longitudinal, dentro del alineamiento vertical.

CONCLUSIONES.

En toda propuesta vial, la seguridad al tránsito es una condición de vital importancia, ya que el objetivo general en el diseño de una vialidad es lograr que el conductor circule cómodamente.

En la presente investigación desarrollada bajo el nombre de “Revisión del proyecto geométrico Charapan San José del Km 0+000 al Km 8+900” tiene como objetivo verificar que la geometría cumpla con las especificaciones establecidas por la S.C.T dependiendo del tipo de camino establecido, esto con el propósito de que el tramo ofrezca una seguridad vial al usuario.

En lo que respecta a la proyección geométrica, el proyecto no cumple con algunas de las especificaciones establecidas por la SCT, lo cual se refiere a una mala proyección vial y por ende inseguridad sobre los usuarios lo que manifiesta que el proyecto geométrico no es el adecuado. La revisión tubo como resultados manifestar, que dentro de las curvas horizontales las sobreelevaciones fueron sobrepasadas, la longitud de espiral fueron mayores a las establecidas por la SCT y las ampliaciones en algunas curvas horizontales no eran necesarias. Dentro de las curvas verticales, la mayoría de estas no cumplen con la longitud mínima y por ende el PCV y el PTV no se encuentran establecidos correctamente en los cadenamientos y por consecuencia las elevaciones no son las adecuadas, además que estos puntos no se encuentran establecidos en estaciones cerradas como las normativas lo manifiestan. Otro punto importante es que algunas curvas verticales no era necesaria su proyección debido a que la normativa establece que cuando la diferencia algebraica de pendientes sea menor a 0.5 no son necesarias las curvas verticales.

Por otra parte, las pendientes máximas y gobernadora no son las correctas para el tipo de camino que se estudio, cabe aclarar que estas pendientes establecidas en el proyecto no se encontraron en la tabla editada por la SCT para el tipo de camino en estudio, por lo que se manifiesta el incumplimiento ético que se tubo al elaborar el proyecto ya que algunos valores parecieran ser inventados.

Las interrogantes planteadas al inicio de la presente investigación fueron respondidas durante el desarrollo de la misma, manifestándose las respuestas siguientes:

Los beneficios obtenidos con la revisión de proyecto geométrico, es manifestar de manera concreta que los cálculos realizados en el proyecto no fueron los adecuados por lo que es conveniente manera realizar una alternativa geométrica, con el afán de poder mejorar la vialidad.

Un buen diseño geométrico se manifiesta con la seguridad que presentan los usuarios al transitar el camino además de que la conducción no resulte ser una fatiga y presentar mayor confiabilidad.

El hecho de tener presente las especificaciones establecidas por la SCT brindan aportaciones importantes en la proyección geométrica, ya que en algunos casos permiten un ahorro económico importante, además de realizar una vía segura, confortable y de apariencia agradable, así como también la proyección de curvas simples mediante tangentes mas largar con grados de curvaturas pequeños para no ser curvas peligrosas.

Durante el desarrollo de la presente investigación se reafirmó la importancia que desempeñan los diferentes elementos comprendidos en el proyecto vial, desde la elección de la ruta más viable, sin olvidar los diferentes puntos obligados por donde el camino deberá pasar. Además de involucrar los diferentes estudios tales como geológicos, topográficos, hidrológicos, usos de tierras, de economía, con el objeto de trazar la mejor línea del camino.

Otro conocimiento importante fue la normativa que rigen dentro del diseño geométrico y entender mejor la importancia que tienen las curvas horizontales y verticales para una mejor seguridad.

BIBLIOGRAFÍA.

Crespo Villalaz, Carlos (2005)

Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos.

Editorial Limusa, 3ª Edición, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols (2005)

Metodología de la investigación

Editorial McGraw-Hill, México.

Juárez Badillo, Eulalio (1998)

Mecánica de suelos.

Editorial Limusa, México.

Kraemer, Carlos (2003)

Ingeniería de caminos

Editorial McGraw-Hill, España.

Mier S. José Alfonso (1987)

Introducción a la Ingeniería de caminos

UMNSH. México.

Montes de Oca Miguel (1996)

Topografía.

Editorial Alfaomega, México.

Olivera Bustamante, Fernando (2006)

Estructuración de vías terrestres.

Editorial Continental 2ª edición, México.

Paquette J. Radnor (1993)

Ingeniería de carreteras

Editorial Limusa 5ª edición, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1991)

Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras

México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El proceso de la investigación Científica

Editorial Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

http://www.michoacan.gob.mx/municipios/88medio_fisico.htm

http://www.michoacannel.net/maps/mexico_maps_michoacan_roads_carreteras_sct.jpg

http://www.construaprende.com/lab/5/prac_1.html

http://www.elclima.com.mx/ubicacion_y_caracteristicas_fisicas_de_michoacan.htm

http://mapserver.ineqi.gob.mx/geografia/espanol/estados/mich/ubic_geo.cfm?c=442&e=16&CFID=1732088&CFTOKEN=30690808

<http://www.mexico24.org/mapas-mexicanas/Mapa-vial-Michoacan-Carreteras.htm>

ANEXO A.

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0 30	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 00	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 30	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2 00	577.86	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2 30	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3 00	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3 30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4 00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
4 30	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5 00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5 30	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6 00	180.98	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6 30	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7 00	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7 30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
8 00	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8 30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9 00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9 30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10 00	114.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.8	24	90	9.1	44			
11 00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12 00	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13 00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14 00	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15 00	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16 00	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17 00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18 00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19 00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20 00	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22 00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24 00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26 00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28 00	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30 00	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32 00	35.81	130	5.3	13												
34 00	33.70	130	5.7	14												
36 00	31.83	140	6.0	14												
38 00	30.16	150	6.3	15												
40 00	28.65	150	6.7	16												
42 00	27.28	160	7.0	17												
44 00	26.04	160	7.3	18												
46 00	24.91	170	7.7	18												
48 00	23.87	180	8.0	19												
50 00	22.92	180	8.3	20												
52 00	22.04	190	8.7	21												
54 00	21.22	190	9.0	22												
56 00	20.46	200	9.3	22												
58 00	19.76	200	9.7	23												
60 00	19.10	210	10.0	24												

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.
 En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten librerías en curva horizontal.

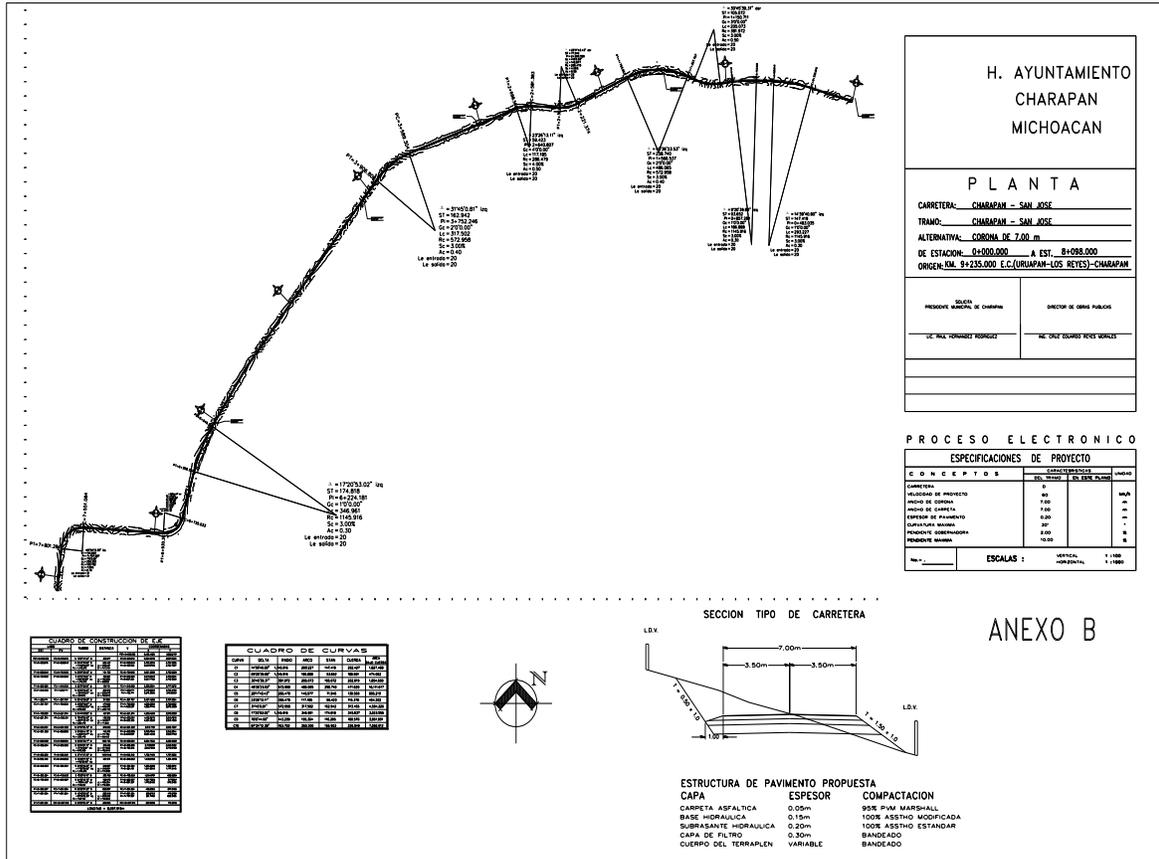
Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición mixta, en metros.

Nota.- Para grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

TABLA 004-5 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO E y D

ANEXO B



ANEXO B

ANEXO C.

