



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA
RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES

***“Intersecciones viales. Caso de estudio: carretera
Morelia – Pátzcuaro Km. 15+000”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA
DE LAS VÍAS TERRESTRES

Presenta:
Ing. José Tonantzin Briseño Baez.

Director de Tesis:
Dr. Jaime Saavedra Rosales

Morelia, Michoacán. Octubre de 2015.

Contenido

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	7
1.1 BASES DEL DISEÑO DE INTERSECCIONES.	9
1.2 ORGANISMOS E INSTITUCIONES.	12
¹ Red panamericana de autopistas.....	14
² Densidad vial (km de caminos por cada 100 km ² de superficie terrestre	16
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	17
2.1 INTRODUCCIÓN.	18
2.2 GENERALIDADES.	20
2.3 JUSTIFICACIÓN DEL DESARROLLO DEL TEMA.	22
2.3.1 Situación internacional.	23
2.3.2 Situación nacional.	23
2.3.3 Distribución de los accidentes y muertes in situ en México.	25
2.4 MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO SCT. INTERSECCIONES.	26
2.4.1 Definiciones y clasificación.	26
2.4.2 Maniobras de los vehículos en las intersecciones.	32
2.4.3 Áreas de maniobra.	35
2.4.4 Elementos para el proyecto de una intersección.	40
2.4.5 Entronques a nivel.	55
2.4.6 Entronques a desnivel.	67
2.4.7 Pasos.	72
2.5 SEÑALAMIENTO VIAL.	75
2.5.1 Campo de aplicación.	75
2.5.2 Señalamiento.	76
CAPÍTULO 3 TOPOGRAFÍA PARA ENTRONQUES E INTERSECCIONES	97
3.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.	99
3.1.1 Planimetría.	99
3.2 ALTIMETRÍA O CONTROL VERTICAL.	105
3.2.1 Nivelación diferencial.	108
3.2.2 Nivelación de perfil.	109

3.3 PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA SIMULTÁNEAS.	112
3.3.1 Características de las curvas de nivel.	115
3.4 TOPOGRAFÍA MODERNA.	116
CAPÍTULO 4 CASO DE ESTUDIO	123
4.1 INFORMACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.	124
4.2 ASPECTOS GENERALES DE LAS CIUDADES QUE CONECTA EL TRAMO.	125
4.2.1 Morelia.	125
4.2.2. Pátzcuaro.	127
4.3 MÉTODO.	129
4.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	129
4.5 METODOLOGIA.	135
4.5.1 Procedimiento general para el diseño de una intersección vial.	135
4.5.2 Metodología particular.	138
4.6 PROPUESTA DE MEJORA DE LA INTERSECCIÓN.	140
4.6.1 Ubicación.	140
4.6.2 Memoria descriptiva.	142
4.6.3 Reporte fotográfico.	150
4.6.4 Estudio de Ingeniería de tránsito.	157
4.6.5 Planta topográfica.	167
4.6.6 Planta geométrica.	168
4.6.7 Señalamiento definitivo.	197
ÍNDICE DE FIGURAS.	200
ÍNDICE DE TABLAS.	206
CONCLUSIONES.	207
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.	208
ANEXOS	210

RESUMEN.

El presente documento aborda la metodología para el diseño de entronques carreteros. Los alcances del trabajo aquí presentado son básicamente secciones y perfiles, tanto del terreno natural como de proyecto. Es importante recalcar que lo descrito en esta tesis tiene dos objetivos principales: el objetivo colectivo es sentar un precedente dentro del acervo de la maestría de vías terrestres de la universidad michoacana sobre el diseño geométrico de entronques e intersecciones, ya que a la fecha no se cuenta con un trabajo similar. Por otro lado, el objetivo personal es realizar un documento que me acerque a mí y a los futuros lectores a las actividades que se realizan en la práctica profesional. Cabe destacar que se trata de una tesis enfocada al plano laboral, no tanto de investigación.

En las siguientes páginas encontraremos un marco teórico sólido, se hablará de la topografía como parte integral y fundamental de los proyectos carreteros, y se aplicarán los criterios vigentes a un caso de estudio en particular para llegar a la proposición de mejora de una intersección real. Lo que aquí se cita es descriptivo más no limitativo, este tema aunque ya ha sido bastante estudiado por muchas instituciones, requiere de criterios por parte del proyectista, mismos que solo el estudio y la práctica constante los arrojan, por lo que exhorto a los lectores de este documento a no dejar de actualizarse en la materia para poder contar con mayores herramientas llegar a dominar e innovar este campo.

ABSTRACT.

This paper tackles the methodology for the design of road junctions. The scope of the work presented here are basically sections and profiles, both natural terrain and project. Importantly, as described in this thesis has two main objectives: the collective goal is to set a precedent within the heritage of the master of roads of *Michoacana University* on the geometric design of junctions and intersections, as to date there is no similar work. On the other hand, the personal goal is to make a document that brings me and future readers to the activities carried out in practice. Note that this is a thesis focused on the labor front, not much research.

In the following pages we will find a solid theoretical framework, will discuss the topography as an integral and fundamental part of the highway projects, and the current criteria to a study case in particular will be applied to arrive at the proposition of improved real intersection. So here quoted is descriptive but not limited to, this issue although it has been widely studied by many institutions, requires criteria by the designer, same as only the study and constant practice will throw, so I urge readers of this document be updated in the matter in order to have better tools to master and innovate in this field.

INTRODUCCIÓN.

Los diseños geométricos de carreteras y vías urbanas son un complejo campo de acción para los actuales diseñadores, puesto que demandan tener en cuenta no solo los factores propios matemáticos del diseño, sino también el impacto social y ambiental que el diseño pueda generar mediante la alteración del espacio público. El objeto del diseño es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales proyectadas considerando a su vez el cumplimiento de las normas de diseño vigentes. El uso de herramientas complementarias como programas de cómputo representan una gran ventaja, sin embargo, la recopilación de todos estos aspectos y la información necesaria para desarrollar un diseño integral y viable de vías urbanas y suburbanas le exige al diseñador tomar cada caso de forma particular y no de manera general.

Los diseños geométricos de carreteras generalmente se trabajan en función del radio de la curva. Para hacer un diseño de una intersección vial es necesario tener en cuenta las limitaciones que existen debido al espacio disponible, la visibilidad, el flujo vehicular, etc.

En la actualidad no hay libros de consulta que expliquen estos casos reales. Además de las implicaciones matemáticas que pueda generar un problema de diseño a resolver, los impactos sobre la sociedad pocas veces se tienen en cuenta, hasta hace pocos años se ha intentado invitar el factor humano y ambiental a un diseño ingenieril en el campo de las vías. Esta situación plantea la necesidad de diseñar una infraestructura vial que optimice las exigencias presentadas por la circulación vehicular, teniendo como objetivo principal proporcionar un sistema que brinde eficiencia, y sea a su vez seguro ,económico y que esté acorde a los recursos disponibles.

La forma de producción industrial moderna hace que las ciudades se densifiquen y sea crítica la producción de espacio para el transporte. Así viene la preocupación no sólo con la producción de nuevo espacio para proveer más oferta, sino también la preocupación por la mejor utilización del espacio existente.

En el presente trabajo, se pretende desarrollar el análisis de un entronque a nivel en una carretera federal de México: determinar si su diseño actual cumple o no las condiciones de seguridad y funcionalidad necesarias, analizar la normativa de diseño de intersecciones viales vigente en nuestro país, y de ser necesario, proponer una mejora a dicho entronque, partiendo desde las actividades básicas hasta el uso de programas de cómputo para realizar

la disposición del mismo. Se incluye también una reseña de la topografía, donde se habla entre otras cosas, de cómo ha evolucionado esta actividad a través de los años. No existe proyecto sin topografía, de ahí la necesidad de hacer mención de esta labor de campo en la presente tesis.

En otras palabras, el trabajo de investigación, de recopilación y de campo presentado en este documento, pretende ser el inicio de una especie de guía para todo aquel estudiante o ingeniero que le interese el diseño geométrico de entronques carreteros. Estoy seguro, como autor de esta tesis, que en un futuro vendrán más estudiantes a nivel licenciatura y posgrado que quieran continuar con el tema y sin duda, este será un documento que les será de mucha ayuda.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

La evolución mundial del diseño geométrico de carreteras conlleva a la adaptación de las necesidades crecientes de los usuarios de las mismas en cuanto a la movilidad, seguridad, comodidad e integración ambiental que permita mejores diseños geométricos, teniendo en cuenta **tendencias mundiales**. Dentro del tema de intersecciones, se tiene bastante camino andado a nivel **mundial**, al grado que diversos países cuentan con su normativa propia para el diseño y concepción general de los cruces carreteros.

Alrededor del mundo, el diseño geométrico de las carreteras y sus intersecciones han evolucionado de manera positiva. Los diseños actuales, toman en cuenta factores como el impacto social, ambiental, económico y paisajista, que en años anteriores no se consideraban.

Las intersecciones a nivel son uno de los más críticos y complicados elementos del diseño vial; la eficiencia, seguridad, velocidad, costo de operación y capacidad del sistema vial dependen del diseño de sus intersecciones.

Los criterios de diseño usados para crear los caminos más eficientes se frustran fácilmente cuando ese camino se encuentra con una intersección de tránsito que compite por un mismo espacio limitado. En particular en zonas urbanas y suburbanas, la capacidad de las intersecciones semaforizadas pueden definir efectivamente la capacidad del sistema vial. Si se añade la necesidad de acomodar ciclistas y peatones con variados grados de movilidad, y la de acomodar giros a izquierda y derecha, el desafío enfrentado por los proyectistas se vuelve aún más complicado.

Debido a que el presente documento constituye una tesis de maestría por parte de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, es importante revisar el historial de documentos existentes sobre la temática de intersecciones, **con el objetivo de utilizarlos como apoyo y verificar que el trabajo que se está desarrollando no coincida con algún otro que ya se haya elaborado con anterioridad.**

Dentro del abanico de documentos que posee la biblioteca de la maestría de infraestructura en la rama de las vías terrestres de la U.M.S.N.H., existen temas desarrollados sobre seguridad vial, como el realizado por el M.I. Luis Manuel Pérez Alcalá con su tema **“ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VÍAL EN LA AUTOPISTA PÁTZCUARO – LÁZARO CÁRDENAS; TRAMO: ENT. LAS TROJES-ENT. ZIRIMICUARO; SUBTRAMO: DEL KM 48+000 AL KM 94+000”**, por mencionar alguno, pero desafortunadamente no se han realizado trabajos acerca de entronques o intersecciones específicamente, por lo que esta tesis deberá

contener algunos aspectos básicos sobre intersecciones para que sirva como documento pionero dentro de la maestría y que futuras generaciones que decidan seguir la misma línea de trabajo tengan un documento precursor y no comiencen desde cero.

1.1 BASES DEL DISEÑO DE INTERSECCIONES.

Como se establece en el Libro Verde *-Una política de Diseño Geométrico de Carreteras y Calles, sexta edición, 2011, comúnmente conocida como el "Libro Verde", contiene la investigación del diseño actual y prácticas para el diseño geométrico de calles y carreteras. El documento proporciona a los ingenieros de caminos y diseñadores las normas básicas para el correcto diseño de las redes viales. El "libro verde" forma parte de la bibliografía de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés (AASHTO) que se encarga de normar el diseño global de las vías de comunicación en los Estados Unidos. -, el principal objetivo del diseño de una intersección es:*

...reducir la gravedad de conflictos potenciales entre los vehículos automotores, ómnibus, camiones, bicicletas, y vías, en tanto se facilita la conveniencia de que la gente cruce la intersección con facilidad y comodidad...

El diseño de una intersección puede variar ampliamente en términos de tamaño, forma, número de carriles de viaje y de giro. Básicamente, **hay tres tipos de intersecciones a nivel**, determinados por el número de ramas que se intersectan, topografía, esquemas de tránsito y el tipo de operación deseado. Cada camino que se irradia desde una intersección es llamado **rama**. La mayoría de las intersecciones tiene cuatro ramas, número que por razones de seguridad y operación generalmente se acepta como el máximo recomendado.

Ya sea a nivel o a desnivel, hay tres tipos básicos de intersecciones:

- Intersección T (tres ramas de acceso)
- Intersección de cuatro ramas
- Intersección multirramas (cinco o más ramas de acceso).

Intersección en T



Figura 1.1 Intersección en T. Fuente: http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Intersecci%C3%B3n_en_T

Intersección de cuatro ramas.



Figura 1.2 Intersección de cuatro ramas. Fuente: http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Intersecci%C3%B3n_en_cruz

Intersección Multirramas.

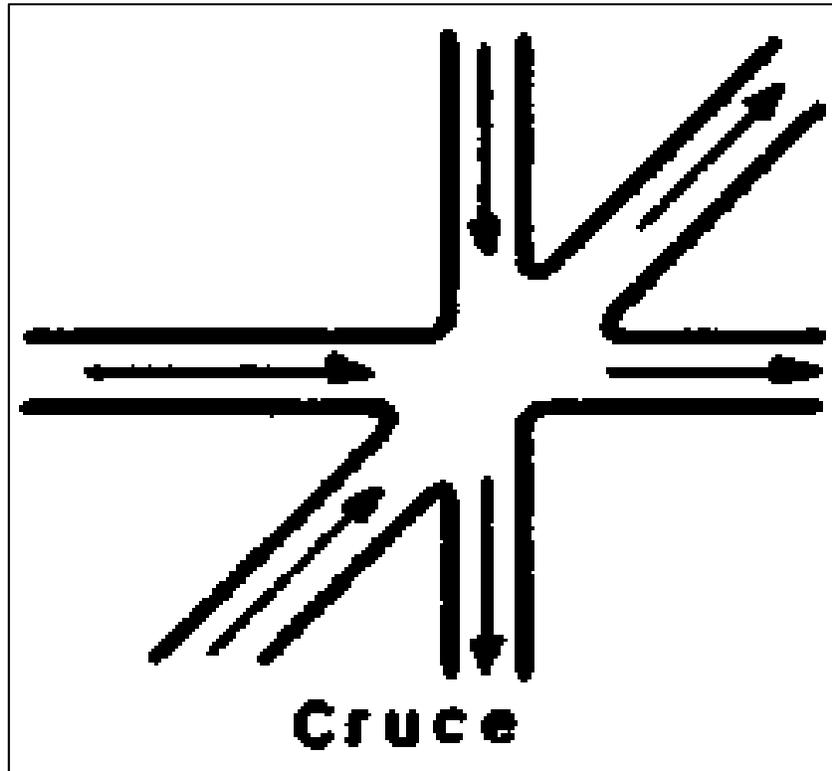


Figura 1.3 Intersección multirramas. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 456.

Lo anteriormente descrito son definiciones que se pueden encontrar en la diversa bibliografía de los diferentes organismos que estudian el tema. En América, existen contadas instituciones dedicadas al estudio del proyecto geométrico de los caminos. Algunas de las más importantes y de interés para esta tesis se mencionan a continuación.

1.2 ORGANISMOS E INSTITUCIONES.

Las organizaciones que persiguen la mejora de las carreteras existen en la mayoría de los países desarrollados. La **Federación Internacional de Carreteras** (International Road Federation), con sedes en Washington y Ginebra, promociona la construcción de autopistas intercontinentales y la mejora y enlace de carreteras ya existentes. Quizás el proyecto de autopista intercontinental más conocido es la Red Panamericana de Autopistas¹ que cuando se complete, unirá las capitales de todas las naciones americanas.

La I.R.F. (International Road Federation) también recopila estadísticas anuales sobre el kilometraje de carreteras en todos los países del mundo excepto Campuchea, Laos y Vietnam; sus cifras muestran a Estados Unidos como el país con una red de carreteras más extensa, con 6,242,000 km. Sin embargo, en proporción al área del país considerado, Bélgica con 127,800 km. Y Holanda con 113,600, se sitúan a la cabeza la lista².

Por otra parte, los países disponen de una serie de **organismos e institutos** dedicados a la investigación y perfeccionamiento de las técnicas y materiales empleados en el proyecto y construcción de carreteras. Entre ellos, destacaremos el Transportation Research Board (TRB) y el American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) estadounidenses, el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) británico, el SETRA y el CETUR franceses, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) español, el OCDE europeo o el AIPCR internacional.



Figura 1.4 Acceso norte de la autopista panamericana a su paso por Buenos Aires. Fuente: Manual de carreteras vol. 1 Luis Bañón Blázquez.

México por su parte, cuenta con una lista reducida de instituciones que se dedican al estudio carretero en todas sus etapas. El máximo coordinador de proyectos del ámbito del transporte a nivel nacional es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.). Éste organismo se encarga de normar y regir lo concerniente a los proyectos de transporte en nuestro país, incluido el medio carretero. La S.C.T. cuenta con el **“Manual de Proyecto Geométrico de carreteras”** que consiste en un documento con todas las recomendaciones y disposiciones a seguir para el diseño de caminos, intersecciones, y demás criterios de evaluación de proyectos para la correcta concepción de una infraestructura vial.

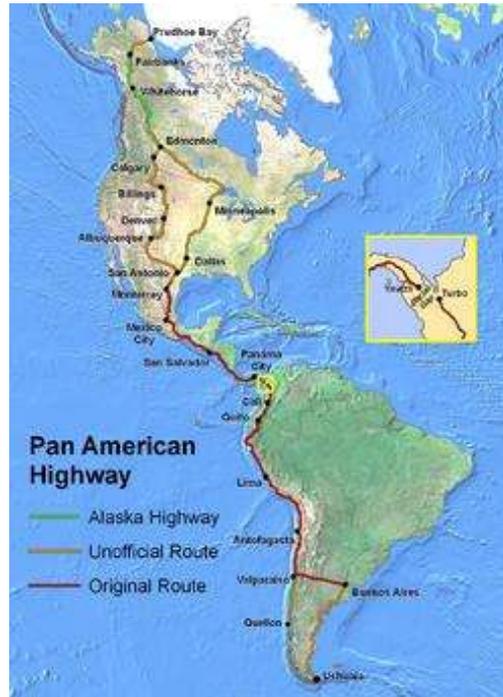
Otro organismo en México que aborda temas relacionados a la movilidad y tránsito es el Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.). Éste instituto realiza publicaciones sobre temas varios del rubro del transporte y constituye uno de los pilares en la temática dentro del país.

En el capítulo correspondiente al marco teórico de este documento, nos enfocaremos al **manual de proyecto geométrico de la S.C.T.** Porque finalmente es el que rige en nuestro país, pero se hará mención de algunos pasajes de disposiciones vigentes en otros lugares del mundo como lo es: **A policy on geometric design of highways and streets. AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials.** De Los Estados Unidos o quizá mencionar algunas recomendaciones de diseño de intersecciones de otros países para complementar el marco de referencia.

1 Red panamericana de autopistas

Carretera Panamericana

América



Datos de la ruta

Tipo Sistema colectivo de carreteras

Longitud 25.800 km

Orientación

Inicio Bahía Prudhoe,  Alaska,  Estados Unidos

Fin Ushuaia,  Argentina

Lugares

Países que atraviesa		Estados	Unidos
			Canadá
			México
			Guatemala
		El	Salvador
			Honduras
			Nicaragua
		Costa	Rica
			Panamá
			Colombia
			Ecuador
			Perú
			Bolivia
			Chile
		Argentina	

La carretera Panamericana, también llamada ruta Panamericana o simplemente Panamericana, es un sistema de carreteras, de aproximadamente 25, 800 km de largo, que vincula casi a todos los países del hemisferio occidental del continente americano con un tramo unido de carretera. Fue concebida en la V Conferencia Internacional de los Estados Americanos en 1923, celebrándose el Primer Congreso Panamericano de Carreteras en Buenos Aires en 1925, al que siguieron los de 1929 y 1939.

El tramo notable que impide que la carretera se conecte completamente es un trayecto de 87 km de selva montañosa dura, ubicado entre el extremo este de Panamá (58 km) y el noroeste de Colombia (29 km) llamado el Tapón de Darién. La carretera Panamericana se corta en Yaviza, (Panamá), y en Lomas Aisladas, (Colombia) se da inicio a la Carretera panamericana en América del Sur.

Hay oposición a completar la porción de Darién de la carretera por diversas razones, incluyendo el deseo de proteger la selva tropical (ya que esa zona conforma una reserva de la biosfera - conocida en Colombia como el Chocó biogeográfico, contener ciertas enfermedades tropicales, proteger la cultura de los pueblos indígenas y para evitar cuestiones que van del tráfico de drogas al tránsito de la fiebre aftosa.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Carretera_Panamericana

² Densidad vial (km de caminos por cada 100 km² de superficie terrestre)

Densidad vial (km de caminos por cada 100 km² de superficie terrestre)

Nombre del país	2009	2010	2011
<i>Región Administrativa Especial de Macao, China</i>	1475	1475	1486
<i>Bahrein</i>	537	542	546
<i>Bélgica</i>	504	504	504
<i>Singapur</i>	473	476	481
<i>Países Bajos</i>	329	331	331
<i>Hungría</i>	212	215	216
<i>Jamaica</i>	201	201	201
<i>Eslovenia</i>	192	193	193
<i>Hong Kong, Región Administrativa Especial</i>	188	190	191
<i>Alemania</i>	180	180	180
<i>Suiza</i>	173	173	173
<i>Dinamarca</i>	170	172	172
<i>Reino Unido</i>	172	172	172
<i>República Checa</i>	166	166	166
<i>India</i>	136	139	143
<i>Chipre</i>	134	135	141
<i>Austria</i>	127	131	137
<i>España</i>	132	132	132
<i>Polonia</i>	123	130	132
<i>Suecia</i>	129	128	129
<i>Lituania</i>	125	126	127
<i>Estados Unidos</i>	66	67	67
<i>México</i>	19	19	19

Tabla 1.1 Densidad vial (km de caminos por cada 100 km de superficie terrestre. Fuente:
<http://datos.bancomundial.org/indicador/IS.ROD.DNST.K2/countries/1W?display=default>

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN.

México es un país primordialmente carretero. La historia y las estadísticas nos dictan que la infraestructura carretera es la que predomina en el territorio nacional. Dicho de otra forma, la balanza de los modos de transporte en nuestro país no está equilibrada. **Esta afirmación se hace debido a que en muchos países alrededor del mundo y mayormente en los subdesarrollados, se están presentando ya problemas graves de movilidad urbana. Los automóviles de uso particular han acaparado los espacios viales en las ciudades lo cual ocasiona congestionamientos graves, aumento en los tiempos de recorrido y una disminución general de la eficiencia del transporte. Si comparamos el impulso que tiene el modo de transporte carretero con la de otros modos, nos daremos cuenta que existe una diferencia marcada a favor de la infraestructura carretera, no hemos sabido mantener un equilibrio entre las distintas maneras de transporte.** Una de las aspiraciones primarias de los mexicanos es alcanzar un mayor poder adquisitivo para, acto seguido, poder comprar algún automóvil de uso particular. Esto ha propiciado un aumento exponencial en el parque vehicular de nuestro país, requiriendo entonces, una oferta vial capaz de almacenar y brindar una movilidad del tránsito adecuada. Lamentablemente, esto dista mucho de ser así, la capacidad de las calles y carreteras va en decremento debido al aumento en el número total de vehículos, propiciando fuertes congestionamientos en las grandes ciudades y por ende, mayor probabilidad de accidentes.



Figura 2.1. Problema de movilidad debido al crecimiento del parque automotriz. Fuente: <http://www.atraccion360.com/caos-vial-frena-competitividad-en-el-df>

El problema de la movilidad, es una situación de consideración en todo el mundo, pero principalmente en países subdesarrollados como el nuestro, en donde muchas veces no se cuenta con la economía suficiente para realizar grandes obras de infraestructura y debe buscarse la manera de optimizar el recurso existente para mejorar las necesidades de los conductores.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que la situación del crecimiento vehicular y el déficit de oferta vial, se observa incluso de manera más aguda en las intersecciones viales. Un incorrecto diseño de una intersección, puede generar más problemas de los que estaba destinada a resolver. Es necesario tener precaución al momento de diseñar los entronques o distribuidores viales, ya que su configuración depende en gran parte del número estimado de vehículos que existirán en años posteriores a su creación.

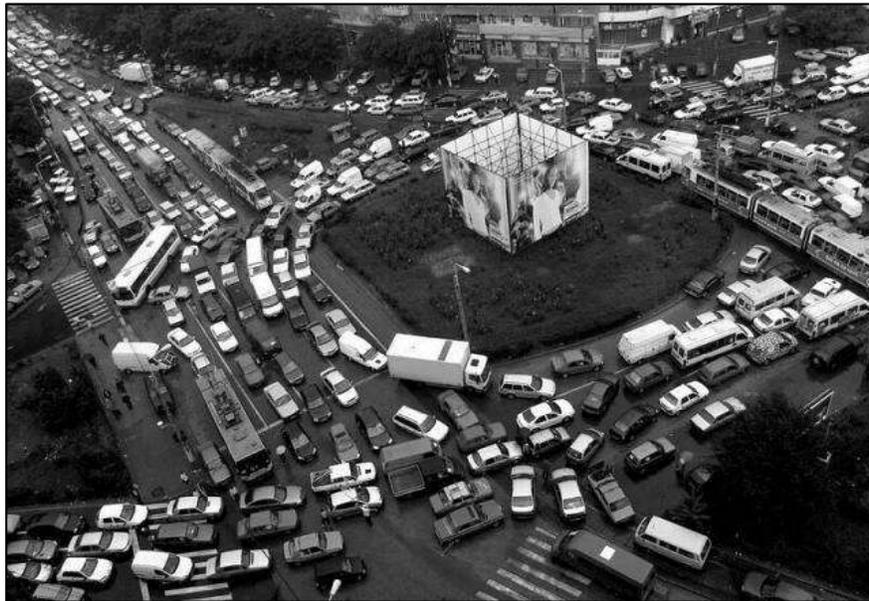


Figura 2.2. Caos vial en Reforma, Ciudad de México. Fuente: <http://www.clarinveracruzano.com/caos-vial-en-reforma-por-festival-olimpico/>

El objetivo de este apartado es introducir a las personas que acudan a esta tesis al problema de transporte que se está presentando en la actualidad. Las ciudades ya están establecidas y es muy complicado generar más espacio para la circulación vehicular. En lo que concierne al trabajo de esta tesis, los diseños geométricos correctamente realizados en las intersecciones pueden ayudar mucho a que el tránsito vehicular fluya de manera natural, sin confusiones para los conductores, reduciendo así los tiempos de recorrido y el índice de accidentes; sin embargo, es innegable que dentro de las urbes más importantes y concurridas deben aplicarse a la par nuevas formas de transporte que permitan una

equidad en la manera en que las personas se mueven y así lograr ciudades más eficientes en cuanto a la movilidad se refiere.

2.2 GENERALIDADES.

Cuando dos o más carreteras se cruzan a nivel, el área de la zona de intersección queda como parte integrante de cada una de ellas y, por consiguiente, constituye en cierta manera un punto de discontinuidad al que hay que tratar de forma especial.

La experiencia mundial sobre reacción de los conductores, accidentes, capacidad, etc. Han permitido elaborar una serie de recomendaciones para estudiar el trazado de las intersecciones.

Las dificultades principales que han surgido normalmente, provienen de un desconocimiento por parte de los conductores acerca del uso de algunos de los elementos de la intersección o a la falta de respeto a la señalización existente.

Con el fin de facilitar el que un conductor encuentre en cualquier zona del país intersecciones proyectadas con análogo criterio, es por lo que se ha considerado de interés el preparar **recomendaciones y disposiciones** que, además de incluir las normas de trazado indicadas, comprendan una serie de datos complementarios de gran interés para el proyectista.

Las intersecciones son una parte importante de la infraestructura carretera, ya que, en gran medida, la eficiencia, seguridad, velocidad, el costo de operación, y la capacidad de las vías dependen de su **diseño**.

Cada intersección comprende cruces o tráfico transversal, movimientos en una o más de las carreteras y puede implicar movimientos de giro entre éstas. Tales movimientos pueden estar facilitados por varios diseños geométricos y control de tráfico, en función del tipo de intersección.

Uno de los puntos más delicados del trazado son aquellos en que confluyen dos vías. En ellas se debe facilitar los movimientos de incorporación de una a otra o el cruce de ambas, de manera que se facilite la maniobra con un máximo de seguridad para los vehículos.

Resulta necesario conocer las intensidades de tráfico de cada movimiento y su evolución para el futuro, así como las variaciones durante el día. En el caso de mejora de intersecciones existentes se debe estudiar también los accidentes ocurridos para tratar de corregir los defectos que existen.

Los caminos secundarios en la red de carreteras existente, intersectan a los caminos principales para lograr una movilidad vehicular eficiente, el problema radica en que en innumerables ocasiones, estos cruces no se consideran en un inicio, y no se realiza un correcto diseño para ofrecer la seguridad y comodidad a los usuarios.

Los **nudos** –intersecciones y enlaces- surgen como una solución de continuidad al problema que plantea el cruce y unión de dos o más carreteras; estos puntos son sin duda críticos, ya que las condiciones de movimiento y comportamiento de los vehículos cambian en su entorno.

La diferencia fundamental entre **intersección** y enlace radica en la coincidencia o no de los planos de circulación de las distintas vías que concurren: en la intersección, el cruce se realiza a nivel, es decir, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en cambio, en el **enlace** el cruce se realiza a distinto nivel, intersectándose en este caso las proyecciones horizontales de los ejes.

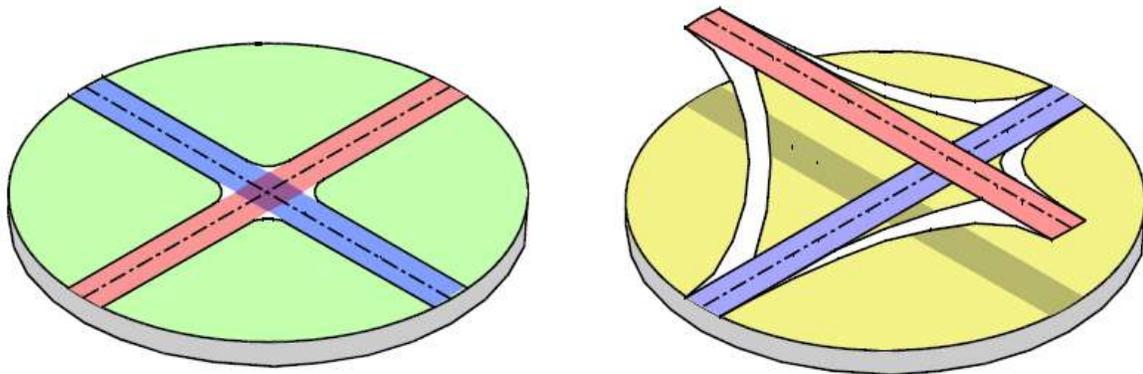


Figura 2.3. Representación esquemática de intersección y enlace. Fuente: Manual de carreteras Vol. 1. Luis Bañón Blázquez.

Esta diferencia condiciona el resto de aspectos a tener en cuenta en su elección, proyecto y posterior ejecución. Así, pueden enumerarse una serie de ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, resumidos en la siguiente tabla:

Ventajas e inconvenientes de intersecciones y enlaces

Intersecciones	Enlaces
<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor facilidad de proyecto y construcción - Requieren una menor superficie - Generalmente son más económicos <p>INCONVENIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor capacidad de tráfico - Obligan a reducir la velocidad o incluso a parar - Condicionadas por la visibilidad 	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Favorecen la circulación fluida de vehículos - Son más cómodos para el conductor - Son más seguros y previenen accidentes <p>INCONVENIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Su proyecto puede resultar más complejo - Requieren grandes superficies de terreno - Precisan un mayor movimiento de tierras

Tabla 2.1 Ventajas e inconvenientes de intersecciones y enlaces. Fuente: Manual de carreteras Vol. 1. Luis Bañón Blázquez.

2.3 JUSTIFICACIÓN DEL DESARROLLO DEL TEMA.

Los entronques e intersecciones constituyen un punto importante dentro de la infraestructura carretera, ya que un diseño incorrecto puede derivar en la generación de accidentes vehiculares, lo que a su vez produce pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales.

Es importante recalcar que durante los últimos años el crecimiento vehicular global no ha disminuido sino todo lo contrario, el automóvil se sigue priorizando como modo de transporte en la mayoría de los países. Si bien es cierto que existen otras formas de movilidad, éstas no están a la par con la importancia que tiene el automóvil en nuestros días y los usuarios de los caminos continúan demandando vías de calidad que les

proporcionen seguridad, confort, y rapidez en sus traslados. Es aquí donde entran elementos como el diseño de los pavimentos, el cálculo de las obras de drenaje y el proyecto geométrico, que aunado a otros factores, definen la seguridad y comodidad de una vía de comunicación.

El tema a desarrollar en el presente documento es la propuesta de mejora del diseño geométrico de un entronque en una carretera federal, donde se han localizado factores negativos en el diseño actual como visibilidad insuficiente y cruce vehicular a nivel a velocidad considerable sin control de tránsito, que restan seguridad a los usuarios e incrementan la posibilidad de accidentes.

Como dato se presenta a continuación un panorama general de la seguridad vial en nuestro país, con ello podemos tener una visión de la importancia que tiene el mejorar nuestros caminos de manera integral para lograr disminuir la tasa de accidentalidad.

2.3.1 Situación internacional.

La importancia de atender este problema se basa en argumentos como los siguientes: según datos de nivel internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se tiene arriba de un millón de muertes por año en el mundo por accidentes viales y más de 20 millones de personas lesionadas, para una población del orden de 6 mil millones de habitantes. La mayoría de esas víctimas ocurre en los países en desarrollo, y las cifras aumentan **en la medida en que su parque automotor crece.**

2.3.2 Situación nacional.

En la Red Carretera Federal (RCF) se registran anualmente del orden de 60 mil accidentes, 5 mil muertos, 35 mil heridos y 100 millones de dólares de daños materiales.

México no es ajeno al problema de la seguridad vial y de los accidentes de tráfico que afectan a todas las naciones del mundo. El Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial de la OMS señala que diez países en el mundo son responsables por el 62% de las muertes por este problema. Lamentablemente, México ocupa la séptima posición.

La real tragedia de los accidentes viales es que en gran medida, ellos y sus consecuencias, pueden evitarse mediante una inversión adecuada y creciente para generar mejores

conductores y usuarios de las vialidades, **superiores estándares de diseño**, fabricación y mantenimiento vehicular, y construcción y mantenimiento carretero.

Los estimados más recientes indican que el costo económico de las lesiones y muertes ocasionadas por accidentes de tráfico en México ascienden a más de 10 billones de dólares al año, es decir alrededor del 1.7% del PIB. De estos, alrededor de 4.5 billones son costos directos en gastos médicos, legales, rehabilitación, ausentismo laboral; 1.3 billones en daños materiales, y más de 3.7 billones en costos indirectos, relacionados con la pérdida de la productividad de miles de mexicanos que en promedio mueren a los 32 años de edad, dejando así de vivir y producir económicamente para sus familias, comunidades y para el país.

Por lo anterior, el argumento para realizar inversiones en seguridad no sólo es humanitario: los accidentes viales también representan pérdidas económicas cuantiosas.

En la siguiente tabla se muestra el crecimiento del parque vehicular que ha tenido nuestro país a través de los años, lo que viene a confirmar la necesidad de mayores inversiones en infraestructura vial.

Vehículos de motor registrados en circulación

Consulta de: Vehículos registrados Por: Año de registro Según: Clase de vehículo					
Año	Total	Automóviles	Camiones para pasajeros	Camiones y camionetas para carga	Motocicletas
2000	15,611,916	10,176,179	202,396	4,939,417	293,924
2001	17,300,530	11,351,982	273,536	5,394,206	280,806
2002	18,784,594	12,254,910	299,365	5,860,797	369,522
2003	19,806,960	12,742,049	308,101	6,317,293	439,517
2004	20,878,438	13,388,011	264,585	6,707,535	518,307
2005	22,138,478	14,300,380	268,817	6,980,738	588,543
2006	24,907,229	16,411,813	310,189	7,462,918	722,309
2007	26,747,197	17,696,623	322,078	7,849,491	879,005
2008	29,287,903	19,420,942	333,287	8,453,601	1,080,073
2009	30,890,136	20,519,224	337,465	8,835,194	1,198,253
2010	31,636,258	21,152,773	313,984	9,015,356	1,154,145
2011	33,262,998	22,368,598	332,578	9,251,425	1,310,397

Tabla 2.2. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación en México. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI

Se observa en la tabla anterior que el crecimiento vehicular en el país ha sido constante, lo que demanda una mayor oferta vial con mejores diseños para resolver un problema presente y futuro de movilidad.

2.3.3 Distribución de los accidentes y muertes in situ en México.

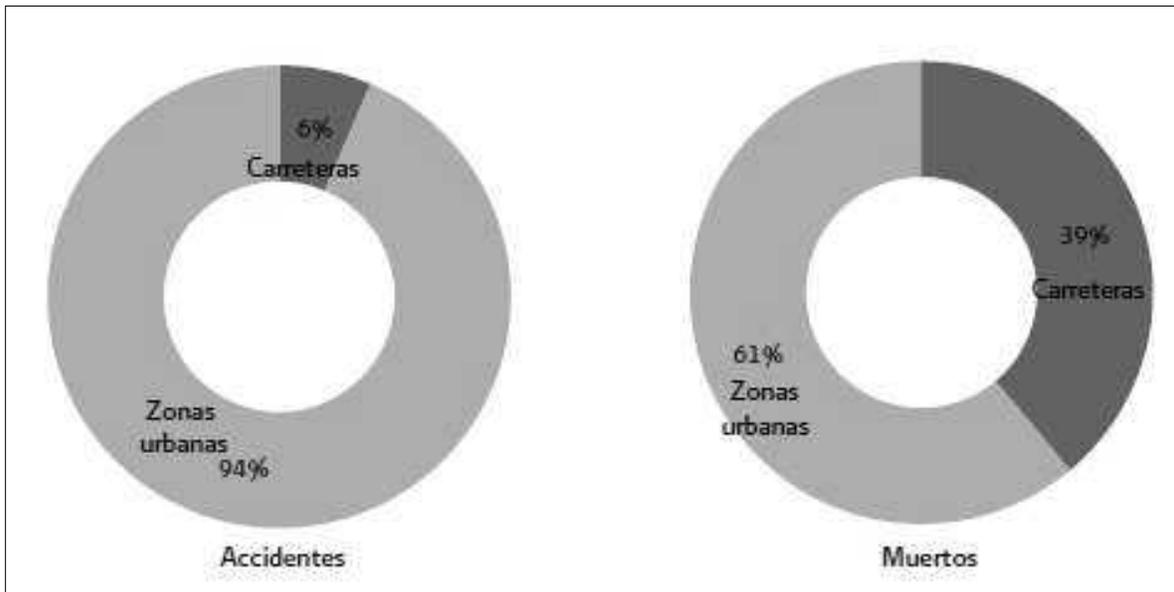


Figura 2.4. Distribución de los accidentes y muertos in situ en México. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y registros de policía federal, 2010.

En la **Figura.4** se observa que la mayoría de los accidentes viales ocurren en zonas urbanas, esto se debe a que hay mayor concentración vehicular, lo que genera situaciones potenciales de accidentes, principalmente en las intersecciones. En la parte derecha de la **Figura.4**, se puede notar que aunque un bajo porcentaje del total de accidentes viales se genera en carreteras, el número de muertes se incrementa en estas zonas, debido a que las velocidades de operación de los vehículos son mayores que en las áreas urbanas.

Es por esto que de manera personal me interesé en desarrollar el tema de intersecciones viales, porque si bien todo el problema de accidentalidad en nuestro país no se concentra en los cruces, éstos constituyen puntos de conflicto que considero pueden atenderse correctamente teniendo personal capacitado que realice diseños apropiados de acuerdo a la demanda vehicular.

2.4 MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO SCT. INTERSECCIONES.

Dentro del marco teórico, nos enfocaremos básicamente al documento que rige las disposiciones para el diseño de intersecciones y en general para todos los proyectos geométricos en nuestro país, me refiero al **Manual de Proyecto Geométrico de la S.C.T.** (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). En este capítulo se hará mención de una gran parte de temas dentro del apartado de intersecciones del manual, con el objetivo de contar con una base teórica sólida para, posteriormente, enfocar todo este conocimiento a la aplicación del diseño de un entronque en particular.

2.4.1 Definiciones y clasificación.

Como inicio del tema de intersecciones, es conveniente conocer la definición de intersección y la manera en que se clasifican. El manual de diseño geométrico de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes define a una intersección como: ***“El área donde dos o más vías terrestres se unen o cruzan.”***

Las intersecciones se dividen o clasifican básicamente en dos: los entronques y los pasos.

“Se le llama entronque, a la zona donde dos o más caminos se cruzan o unen, permitiendo la mezcla de las corrientes de tránsito.

Se llama paso, a la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito.

A cada vía que sale o llega a una intersección y forma parte de ella, se le llama rama de la intersección. A las vías que unen las distintas ramas de una intersección, se les llama enlaces; pudiéndose llamar rampas, a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel.”

Este subtema es importante debido a que define claramente el significado de cada término y éstos se utilizarán a lo largo del desarrollo del tema.

Los siguientes son ejemplos de las definiciones anteriores.

Entronque.



Figura 2.5. Entronque a nivel. Carretera Morelia – Pátzcuaro. Fuente: Google Earth.



Figura 2.6 Entronque a nivel. Glorieta. Cuatro Caminos, Michoacán, México. Fuente: Google Earth.

Paso.



Figura 2.7. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato. Fuente: Google Earth.



Figura 2.8. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato. Fuente: Google Earth.



Figura 2.9. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato. Fuente: Google Earth.

Ramas.



Figura 2.10. Ejemplo de una glorieta (ramas). Cuatro caminos, Michoacán. México. Fuente: Google Earth.

Enlaces.

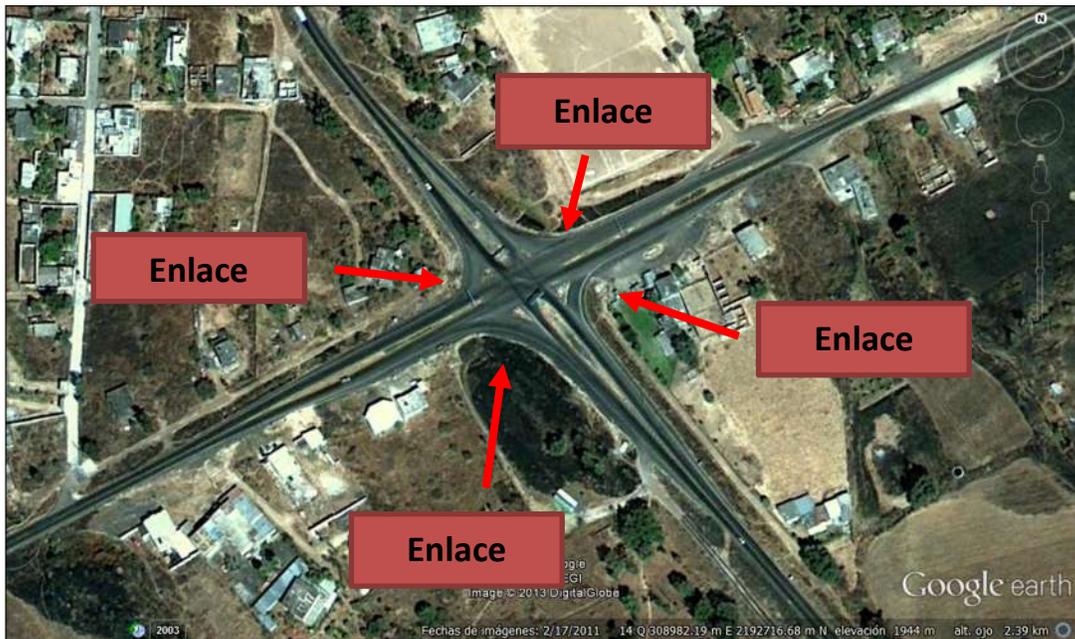


Figura 2.11. Ejemplo de enlaces. Entronque Carretera Morelia – Maravatío. Km. 27+000. Fuente: Google Earth.



Figura 2.12. Ejemplo de enlaces. Entronque Carretera Morelia – Maravatío. Km. 27+000. Fuente: Google Earth.

Rampa.



Figura 2.13. Ejemplo de una rampa. Carretera Morelia - Acámbaro. Fuente: Google Earth.



Figura 2.14. Ejemplo de una rampa. Lázaro Cárdenas - Uruapan Km. 122+300. Fuente: Google Earth.



Figura 2.15. Ejemplo de una rampa. Carretera Lázaro Cárdenas – Uruapan. Km.122+300. Fuente: Google Earth.

2.4.2 Maniobras de los vehículos en las intersecciones.

Existen diversas maniobras que los conductores deben realizar durante su interacción con el área de una intersección. Puede darse el caso que un vehículo tenga la necesidad de salir de su trayectoria original para entrar a otra, a esta maniobra se le llama **divergencia**. Otro caso es cuando un vehículo se incorpora a una vialidad diferente de la que originalmente transitaba, a esta maniobra se le conoce como **convergencia**. Y un último movimiento llamado **maniobra de cruce**, es cuando un vehículo circula sobre un camino y tiene la necesidad de cruzar de manera franca a través de otra vialidad. Esta última maniobra es la más peligrosa, debido a que la interacción entre las vialidades de cruce puede generar accidentes entre los vehículos que las circulan. La **figura 2.16 (figura 11.1)** que se muestra a continuación, describe de manera gráfica lo anteriormente expuesto.

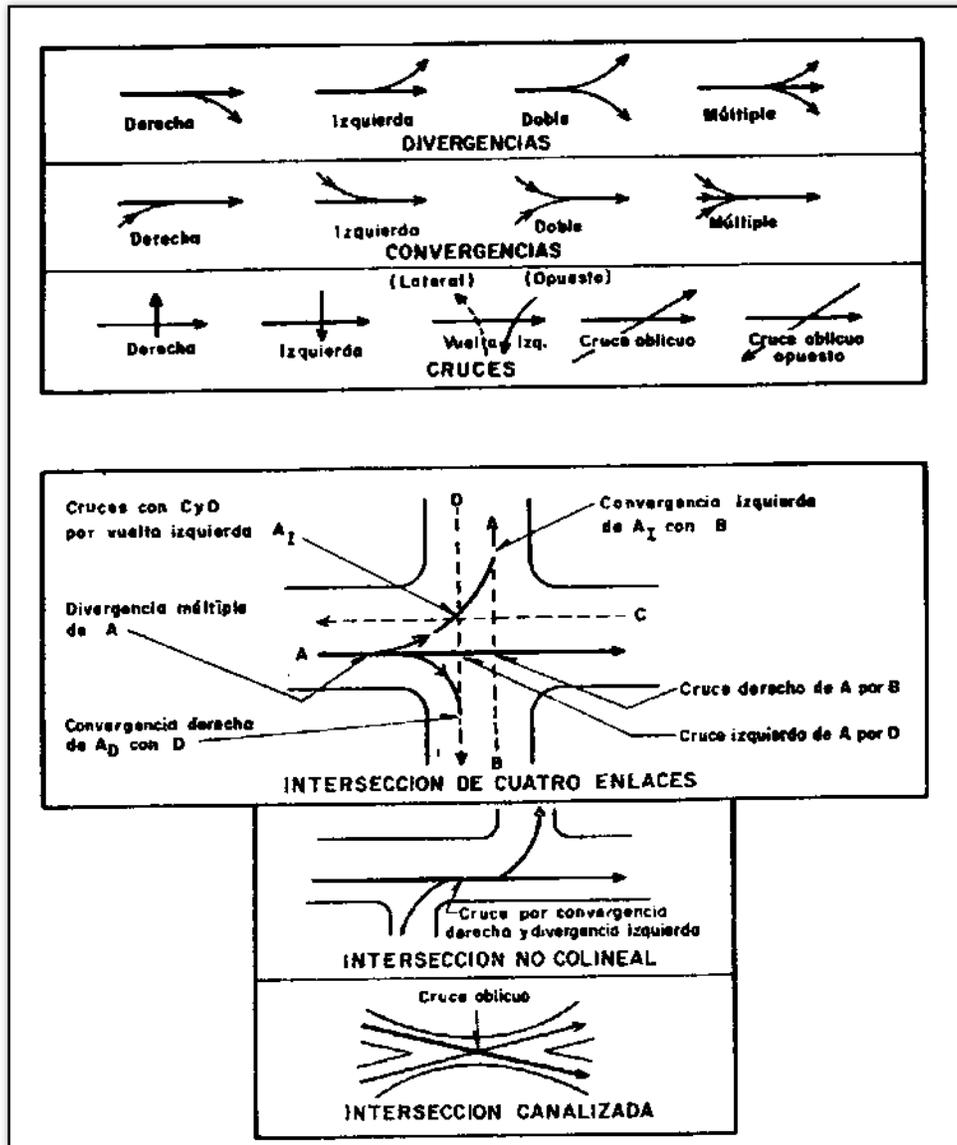


Figura 2.16. (Figura 11.1) Maniobras de los vehículos en las intersecciones. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 448.

2.4.2.1 Número y tipos de conflictos.

El número y tipos de conflicto se describen en la siguiente tabla:

NUMERO DE RAMAS DE DOBLE CIRCULACION	NUMERO DE CONFLICTOS EN LOS MOVIMIENTOS DE LA INTERSECCION POR TIPOS DE MANIOBRAS.			
	C R U C E	CONVERGENCIA	DIVERGENCIA	T O T A L
3	3	3	3	9
4	16	8	8	32
5	49	15	15	79
6	124	24	24	172

Tabla 2-A. (Tabla 11-A) Relación del número de conflictos entre los movimientos de la intersección al número de ramas de doble circulación que la forman, por tipo de maniobras. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 454.

La tabla anterior nos muestra el número de cruces, convergencias y divergencias que se presentan en las intersecciones dependiendo del número de ramas de doble circulación existentes. Esta información nos es útil para calcular el número de conflictos que se tendrán en una intersección dada y así poder realizar un buen diseño del control de los movimientos vehiculares en las intersecciones que se nos presenten.

2.4.2.2 Frecuencia de conflictos.

Este apartado muestra la manera de calcular la frecuencia en que se pueden presentar los conflictos dentro de una intersección. Este cálculo depende de la cantidad de vehículos que transiten por la intersección, del número de ramas o entradas existentes y de los sentidos de flujo vehicular que se manejen.

El cálculo de la frecuencia de conflictos se realiza con la ayuda de la **Tabla -A (tabla 11-A)**, anteriormente vista.

La descripción gráfica de los datos de la **Tabla -A (tabla 11-A)**, se muestra en la **Figura.17 (figura 11.15)**

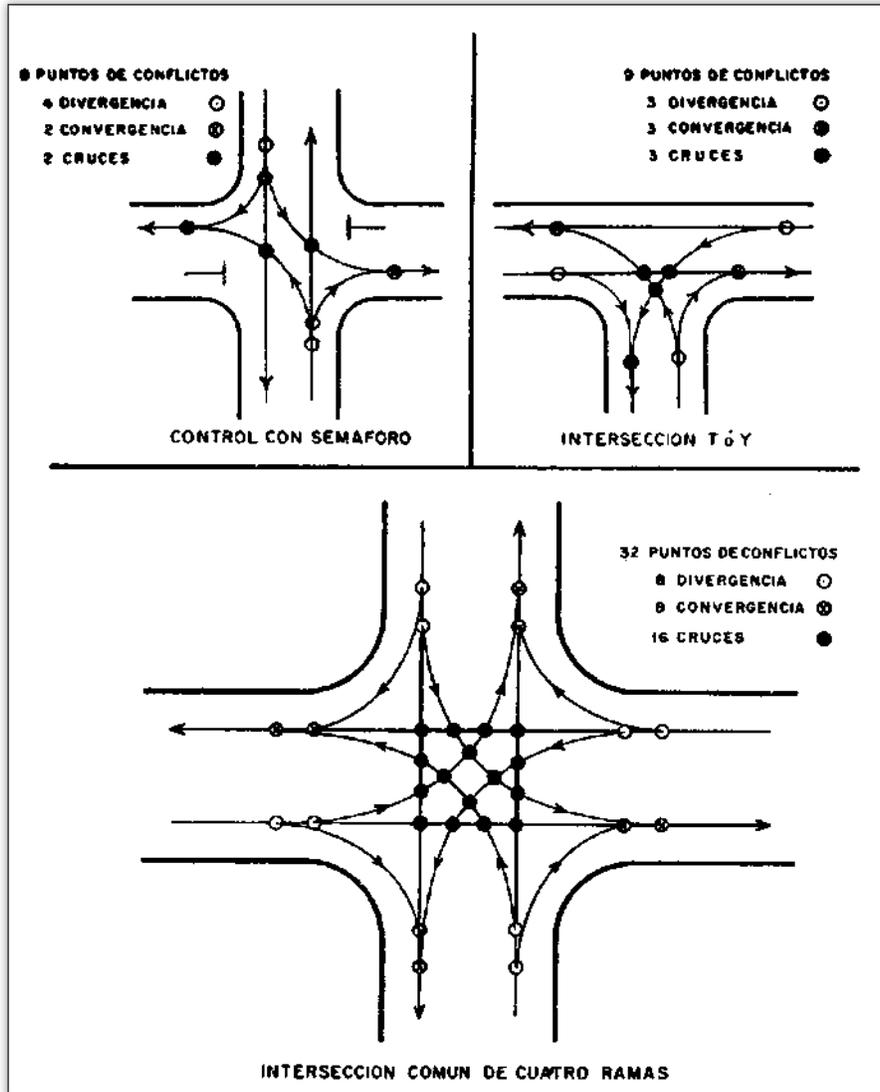


Figura 2.17. (Figura 11.5) Puntos de conflicto en intersecciones. Descripción gráfica de la tabla 2-A. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 455.

2.4.3 Áreas de maniobra.

Área de maniobra se define como **“la zona de una intersección en la que el conductor de un vehículo realiza las operaciones necesarias para ejecutar las maniobras requeridas. Incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.”**

Las áreas de maniobra pueden clasificarse básicamente en 3:

1. **Áreas de maniobra simples.** Son las que se presentan cuando dos vías de un **solo carril y un solo sentido de circulación** tienen interacción (cruzan, convergen o divergen).
2. **Áreas de maniobra múltiples.** Son las que se presentan cuando más de dos vías de un solo carril y un solo sentido de circulación tienen interacción (cruzan, convergen o divergen).
3. **Áreas de maniobra compuestas.** Éstas se presentan cuando las maniobras se efectúan en más de un solo carril de circulación.

Las áreas de maniobra compuestas son las más peligrosas, ya que debido a los movimientos vehiculares que se presentan, suelen causar confusión a los conductores y propiciar accidentes. Por esto, es conveniente evitarlas en el diseño en la medida de lo posible.

La siguiente figura ejemplifica las áreas de maniobra antes descritas.

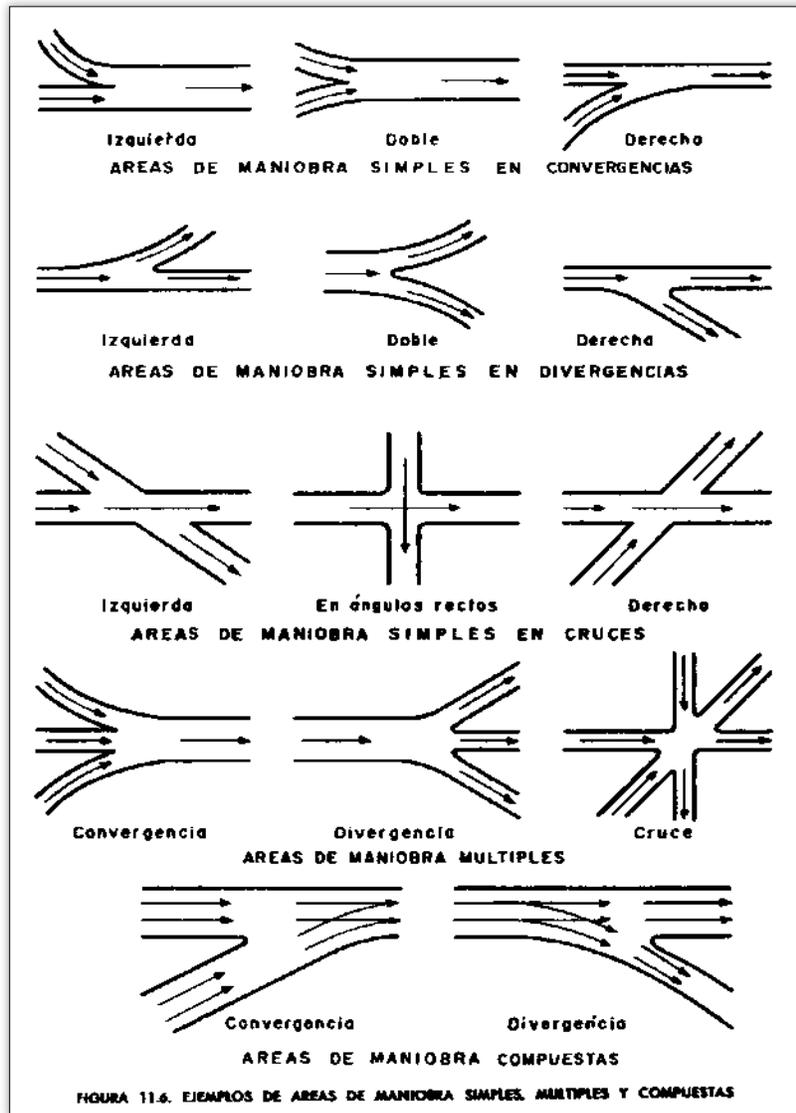


Figura 2.18. (Figura 11.6) Ejemplos de áreas de maniobra simples, múltiples y compuestas. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 456.

“Dentro de las áreas de maniobra, la velocidad relativa es función inversa de la calidad de operación.” Lo anterior nos indica que para que exista un flujo vehicular continuo y eficiente dentro de una intersección, es preferible que ésta trabaje a velocidades bajas, ya que de lo contrario, la calidad de operación se verá disminuida conforme la velocidad de los vehículos aumente en las zonas de conflicto.

2.4.3.1 Geometría de los cruces y vueltas.

Existen diferentes alternativas para diseñar los cruces dentro de una intersección. Estas alternativas son elegidas sobre otras dependiendo de la topografía de la zona, el volumen de tránsito y el recurso económico con que se cuente. Existen lugares donde pueden obtenerse diversas alternativas para resolver un cruce, pero la elección de alguno dependerá de los aspectos descritos anteriormente.

Las distintas opciones de diseño de un cruce son las siguientes:

- Un cruce directo a nivel.
- Un entrecruzamiento.
- Una separación de niveles.

La figura 2.19 (figura 11.17), muestra los distintos ejemplos de cruces existentes en la práctica.

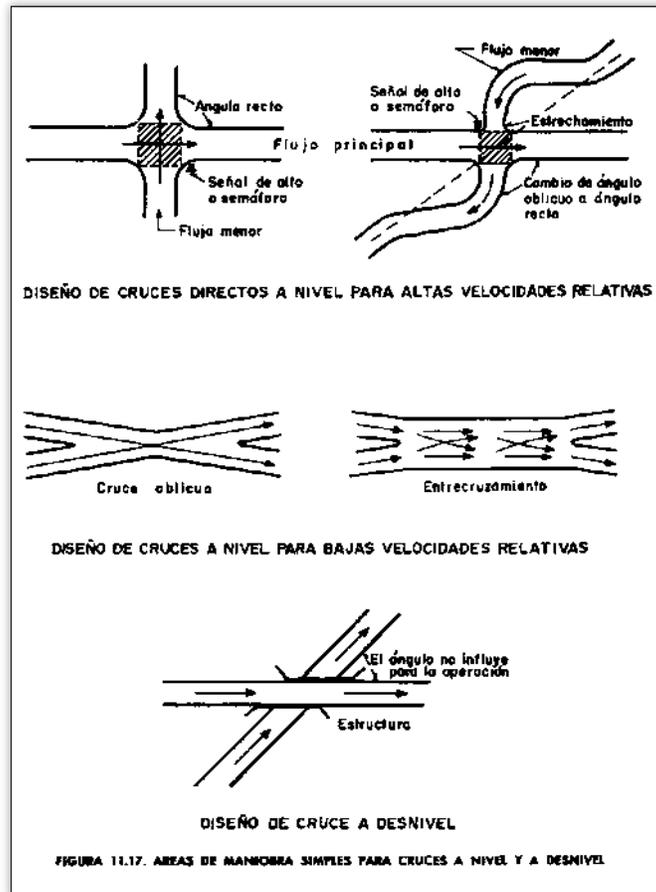


Figura 2.19. (Figura 11.17) Áreas de maniobra simples para cruces a nivel y a desnivel. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 469.

La geometría de las convergencias y divergencias también puede tener varias alternativas de solución. Pueden darse mediante vueltas directas, indirectas o semidirectas, y su elección dependerá de las condiciones propias del lugar. Muchas veces la solución más sencilla y económica no es posible por la configuración del terreno o el espacio que se tiene para desarrollar las vueltas o los cruces y se decide por una opción con mayor longitud de recorrido o menor comodidad, pero que cumple de manera cabal las disposiciones del presente manual.

La **figura 2.20 (figura 11.18)**, muestra las diversas alternativas de vueltas izquierdas y derechas clasificadas como directas, indirectas y semidirectas según la trayectoria seguida por los vehículos.

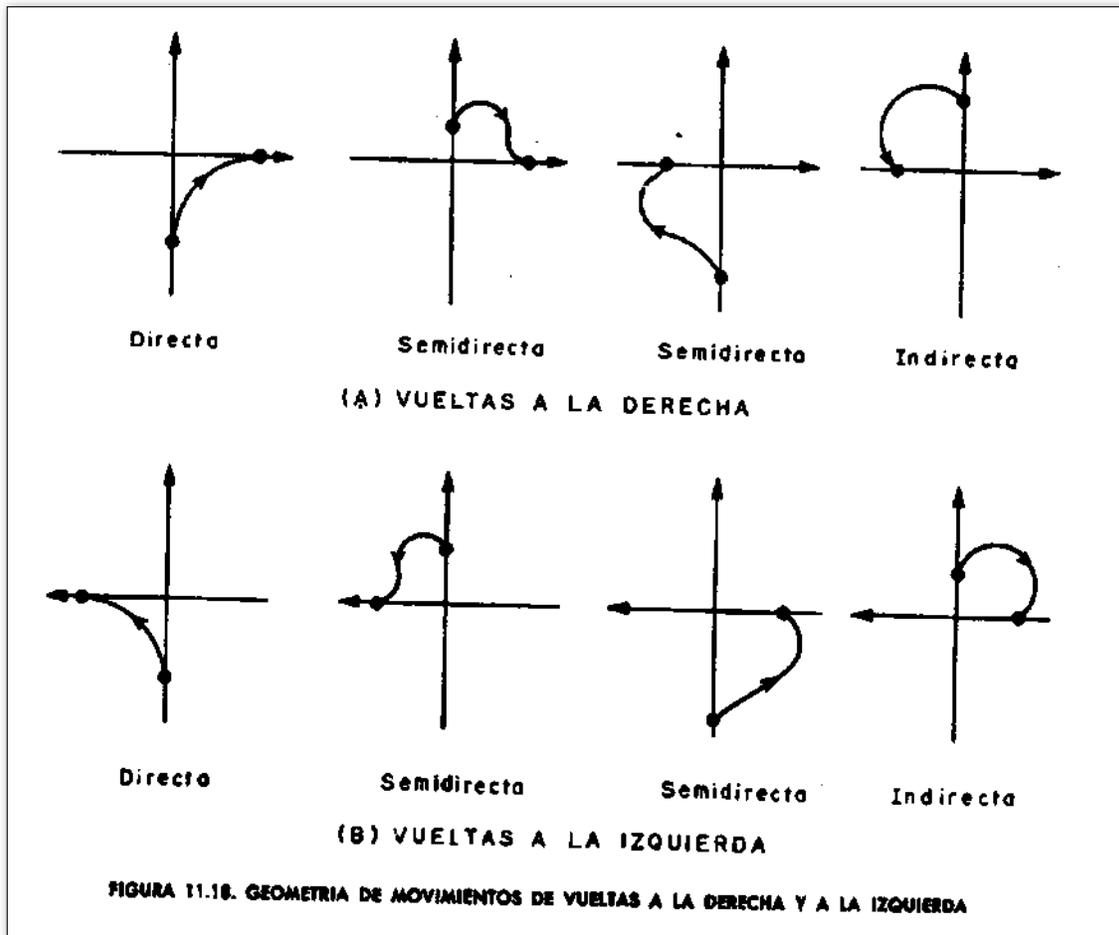


Figura 2.20. (Figura 11.18) Geometría de movimientos de vueltas a la derecha y a la izquierda. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 470.

2.4.4 Elementos para el proyecto de una intersección.

Esta sección tratará de elementos propios del diseño de las intersecciones y la manera en que pueden afectar a las mismas. Estos elementos son el alineamiento, la distancia de visibilidad, la sección transversal de la calzada, etc.

2.4.4.1 Curvas en intersecciones.

Las curvas dentro de las intersecciones son casi siempre necesarias. Siempre habrá que diseñar una intersección con curvas en espacios reducidos, y este diseño debe hacerse en base a ciertos parámetros descritos en este manual. El parámetro esencial en el diseño de las curvas en intersecciones es el radio de giro que tienen los vehículos para los cuales estará diseñada la intersección. No es lo mismo el radio de giro que posee un vehículo ligero común (clasificación DE-335) al radio de giro que tiene un autobús o un camión de carga (Clasificación DE-620 y DE-760, respectivamente). Es por eso que es necesario conocer el tipo de vehículo que circulará por la vialidad, y en base a eso, realizar un diseño adecuado para que las vueltas dentro de la intersección sean funcionales.

“Donde sea necesario proyectar curvas en espacios reducidos, debe usarse como base del diseño la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto. Esta trayectoria estará comprendida entre las huellas dejadas por las llantas delantera y trasera interna de un vehículo circulando a una velocidad de 15 km/h. Las curvas de la orilla interna de la calzada que se adaptan a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, se les considera como diseño mínimo.”

2.4.4.2 Curvas de transición.

Las curvas de transición en intersecciones tienen la misma funcionalidad que para camino abierto. Se proyectan normalmente entre una curva circular y una tangente y tienen como objetivo el proporcionar a los conductores una zona de cambio entre el tramo en línea recta (tangente) y el tramo con sobreelevación (curva).

Longitud de la espiral de transición. Las curvas espirales son las que mejor resultado brindan para realizar la transición de sección normal a sección sobre elevada. La longitud

de las curvas espirales en intersecciones se obtiene de la misma manera que para camino abierto, con la salvedad de que en intersecciones se pueden aceptar longitudes menores que en camino abierto ya que en éstas, los conductores aceptan cambios de dirección más rápidos.

Curvas circulares compuestas. Las curvas circulares representan otra alternativa para curvas en intersecciones y son apropiadas para dar forma a los enlaces dentro de éstas. Una curva circular compuesta se constituye de dos o más curvas circulares con distinto radio para obtener el cambio de dirección deseado. Cuando la diferencia del radio entre las curvas que componen la curva circular es muy pronunciada, se opta por colocar una curva espiral intermedia que suavice la transición. En caminos abiertos esta diferencia de radios se ha limitado a una relación de 1.5, pudiéndose en intersecciones llegar hasta 2, siendo 1.75 la relación más deseable.

Transiciones en los extremos de los enlaces. Los enlaces son los carriles separados que unen las distintas ramas en una intersección. Es conveniente que estos carriles tengan una transición de entrada y de salida suave, para hacer menos brusco el cambio de dirección de los vehículos y brindar mayor comodidad y seguridad. Las figuras 2.21 (11.42) y 2.22 (11.43) mostradas a continuación, esquematizan diferentes configuraciones para las transiciones de los enlaces que salen de un camino. Es importante notar que a mayor desplazamiento p , mayor longitud de transición se requiere, pero resulta más cómodo y seguro para los conductores.

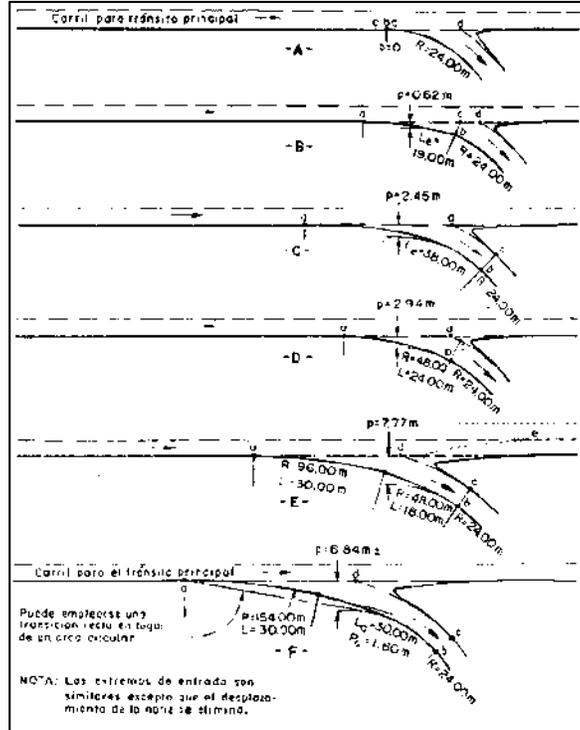


Figura 2.21. (Figura 11.42). Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 30 km/h. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 519.

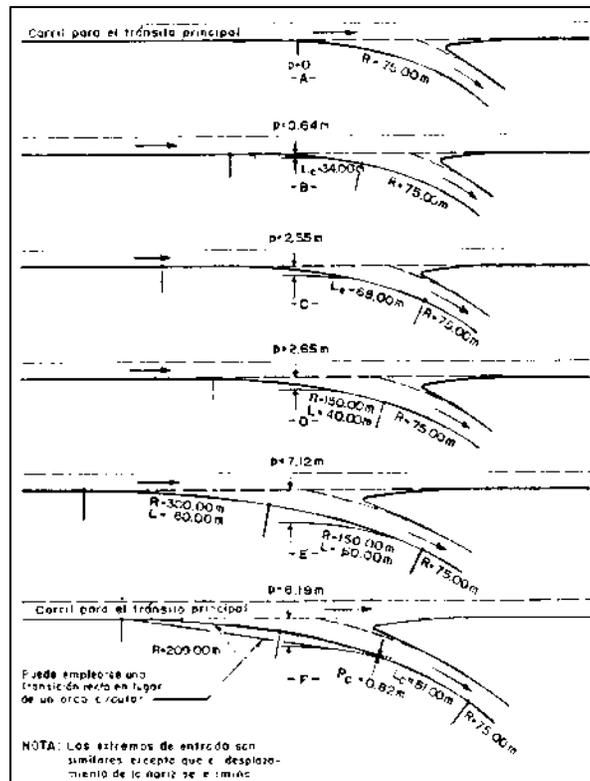


Figura 2.22. (Figura 11.43). Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 50 km/h. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 520.

2.4.4.3 Ancho de la calzada en los enlaces.

El ancho de la calzada en una intersección depende de múltiples factores como lo son: el volumen del tránsito y su composición, el vehículo de proyecto, los grados de curvatura, el tipo de operación que se tendrá en los enlaces y algunas otras consideraciones con respecto a la distancia entre el vehículo y las orillas de la calzada.

“Para fines de proyecto se consideran los siguientes tipos de operación:

- I. Operación en un solo sentido, con un solo carril y sin previsión para rebase.***
- II. Operación en un solo sentido, con un solo carril y con previsión de rebase a vehículos estacionados.***
- III. Operación en uno o en dos sentidos de circulación y con dos carriles.”***

El caso I se puede aplicar a enlaces relativamente cortos y con bajo tránsito vehicular.

El caso II puede aplicarse para tránsito moderado pero que no excedan la capacidad de enlaces de un solo carril. En este caso los rebases a vehículos estacionados pueden realizarse a bajas velocidades, ya que no están diseñadas específicamente para el rebase y el espacio adicional es limitado.

En la **figura 2.23 (figura 11.44)** se ilustran los casos anteriormente descritos.

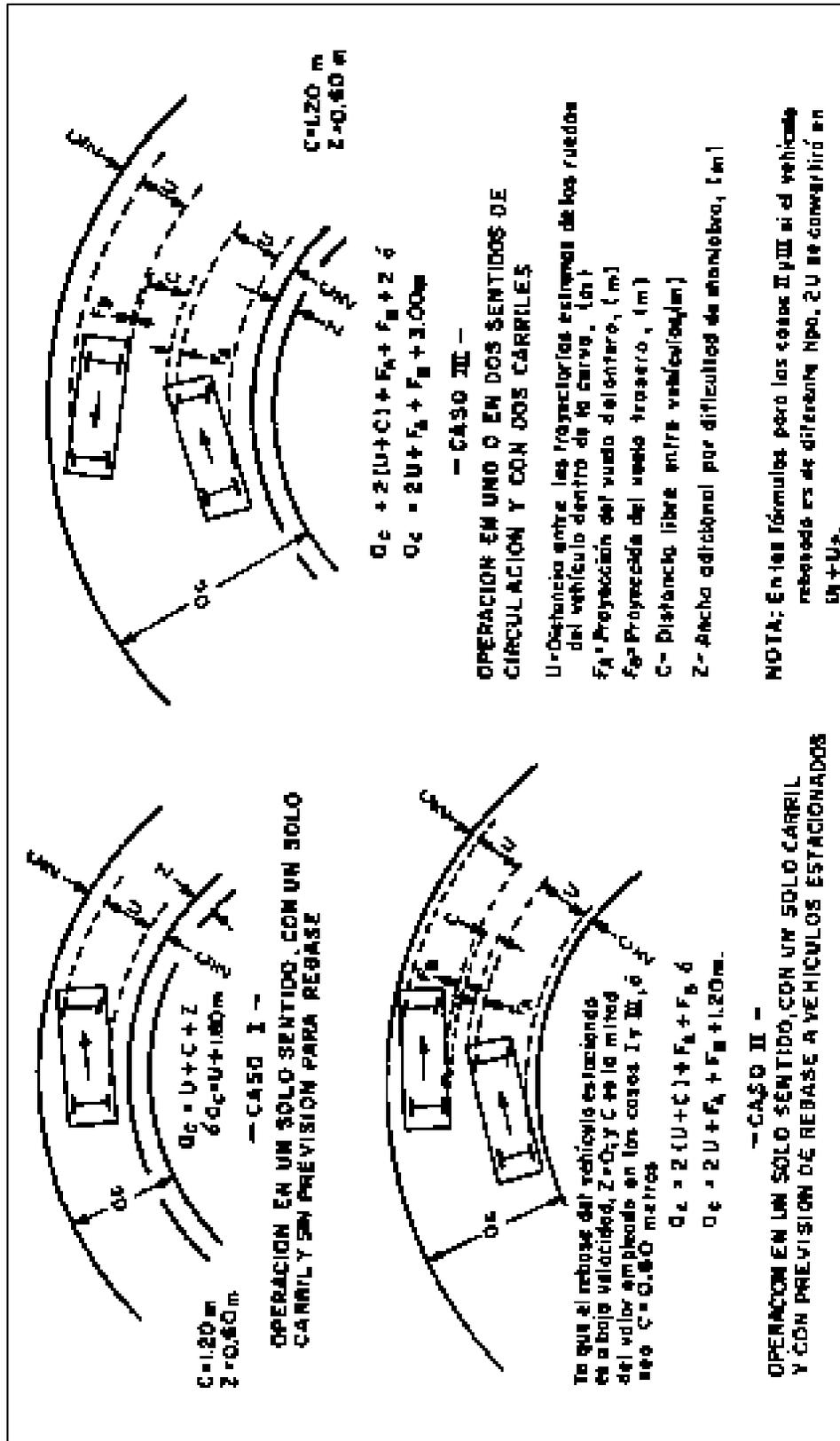


Figura 2.23. (Figura 11.44). Ancho de la calzada en los enlaces. Manual de proyecto geométrico de la SCT.

En el caso de la anchura de la calzada en curva a_c intervienen los siguientes elementos:

EV = Entrevía (metros).

U = Distancia entre las trayectorias extremas de las ruedas del vehículo dentro de la curva (metros).

RG = Radio de giro de la rueda delantera externa (metros).

DE = Distancia entre ejes del vehículo (metros).

FA = Proyección del vuelo delantero (metros).

R = Radio de la orilla interna de la calzada (metros).

FB = Proyección del vuelo trasero (metros).

V = Velocidad de proyecto (km/h).

C = Distancia libre entre vehículos (metros).

Z = Ancho adicional por dificultades de maniobra (metros).

Para determinar el ancho de calzada, es necesario conocer además del tipo de operación, el tipo de vehículos que operarán en el enlace. Para fines de proyecto se analizarán tres condiciones de tránsito, las cuales se describen a continuación:

Condición de tránsito A: Predominantemente vehículos de proyecto DE-335, pero con algunos camiones DE-610.

Condición de tránsito B: Un número suficiente de vehículos DE-610 como para gobernar el proyecto, pero con algunos semirremolques.

Condición de tránsito C: Suficientes vehículos DE-1220, o DE-1525 para gobernar el proyecto.

Para fines de proyecto se supone un tipo o tipos de vehículos por cada caso de operación en combinación con las diferentes condiciones de tránsito. Los tipos seleccionados se presentan en la siguiente tabla:

CASO DE OPERACION	CONDICIONES DE TRANSITO		
	A	B	C
Caso I.....	DE — 335	DE — 610	DE — 1220
Caso II.....	DE-335 — DE-335	DE-335 — DE-610	DE-610 — DE-610
Caso III.....	DE-335 — DE-610	DE-610 — DE-610	DE-1220 — DE-1525

La combinación de vehículos, por ejemplo DE-335 – DE-610 para el caso II y condición de tránsito B, significa que un vehículo DE-335 puede rebasar a un vehículo DE-610, o viceversa.

Recordemos que el hecho de proyectar para cierto vehículo no imposibilita a vehículos de dimensiones mayores circular por la vía, simplemente tendrían menor facilidad de maniobra y se realizaría la circulación con un espacio reducido. En la siguiente tabla se muestran los vehículos más grandes que pueden circular por los enlaces, de acuerdo con los vehículos de proyecto empleados para cada combinación de caso de operación y de condición de tránsito mostradas en la tabla anterior:

CASO DE OPERACION	CONDICIONES DE TRANSITO		
	A	B	C
Caso I.....	DE — 1220	DE — 1220	DE — 1525
Caso II.....	DE-335 -- DE-610	DE- 335 -- DE-1220	DE- 610 -- DE-1525
Caso III.....	DE-610 -- DE-1220	DE-1220 -- DE-1220	DE-1525 — DE-1525

En la tabla 2-B (tabla 11-H) mostrada a continuación se dan los valores de proyecto para las anchuras de calzada necesarias para cada caso de operación-condición de tránsito. En la parte inferior de la tabla, se incluye una serie de recomendaciones para modificar el ancho de la calzada de acuerdo con el tratamiento lateral que se dé a los enlaces.

La anchura de la calzada se modifica dependiendo de que exista acotamiento así como libertad para circular sobre él. En ocasiones puede llegar a reducirse o aumentarse, tal como se indica en la parte inferior de la **tabla 2-B (tabla 11-H)**.

R Radios de la orilla interna de la calzada, metros	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y sin previsión- para el rebase.			CASO II Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y con previsión- para el rebase a ve- hículos estacionados.			CASO III Operación en uno o dos sentidos de circuy- lación, y con dos ca- rriles.		
	CONDICION DE TRANSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	8.75	9.50	10.75	12.75
23.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	8.50	9.50	10.75
46.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	8.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25

Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de las orillas de la calzada.			
Guarnición ochafianada	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
Guarnición vertical Un lado	Aumentar 0.30 m	NINGUNA	Aumentar 0.30m
Doa lados	Aumentar 0.60m	Aumentar 0.30m	Aumentar 0.60m
Acotamiento, en uno o en ambos lados.	NINGUNA	Restar al ancho del acotamiento; Ancho mínimo de la calzada el del Caso I	Cuando el acotamiento sea de 1.20m o mayor, reducir 0.60 m

Tabla 2-B. (Tabla 11-H). Ancho de calzada en los enlaces. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 528.

2.4.4.4 Carriles de cambio de velocidad.

“Se llaman carriles cambio de velocidad, a aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada, con el objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, o puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse a una intersección.

De acuerdo con esta definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración.”

Los carriles de aceleración permiten a los conductores integrarse a un carril principal disminuyendo el riesgo de colisión debido a que aumentan el tiempo de decisión y brindan un espacio para que los vehículos que se integran, aumenten su velocidad para incorporarse de manera segura al flujo vehicular del carril principal.

Los carriles de desaceleración brindan a los conductores la posibilidad de disminuir su velocidad para desintegrarse de la vía principal e incorporarse a una vía secundaria.

Los factores comúnmente tomados en cuenta para la utilización de carriles cambio de velocidad son los siguientes:

- La velocidad.
- Volumen de tránsito.
- Capacidad.
- Tipo de camino y de servicio a proporcionarse.
- Disposición y frecuencia de las intersecciones.
- Incidencia de accidentes.

De acuerdo con experiencias y observaciones se ha llegado a las siguientes conclusiones con relación al empleo de carriles de cambio de velocidad:

- *Se requieren carriles de cambio de velocidad en caminos de alta velocidad y alto volumen de tránsito, en donde es necesario modificar la velocidad de los vehículos que se incorporan o dejan la corriente de tránsito principal.*
- *No todos los conductores usan los carriles de cambio de velocidad de la misma manera y algunos conductores los utilizan poco, pero en general estos carriles son utilizados lo suficiente para mejorar la seguridad y la operación del camino.*
- *El grado de utilización de los carriles de cambio de velocidad varía directamente con el volumen de tránsito; cuando los volúmenes de tránsito son altos la mayoría de los conductores los emplean para ejecutar sus cambios.*
- *Los carriles de desaceleración en los accesos de intersecciones a nivel, que también funcionan como carriles de espera o almacenamiento para el tránsito que va a dar vuelta, son especialmente ventajosos y en general la experiencia con ellos ha sido favorable. Estos carriles reducen el peligro de accidentes y aumentan la capacidad*

de la intersección. Un buen ejemplo de esto son los carriles adyacentes a la faja separadora central, los cuales proporcionan un lugar para los vehículos que esperan una oportunidad para dar vuelta, dejando así el carril o los carriles directos solo para el tránsito que sigue de frente.

- Los carriles de cambio de velocidad pueden tomar diferentes formas, dependiendo del alineamiento del camino, la frecuencia de las intersecciones y las distancias requeridas para efectuar el cambio de velocidad.
- Los carriles de desaceleración deben proyectarse de tal manera que den al conductor una indicación clara del lugar en donde se separa de la corriente principal, lo que se logra tanto con superficie de pavimento de color contrastante, como con señalamiento e iluminación. En la **figura 2.24 (figura 11.47)** se muestran algunos diseños típicos, de los cuales dos pertenecen a carriles de desaceleración.

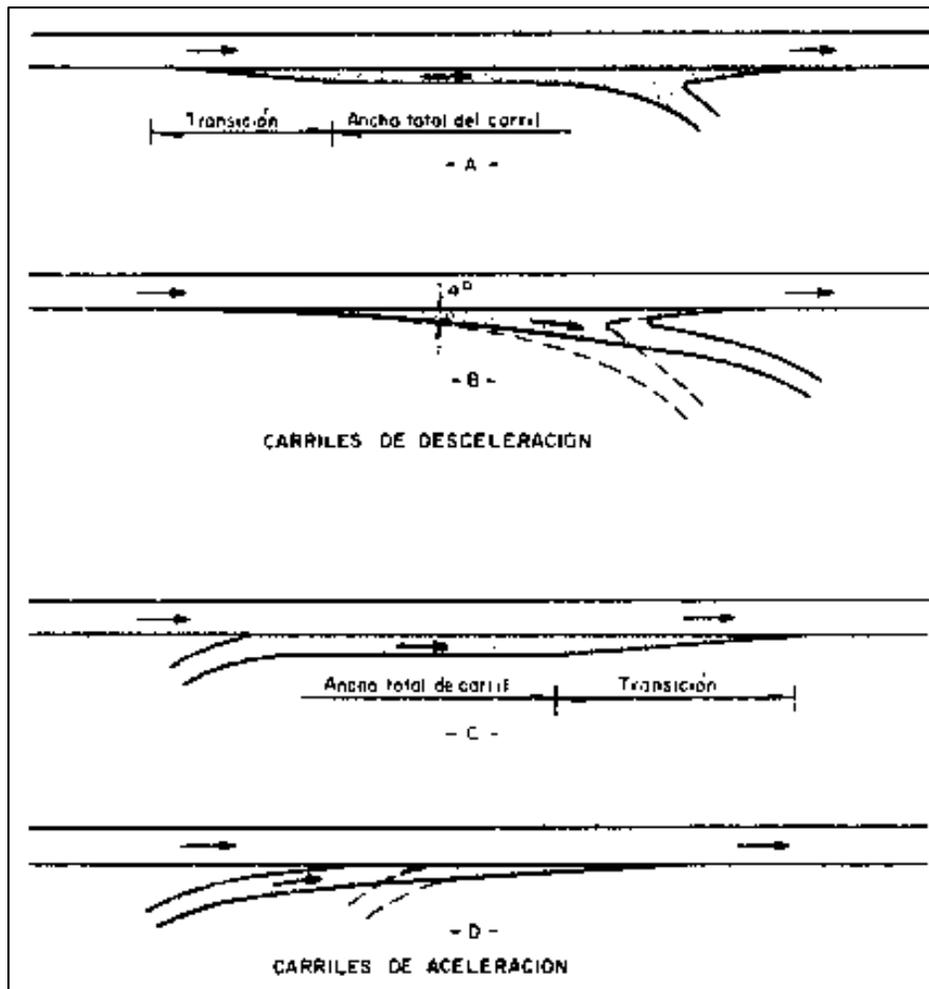


Figura 2.24. (Figura 11.47). Formas de carriles de cambio de velocidad. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 531.

El croquis 2.24-A (11.47-A) muestra un carril de desaceleración con una transición. Esto representa una trayectoria indirecta y llega a ser incómoda para los conductores debido a que se ha observado que éstos prefieren desincorporarse mediante carriles de desintegración más natural a su movimiento.

El croquis 2.24-B (11.47-B) muestra una trayectoria de desintegración directa. Ésta es preferida por los conductores debido a que el movimiento es natural y no tienen que lidiar con una curva inversa como en el caso anterior.

Las consideraciones para el proyecto de carriles de aceleración son similares a las de los carriles de desaceleración.

Los carriles de aceleración tienen una doble función:

1. Aumentar la velocidad de los vehículos antes de incorporarse al carril principal.
2. Aumentar el tiempo de decisión para que los conductores elijan el mejor momento para integrarse a la vía principal.

Anchura del carril de cambio de velocidad. Cuando el carril de cambio de velocidad queda paralelo al eje del camino, la anchura no deberá ser menor de 3.35 metros y preferentemente deberá tener 3.65 metros. Para el caso en que se utilicen carriles de desaceleración direccionales, como el mostrado en la figura 2.24-B (11.47-B), la anchura es variable dependiendo del enlace y de la forma y desplazamiento de la nariz. Se recomienda que la salida se inicie con una deflexión de 4°, para hacer notar el principio del carril de desaceleración.

En los carriles de aceleración direccionales, como los que se muestran en la figura 2.24-D (11.47-D), se procura que la transición sea uniforme con una relación de 50:1 para caminos de alta velocidad y de 20:1 hasta 50:1 para cualquier otro tipo de camino.

Longitud de los carriles de cambio de velocidad. La longitud de los carriles de desaceleración está basada en la combinación de tres factores:

- La velocidad a la que los conductores entran al carril adicional.
- La velocidad a la que los conductores salen después de recorrer el carril de desaceleración.
- La forma de desacelerar o los factores de la desaceleración.

Para fines de proyecto se supondrá que los conductores que van a entrar a los carriles de desaceleración viajan a la velocidad de marcha. Deberá colocarse un señalamiento apropiado antes del carril de desaceleración para informar a los conductores de la existencia de éste.

En la tabla 2-C (tabla 11-J) se muestran la longitud de los carriles de cambio de velocidad que deben utilizarse para proyecto.

Velocidad de proyecto en el enlace, km/h	Condición de parodo	25	30	40	50	60	70	80
Radio mínimo de curva, metros.		15	24	45	75	113	154	209

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de DESELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	64	45	—	—	—	—	—	—
60	54	100	85	80	70	—	—	—	—
70	61	110	105	100	90	75	—	—	—
80	69	130	125	120	110	95	85	—	—
90	77	150	145	140	130	115	105	80	—
100	84	170	160	160	145	135	125	100	—
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de ACELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	170	45	—	—	—	—	—	—
60	54	110	85	75	—	—	—	—	—
70	61	160	135	125	100	—	—	—	—
80	69	230	125	190	170	125	—	—	—
90	77	315	300	285	255	205	160	—	—
100	84	405	395	380	350	295	240	160	—
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180

Tabla 2-C. (Tabla 11-J). Longitud de los carriles de cambio de velocidad. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 537.

Para facilitar el flujo del tránsito en las intersecciones es de considerable ayuda un señalamiento adecuado. Las señales anticipadas a una salida que indiquen al tránsito que va a dar vuelta, mantener su derecha y al tránsito directo que mantenga su izquierda a

través de la intersección, disminuyen los conflictos y permiten al tránsito una mayor velocidad de operación.

2.4.4.5 Sobreelevación para las curvas en entronques.

La mayoría de los movimientos de vuelta en los entronques se realiza en presencia de otros vehículos, pues el tránsito en los enlaces se separa de o se une a un flujo directo; esto implica, que los conductores viajan más despacio en un entronque que en una curva de camino abierto del mismo radio; sin embargo, al proyectar se deberá considerar la velocidad que tendrán los vehículos en los periodos de bajo volumen de tránsito para lograr una operación segura, lo que hace indispensable proporcionar la sobreelevación necesaria para esta velocidad, en las curvas de los enlaces, particularmente cuando son pronunciadas y en pendiente.

Sobreelevaciones. En las curvas de los entronques, las sobreelevaciones máximas se determinan haciendo uso de los mismo factores generales que se aplican al camino abierto. Para enlaces con circulación en un solo sentido, el rango de la sobreelevación máxima es del 6% al 10%; este valor se puede incrementar hasta 12% cuando las condiciones del clima son favorables y tendrá que disminuir un 8% como máximo, cuando prevalezcan situaciones de nevadas o heladas.

La **tabla 2-D (tabla 11-L)** muestra las sobreelevaciones en enlaces para las diferentes velocidades de proyecto, valores que fueron obtenidos de una manera muy similar a los del camino abierto, se indica un rango de sobreelevación para cada combinación de velocidad de proyecto y radio de curvatura, debido a la extensa variación de velocidades probables sobre el enlace, que dependen del volumen de tránsito. En la tabla se consideró una sobreelevación máxima del 12% y deberán preferirse a los valores situados en la mitad superior o tercio superior del rango indicado. Una sobreelevación del 2% se considera mínima para efectos de drenaje.

RADIO (m)	GRADO DE CURVATURA	RANGO DE LA SOBREELEVACIÓN PARA CURVAS EN ENLACES CON VELOCIDAD DE PROYECTO DE:					
		25	30	40	50	60	70
15	76.4	0.02-0.12	—	—	—	—	—
25	45.8	0.02-0.07	0.02-0.12	—	—	—	—
45	25.5	0.02-0.05	0.02-0.08	0.04-0.12	—	—	—
70	16.4	0.02-0.04	0.02-0.06	0.03-0.08	0.06-0.12	—	—
95	12.1	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.06	0.05-0.09	0.08-0.12	—
130	8.8	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.05	0.04-0.07	0.06-0.09	0.09-0.10
180	6.4	0.02	0.02-0.03	0.02-0.04	0.03-0.05	0.05-0.07	0.07-0.09
300	3.8	0.02	0.02-0.03	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05	0.05-0.04
450	2.5	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04	0.04-0.05
600	1.9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03	0.03-0.04
900	1.3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02-0.03

NOTA: Deberán preferirse los valores situados en la mitad superior a el tercio superior del rango indicado.

Tabla 2-D. (Tabla 11-L). Sobreelevaciones para curvas en los enlaces. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 542.

2.4.4.6 Distancia de visibilidad.

El tema de distancia de visibilidad dentro del apartado de intersecciones, toma muchos de los criterios analizados en el diseño geométrico de un camino, aunque es conveniente conocer los aspectos que se toman en cuenta en una intersección para realizar buenos diseños. A continuación se explican estos aspectos.

Distancia de visibilidad en los enlaces. El factor que se utiliza para controlar la visibilidad en los enlaces es la distancia de visibilidad de parada. Dado que los enlaces suelen tener poca longitud, no debe permitirse el rebase aunque sean de doble sentido de circulación.

1. **Distancia mínima de visibilidad de parada.** Utilizando el mismo método de cálculo que en la distancia de visibilidad de parada para camino abierto, se presenta a

continuación una tabla donde se muestran las distancias mínimas de visibilidad de parada en metros para distintas velocidades de proyecto. Se utilizó un tiempo de reacción de 2.5 segundos y coeficientes de fricción que varían de 0.420 a 0.325 para velocidades de 25 a 70 km/h.

Velocidad de proyecto (km/h)	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia mínima de visibilidad de parada (m)	25	35	50	65	80	95	110	140	165	200

TABLA 11-O. DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD DE PARADA EN LOS ENLACES

Tabla 2-E. (Tabla 11-O). Distancia mínima de velocidad de parada en los enlaces. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 546.

2. **Longitud mínima de las curvas verticales.** Recordemos que dentro de la geometría de un camino, las curvas verticales eran parte de los elementos más peligrosos y que influían de manera directa en la distancia de visibilidad de un camino abierto. Lo mismo sucede en una intersección si es que posee alguna curva vertical dentro de ella. La longitud mínima de las curvas verticales se sigue basando en la distancia necesaria para que el conductor, desde una altura de ojo de 1.14 metros, vea un objeto de 0.15 metros de altura.

“Para velocidades menores de 60 km/h las curvas verticales en columpio, cuya longitud está regida por el criterio de los faros de los vehículos, teóricamente deberían ser de un 25 a un 60% más largas que las curvas en cresta.”

Lo anterior queda un poco de lado debido a que la velocidad de proyecto en la mayoría de los enlaces queda gobernada por el alineamiento horizontal, donde los radios de curva suelen ser reducidos, entonces el haz de luz emitido por los faros de los vehículos no sirve de mucho ya para controlar las distancias de visibilidad, por lo que para fines prácticos, las longitudes de los columpios en el alineamiento vertical, suelen ser las mismas que para las crestas.

2.4.5 Entronques a nivel.

Un entronque a nivel implica la realización de un proyecto que permita al conductor efectuar oportunamente las maniobras necesarias para la incorporación o cruce de las corrientes de tránsito.

Los tipos generales de entronques a nivel se ilustran en la figura 2.25 (figura 11.65). Las formas que adoptan éstos son de tres ramas, de cuatro ramas, de ramas múltiples y de tipo glorieta. Una clasificación más amplia incluiría otras variedades como entronques simples, con carriles adicionales y canalizados.

Numerosos factores entran en la selección del tipo de entronque y en el tamaño del mismo. Los de mayor importancia son el volumen horario de proyecto de los caminos que se intersectan, su índole y composición y la velocidad de proyecto. Las características del tránsito y la velocidad de proyecto afectan muchos detalles del diseño, pero tratándose de seleccionar el tipo de entronque, revisten menos importancia que el volumen de tránsito. Los volúmenes de tránsito, actuales y futuros, son de suma importancia respecto a los movimientos directos y de vuelta.

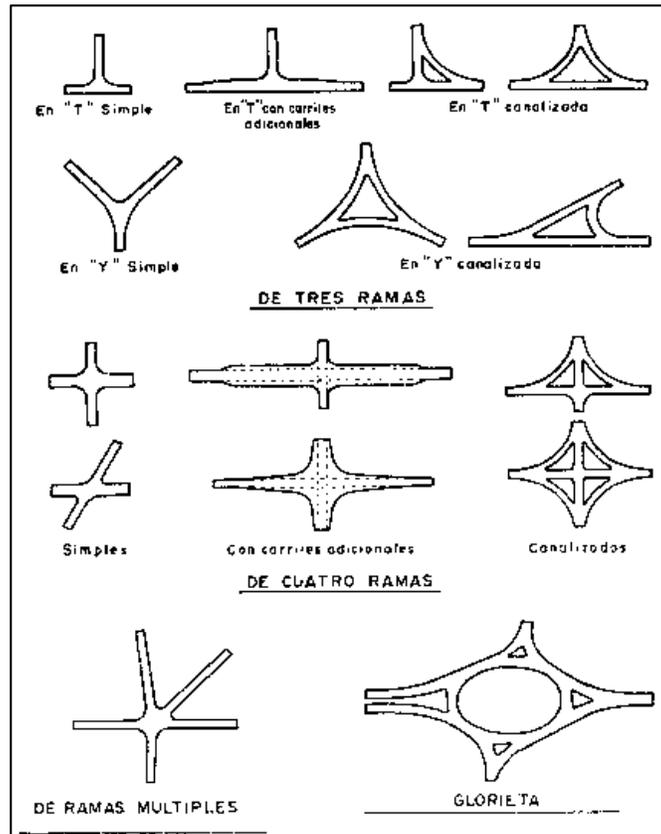


Figura 2.25. (Figura 11.65). Tipos generales de entronques a nivel. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 574.

2.4.5.1 Alineamientos de los entronques.

Los entronques presentan áreas de conflicto y constituyen por ende, peligros potenciales. El alineamiento y las condiciones del cruce deben, por tanto, permitir al conductor discernir con claridad sobre las maniobras necesarias para pasar por un entronque con plena seguridad, ocasionando mínima interferencia. Para ello, el alineamiento horizontal deberá ser lo más recto y el vertical con las mínimas pendientes posibles. De la misma manera, la distancia de visibilidad deberá ser igual o mayor al mínimo asignado para condiciones específicas de entronques. De otra manera, resulta difícil para el conductor prever los actos de los otros conductores, o percibir los mensajes de los dispositivos de control y manejar al mismo tiempo su propio vehículo.

Modificaciones al alineamiento horizontal. Independientemente del tipo de entronque, es conveniente tanto desde el punto de vista de seguridad como de la economía, que los caminos se crucen en un ángulo de lo más próximo a 90°, pues en aquellos que se intersectan con esviajamiento se limita la visibilidad, especialmente a los vehículos pesados.

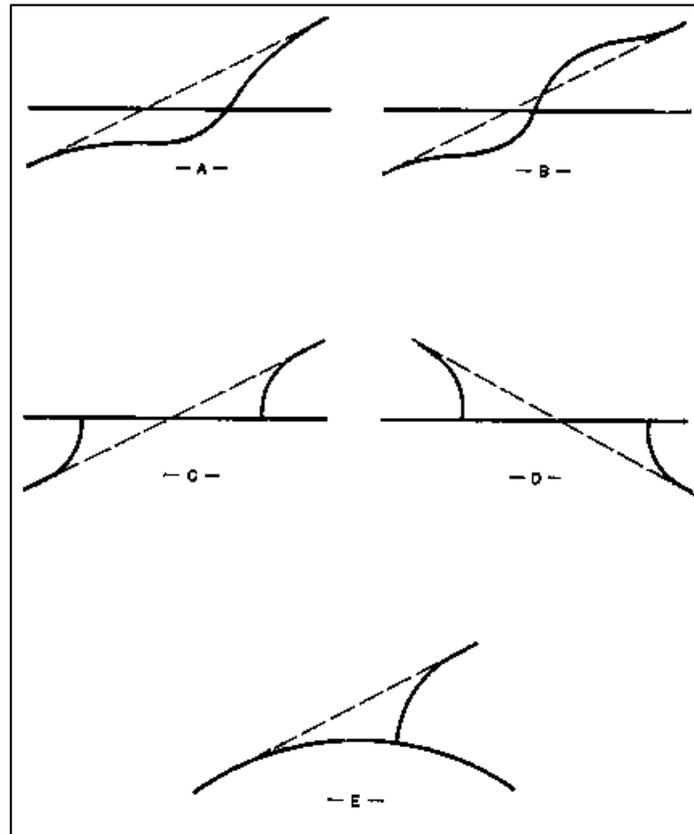


Figura 2.26. (Figura 11.66). Modificaciones al alineamiento horizontal. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 576.

Si bien es preferible efectuar un cruce en ángulo recto, es permisible cierto esviamiento. Los ángulos de esviamiento hasta de 30°, producen solo una pequeña disminución en la visibilidad que no amerita realineamiento.

Modificaciones al alineamiento vertical. En los entronques donde se instalen señales de ceda el paso o de alto, o semáforos, las pendientes deben ser las menores posibles en los tramos empleados para almacenar los vehículos que se detienen momentáneamente.

Las pendientes mayores del 3% deberán quedar eliminadas de los entronques; cuando las condiciones hagan tal abatimiento excesivamente costoso, la pendiente no deberá exceder del 6%, haciéndose los correspondientes ajustes en los factores del proyecto.

2.4.5.2 Tipos de entronques a nivel.

En cada caso particular, el tipo de un entronque a nivel se halla determinado tanto por la topografía y el uso de tierra, como por las características del tránsito y el nivel de servicio deseado.

Entronques de tres ramas. Las formas básicas de entronques de tres ramas, aparecen ilustradas en las figuras 2.27 (11.69) a 2.31 (11.73). Estos entronques pueden adoptar la forma de “T” o de “Y”; cualquiera que ésta sea, los principios generales de diseño son aplicables a ambos casos.

Dentro de los entronques de tres ramas encontramos los siguientes ejemplos:

- Entronques simples y con carriles adicionales.
- Entronques canalizados.
- Entronques canalizados con circulación en los enlaces en ambos sentidos.
- Entronques con alto grado de canalización.

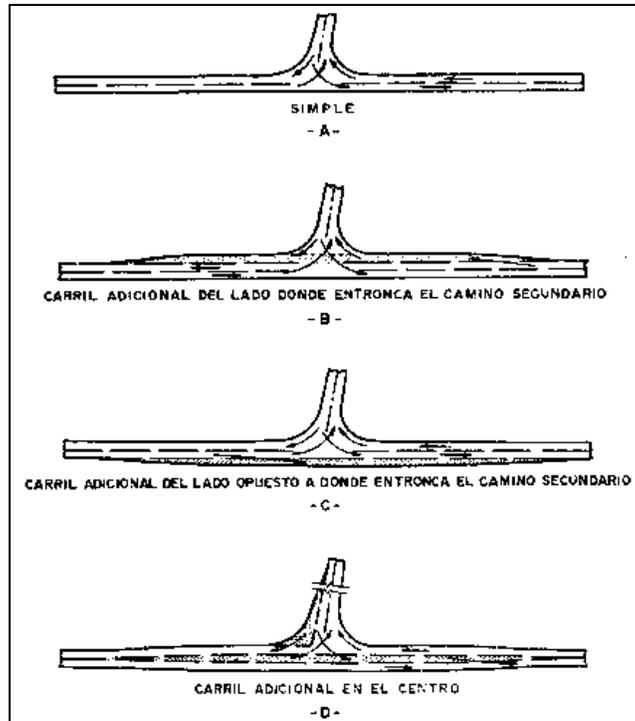


Figura 2.27. (Figura 11.69). Entronque en "T", simple Y con carril adicional. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 582.

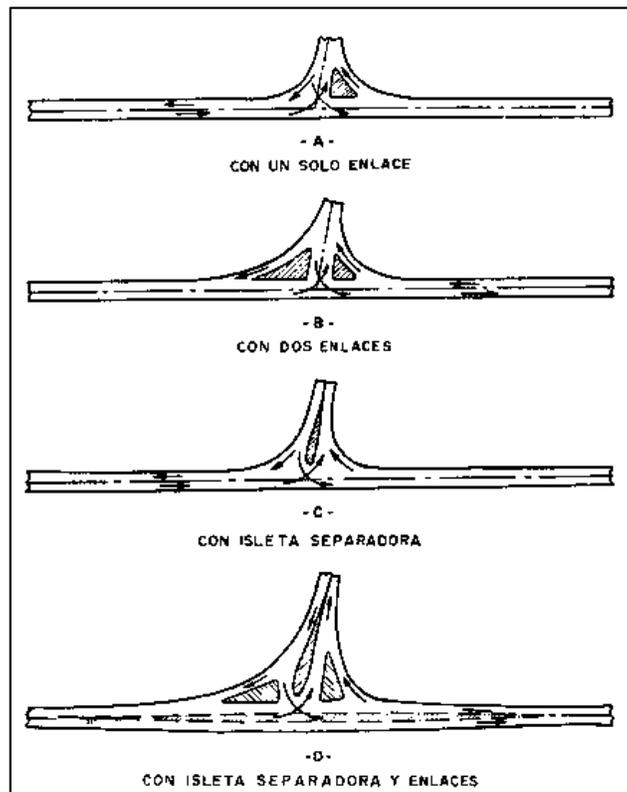


Figura 2.28. (Figura 11.70). Entronque en "T", canalizados. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 584.

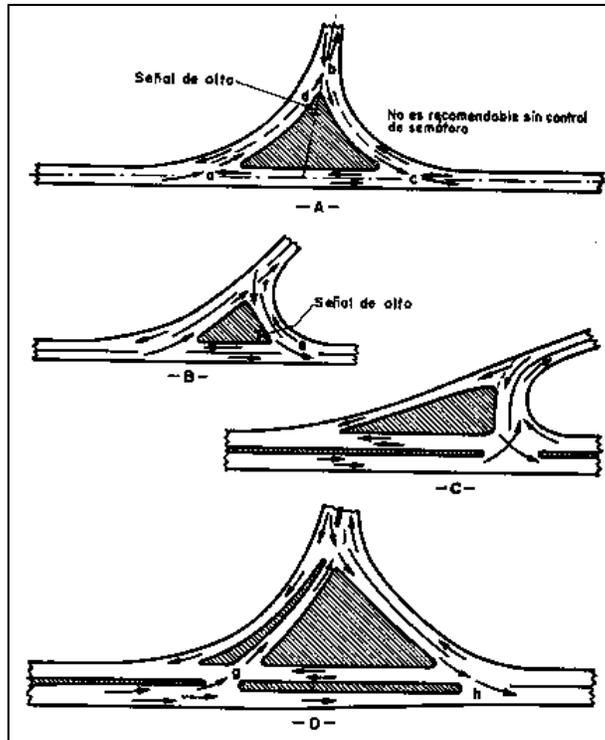


Figura 2.29. (Figura 11.71). Entronques de tres ramas, canalizadas, con circulación en los enlaces en ambos sentidos. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 585.

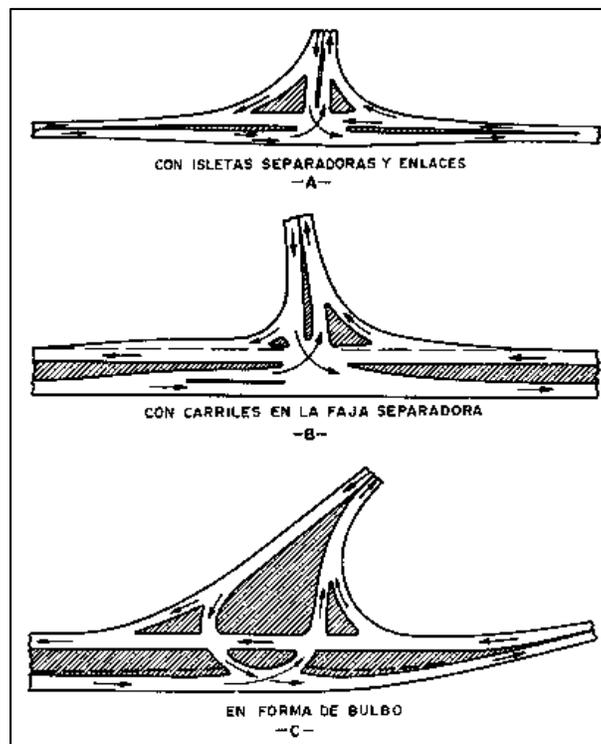


Figura 2.30. (Figura 11.72). Entronques de tres ramas, con alto grado de canalización. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 587.

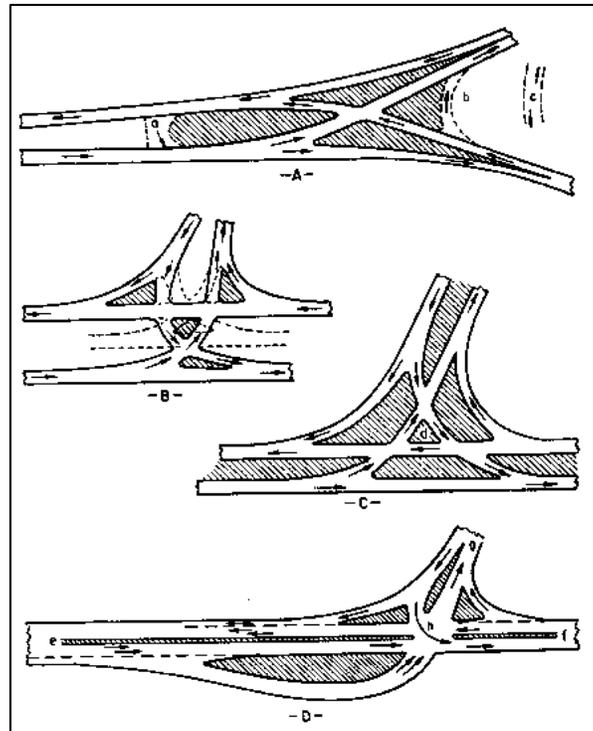


Figura 2.31. (Figura 11.73). Entronques de tres ramas, con alto grado de canalización. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 589.

Entronques de cuatro ramas. En las figuras 2.32 (11.74) a 2.35 (11.77) aparecen las formas básicas de entronques de cuatro ramas. Los principios generales de diseño, la disposición de las isletas y el uso de las áreas auxiliares de pavimento, así como la mayor parte de lo expuesto respecto a entronques de tres ramas, se aplican igualmente a los de cuatro ramas.

Algunos ejemplos de entronques de cuatro ramas se mencionan a continuación:

- Entronques simples y con carriles adicionales.
- Entronques canalizados.
- Entronques con alto grado de canalización.

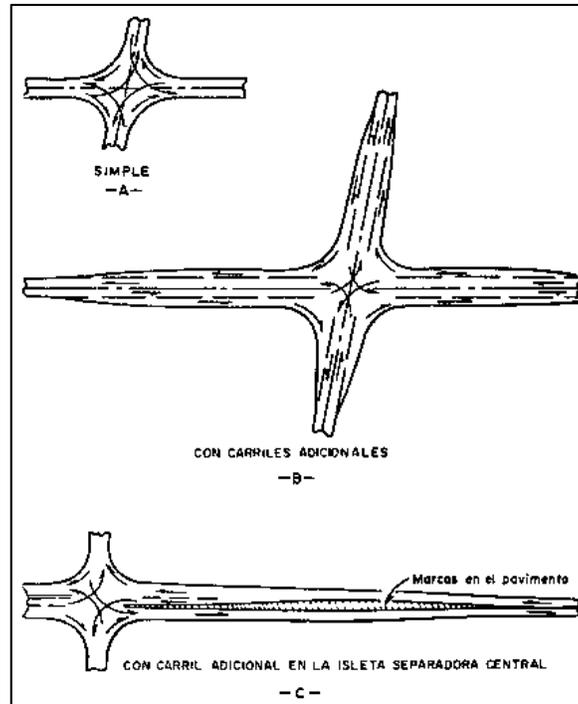


Figura 2.32. (Figura 11.74). Entronques de cuatro ramas simples y con carriles adicionales. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 591.

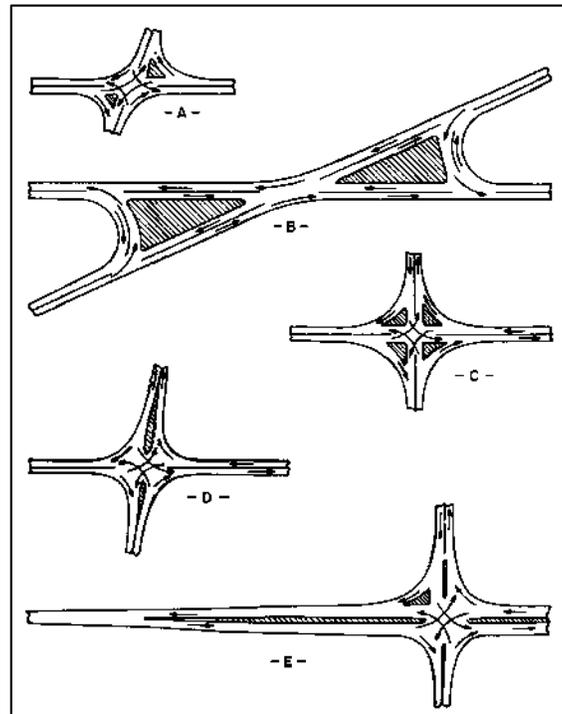


Figura 2.33. (Figura 11.75). Entronques canalizados de cuatro ramas. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 593.

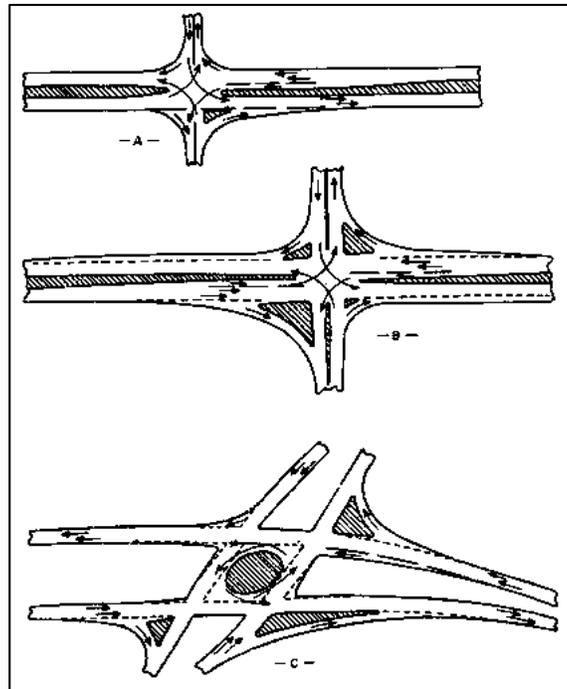


Figura 2.34. (Figura 11.76). Entronques de cuatro ramas, con alto grado de canalización. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 594.

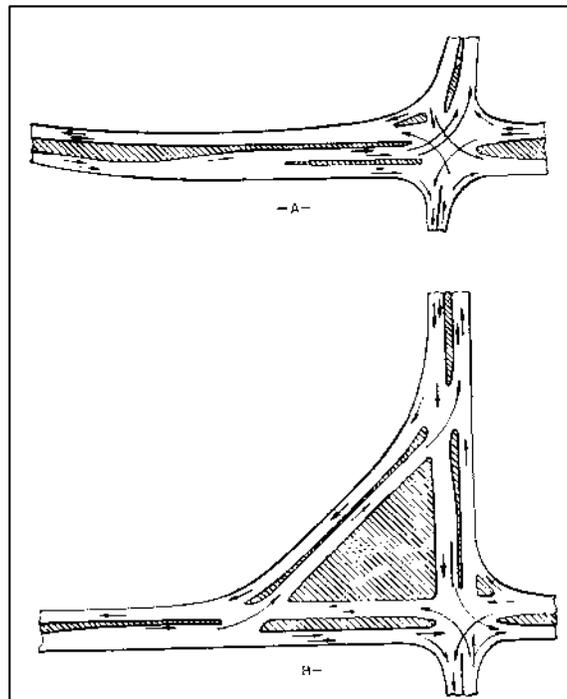


Figura 2.35. (Figura 11.77). Entronques de cuatro ramas, con alto grado de canalización. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 596.

Entronques de ramas múltiples. Pertenecen a esta clasificación aquellos entronques con cinco o más ramas. Estos entronques deben ser evitados siempre que sea posible. Cuando los volúmenes sean ligeros y exista control de alto, puede resultar conveniente que todas las ramas se intersecten en un área común pavimentada en su totalidad. Con excepción de los cruces de menor importancia, puede incrementarse la seguridad y eficiencia del entronque, mediante reacondicionamientos que alejen de la intersección principal algunos conflictos. Esto se logra realineando una o más ramas y canalizando algunos de los movimientos a los entronques secundarios adyacentes, como se muestra en la siguiente figura:

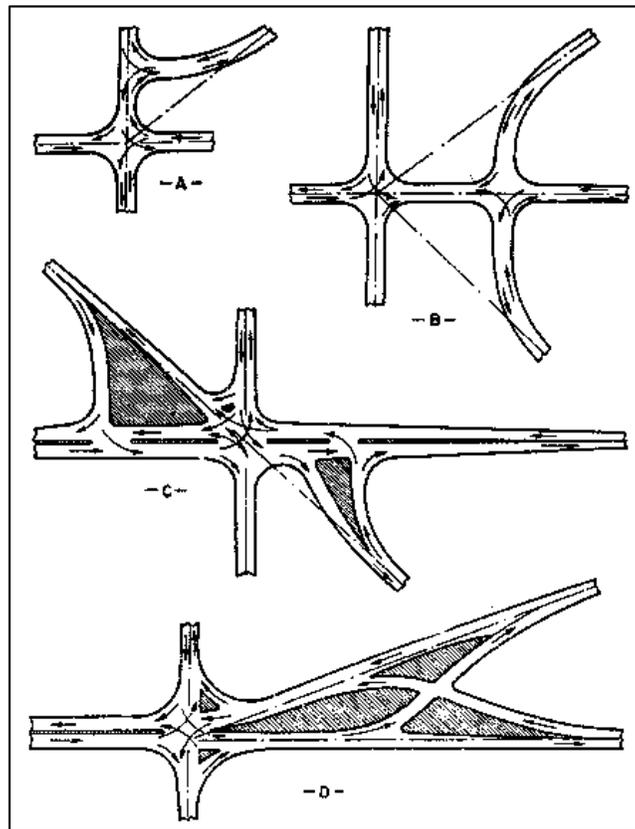


Figura 2.36. (Figura 11.78). Entronques de ramas múltiples. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 598.

2.4.5.3 Glorietas.

Las glorietas son una forma especial de los entronques a nivel. Su proyecto abarca muchos de los elementos discutidos anteriormente, aquí se analizan únicamente los elementos adicionales aplicables al diseño de glorietas. La **figura 2.37 (figura 11.79)** presenta la nomenclatura correspondiente a las mismas.

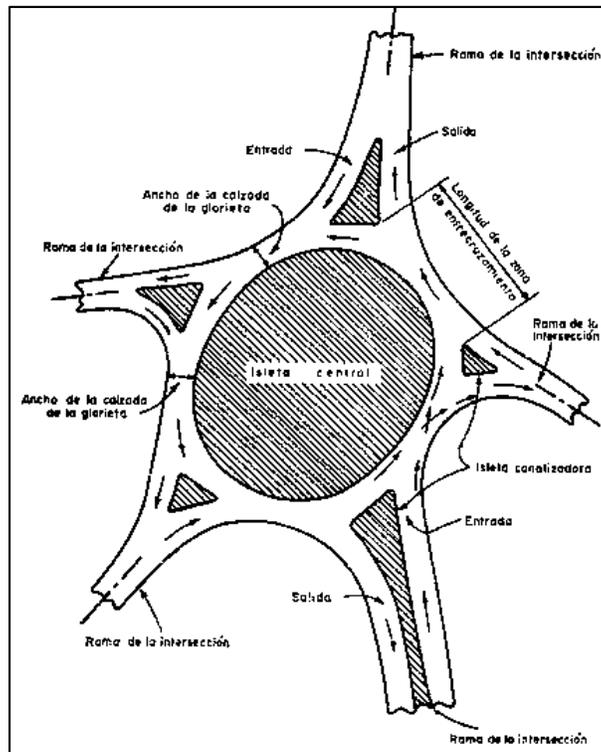


Figura 2.37. (Figura 11.79). Términos empleados en el proyecto de glorietas. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 599.

Ventajas y desventajas de las glorietas. Las glorietas tienen algunas ventajas sobre otros tipos de entronque a nivel de la misma capacidad, pero presentan desventajas que limitan grandemente su uso.

Ventajas.

- *La circulación en un solo sentido dentro de las glorietas da por resultado un movimiento de tránsito continuo y ordenado. Normalmente, todo el tránsito se mueve simultánea y continuamente a baja velocidad. Cuando se trata de escasos*

volúmenes, se producen muy pocos retrasos debido a reducciones de velocidad y ninguna demora por paradas.

- *Los movimientos usuales de cruces oblicuos de los entronques a nivel se reemplazan por entrecruzamientos. Los conflictos por cruce directo quedan por lo tanto eliminados, ya que el tránsito en todos los carriles converge o diverge formando ángulos pequeños. Los accidentes ocasionados por tales movimientos son de poca importancia y constituyen en su mayoría, daños a la propiedad únicamente.*
- *Todas las vueltas pueden efectuarse con facilidad, si bien se produce una longitud adicional de recorrido para todos los movimientos, exceptuando las vueltas derechas.*
- *Las glorietas son especialmente adecuadas para entronques de cinco o más ramas.*
- *Una glorieta normalmente, cuesta menos que un entronque a desnivel, que pudiera construirse en la misma área.*

Desventajas.

- *La capacidad de una glorieta es inferior a la de un entronque correctamente canalizado.*
- *Las glorietas no operan satisfactoriamente cuando los volúmenes de tránsito de dos o más de las ramas de la intersección, se aproximan simultáneamente a su capacidad, particularmente si son caminos de cuatro o más carriles.*
- *Las glorietas necesitan mayor derecho de vía y mayor superficie de rodamiento, resultando generalmente más costosas que otros entronques a nivel.*
- *Las grandes áreas que se requieren para construir las glorietas impiden su uso en zonas congestionadas.*
- *Debido a que el área requerida debe ser relativamente plana, el uso de las glorietas se ve restringido a zonas con esa topografía.*
- *No son adecuadas en aquellos lugares donde existe un movimiento grande de peatones a través de la intersección, ya que su paso interrumpe el tránsito de vehículos. En algunos casos, en zonas urbanas, las glorietas operan mediante semáforos. Lo que anula el principio básico de las glorietas, que es la circulación continua.*
- *Las glorietas requieren grandes dimensiones cuando los caminos que forman la intersección son para alta velocidad, y ello es debido a que necesitan una longitud de entrecruzamiento muy larga, o bien cuando la intersección está formada por más*

de cuatro ramas; en estos casos, deberá compararse el tiempo de recorrido en la glorieta con los tiempos de espera en un entronque canalizado, especialmente respecto a los movimientos de vuelta.

- Para obtener una operación segura y eficiente en una glorieta son necesarias numerosas señales, las cuales deberán prestar un servicio tanto durante el día como la noche. Resulta difícil obtener un señalamiento adecuado que no confunda a los conductores no familiarizados con la zona. Generalmente se necesita iluminación y paisaje, cuyo costo deberá considerarse en el estudio comparativo con una alternativa de entronque canalizado.
- Las glorietas no pueden adaptarse fácilmente a un desarrollo por etapas. Intentarlo conduce a un proyecto excesivo para las condiciones de tránsito iniciales.
- Para que una glorieta funcione satisfactoriamente, deberán controlarse las entradas y las salidas.

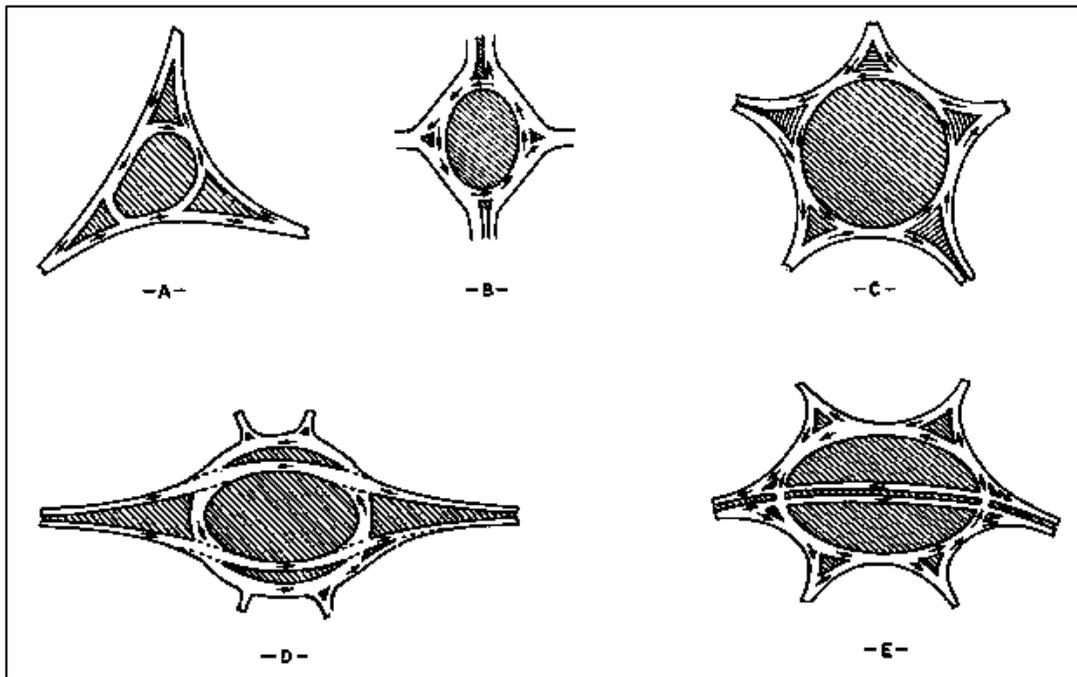


Figura 2.38. (Figura 11.82). Tipos de glorietas. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 610.

2.4.6 Entronques a desnivel.

Es obvio que un entronque a desnivel es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones. Pero debido a su alto costo inicial, su empleo se limita a aquellos casos en que pueda justificarse ese costo. Una enumeración de los requisitos que justifican una solución a desnivel es difícil y en algunos casos no pueden establecerse conclusiones.

Ventajas.

Las principales ventajas de los entronques a desnivel son:

- *La capacidad de la rama para el tránsito directo puede hacerse igual o casi igual a la capacidad del camino.*
- *Se proporciona mayor seguridad al tránsito directo y al que da vuelta a la izquierda. El Tránsito que de vuelta a la derecha hace la misma maniobra que en los entronques a nivel, pero generalmente con mucha mayor facilidad, lo que también se traduce en una mayor seguridad.*
- *Las paradas y los cambios apreciables de velocidad se eliminan para el tránsito directo. En un entronque proyectado adecuadamente los usuarios que dan vuelta, generalmente reducen un poco la velocidad. La continuidad del tránsito se traduce en grandes ahorros de tiempo y en los costos de operación de los vehículos, además de aumentar notablemente la comodidad de los conductores.*
- *El proyecto de la separación de niveles es flexible y puede adaptarse a casi todos los ángulos y posiciones de los caminos que se intersectan.*
- *Generalmente los entronques a desnivel se adaptan a la construcción por etapas. Puede construirse una estructura con una o más rampas de manera de formar una unidad completa y añadir más enlaces en etapas posteriores. En entronques direccionales pueden omitirse inicialmente una o más estructuras y añadirlas conforme se requiera.*
- *La separación de niveles es una parte esencial de las vías rápidas y las autopistas.*

Desventajas.

Las principales desventajas de los entronques a desnivel están relacionadas con consideraciones económicas y con el aspecto práctico de obtener proyectos óptimos en

áreas con derecho de vía restringido y en terreno difícil. Las principales desventajas son las siguientes:

- *Los entronques a desnivel son costosos. La ingeniería de proyecto, el derecho de vía, la construcción y el mantenimiento de estos entronques cuesta más que los correspondientes entronques a nivel.*
- *Los entronques a desnivel no son absolutamente seguros en cuando a la operación del tránsito. El trazo puede confundir a algunos conductores, especialmente cuando el entronque no tiene completo el conjunto de rampas y cuando los usuarios no están familiarizados con él. Sin embargo, conforme aumenta la experiencia del conductor con los entronques, aumenta su eficiencia.*
- *Cuando el proyecto implique un paso inferior, es conveniente dar desde el principio el ancho definitivo de la estructura, pues generalmente es lo más económico cuando se trata de una sola estructura, ya que de haber ampliación no se presta para construirla por etapas. Cuando se trata de un paso superior, la construcción por etapas puede ser una solución económica.*
- *Una separación de niveles puede involucrar crestas y columpios inconvenientes en el perfil de uno o de los dos caminos que se intersectan, especialmente si la topografía es plana. Los accesos tan largos que se requieren en terreno plano, pueden resultar costosos, generalmente no son atractivos e introducen un elemento de peligro debido a la reducción en la distancia de visibilidad.*

2.4.6.1 Factores por considerar en la justificación de entronques a desnivel.

Entre los factores a considerar que deben analizarse en el estudio de un entronque a desnivel están incluidos principalmente los volúmenes de tránsito y su operación, condiciones del lugar, el tipo de camino, la seguridad y los aspectos económicos.

- ***Tránsito y operación.*** El factor más importante que puede justificar un entronque a desnivel es el volumen de tránsito.
- ***Condiciones del lugar.*** En algunos sitios, el entronque a desnivel puede ser lo más económico. La topografía puede ser tal que haga incosteable cualquier otro tipo de intersección que cumpla con las especificaciones. Cuando se tiene un terreno en lomerío los entronques a desnivel generalmente se adaptan al terreno natural.

- **Tipo de camino.** La necesidad de disponer en el futuro, de tránsito continuo o de un control de acceso total entre dos terminales dadas de una carretera, puede ser un requisito que justifique construir entronques a desnivel en los caminos que intersectan al camino principal.
- **Seguridad.** Independientemente de los volúmenes de tránsito, una alta incidencia de accidentes en una intersección a nivel puede justificar el proyecto de un entronque a desnivel. La separación de niveles para los tránsitos directos disminuye la posibilidad de accidentes entre ellos, prevaleciendo una pequeña posibilidad de accidentes fuera de la calzada si el ancho de la estructura es reducido. Un entronque a desnivel reduce los conflictos entre el tránsito directo y el que da vuelta, sustituyéndolos por los menos peligrosos de incorporación y separación en las zonas de entrecruzamiento.
- **Factores económicos.** Se mencionó anteriormente que para ciertos tipos de topografía los entronques a desnivel se adaptan mejor al terreno natural, obteniéndose, además de mejores características, una reducción en el costo inicial de construcción.

2.4.6.2 Tipos de entronques a desnivel.

El tipo de entronque a desnivel está determinado principalmente por el número de ramas de la intersección, por los volúmenes probables del tránsito directo y del que da vuelta, por la topografía y por las estructuras existentes.

Los tipos generales de entronques a desnivel que se ilustran en la **figura 2.39 (figura 11.83)**, se designan de acuerdo con la forma que adoptan más que por el número de ramas.

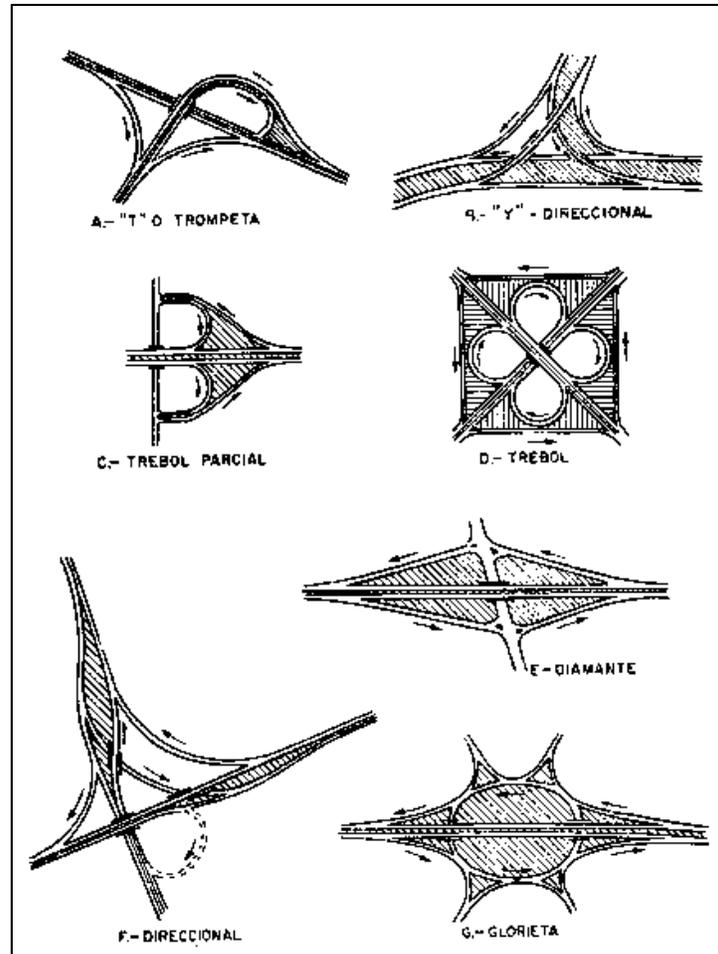


Figura 2.39. (Figura 11.83). Tipos generales de entronques a desnivel. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 615.

2.4.6.3 Accesos a un entronque a desnivel.

Un entronque a desnivel debe tener el mismo grado de eficiencia que los caminos que forman la intersección; por lo tanto las especificaciones relativas a la velocidad de proyecto, alineamientos y sección transversal en el área del entronque, deben ser congruentes con las especificaciones de los caminos.

Alineamientos horizontal y vertical y sección transversal. Las normas generales para los alineamientos vertical y horizontal deben apearse en lo posible a las que se aplican para caminos abiertos.

Distancia de visibilidad. La distancia de visibilidad en las carreteras a través de un entronque a desnivel debe ser cuando menos igual a la distancia de visibilidad de parada y de preferencia mayor.

2.4.6.4 Rampas.

El término rampa incluye todas las disposiciones y tamaños de los enlaces que conectan dos ramas de una intersección a desnivel. Generalmente las especificaciones para el alineamiento horizontal y vertical de las rampas son menores que aquellas para los caminos que se intersectan, pero en algunos casos pueden ser iguales.

Tipos de rampas. La figura 2.40 (figura 11.85) ilustra las formas y características de varios tipos de rampas; existen numerosas variaciones en la forma, pero cada una puede clasificarse dentro de uno de los tipos mostrados.

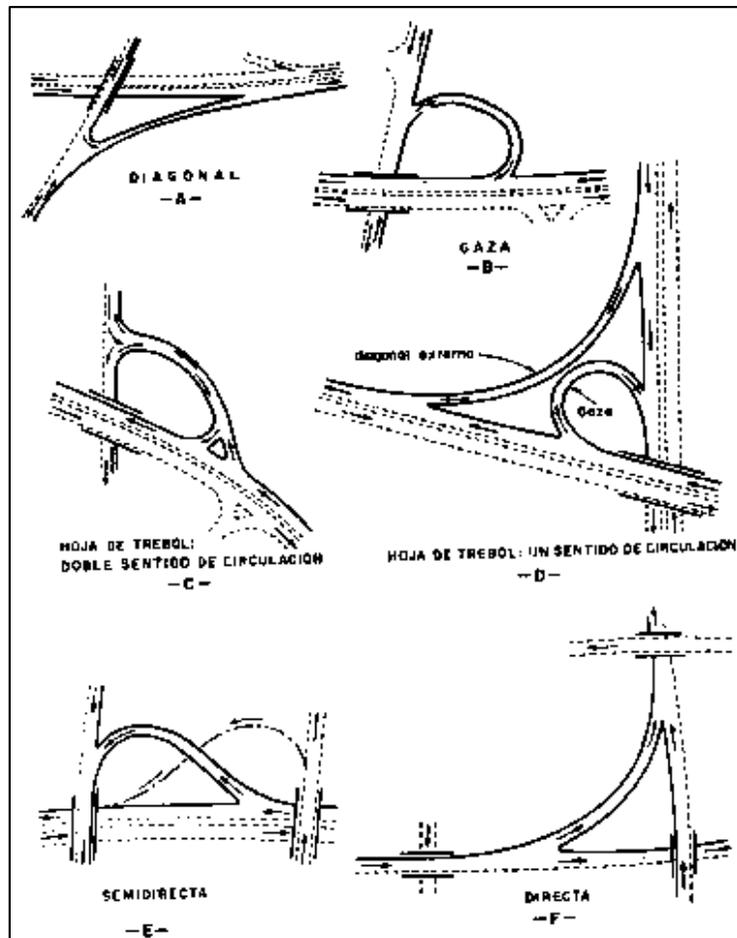


Figura 2.40. (Figura 11.85). Tipos de rampas. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 621.

Velocidad de proyecto. Raras veces es posible proporcionar en las rampas las mismas velocidades de proyecto que en el camino abierto, pero deberán estar relacionadas entre sí.

En la **tabla 2-F (tabla 11-T)** se indican los valores de la velocidad de proyecto en los extremos de las rampas para los diferentes valores de la velocidad de proyecto de los caminos que se intersectan.

Velocidad de proyecto en la carretera en km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Velocidad de proyecto en los extremos de la rampa km/h	30	40	45	55	65	70	80	85	90

Tabla 2-F. (Tabla 11-T). Velocidad de proyecto en los extremos de la rampa. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 622.

2.4.7 Pasos.

En todo camino existe la necesidad de permitir el cruzamiento de personas, de animales y de los diferentes medios de transporte. El proyecto y la ubicación de los pasos requiere de un estudio que considere las características particulares de cada caso con el objeto de definir el tipo de obra conveniente a fin de controlar el cruzamiento de manera que se obtengan condiciones de seguridad tanto para el usuario del camino como para el que cruza, evitándose con esto los cruzamientos anárquicos. Dentro del tipo de pasos que se suelen considerar para estos fines están los pasos para peatones, ganado, maquinaria agrícola, vehículos y ferrocarriles, los cuales pueden ser a nivel o a desnivel.

2.4.7.1 Pasos a nivel.

Paso a nivel es el cruzamiento a una misma elevación de un camino con personas, animales u otra vía terrestre.

Pasos para peatones. La figura 2.41-A (figura 11.88-A) muestra el caso más frecuente de diseño de paso para peatones, el cual consiste en proporcionar unas fajas de seguridad marcadas en el pavimento por medio de rayas blancas y continuas, con ancho variable entre 0.15 m. y 0.25 m.

Pasos para ganado. En algunas ocasiones el camino atraviesa por zonas ganaderas, en donde existe el riesgo de que los animales crucen el camino de una forma anárquica, lo cual debe evitarse controlando el cruce instalando cercas en el límite del derecho de vía que permitan el paso en puntos específicos por medio de puertas, tal como se indica en la figura 2.41-B (figura 11.88-B).

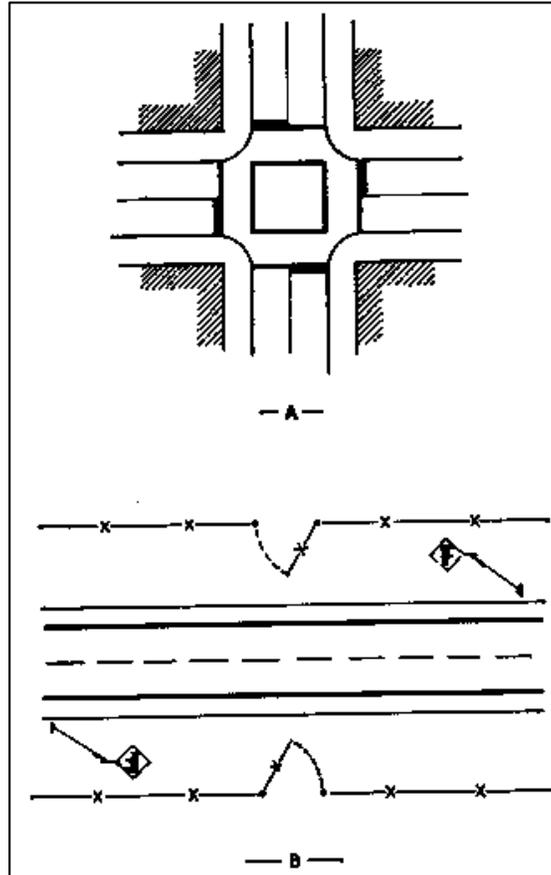


Figura 2.41. (Figura 11.88). Pasos a nivel para peatones y para ganado. Manual de proyecto geométrico de la SCT. Pág. 628.

Pasos para maquinaria agrícola. Estos pasos deben permitirse donde exista la visibilidad suficiente para que un vehículo transitando por la carretera a la velocidad de proyecto, pueda ver con la anticipación necesaria el vehículo agrícola que cruza, de manera que disponga del tiempo requerido para frenar antes de llegar a él.

Pasos para vehículos. A diferencia de los vehículos agrícolas, éstos requieren de un camino para transitar, por lo cual, cuando sea necesario cruzar la carretera o camino principal, deberá cumplirse con las condiciones de visibilidad a fin de garantizar la seguridad en el paso.

Pasos para ferrocarril. El proyecto geométrico de un cruce a nivel de un camino con un ferrocarril, incluye los alineamientos vertical y horizontal, la sección transversal y la distancia de visibilidad de parada.

2.4.7.2 Pasos a desnivel.

Paso a desnivel es el cruzamiento a diferente elevación de un camino con personas, animales y otra vía terrestre. El cruzamiento a diferente elevación tiene por objeto permitir el tránsito simultáneo, lo cual se logra por medio de estructuras.

Los pasos a desnivel pueden ser de dos tipos:

- ***Pasos superiores***, que son los que el camino pasa arriba de otra vía de comunicación terrestre.
- ***Pasos inferiores***, que son aquellos en que el camino pasa debajo de otra vía de comunicación terrestre.

2.5 SEÑALAMIENTO VIAL.

El buen funcionamiento de una intersección puede verse afectado si se tiene un señalamiento pobre o inadecuado, ocasionando que los conductores tomen decisiones erróneas y aumenten los conflictos dentro de la zona de cruce. En todos los casos, los entronques deben tener indicaciones adecuadas para optimizar su funcionamiento, es por ello, que en este apartado se describirán los aspectos más importantes a tomar en cuenta para la realización del señalamiento definitivo en el entronque en estudio, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana **“NOM-034-SCT2-2003 señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas”**.

El señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas se integra mediante marcas en el pavimento y en las estructuras adyacentes; tableros con símbolos, pictogramas y leyendas, así como otros elementos, constituyendo un sistema que tiene por objeto delinear las características geométricas de esas vías públicas; denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía; prevenir sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza; regular el tránsito señalando la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen su uso; guiar oportunamente a los usuarios a lo largo de sus itinerarios, indicando los nombres y ubicaciones de las poblaciones, los lugares de interés y las distancias en kilómetros, e informando sobre la existencia de servicios o de lugares de interés turístico o recreativo, transmitiéndoles indicaciones relacionadas con su seguridad y con la protección de las vías de comunicación, para regular y canalizar correctamente el tránsito de vehículos y peatones, por lo que, con el propósito de facilitar que los usuarios comprendan esas indicaciones, dicho sistema debe ser uniforme en todo el territorio nacional, para disminuir la ocurrencia de accidentes.

2.5.1 Campo de aplicación.

Con el propósito de que el señalamiento vial sea de ayuda para que los vehículos, tanto del autotransporte federal como público en general, transiten en forma segura, esta Norma es de aplicación obligatoria en:

- *Las carreteras y vialidades urbanas federales;*

- *Las carreteras estatales y municipales;*
- *Las vialidades urbanas que sirvan de enlace entre las carreteras federales, estatales y municipales;*
- *Las vialidades urbanas que comuniquen a las terminales federales de autotransporte de pasaje o de carga, a los aeropuertos y aeropistas, a las terminales ferroviarias, a los puertos marítimos, a los puertos fronterizos y a los parques industriales, así como a los destacamentos militares, de la Policía Federal Preventiva, de la Cruz Roja Mexicana y a las instalaciones de protección civil;*
- *Las vialidades urbanas del Distrito Federal, y*
- *Otras vialidades urbanas que las autoridades estatales y municipales así lo establezcan.*

Las intersecciones formadas por las carreteras y vialidades referidas, con otras vialidades urbanas, se señalarán, conforme a lo establecido en esta Norma.

2.5.2 Señalamiento.

Conjunto integrado de marcas y señales que indican la geometría de las carreteras y vialidades urbanas, así como sus bifurcaciones, cruces y pasos a nivel; previenen sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza; regulan el tránsito indicando las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de esas vías públicas; denotan los elementos estructurales que están instalados dentro del derecho de vía y sirven de guía a los usuarios a lo largo de sus itinerarios. Se clasifica en:

2.5.2.1 Señalamiento horizontal.

Es el conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.

2.5.2.1.1 Especificaciones y características del señalamiento horizontal.

2.5.2.1.1.1 Clasificación

Según su uso, las marcas y dispositivos del señalamiento horizontal se clasifican como se muestran en la siguiente tabla:

Clasificación	Nombre
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m)
M-1.3	Raya continua doble (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-2	Raya separadora de carriles
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
M-4	Raya gula en zonas de transición
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de mito
M-7	Rayas para cruce de peatones
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles
M-11.1	Flechas, letras y números
M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-11.4	Para establecer lugares de parada
M-12	Marcas en guarderías
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento

M-12.2	Para delinear guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
M-14	Marcas para delimitar ciclo vías
M-15	Marcas temporales
DH-1	Botones retrorreflejantes y delimitadores sobre el pavimento
DH-2	Botones retrorreflejantes sobre estructuras
DH-3	Botones

Tabla 2.3 Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

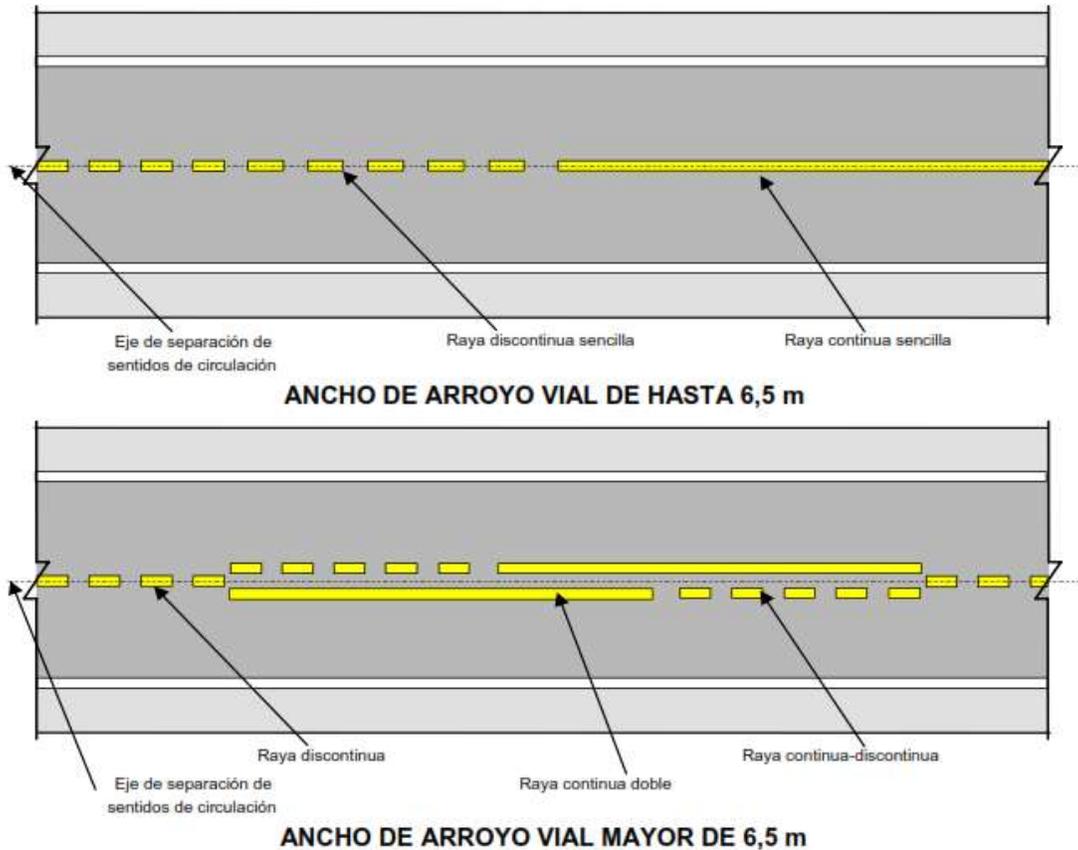
2.5.2.1.2 Marcas en el pavimento

Se pintan o se colocan sobre el pavimento para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones. Deben ser de color retro reflejante, blanco o amarillo, según su función, y cuando el pavimento por su color no proporcione el suficiente contraste con las marcas, se recomienda delinearlas en todo su contorno, con franjas de cinco (5) centímetros de ancho de color negro.

Las marcas en el pavimento son (se mencionan las que utilizaremos en nuestro trabajo):

Raya separadora de sentidos de circulación (M-1).

Se pinta o coloca sobre el pavimento para separar los sentidos de circulación vehicular en carreteras y vialidades urbanas de dos sentidos, generalmente al centro del arroyo vial, tanto en tangentes como en curvas, según se muestra en la figura 2.42. Debe ser de color amarillo retro reflejante y se puede complementar con botones retro reflejantes. Según el ancho del arroyo vial, debe cumplir con los siguientes requisitos:

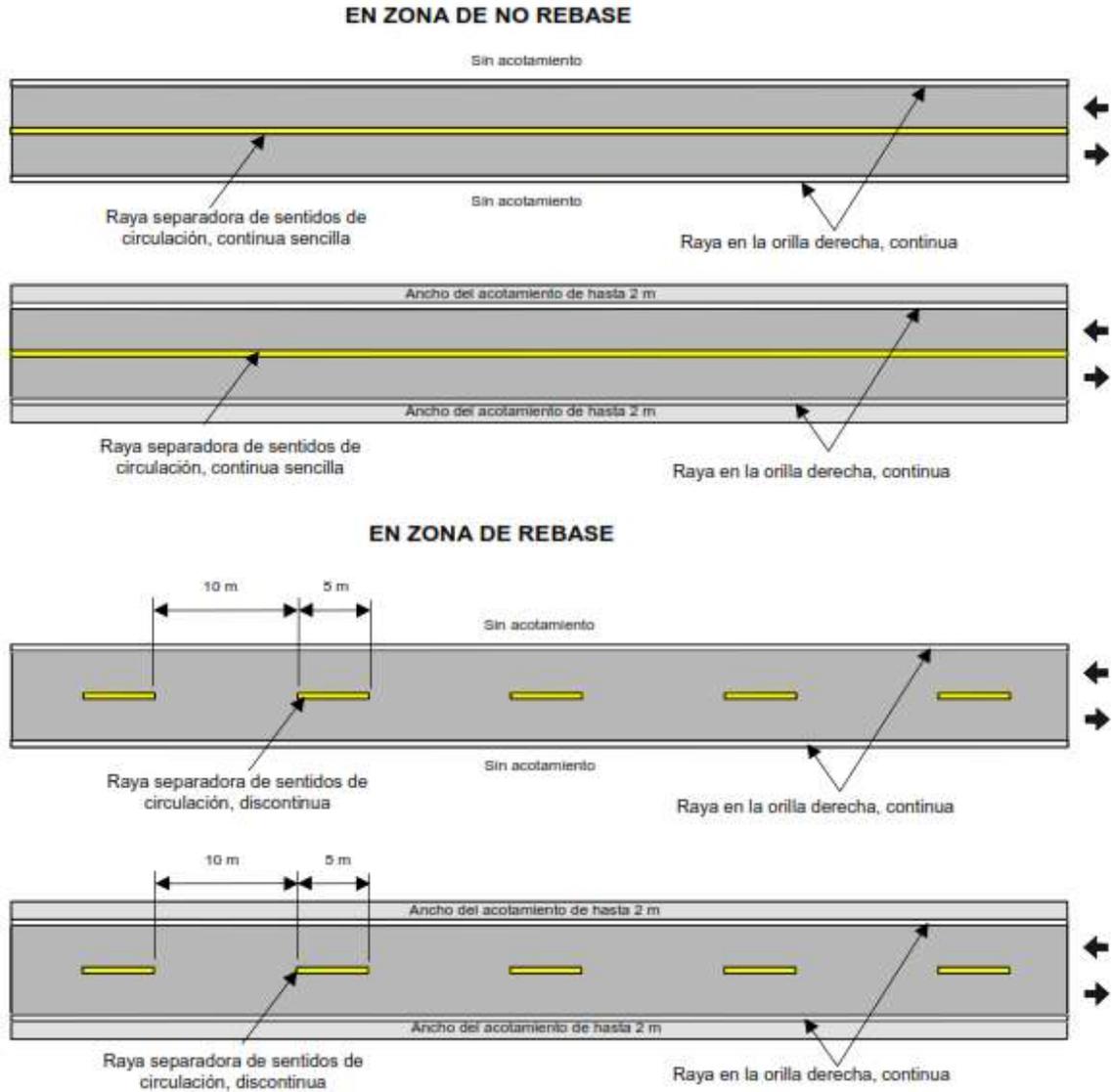


Dibujos fuera de escala

Figura 2.42 Ubicación de la raya separadora de sentidos de circulación. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

Para carreteras y vialidades urbanas con ancho de arroyo vial de hasta seis coma cinco (6,5) metros: La raya separadora de sentidos de circulación debe ser de diez (10) centímetros de ancho. Según su función es:

Raya continua sencilla (M-1.1): Se emplea como se muestra en la figura 2.43, en aquellos tramos donde la distancia de visibilidad es menor que la requerida para el rebase, o en los tramos donde por cualquier razón se prohíba el rebase.



Dibujos fuera de escala

Figura 2.43 Marcas en el pavimento en carreteras con ancho de arroyo vial de hasta 6.5 metros. Fuente: **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.**

Raya discontinua sencilla (M-1.2): Se emplea como se muestra en la figura 2.43, en aquellos tramos donde la distancia de visibilidad es igual o mayor que la necesaria para el rebase, y consiste en segmentos de cinco (5) metros separados entre sí diez (10) metros. En vialidades urbanas cuya velocidad permitida en el Reglamento de Tránsito, sea hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, los segmentos pueden ser de dos coma cinco (2,5) metros separados entre sí cinco (5) metros.

Para carreteras y vialidades urbanas con ancho de arroyo vial mayor de seis coma cinco (6,5) metros: La raya separadora de sentidos de circulación, se clasifica según su función en:

Raya continua doble (M-1.3): Se emplea como se muestra en la figura 2.44, en aquellos tramos donde la distancia de visibilidad es menor que la requerida para el rebase, en los tramos donde por cualquier razón se prohíba el rebase o para delimitar carriles en contrasentido. También se debe utilizar en carreteras y vialidades urbanas con dos o más carriles, por lo menos en uno de los sentidos, haciendo en este caso, las veces de faja separadora, como en el caso de un carril en contrasentido.

Si por condiciones especiales, la separación entre rayas es mayor de cincuenta (50) centímetros, se pintan rayas diagonales a cuarenta y cinco (45) grados y de veinte (20) centímetros de ancho, separadas entre sí el doble de la distancia existente entre las rayas continuas, medida sobre estas últimas. Las diagonales deben trazarse de izquierda a derecha en el sentido del tránsito y ser de color amarillo retro reflejante, como se muestra en la figura 2.45.

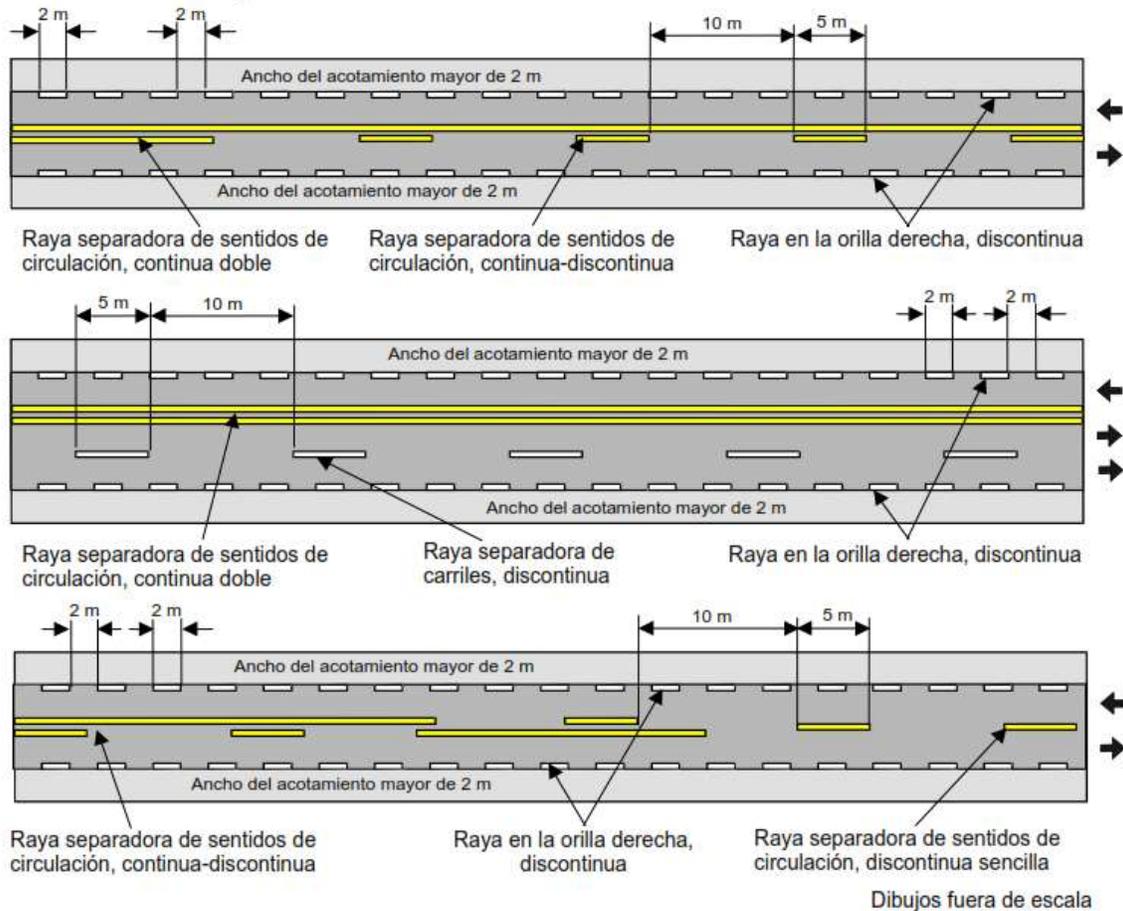


Figura 2.44 Marcas en el pavimento en carreteras con ancho de arroyo vial mayor de 6.5 metros. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

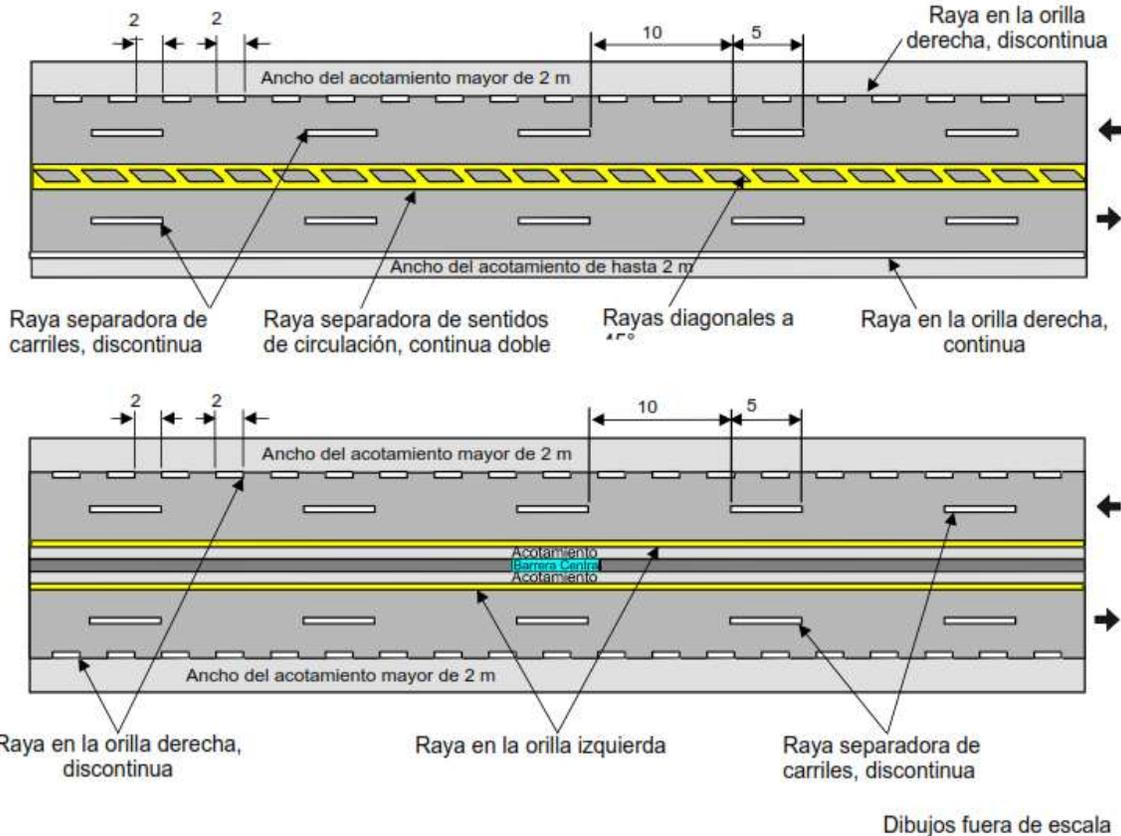


Figura 2.45 Marcas en el pavimento en vialidades urbanas y carreteras de cuatro o más carriles. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

Raya continua-discontinua (M-1.4): Se emplea como se muestra en la figura 2.44, en aquellos tramos donde la distancia de visibilidad disponible permite la maniobra de rebase únicamente desde uno de los carriles, la raya del lado de ese carril debe ser discontinua en segmentos de cinco (5) metros separados entre sí diez (10) metros, sin embargo, en vialidades urbanas cuya velocidad permitida en el Reglamento de Tránsito, sea hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, los segmentos pueden ser de dos coma cinco (2,5) metros separados entre sí cinco (5) metros; del lado donde no se permite efectuar la maniobra de rebase la raya debe ser continua.

Raya discontinua sencilla (M-1.5): Se emplea como se muestra en la figura 2.44, en aquellos tramos donde, para ambos sentidos de circulación, la distancia de visibilidad es igual o mayor que la necesaria para el rebase, y consiste en segmentos de cinco (5) metros separados entre sí diez (10) metros. En vialidades urbanas cuya velocidad permitida en el Reglamento de Tránsito, sea hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, los segmentos pueden ser de dos coma cinco (2,5) metros separados entre sí cinco (5) metros.

Raya separadora de carriles (M-2):

Se utiliza para delimitar los carriles del mismo sentido de circulación, en carreteras y vialidades urbanas de dos o más carriles por sentido. Debe ser de color blanco retro reflejante, en función del tipo de vialidad de que se trate. Puede ser continua o discontinua según se permita cruzarla o no. Esta raya se puede complementar con botones retro reflejantes.

Raya separadora de carriles, continua sencilla (M-2.1): Debe ser continua sencilla en la aproximación de las intersecciones que tengan raya de alto o cuando delimite carriles especiales para vueltas, como se muestra en las figuras 2.46 y 2.47, respectivamente. En el primer caso, la longitud de esta raya respecto a la raya de alto, debe ser, en metros, numéricamente igual, a la mitad de la velocidad de operación expresada en kilómetros por hora en carreteras y siempre de treinta (30) metros en vialidades urbanas. Cuando delimita carriles especiales para vuelta, debe ser marcada en toda la longitud del carril.

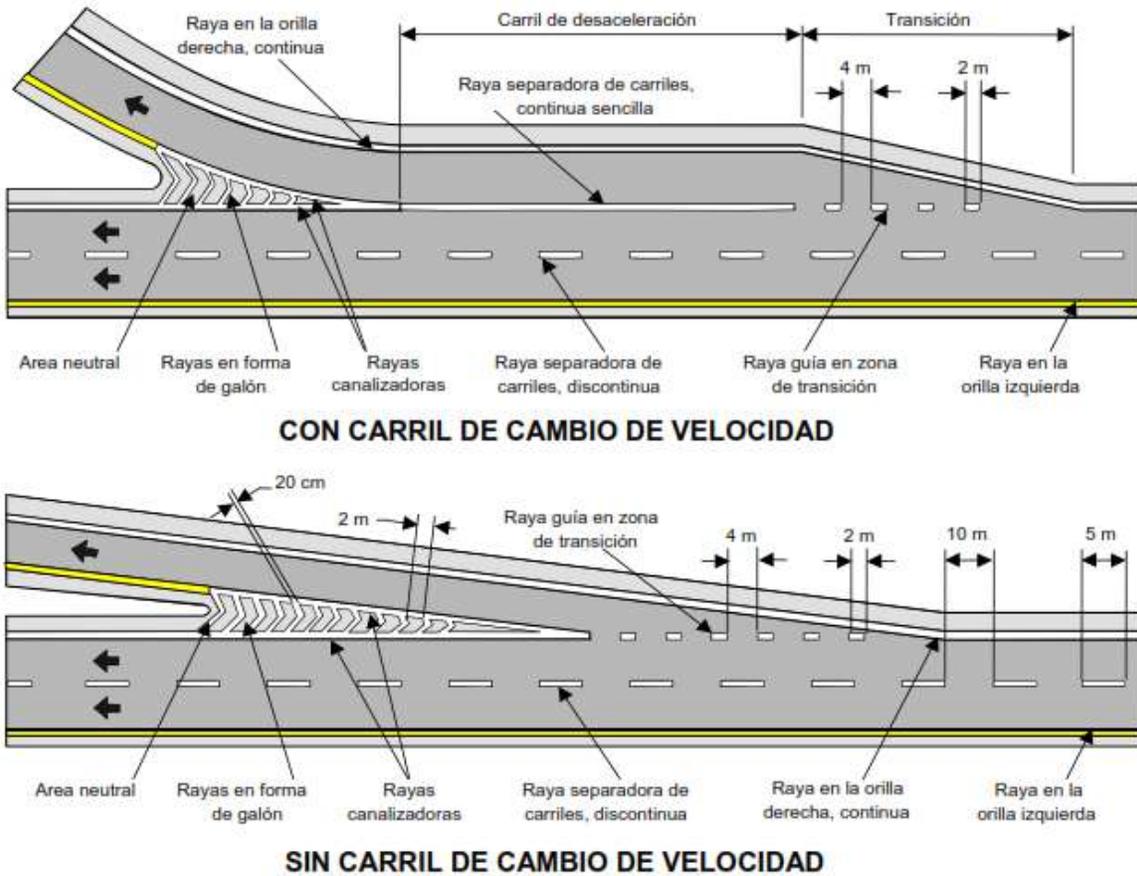


Figura 2.47 Rayas separadoras de carriles, rayas guía en zonas de transición, rayas canalizadoras y rayas en la orilla del arroyo vial. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

Raya separadora de carriles, continua doble (M-2.2): Debe ser continua doble cuando delimita carriles exclusivos para la circulación de ciertos tipos de vehículos y debe ser marcada en toda la longitud del carril. La separación entre rayas debe ser igual a su ancho.

Raya separadora de carriles, discontinua (M-2.3): Cuando se permita cruzar la raya separadora de carriles, ésta debe ser discontinua y colocarse en segmentos de cinco (5) metros, separados entre sí diez (10) metros, como se muestra en las figuras 2.44 a 2.47. En vialidades urbanas cuya velocidad permitida en el Reglamento de Tránsito sea hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, los segmentos pueden ser de dos coma cinco (2,5) metros, separados entre sí, cinco (5) metros.

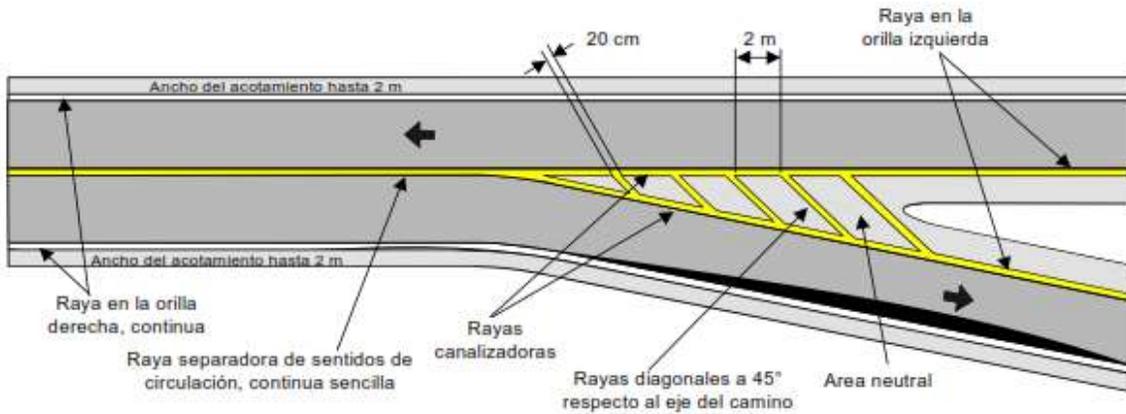
Raya en la orilla del arroyo vial (M-3)

Se utiliza en carreteras y vialidades urbanas cuando no existan banquetas o guarniciones, para indicar las orillas del arroyo vial y delimitar, en su caso, los acotamientos, como se muestra en las figuras 2.43 a 2.45, 2.47 y 2.48. Esta raya se puede complementar con botones.

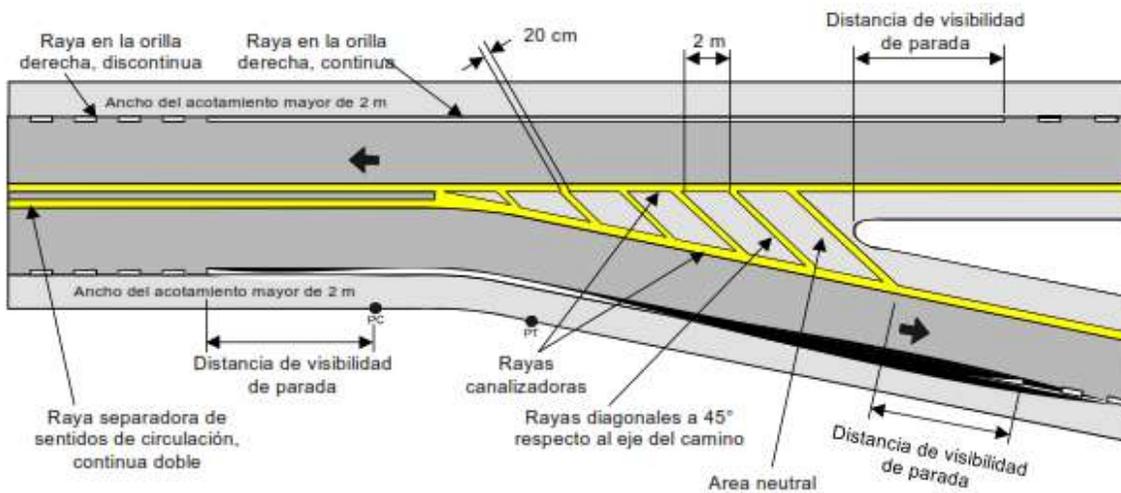
Raya en la orilla derecha: La raya en la orilla derecha del arroyo vial, con respecto al sentido de circulación, debe ser de color blanco retro reflejante.

Raya en la orilla derecha, continua (M-3.1): Esta raya debe ser continua cuando el acotamiento tenga un ancho de hasta dos (2) metros o en curvas, intersecciones, entradas y salidas, donde por razones de seguridad en la operación del tránsito conviene restringir el estacionamiento sobre el acotamiento.

Raya en la orilla derecha, discontinua (M-3.2): Esta raya debe ser discontinua cuando el ancho del acotamiento sea mayor de dos (2) metros, conformada por segmentos de dos (2) metros de longitud separados dos (2) metros entre sí.



ANCHO DE CALZADA DE HASTA 6,5 m



ANCHO DE CALZADA MAYOR DE 6,5 m

Dibujos fuera de escala

Figura 2.48 Rayas canalizadoras. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

Raya en la orilla izquierda (M-3.3): La raya en la orilla izquierda del arroyo vial, se debe utilizar en carreteras y vialidades urbanas con faja separadora central, de cuerpos separados o de un solo sentido de circulación, así como en rampas de salida. En todos los casos, esta raya debe ser continua y de color amarillo retro reflejante, como se muestra en las figuras 2.45 y 2.47.

Raya guía en zonas de transición (M-4)

Se utiliza para delimitar la zona de transición entre los carriles de tránsito directo y el de cambio de velocidad en las entradas y salidas, o para ligar los extremos de los enlaces.

Debe ser discontinua y de color blanco retro reflejante y conformada por segmentos de dos (2) metros de longitud, separados cuatro (4) metros entre sí, como se muestra en la figura 2.47.

Rayas canalizadoras (M-5)

Se utilizan en carreteras y vialidades urbanas para delimitar la trayectoria de los vehículos, canalizando el tránsito en las entradas, salidas y bifurcaciones, o para separar apropiadamente los sentidos de circulación, formando una zona neutral de aproximación a las isletas o fajas separadoras, como se muestra en las figuras 2.47 y 2.48.

Estas rayas se complementan con botones retro reflejantes.

Las rayas que limitan la zona neutral deben ser continuas, de color blanco retro reflejante cuando separan flujos en un solo sentido (figura 2.47) y amarillo retro reflejante cuando separan flujos en diferentes sentidos de circulación (figura 2.48).

La zona neutral se debe marcar mediante rayas diagonales de veinte (20) centímetros de ancho, con una inclinación de cuarenta y cinco (45) grados, trazadas de izquierda a derecha en el sentido del tránsito; de manera que, cuando la zona neutral se ubica entre los dos sentidos del tránsito, las diagonales tendrán una sola inclinación y cuando se localiza entre trayectorias de un sólo sentido tendrán dos inclinaciones, formándose una marca a manera de "galón". Las rayas diagonales de una sola inclinación deben ser de color amarillo retro reflejante y las rayas a manera de galón, con dos inclinaciones, de color blanco retro reflejante, y en ambos casos, deben estar separadas entre sí dos (2) metros, medidos sobre las rayas que limitan la zona neutral.

La longitud mínima de la zona neutral en la aproximación a los extremos de isletas o fajas separadoras centrales, debe ser de cincuenta (50) metros. En las isletas canalizadoras para los casos de entradas, salidas y bifurcaciones, dicha longitud debe quedar definida por las trayectorias de los carriles que divergen o convergen.

2.5.2.2 Señalamiento vertical.

Es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos. Según su propósito, las señales son:

- **Preventivas:** Cuando tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza.
- **Restrictivas:** Cuando tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad.
- **Informativas:** Cuando tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por carreteras y vialidades urbanas, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones y de dichas vialidades, lugares de interés, las distancias en kilómetros y ciertas recomendaciones que conviene observar.
- **Turísticas y de servicios:** Cuando tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo.
- **Diversas:** Cuando tienen por objeto encauzar y prevenir a los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, pudiendo ser dispositivos diversos que tienen por propósito indicar la existencia de objetos dentro del derecho de vía y bifurcaciones en la carretera o vialidad urbana, delinear sus características geométricas, así como advertir sobre la existencia de curvas cerradas, entre otras funciones.

2.5.2.2.1 Especificaciones y características del señalamiento vertical

2.5.2.2.1.1 Clasificación

Las señales verticales, según su función, se clasifican como se indica en la tabla 2.4.

Según su estructura de soporte, las señales verticales se clasifican en:

Señales bajas

- En un poste

- En dos postes

Señales elevadas

- Bandera
- Bandera doble
- Puente

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación <ul style="list-style-type: none"> • De nomenclatura De ruta • De distancia en kilómetros
SID	Señales informativas de destino <ul style="list-style-type: none"> • Previas • Diagramáticas • Decisivas • Confirmativas
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas
OD-13	Señales de mensaje cambiante

Tabla 2.4 Clasificación funcional del señalamiento vertical. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

2.5.2.2.1.2 Especificaciones y características de las señales preventivas (SP).

Las señales preventivas (SP) son tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza. Son señales bajas que se fijan en postes y marcos. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (incisos SP-6 al SP-40); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

2.5.2.2.1.3 Especificaciones y características de las señales restrictivas (SR).

Las señales restrictivas (SR) son tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad. Generalmente son señales bajas que se fijan en postes y marcos, y en algunos casos pueden ser elevadas cuando se instalan en una estructura existente. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (incisos SR-6 al SR-33 y SIG-11); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

2.5.2.2.1.4 Especificaciones y características de las señales informativas.

Las señales informativas (SI) son tableros fijados en postes con leyendas, escudos y flechas que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por carreteras y vialidades urbanas, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones, lugares de interés, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Son señales bajas o elevadas que se fijan en postes, marcos y otras estructuras. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (incisos SII-6 al SII-15, SID-8 al SID-15, SIR-6 y SIG-7 al SIG-10); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

2.5.2.2.1.4.1 Señales Informativas de Identificación (SII).

Son señales bajas que pueden ser de Nomenclatura cuando se usan para identificar las carreteras y vialidades urbanas según su nombre, de Ruta cuando se usan para identificar carreteras según su tipo y número de ruta y de Distancia en kilómetros cuando se usan para ubicar al usuario dentro de la carretera.

2.5.2.2.1.4.2 Señales Informativas de Destino (SID).

Se usan para informar el nombre y la dirección de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo del recorrido, de manera que su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta deseada según su destino. Se deben emplear de forma secuencial, para permitir que el usuario prepare con la debida anticipación su maniobra en la intersección, la ejecute en el lugar debido y confirme la correcta selección de la ruta, por lo que pueden ser:

- **Previas:** Son señales bajas o elevadas que se colocan antes de la intersección con el propósito de que el usuario conozca los destinos y prepare las maniobras necesarias para tomar la ruta deseada.
- **Diagramáticas:** Son señales bajas o elevadas que, previa aprobación de la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, se pueden utilizar en carreteras de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación, vías de circulación continua y arterias principales, para indicar al usuario, además de los destinos, la ubicación de los puntos de decisión en una intersección (figura 2.49) y son siempre bajas cuando se usan en vialidades urbanas, para indicar en la intersección los movimientos indirectos de vuelta izquierda.



Figura 2.49 Señal informativa de destino diagramática. Fuente: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-034-SCT2-2003, SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL DE CARRETERAS Y VIALIDADES URBANAS.

- **Decisivas.** Son señales bajas o elevadas que se colocan en los sitios de la intersección, donde el usuario debe tomar la ruta deseada.
- **Confirmativas.** Son señales bajas que se colocan después de la intersección o a la salida de una población para confirmar al usuario que ha tomado la ruta deseada, indicándole la distancia por recorrer.

2.5.2.2.1.4.3 Señales Informativas de Recomendación (SIR)

Son señales bajas que se utilizan para recordar al usuario disposiciones o recomendaciones de seguridad que debe observar durante su recorrido. El catálogo de disposiciones o recomendaciones más usuales se presenta en el inciso SIR-5 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

2.5.2.2.1.4.4 Señales de Información General (SIG).

Son señales bajas que se utilizan en carreteras para proporcionar a los usuarios información general de carácter poblacional y geográfico, así como para indicar nombres de obras importantes en el camino, límites políticos, ubicación de elementos de control, como casetas de cobro y puntos de inspección, entre otras. En los incisos SIG-7 al SIG-10 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría

de Comunicaciones y Transportes, se dan algunos ejemplos del tipo de información que pueden contener estas señales.

2.5.2.2.1.5 Especificaciones y características de las Señales Turísticas y de Servicios (STS).

Las señales turísticas y de servicios (STS) son tableros con pictogramas y leyendas que tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo. Según su propósito, se clasifican en Señales Turísticas (SIT) y Señales de Servicios (SIS). Son señales bajas solas o en conjuntos modulares, que se fijan en postes y marcos. El catálogo completo de las señales turísticas y de servicios y las condiciones bajo las que se deben emplear, así como la geometría de los pictogramas y leyendas, se presentan en el Manual de Señalamiento Turístico y de Servicios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin embargo, sólo se deben utilizar en carreteras y vialidades urbanas, las que se indican en las tablas 1.B y 1.C de ese Manual, respectivamente.

2.5.2.2.1.6 Especificaciones y características de señales diversas

Indicadores de obstáculos (OD-5)

Son señales bajas que se utilizan en las vialidades para indicar al usuario la presencia de obstáculos que tengan un ancho menor de treinta (30) centímetros o la existencia de una bifurcación.

Indicadores de alineamiento (OD-6)

Son señales bajas que se usan para delinear la orilla de una carretera, en cambios del alineamiento horizontal, para marcar estrechamientos del arroyo vial y para señalar los extremos de muros de cabeza de alcantarillas.

Reglas y tubos guía para vados (OD-8)

Son señales bajas que se usan en los caminos donde existan vados, para indicar al usuario el tirante máximo de agua que va a encontrar sobre ellos.

Indicadores de curvas peligrosas (OD-12)

Son señales bajas que se utilizan para indicar, mediante puntas de flecha, los cambios en el alineamiento horizontal de la vialidad, con el propósito de proporcionar un énfasis adicional y una mejor orientación a los usuarios en las curvas peligrosas.

Señales de mensaje cambiante (OD-13)

Son señales generalmente elevadas, que se utilizan para informar a los usuarios, mediante mensajes luminosos y en tiempo real, sobre el estado del tránsito en la carretera o vialidad urbana, el estado físico del camino y la existencia de algún peligro potencial derivado por la ocurrencia de un accidente, la realización de trabajos que afecten el arroyo vial o por cualquier otra causa, así como para transmitir recomendaciones útiles que faciliten la conducción segura y eficaz de los vehículos.

Para informar a los conductores de las situaciones cambiantes, particularmente a lo largo de las carreteras y vialidades urbanas con altos volúmenes de tránsito, estas señales se diseñan para tener uno o más mensajes que puedan ser mostrados o borrados según se requiera, en forma manual, por control remoto o mediante controles automáticos que pueden detectar las condiciones que requieren señales con mensaje especial; se ubican en los sitios estratégicos donde los conductores puedan tomar decisiones oportunas, pero en los que no interfieran la visibilidad de las otras señales verticales contenidas en esta Norma.

CAPÍTULO 3

TOPOGRAFÍA PARA ENTRONQUES E INTERSECCIONES

En el presente capítulo se realizará un resumen acerca de los trabajos de topografía que van de la mano con el proyecto de entronques, ya que ésta constituye una parte esencial de toda obra civil, incluyendo el análisis de intersecciones viales.

TOPOGRAFÍA. Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco (grados sexagesimales).

La mayor parte de los levantamientos, tienen por objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos, por lo cual estos trabajos también se consideran dentro de la topografía.

Clases de levantamientos. *Estos pueden ser topográficos o geodésicos.*

- **Topográficos.** Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la tierra, sin error apreciable.
- **Geodésicos.** Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.

Los levantamientos topográficos son los más comunes mientras que los geodésicos son motivo de estudio especial al cual se dedica la geodesia.

Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran:

1. *Levantamientos de terrenos en general.*
2. ***Topografía de vías de comunicación.***
3. *Topografía de minas.*
4. *Levantamientos catastrales.*
5. *Levantamientos aéreos.*

La teoría de la topografía se basa esencialmente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y matemáticas en general.

3.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.

Para su estudio los dividimos en:

1. *Planimetría o control horizontal.*
2. *Altimetría o control vertical.*
3. *Planimetría y altimetría simultáneas.*

3.1.1 Planimetría.

En este apartado se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones.

Un levantamiento planimétrico significa básicamente medidas planas. Anteriormente se contaban con varias herramientas para realizar la planimetría de alguna zona. Estas herramientas eran:

- Cinta métrica.
- Teodolito o tránsito.
- Balizas.
- Brújula, etc.

Varias de estas herramientas aún se utilizan en la actualidad pero otras han quedado en desuso.

Existen levantamientos planimétricos donde se utiliza solo la cinta métrica para la obtención de distancias horizontales y la brújula para la obtención de rumbos. Con estos datos se define tanto la longitud y la dirección de una línea cualquiera.

La dirección de una línea se puede definir por el rumbo o por el azimut. Ambos pueden ser magnéticos o astronómicos. Los datos astronómicos se consideran invariables, y también se les llama verdaderos.

RUMBO. Es el ángulo que forma una línea con el eje norte – sur contado de cero a 90°, a partir del norte o a partir del sur, hacia el este o hacia el oeste.

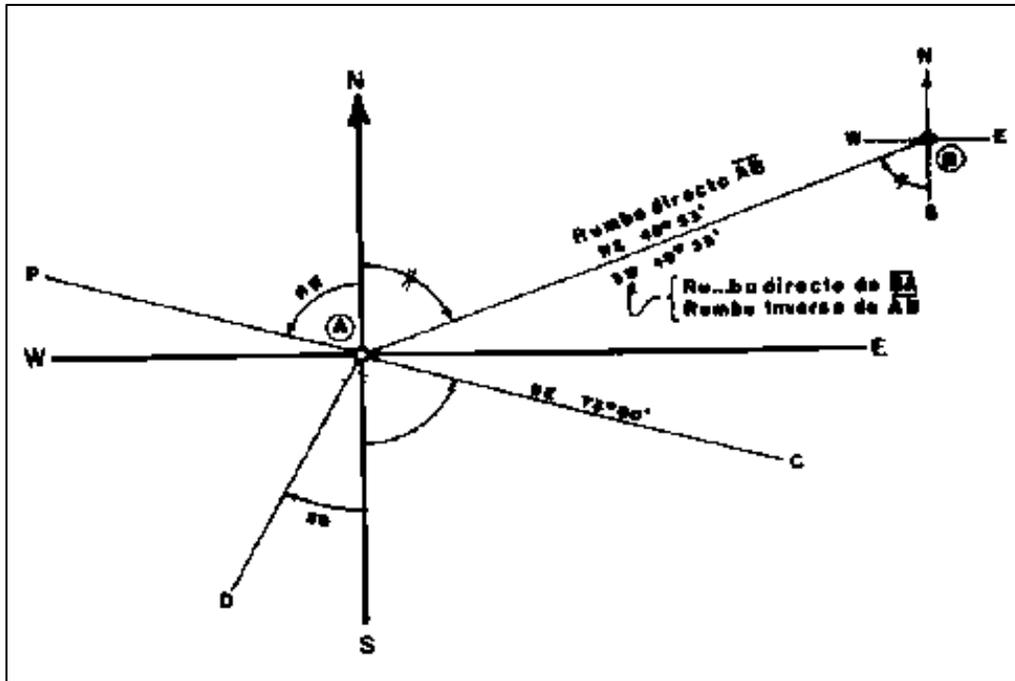


Figura 3.1 Direcciones de las líneas y ángulos horizontales. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 19. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

AZIMUT. Es el ángulo que forma una línea con la dirección norte – sur, medido de 0° a 360° a partir del norte, en el sentido del movimiento del reloj.

Únicamente en el primer cuadrante coinciden el rumbo y el azimut en valor numérico.

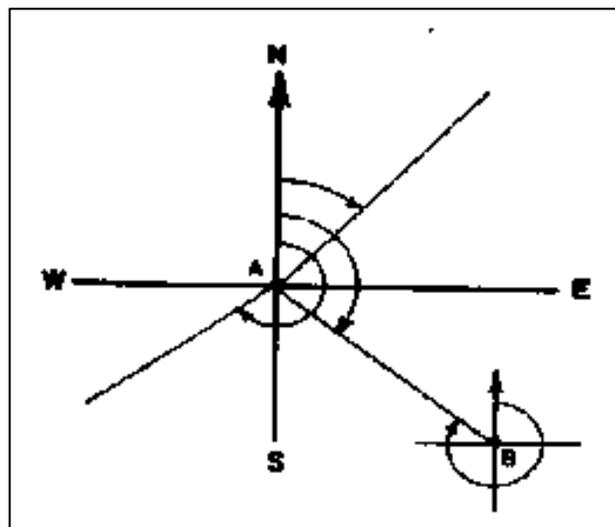


Figura 3.2 Azimut. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 20. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

BRÚJULA. Generalmente son aparatos de mano. Pueden apoyarse en tripié, o en un bastón, o en una vara cualquiera.

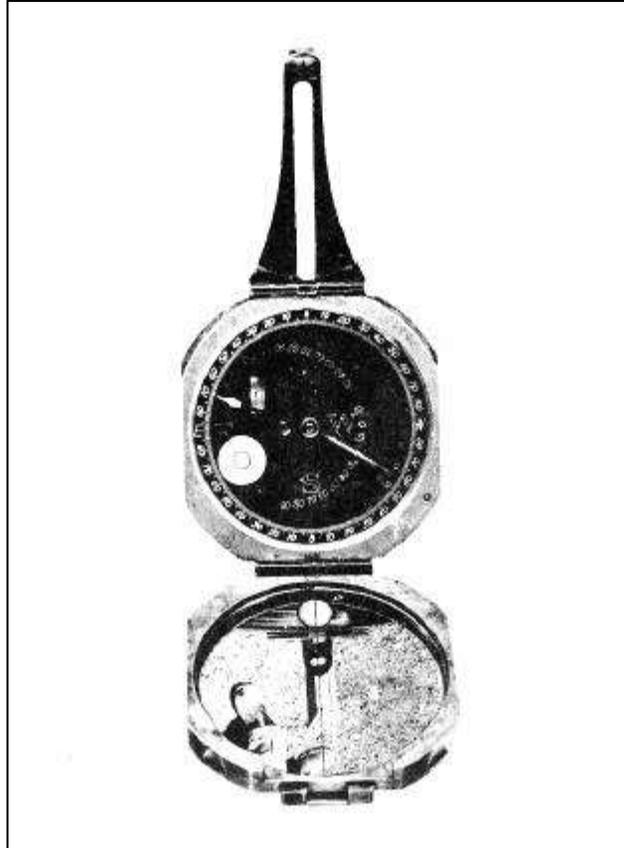


Figura 3.3 Brújula. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 23. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

USOS DE LA BRÚJULA. Se emplea para levantamientos secundarios, reconocimientos preliminares, para tomar radiaciones en trabajos de configuraciones, para polígonos apoyados en otros levantamientos más precisos, etc.

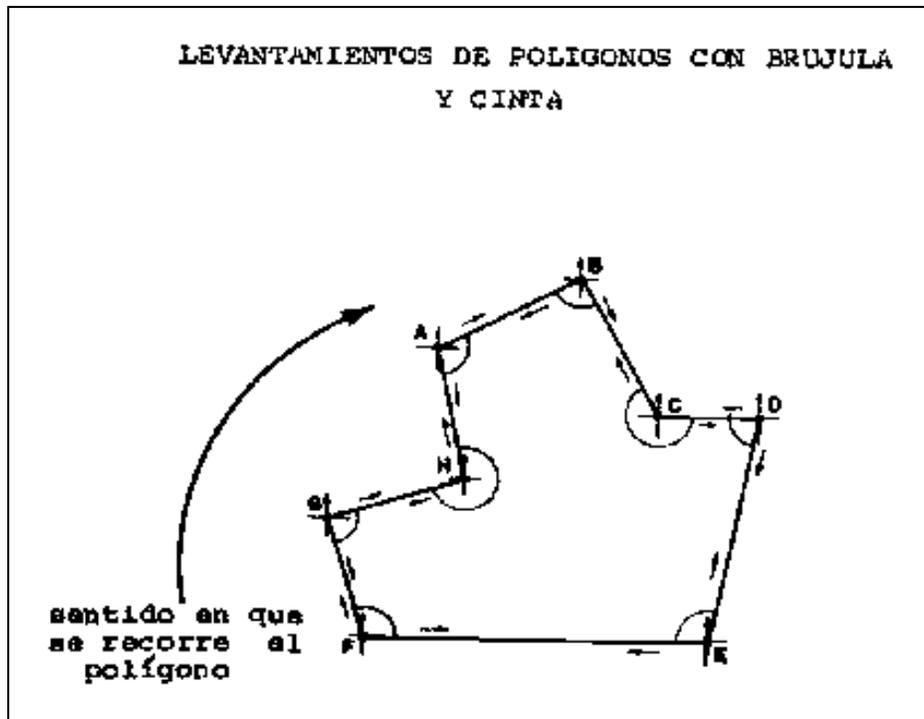


Figura 3.4 Levantamiento de polígonos con brújula y cinta. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 25. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

TRÁNSITO.

El “tránsito” es el aparato universal para la topografía, debido a la gran variedad de usos que se le dan. Puede utilizarse para medir y trazar ángulos horizontales y direcciones, ángulos verticales, y diferencias en elevación; para la prolongación de líneas, y para determinación de distancias.

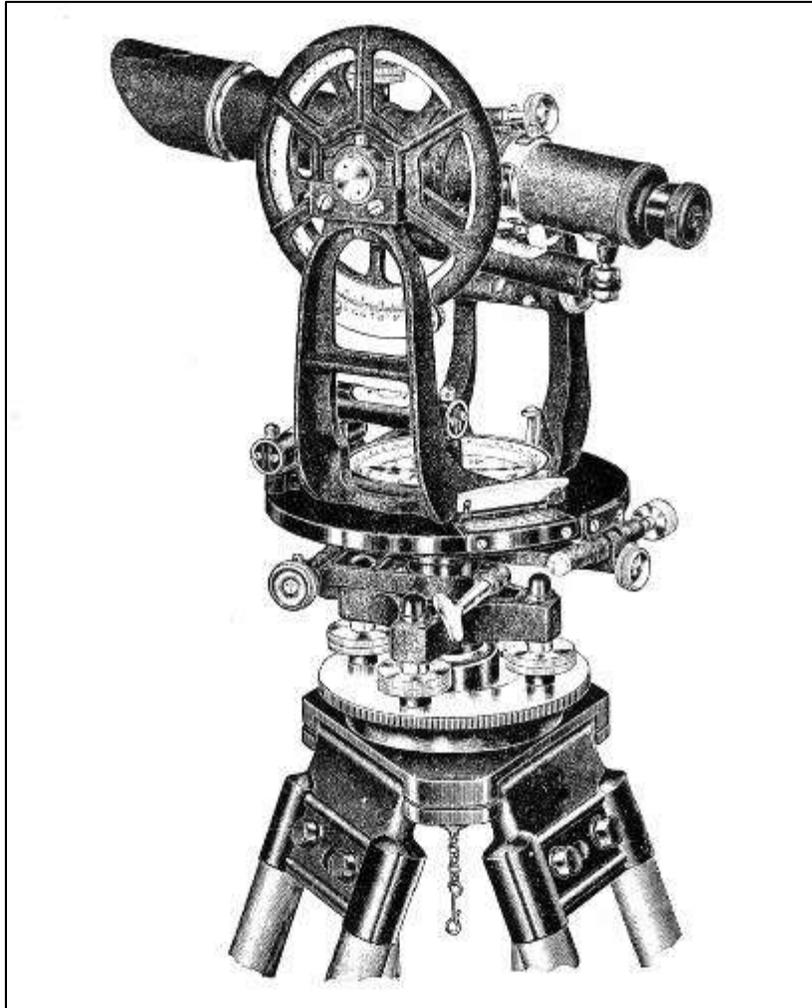


Figura 3.5 Tránsito. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 28. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Con el tránsito se revolucionó la topografía en años pasados, ya que representaba un aparato sofisticado que contaba con una brújula integrada y unos discos rotatorios llamados vernier que permitían medir ángulos y deflexiones y facilitaba mucho la labor de los topógrafos. Además del movimiento horizontal, poseía un lente con aumentos para mirar objetivos que giraba en sentido vertical para determinar desniveles o visar objetos a alturas superiores o interiores respecto al operario.

Un ejemplo del trabajo planimétrico que se realizaba con este aparato complementado con una cinta métrica y balizas, es el levantamiento de una zona urbana, incluyendo todo tipo de detalles como postes, alcantarillas, banquetas, etc. Este levantamiento se realizaba simplemente con ángulos y distancias, que servían como referencia para localizar los objetos a partir de la posición del tránsito y su operador.

Lo que se busca es básicamente realizar polígonos cerrados o abiertos con líneas definidas por ángulos y distancia para que sirvan de control y a partir de éstas referencias una serie de objetos de interés. La siguiente imagen sirve de explicación a lo antes descrito.

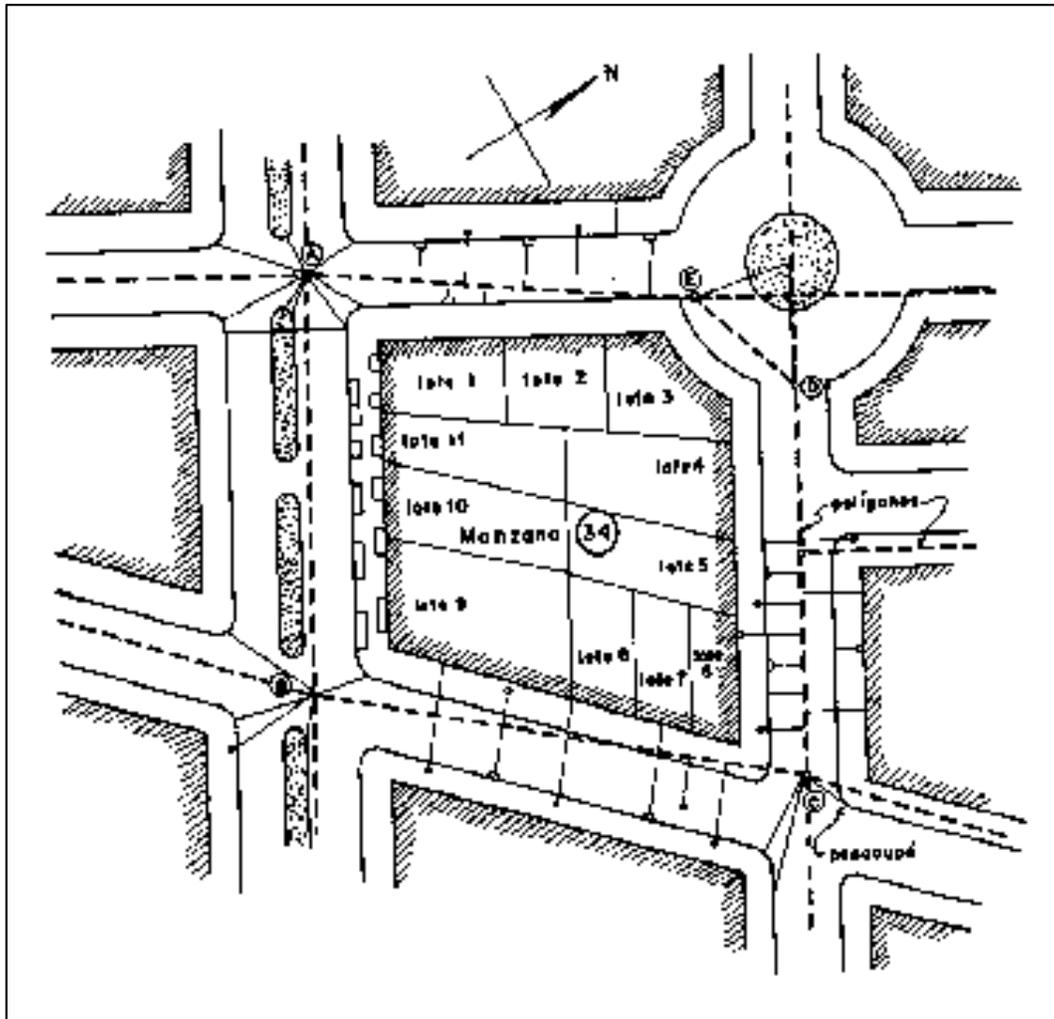


Figura 3.6 Levantamiento topográfico urbano. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 49. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Puede observarse en la imagen anterior que en ciertos puntos clave (normalmente en las intersecciones), se tienen puntos de quiebre, donde termina una línea y comienza otra en dirección distinta. Desde estos puntos se miden radiaciones –que no es otra cosa más que ángulos y distancias a partir de una posición- para referenciar y localizar objetos de interés como las esquinas de las banquetas, postes, alcantarillas, etc.

3.2 ALTIMETRÍA O CONTROL VERTICAL.

Tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, siendo el más común de ellos el del nivel del mar. A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama cotas o elevaciones, o alturas, y a veces niveles.

Para tener puntos de referencia y de control para obtener cotas de los del terreno, se escogen o se construyen puntos fijos, notables, invariables, en lugares convenientes. Estos puntos son los que se llaman **bancos de nivel**. Su cota se determina con respecto a otros puntos conocidos, o se les asigna una cualquiera según el caso.

Los bancos de nivel que se construyen, son generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras, con una varilla o una saliente que defina al punto, y además permita cuando se usa regla graduada (estadal) para tomar lecturas, que ésta se apoye en un punto único definido y no en una superficie que puede tener irregularidades que hagan variar la altura.

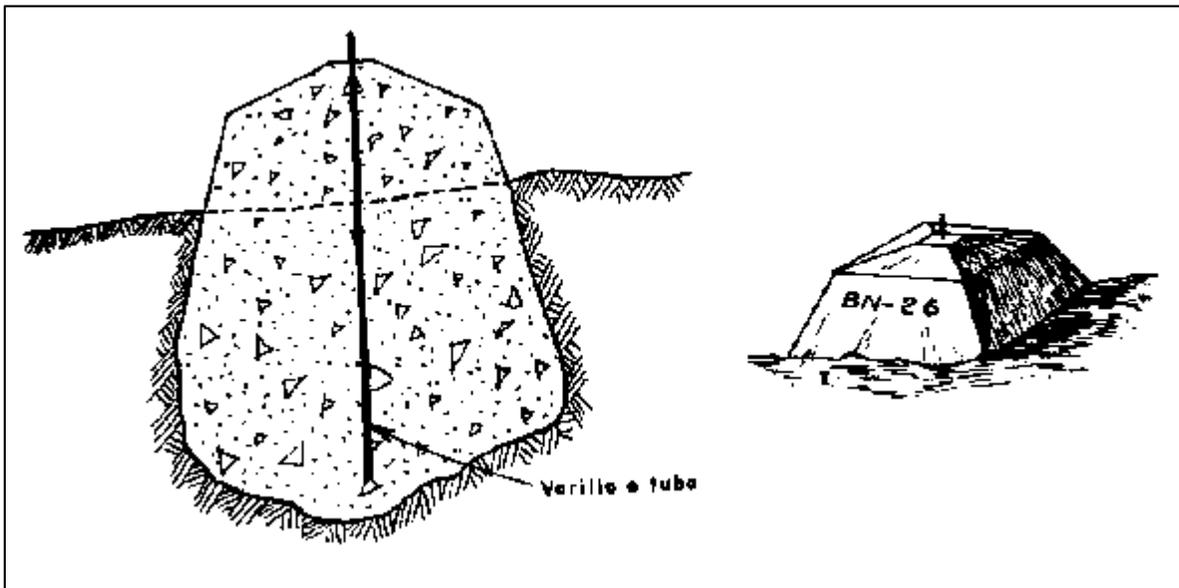


Figura 3.7 Bancos de nivel. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 79. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Solo en extensiones cortas el plano de comparación se considera como un plano, pues realmente es lo que se llama una superficie de nivel.

SUPERFICIE DE NIVEL. Es la que, si se mueve un cuerpo sobre ella, la gravedad no ejecuta ningún trabajo, es decir, en todos sus puntos es normal a la dirección de la gravedad.

Entonces, el desnivel entre dos puntos será la diferencia de alturas entre sus superficies de nivel.

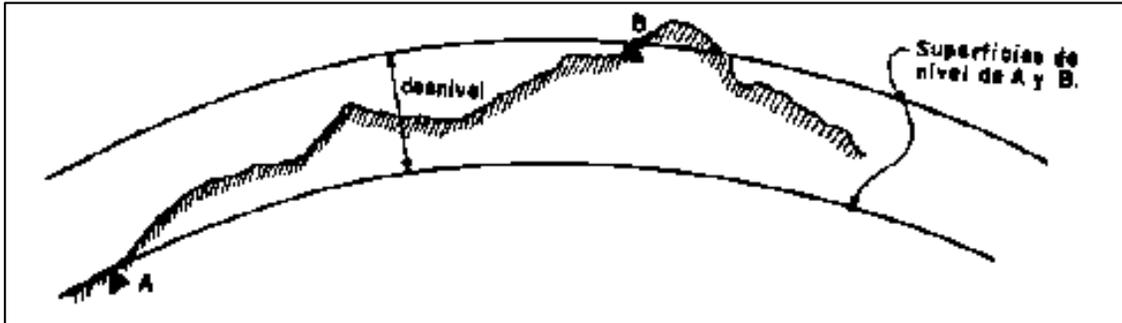


Figura 3.8 Superficie de nivel. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 80. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Las diferencias de alturas, o determinación de cotas de los puntos del terreno, se obtienen mediante la **NIVELACIÓN.**

La nivelación puede ser:

1. Indirecta.
 - Nivelación barométrica.
 - Nivelación trigonométrica.
2. Directa o topográfica.

Las nivelaciones indirectas son las que se valen de la medición de otros elementos auxiliares para obtener los desniveles, mientras que la directa los mide como su nombre lo indica, directamente.

La más común y la que nos compete es la nivelación directa o topográfica, por lo cual no se describirá a detalle la nivelación indirecta.

NIVELACIÓN DIRECTA. Es la que se ejecuta con los aparatos llamados niveles, de los cuales hay varios tipos empleados en trabajos de ingeniería.

- Nivel de albañil.
- Niveles fijos o topográficos.
- Nivel de mano.

Un ejemplo de un nivel topográfico utilizado en la antigüedad sería como el que sigue:

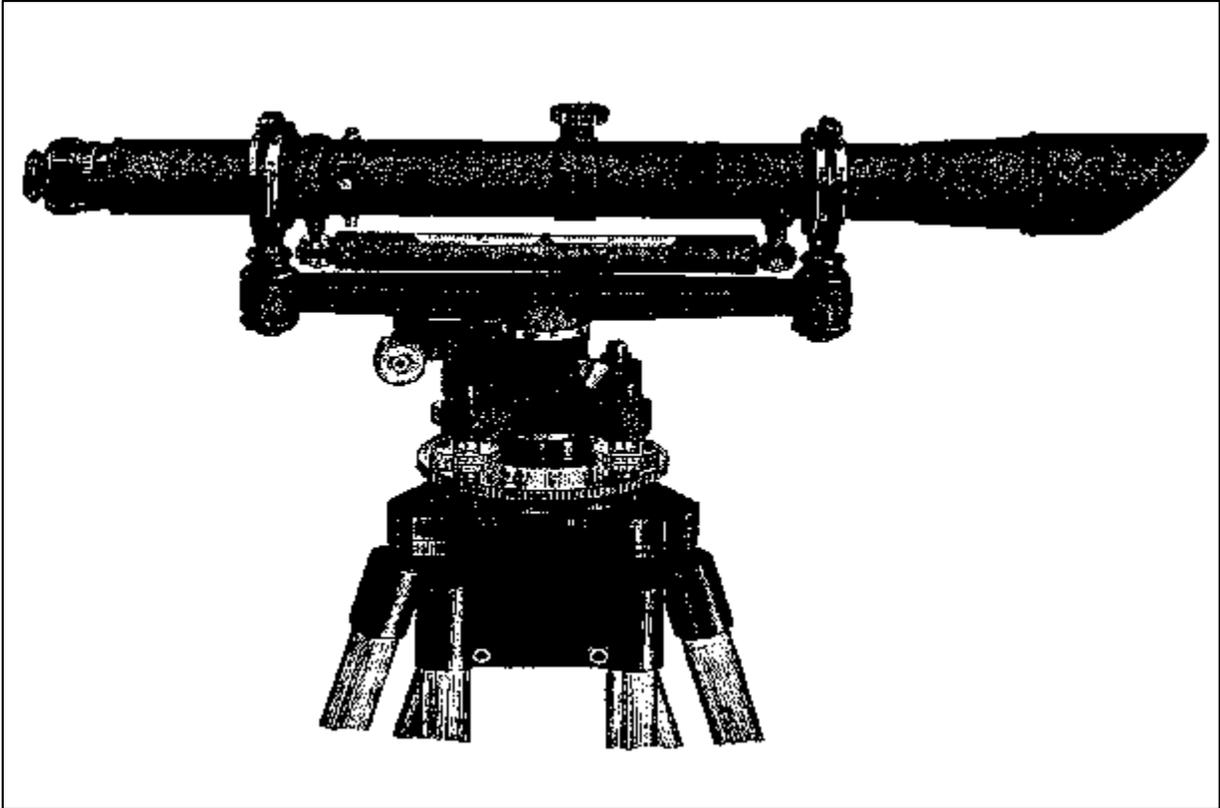


Figura 3.9 Nivel topográfico. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 91. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

El desnivel entre dos puntos se determina simplemente tomando lecturas en reglas graduadas llamadas estadales colocadas sobre los puntos y obteniendo la diferencia de ellas.

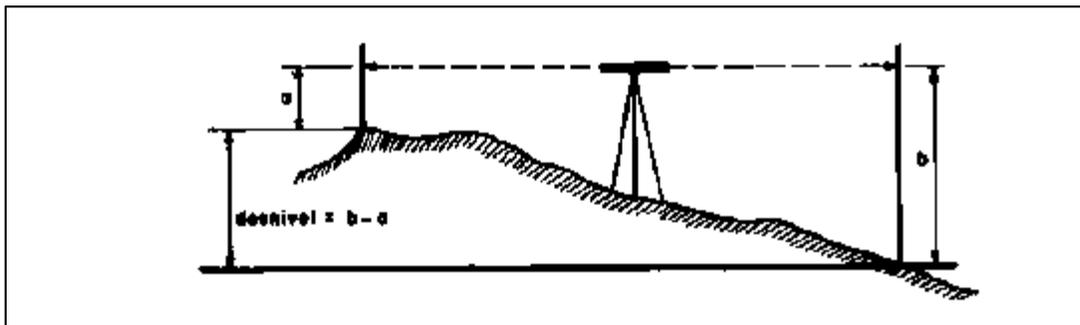


Figura 3.10 Desnivel entre dos puntos. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 92. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

3.2.1 Nivelación diferencial.

Tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre 2 puntos (generalmente bancos de nivel, de control.).

Distancia corta. Cuando hay algún lugar donde se pueda poner el aparato de modo que puedan verse desde él los dos estadales, colocados en sus respectivos puntos, y si la distancia del aparato a ellos no se excede de la visión que permite el lente del nivel fijo, el desnivel, como se vio antes, de obtiene simplemente por la diferencia de lecturas en A y B.

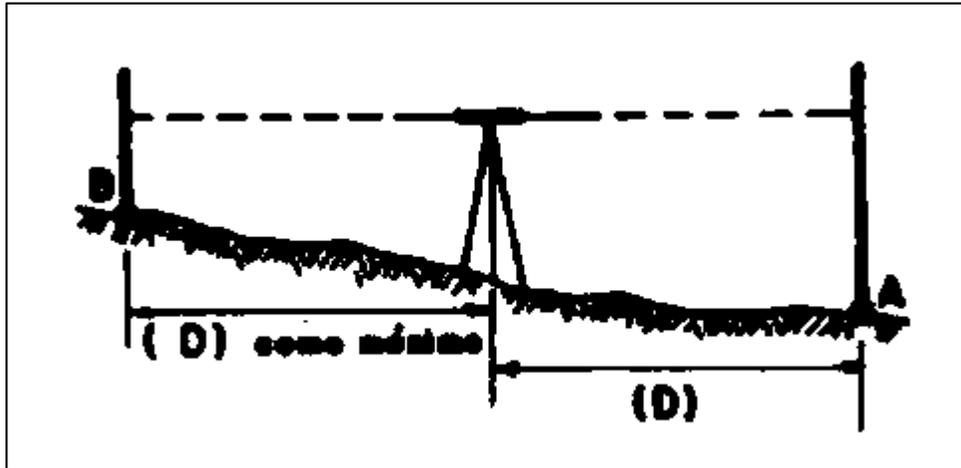


Figura 3.11 Desnivel en distancias cortas. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 92. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Distancias largas. Cuando no se puedan cumplir las condiciones del caso anterior, o sea que los puntos estén muy distantes uno de otro y con obstáculos intermedios, el desnivel se obtiene repitiendo la operación cuantas veces sea necesario, utilizando puntos intermedios, llamados Puntos de Liga (PL). La nivelación se va llevando así por la ruta mejor posible hasta llegar al punto final.

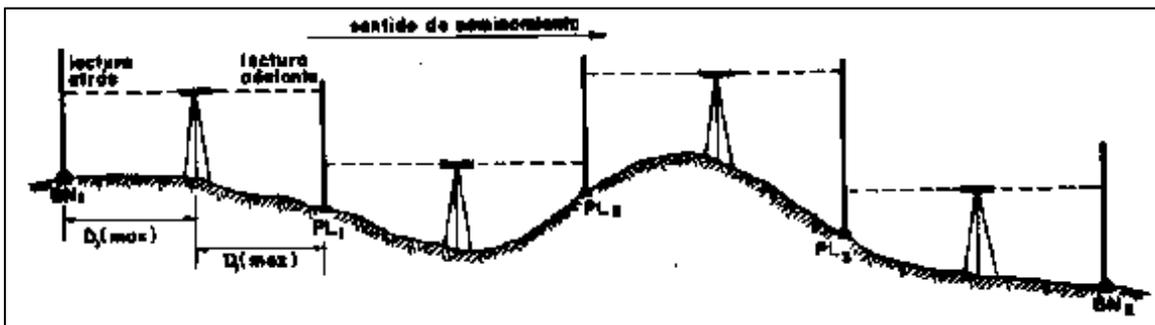


Figura 3.12 Desnivel en distancias largas. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 107. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Comprobación. Las nivelaciones, como todo trabajo, deben comprobarse. La comprobación de una nivelación es, otra nivelación, y puede hacerse por alguno de estos sistemas:

- a) Nivelar de ida y de regreso.
 - Por los mismos puntos.
 - Por otro camino o puntos diferentes (es lo más conveniente en general.)
- b) Nivelar por doble punto de liga. De este modo se hace lo mismo que en caso anterior, pero las dos nivelaciones se llevan al mismo tiempo, o tres si se desea.
- c) Nivelar por doble altura de aparato. Por este procedimiento las nivelaciones que se llevan quedan totalmente independientes, pues se van comprobando las diferencias de lecturas entre PLs consecutivos, y no tienen en común la primera y la última lectura, como en el caso anterior. También puede trabajarse con triple altura de aparato.

3.2.2 Nivelación de perfil.

Tiene por objeto determinar las cotas de puntos a distancias conocidas sobre un trazo, para obtener el perfil de ese trazo.

El trazo sobre el terreno y las distancias entre los puntos, se marcan separadamente de antemano.

Por facilidad las distancias entre puntos se toman iguales, según el módulo que convenga.

El procedimiento es enteramente semejante al de la nivelación diferencial, y deben seguirse las mismas indicaciones.

La diferencia estriba en que en cada posición del aparato, entre dos puntos de liga, se toman también lecturas en los puntos del trazo establecidos.

En estos puntos del trazo, el estadal se coloca en el terreno pues es el dato que se necesita, y las lecturas en ellos no requieren aproximación ni cuidados que se tienen para cuando se lee en bancos o puntos de liga que son el control de la nivelación.

Los Puntos de Liga (PL) pueden ser puntos del trazo, si reúnen los requisitos para ello.

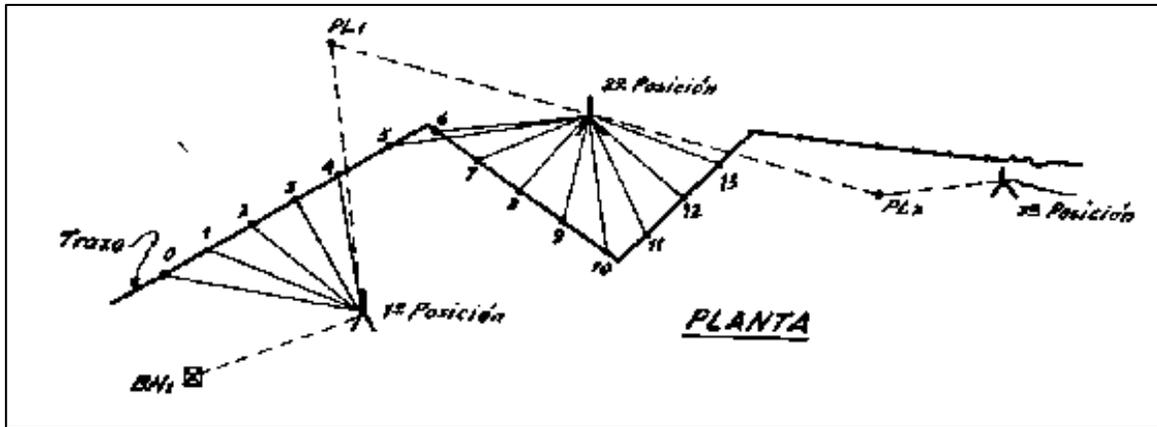


Figura 3.13 Nivelación de un eje de trazo (planta). Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 110. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

REGISTRO

Trabajo _____ Observador _____
 Lugar _____ Fecha _____ Aparato _____

P.O.	+	⊖ Cota Aparato	lecturas (-) BN y PL	Puntos (-)	Cotas
BN ₁	2.950	52.950			50.000
0				2.668	50.282
1				2.391	50.559
2				1.955	50.995
3				1.447	51.503
4				1.582	51.368
PL ₁	1.066	54.224	0.392		52.558
5				0.590	53.639
6				0.591	53.633
7				0.912	53.312
8				1.235	52.989
etc.				etc.	
PL ₂			3.699		50.525
BN ₂					Cota BN ₂
		$\Sigma (+)$	$\Sigma (-)$		

Anotaciones en la 1ª posición del aparato

Anotaciones en la 2ª posición del aparato

Figura 3.14 Registro de nivel. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 110. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

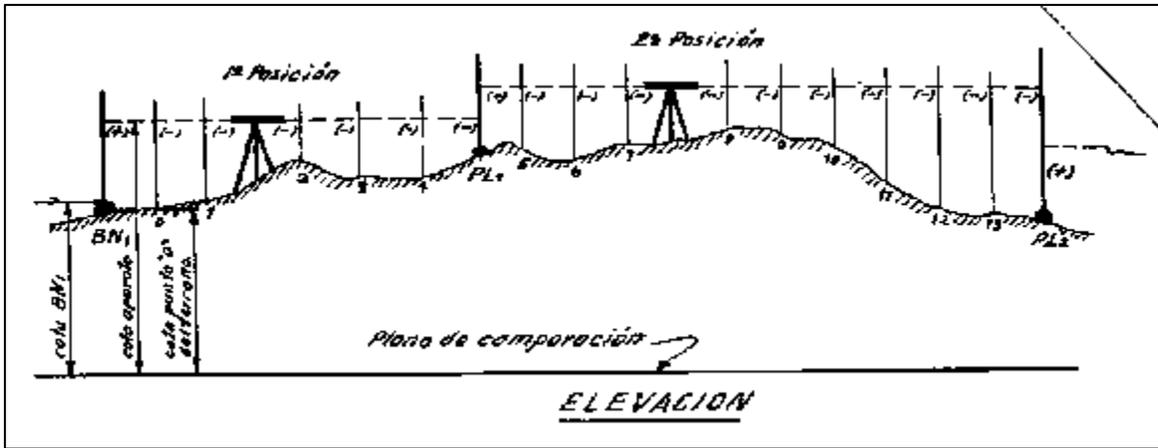


Figura 3.15 Nivelación de un eje de trazo (perfil). Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 92. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Nótese que los puntos de partida y llegada son bancos, para controlar y poder comprobar la nivelación.

Teniendo ya las cotas de todos los puntos del terreno y sus distancias, se puede dibujar el perfil del trazo.

Si las escalas horizontal y vertical son iguales se obtiene un perfil normal. En algunos casos se aminora la escala vertical para exagerar y apreciar mejor los desniveles.

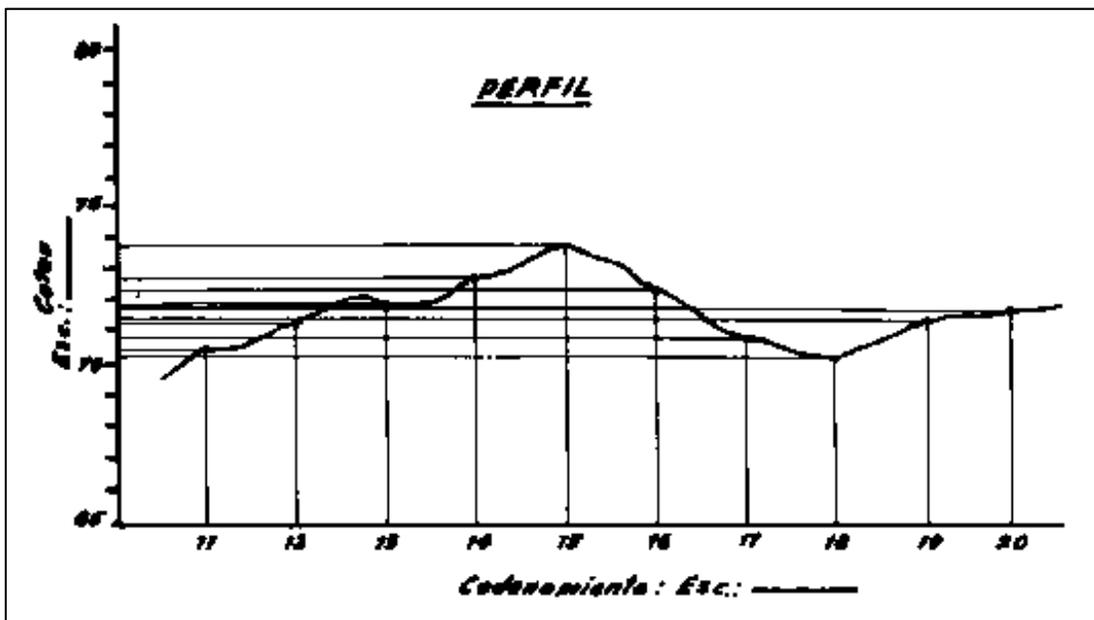


Figura 3.16 Perfil del trazo. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 111. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

3.3 PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA SIMULTÁNEAS.

La representación del terreno, con todas sus formas y accidentes, tanto en su posición en un plano horizontal como en sus alturas, se logra simultáneamente mediante las **curvas de nivel**.

Estas curvas se utilizan para representar en planta y elevación al mismo tiempo, la forma o configuración del terreno, que también se le llama relieve.

Una ilustración de curvas de nivel del terreno se tiene en la figura siguiente, en la cual se toman dos cerros que son intersectados por cuatro planos horizontales. Cada plano corta secciones de la forma que aparece enseguida abajo.

Los perímetros de esas secciones son las curvas de nivel a las cotas respectivas. Físicamente, reuniendo en una sola figura todas las curvas, se obtiene el plano de la configuración.

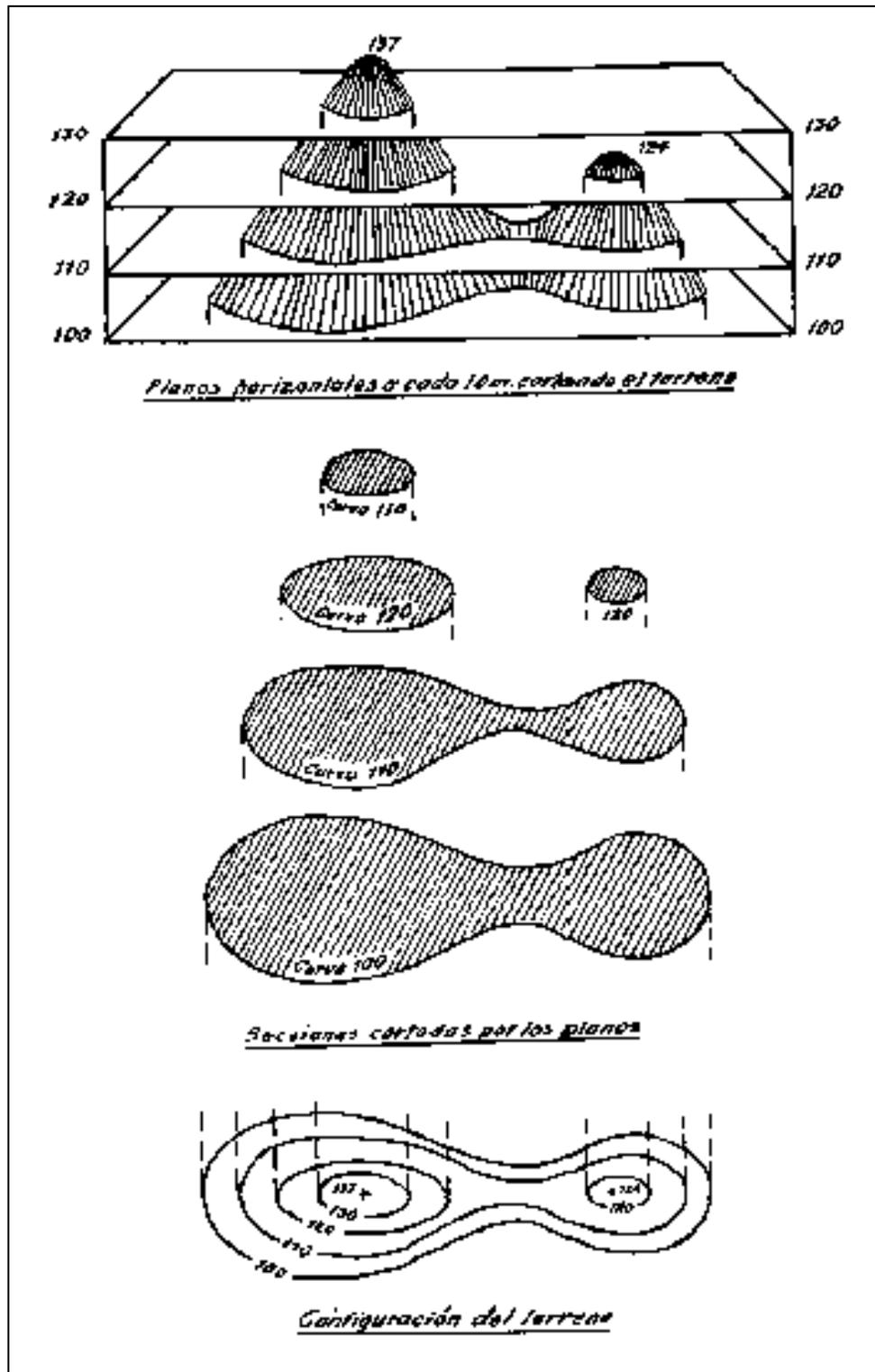


Figura 3.17 Curvas de nivel. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 123. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

Teniendo las curvas de nivel de una zona, se pueden obtener los perfiles o secciones del terreno según un trazo cualquiera requerido.

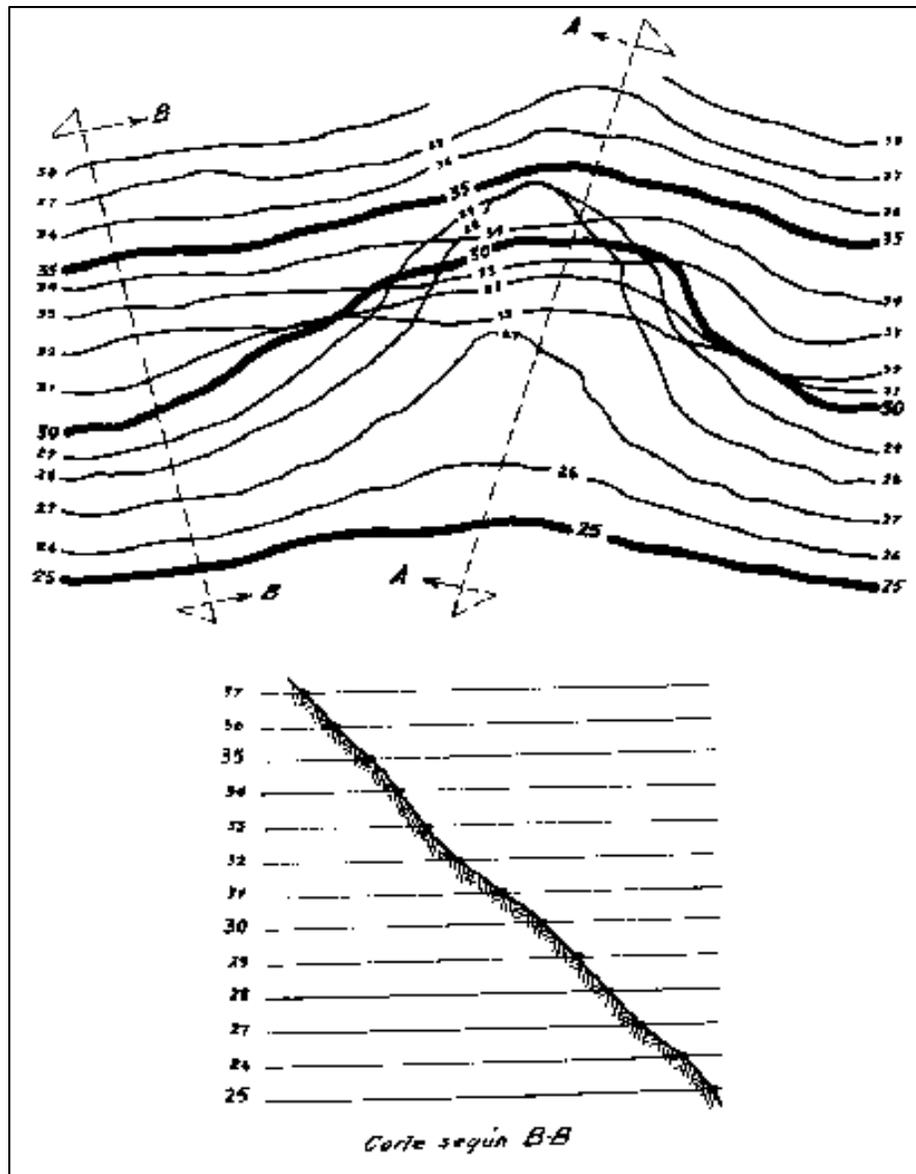


Figura 3.18 Secciones del terreno. Fuente: Topografía. Miguel Montes de Oca. Pág. 124. Cuarta edición revisada. Editorial Alfaomega. 1989.

3.3.1 Características de las curvas de nivel.

1. *Toda curva se cierra sobre sí misma, ya sea dentro de la zona considerada, o fuera de ella.*
2. *No puede una curva dividirse o ramificarse.*
3. *No se pueden fundir dos o más curvas en una sola. Si en algún caso se ven juntas, la realidad es que están superpuestas, una sobre otra, pero cada cual en su nivel.*
4. *Si en algún lado se cruzan, indicará una cueva o un saliente en volado.*
5. *En una zona de pendiente uniforme quedarán las curvas equidistantes.*
6. *Si las curvas están muy separadas será porque hay una pendiente suave, y cuando están muy cercanas la pendiente es fuerte, y si llegan a quedar superpuestas indicará un corte vertical "a pico".*
7. *Una serie de curvas cerradas "concéntricas", indicará un promontorio o una oquedad, según que las cotas vayan creciendo hacia el centro o decreciendo, respectivamente.*

Para obtener la configuración del terreno se aplican dos procedimientos terrestres directos:

- Con secciones transversales.
- Con puntos aislados de configuración.

Método de secciones transversales. Este procedimiento consiste, en términos generales, en trazar uno o más polígonos de apoyo por los lugares convenientes de la zona a levantar, y después se obtienen los perfiles o secciones del terreno, transversales a los lados del polígono, cubriendo el área requerida. Las secciones pueden hacerse con el espaciamiento que convenga, según el grado de aproximación con que se requiera tener el relieve. Entre más cercano se tenga el seccionamiento, menos detalles se escapan, y más fiel resultará la representación del terreno.

Método de puntos aislados de configuración. Este procedimiento consiste en "levantar" puntos aleatorios donde se detecten los accidentes bien marcados del terreno dentro de la zona de interés para lograr así la configuración deseada. Para este método no es necesario tener un eje de referencia, sin embargo, puede resultar confuso el hecho de no tener una línea en que basar las mediciones.

3.4 TOPOGRAFÍA MODERNA.

La topografía moderna tiene sus bases en los métodos utilizados años atrás para realizar mediciones topográficas, se distingue básicamente en el avance de la tecnología que ha permitido la creación de equipos de medición con mayor precisión y la integración de funciones de tipo matemático y geométrico, que dan como resultado un ahorro en el tiempo de trabajo y mayor avance en campo.

Actualmente se realizan trabajos de topografía bajo criterios muy similares que en el pasado, pero se exige mayor precisión ya que se cuenta con herramientas más avanzadas para medición y dibujo que permiten obtener una mejor descripción del relieve del terreno.

El antiguo tránsito o teodolito fue evolucionando con el paso de los años. Primero surgió un aparato de medición externo, que se montaba sobre el tránsito o teodolito y permitía medir distancias de manera electrónica mediante un rayo reflejado por un prisma, sin la necesidad de la cinta. Este aparato recibía el nombre de **distanciómetro**.



Figura 3.19 Distanciómetro. Fuente: <http://www.archiproducts.com/es/productos/39305/distanciometro-distanziometro-di-1000-wild-teorema.html>

Posteriormente, surgieron los teodolitos electrónicos, que permitían la lectura de ángulos verticales y horizontales directamente desde la pantalla integrada en el aparato. Éste realizaba la medición mostrándola en su “display” eliminando errores de apreciación por parte del operador.



Figura 3.20 Teodolito electrónico. Fuente: <http://iztapalapa.olx.com.mx/teodolito-nikon-ne-20h-y-nivel-topografico-leica-na720-iid-51872221>

Años más tarde, se conjugaría la tecnología electrónica del teodolito con la medición sin cinta del distanciómetro para dar paso a un aparato más sofisticado que es utilizado en la actualidad: **la estación total**.

Se denomina **estación total** a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador de un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias, etc.

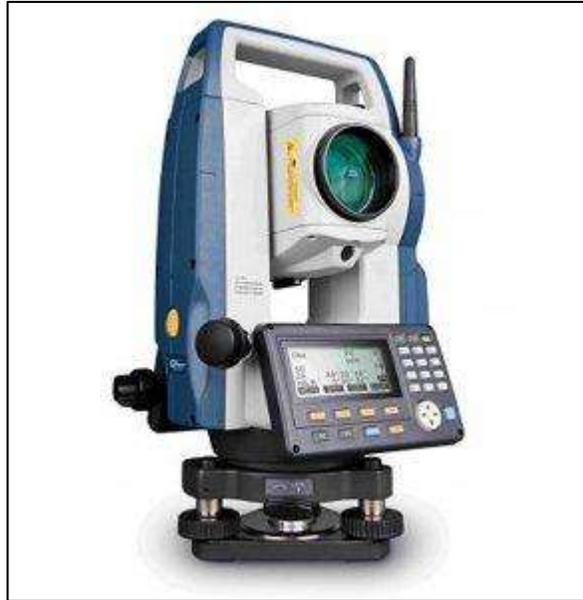


Figura 3.21 Estación total. Fuente: <http://www.alfatopografia.com/cx105.htm>

Por otra parte, desde hace ya varios años el uso de las estaciones totales se ha visto complementado o incluso desplazado por equipos GNSS (Sistema Satelital de Navegación Global, por sus siglas en inglés) que abarca sistemas como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés), antes conocido como Navstar, de E.E.U.U., el GLONASS, de Rusia, El COMPASS de China y el GALILEO de la Unión Europea. Las ventajas del GNSS topográfico con respecto a la estación total son que, una vez fijada la base en tierra no es necesario más que una sola persona para tomar los datos, mientras que la estación requería de dos, el técnico que manejaba la estación y el operario que situaba el prisma; y aunque con la tecnología de Estación Total Robótica, esto ya no es necesario, el precio de los sistemas GNSS ha bajado tanto que han ido desplazando a aquellas en campo abierto. Por otra parte, la estación total exige que exista una línea visual entre el aparato y el prisma (o punto de control), lo que es innecesario con el GNSS, aunque por su parte el GNSS requiere al operario situarse en dicho punto, lo cual no siempre es posible. La gran ventaja que mantiene la Estación Total contra los sistemas satelitales son los trabajos bajo techo y subterráneos, además de aquellos donde el operador no puede acceder, como torres eléctricas o riscos, y que con sistemas de medición sin prisma de hasta 3000m (a la fecha) estos levantamientos se pueden hacer por una persona y desde un sólo punto.

Por lo tanto, no siempre es posible el uso del GNSS, principalmente cuando no puede recibir las señales de los satélites debido a la presencia de edificaciones, bosque tupido, etc. Por lo demás, los sistemas GNSS RTK (Cinemática en Tiempo Real, por sus siglas en inglés) ya igualan e incluso superan la precisión de cualquier Estación Total, salvando los errores

acumulables de éstas últimas, permitiendo además levantamientos de puntos distantes incluso a 100 km sin problema. En el futuro se percibe que la elección entre un equipo GNSS o bien una Estación Total estará más dado por la aplicación en sí, que por los límites tecnológicos que cada instrumento presente.



Figura 3.22 Uso del GNSS para levantamiento topográfico. Fuente: propia.

La estación total permite la medición de distancias y ángulos de manera electrónica, la gran ventaja que presenta esta herramienta es que automáticamente te arroja las coordenadas de los puntos medidos, aunque se necesita de al menos dos puntos conocidos para el arranque del levantamiento. Las estaciones totales cuentan con una determinada cantidad de memoria interna para almacenar puntos y mediciones realizadas en campo, que posteriormente pueden vaciarse en un equipo de cómputo para la realización de proyectos y su manejo en general en un programa de dibujo.

Los sistemas GNSS topográficos (Global Navigation Satellite System) básicamente se plantan sobre la superficie de la tierra para recibir en tiempo real datos enviados por

satélites que permiten automáticamente geo posicionar puntos, arrojando coordenadas reales de la zona de medición. Esto vino a revolucionar el campo de la topografía, ya que este equipo realiza planimetría y altimetría a la vez, al igual que la estación total, con la diferencia de que éste (GNSS) no necesita puntos de arranque ya que los obtiene por si solo y representa un avance tremendo en el área de la topografía.

Podemos darnos cuenta de las mejoras que se han venido presentando a lo largo de los años para el ramo de la topografía. Se comenzó con mediciones manuales de ángulos y distancias, para terminar introduciendo cuestiones electrónicas y satelitales que nos facilitan en demasía la labor del topógrafo.

En cuestión de gestión de datos también se ha avanzado. En años anteriores, la presentación de los datos de campo como secciones, perfiles y topografía del terreno se dibujaba a mano sobre papeles milimétricos. No se diga la elaboración de una planimetría, que era realizada mediante radiaciones (ángulos y distancias) y se tenía que plasmar sobre papel, era una labor dantesca para el topógrafo que requería muchas veces semanas completas de trabajo de gabinete. En la actualidad existen herramientas de cómputo para la gestión de los datos obtenidos en campo. Dos de las herramientas más utilizadas aquí en México para el manejo de datos de campo y creación de proyectos son los softwares denominados **AutoCAD y CivilCAD**. El primero permite la creación y modificación de líneas, puntos, ángulos, arcos, y una infinidad de herramientas geométricas, y el segundo es un excelente complemento que permite la creación y modificación de curvas de nivel, triangulaciones, perfiles, secciones de terreno y proyecto, pendientes, etc. Que unidas representan una parte indispensable de todo ingeniero hoy en día.

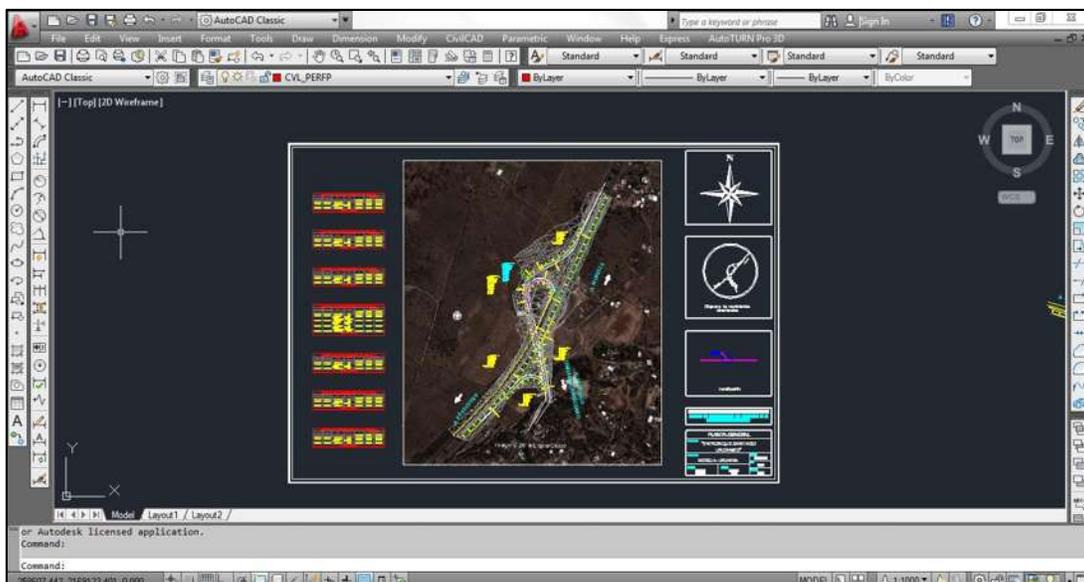


Figura 3.23 AutoCAD. Fuente propia.

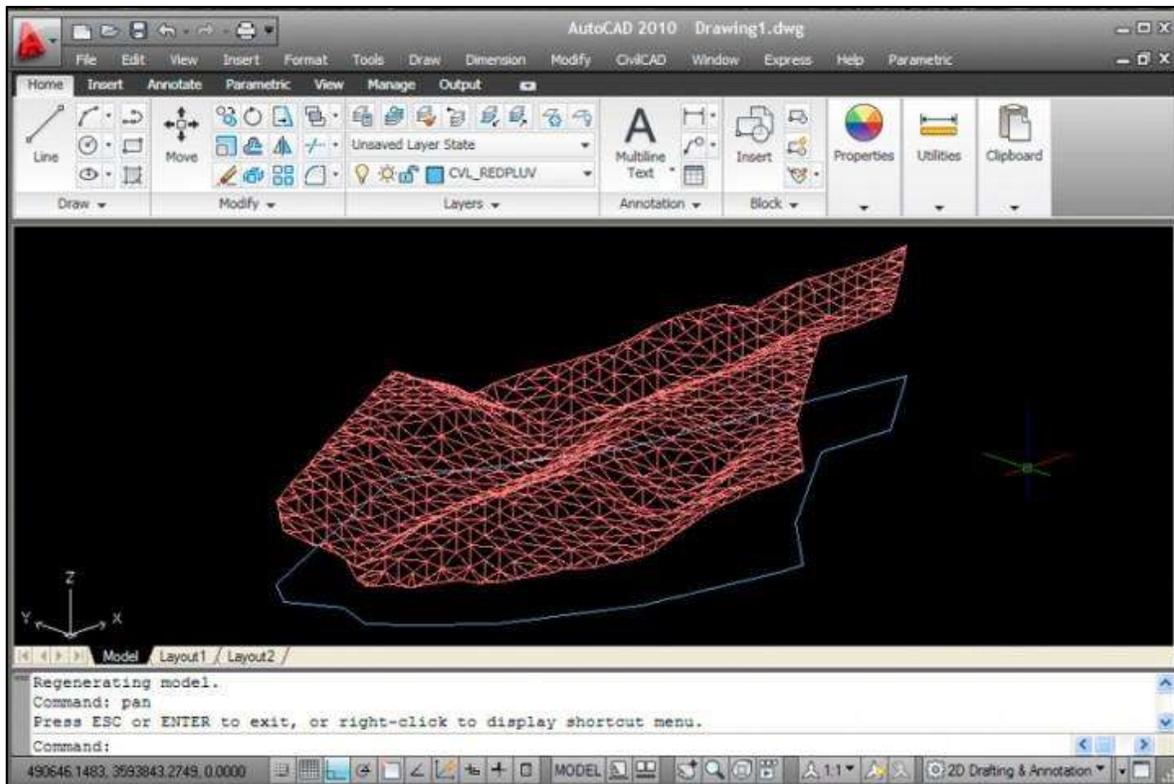


Figura 3.24 CivilCAD. Fuente: http://civilgeeks.com/wp-content/uploads/2013/01/ge_1-720x479.jpg

En los últimos años, con la introducción de la tecnología satelital, nació un software para equipos de cómputo llamado Google earth. El **Google Earth** es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por Imagen satelital, fotografía aérea, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG (Sistemas de Información Geográfica) de todo el mundo y modelos creados por ordenador.

Google earth presenta además de la visualización de las localizaciones alrededor del mundo, una topografía (relieve) no tan apegada a la realidad pero que permite tener una idea muy general de lo accidentado de la zona. Esto ha ayudado mucho a los ingenieros civiles y topógrafos para saber por dónde encausar un camino o colocar un entronque y para realizar proyectos preliminares.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

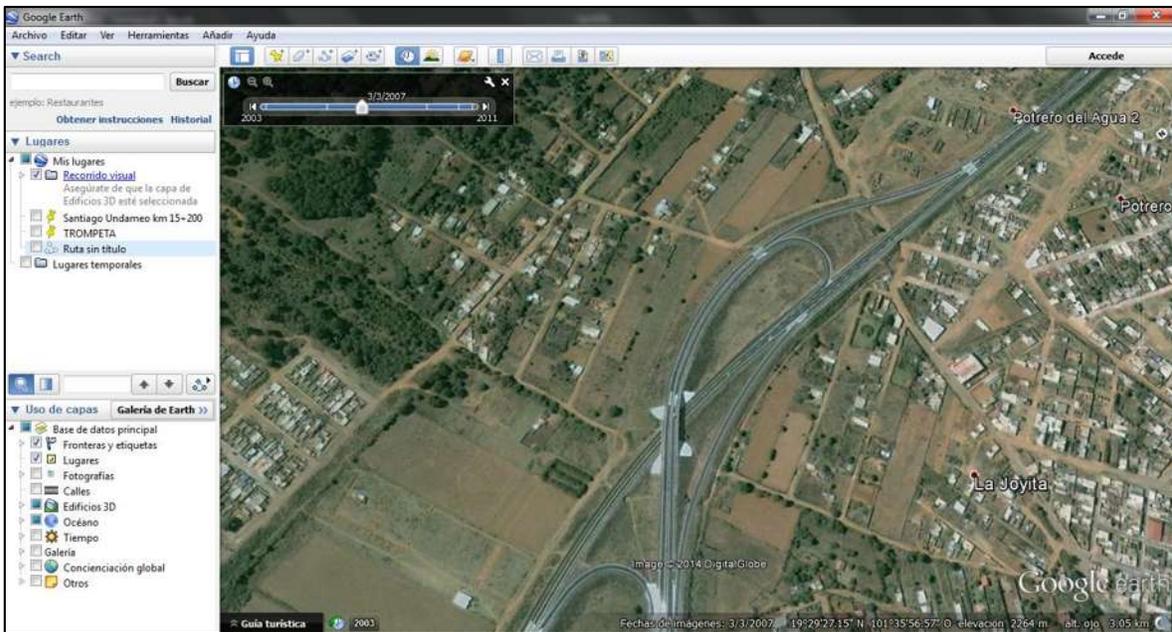


Figura 3.25 Google Earth. Fuente propia.

CAPÍTULO 4

CASO DE ESTUDIO

4.1 INFORMACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.

El tramo Morelia – Pátzcuaro de la autopista siglo XXI consta de aproximadamente 49 kilómetros a lo largo de su recorrido. El inicio de este tramo se encuentra en el kilómetro 0+000 ubicado en el distribuidor vial conocido como “monumento a Lázaro Cárdenas” en la ciudad de Morelia y termina aproximadamente en el kilómetro 49+000 justo a la entrada de la ciudad de Pátzcuaro.

Años atrás, la carretera contaba con especificaciones de camino tipo C, con un ancho de corona de 7 metros, - 3.50 metros por carril por sentido de circulación -, pero debido a la demanda vehicular creciente, se modernizó construyendo un segundo cuerpo de 10.50 metros de corona (3.50 metros por carril por sentido de circulación, 1 metro de acotamiento interno y 2.50 metros de acotamiento externo). En la actualidad, se trata de una carretera de especificaciones A4S, que corresponde a dos carriles por sentido, más acotamiento interno y externo y una franja separadora de ancho variable entre los dos sentidos de circulación como lo muestra la siguiente imagen:



Figura 4.1 Carretera Morelia – Pátzcuaro, tipo A4S. Fuente: google earth.

La velocidad de operación en el tramo corresponde a 90 km/h, por lo que a pesar de ser una vía amplia no se considera de alta velocidad.

La pendiente máxima del tramo es del 6% por lo que no cuenta con pendientes tan pronunciadas que pudieran afectar en demasía la operación de los vehículos.

4.2 ASPECTOS GENERALES DE LAS CIUDADES QUE CONECTA EL TRAMO.

4.2.1 Morelia.



Figura 4.2 Localización de la ciudad de Morelia dentro del estado de Michoacán. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Morelia>

Morelia es la ciudad más poblada y extensa del estado de Michoacán y la vigésima séptima a nivel nacional, con una población de 729,279 habitantes según los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, situándose en el 27° lugar del país en cuanto a población se refiere. Su zona metropolitana contaba con 806.822 habitantes en ese mismo año. Asimismo, es la urbe más importante del estado desde el punto social, económico, cultural y político.

Morelia posee una rica vida cultural heredada en el tiempo. Gracias al patrimonio arquitectónico conservado desde la época colonial, el centro histórico de Morelia fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1991.



Figura 4.3 Centro histórico de Morelia. Fuente: www.udemorelia.edu.mx

La principal actividad económica de Morelia son los servicios, entre los que destacan los financieros, inmobiliarios y turísticos, seguidos por la industria de construcción, la industria manufacturera y en último término las actividades del sector primario. Como parte de su activa vida turística, la ciudad es sede de importantes festivales culturales anuales como los festivales internacionales de música, órgano, cine y gastronomía.

4.2.2. Pátzcuaro.



*Figura 4.4 Localización de Pátzcuaro en Michoacán. Fuente:
<http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1tzcuaro>*

Pátzcuaro es una ciudad del estado mexicano de Michoacán. Se encuentra categorizado por la Secretaría de Turismo como uno de los Pueblos Mágicos. Es cabecera del municipio del mismo nombre. Sus principales sujetos o tenencias son Cuanajo, Tzurumútaro, Janitzio y San Juan Tumbio.

La región de Pátzcuaro es una zona de pueblos típicos eminentemente artesanales como Tzintzuntzan, Santa Clara del Cobre, Cuanajo, Tupátaro, Erongarícuaro y Quiroga, entre otros. La mayoría de los poblados de la zona lacustre de Pátzcuaro tienen sus antecedentes en la época previa a la conquista.



Figura 4.5 Plaza principal de la ciudad de Pátzcuaro. Fuente: www.mexicodesconocido.com.mx

El Municipio de Pátzcuaro alberga una población aproximada de 48,000 habitantes, de los cuales 4,840 hablan lengua indígena.

La Principal actividad económica es el turismo, y en menor medida otras actividades como la pesca, la fabricación de muebles coloniales de madera, industria textil, productos de corcho, mantas, artesanías de madera como bateas, máscaras y juguetes; alhajeros, herrería artística, joyería artística, figuras religiosas y papel picado.

Pátzcuaro se localiza al centro del estado, a una altura de 2,140 mts. Sobre el nivel del mar.

4.3 MÉTODO.

El método utilizado para la realización de este trabajo corresponde al **método cuantitativo** debido a que se buscan números, estadísticas y aspectos medibles que nos conduzcan a lograr el objetivo de la tesis.

4.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la presente tesis se tiene por objetivo principal aprender sobre el tema de intersecciones y su normativa en México, además de proponer una solución a un entronque específico, que es el entronque “Santiago Undameo” ubicado en la carretera Morelia – Pátzcuaro a la altura del km. 15+000, debido a que presenta una sensible peligrosidad para el conductor y ha sido foco de múltiples accidentes automovilísticos en los últimos años.

El entronque en cuestión se encuentra dentro del grupo de los entronques de 3 ramas y se desarrolla a nivel. Básicamente se halla en una zona baja, lo que dificulta un poco la visibilidad de los conductores y aumenta el riesgo de accidentes.



Figura 4.6 Entronque Santiago Undameo. Ramas. Fuente: google earth.



Figura 4.7 Entronque Santiago Undameo. Fuente: google earth.



Figura 4.8 Entronque Santiago Undameo (2). Fuente: propia.



Figura 4.9 Esquema del entronque Santiago Undameo. Fuente: google earth.

En las imágenes anteriores, puede observarse la zona de cruce que genera movimientos vehiculares peligrosos, debido a que se permite la intersección a nivel de los flujos vehiculares en una carretera federal de velocidad media que no está controlada por semáforos, topes ni ningún otro dispositivo de control, solamente por la prudencia de los conductores para realizar este movimiento.

A continuación se presenta un esquema de los movimientos vehiculares que se ejecutan en esta intersección:

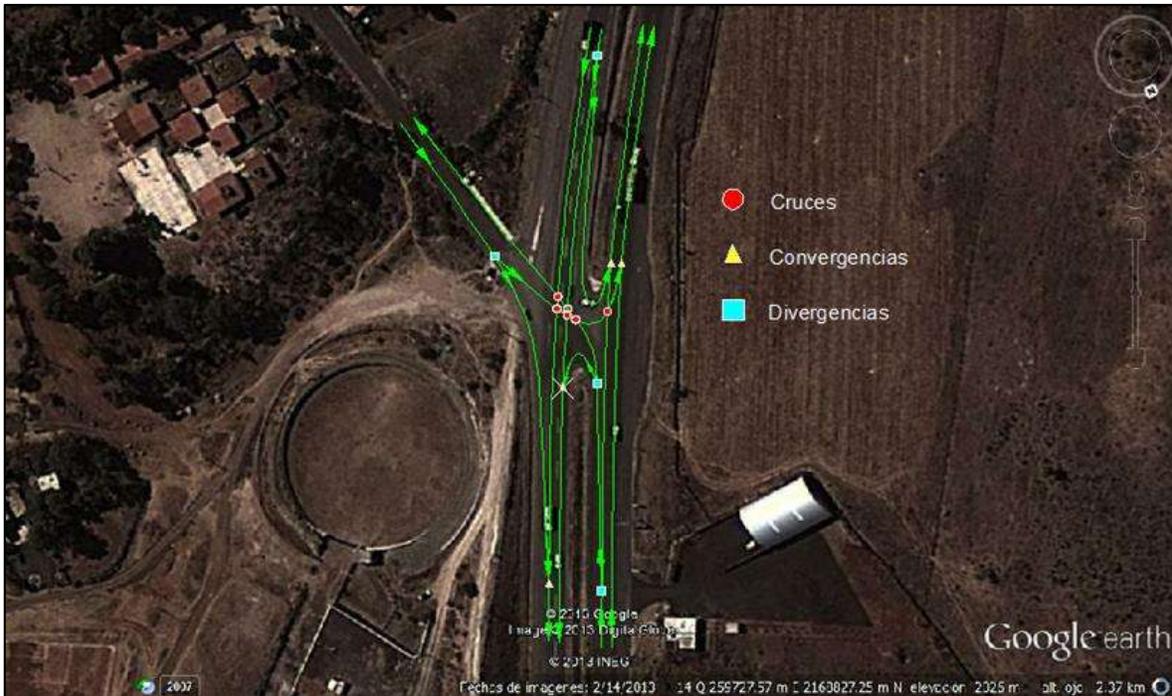


Figura 4.10 Cruces, convergencias y divergencias en el entronque Santiago Undameo. Fuente: propia.

En la figura 4.10 Se muestran los cruces, divergencias y convergencias que se generan en el entronque Santiago Undameo. Recordemos que los movimientos de cruce son los más peligrosos debido a que su seguridad depende de una serie de factores como la visibilidad, la velocidad de operación en ambos caminos y por supuesto el esviaje del cruce.

En la siguiente figura se muestra el perfil preliminar de la carretera principal justo en la zona de cruce:

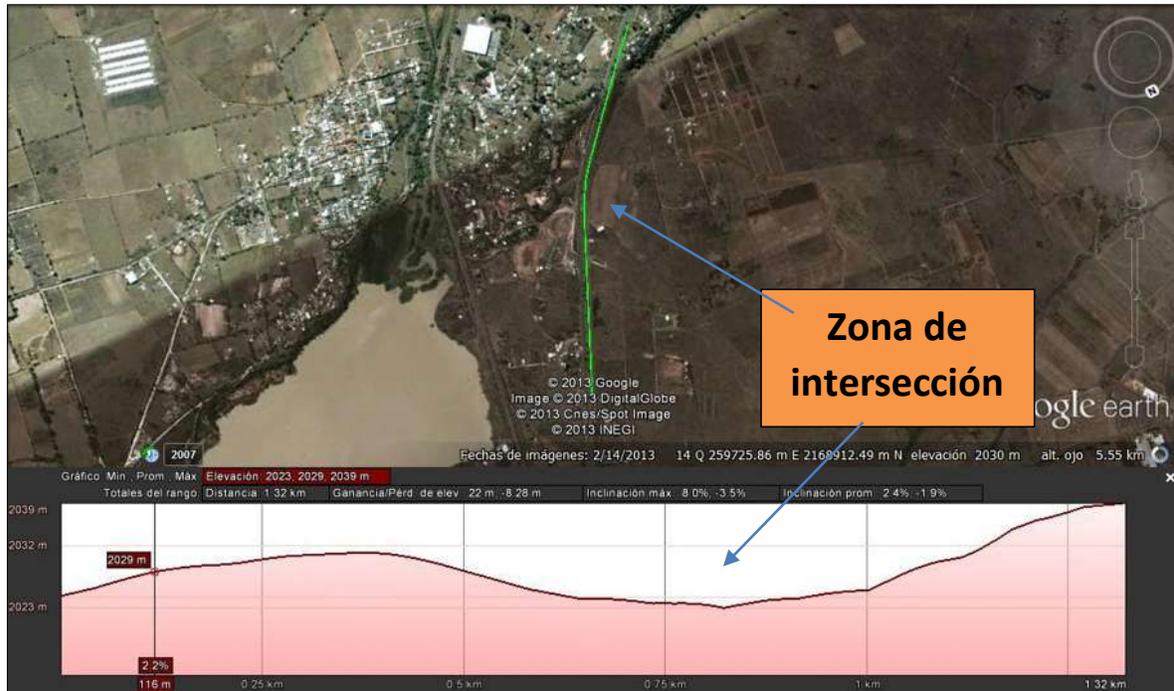


Figura 4.11 Perfil preliminar de la carretera Morelia – Pátzcuaro en la zona del entronque Santiago Undameo. Fuente: google earth.

Como puede notarse en las ilustraciones anteriores, el número de conflictos es bastante amplio. Esto aunado a que, como se comentó antes, el cruce se encuentra en una zona baja, hace que esta intersección en las condiciones en las que se encuentra, presente mayores conflictos de los permitidos para que un entronque sea seguro. Todo lo anterior se magnifica cuando al verificar más a detalle la zona del conflicto, nos encontramos con “cruces de aspecto religioso” que dan testimonio de que la seguridad en el entronque no es la óptima y debe corregirse para no permitir que accidentes automovilísticos sigan sucediendo ocasionando pérdidas humanas y materiales (Figura 4.12). Es por esto que se propone cambiar la geometría del cruce a una **opción a desnivel** para aminorar la accidentalidad.



Figura 4.12 Cruces de aspecto religioso en las inmediaciones del entronque Santiago Undameo. Fuente: propia.

La problemática que se presenta aquí se debe a conflictos viales ocasionados por un obsoleto diseño geométrico del entronque, que deriva en daños materiales y pérdidas humanas que podrían evitarse con las adecuaciones pertinentes que analizaremos en el desarrollo de este capítulo.

4.5 METODOLOGIA.

Una metodología general simplificada para el estudio de intersecciones sería como sigue:

4.5.1 Procedimiento general para el diseño de una intersección vial.

El enfoque general recomendado para atender el diseño geométrico de una intersección presenta una serie de actividades secuenciales, así:

1. Estudio de tránsito de la intersección y análisis de la situación existente, utilizando, si se requieren, programas de computadora apropiados.
2. Formulación de alternativas de funcionamiento.
3. Selección de la alternativa más conveniente.
4. Diseño definitivo de la solución adoptada.

4.5.1.1 Criterios generales.

Con la finalidad de obtener el diseño más conveniente, se presentan los siguientes criterios generales, destacando que se debe optar por la solución más sencilla y comprensible para los usuarios.

- **Priorización de los movimientos.** Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de ancho de vía e introducción de curvas de radio pequeño. Eventualmente, convendría eliminarlos totalmente.
- **Consistencia con los volúmenes de tránsito.** La mejor solución para una intersección vial es la más consistente entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularán por cada uno de los elementos del complejo vial.

- **Sencillez y claridad.** Las intersecciones que se prestan a que los conductores duden son inconvenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.
- **Separación de los movimientos.** A partir de los resultados de ingeniería de tránsito, según los flujos de diseño determinados para cada caso, puede ser necesario dotar algunos movimientos con vías de sentido único, completándola con carriles de aceleración o desaceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas. Las grandes superficies pavimentadas invitan a los vehículos y peatones a movimientos erráticos, que promueven accidentes y disminuyen la capacidad de la intersección.
- **Visibilidad.** La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto debe existir, como mínimo, la distancia de parada.
- **Perpendicularidad de las trayectorias.** Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto. Además, disminuyen los posibles choques y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores que cruzan juzgar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.
- **Previsión.** En general, las intersecciones exigen superficies amplias. Esta circunstancia se debe tener en cuenta al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la carretera.

4.5.1.2 Dimensionamiento preliminar de las alternativas.

Para formular cada una de las alternativas de solución propuestas se recomienda atender las siguientes actividades:

- Estudio de volúmenes de tránsito, cuyo propósito es estimar los volúmenes de tránsito futuros. Si la importancia de la intersección lo requiere se debe soportar el estudio de demanda con la aplicación de un Modelo de Transporte apropiado. Los volúmenes de diseño deben corresponder a los volúmenes máximos horarios.

- Dependiendo de las categorías de las vías que se cruzan, del espaciamiento entre intersecciones, de la magnitud de los volúmenes de tránsito y de las condiciones topográficas se seleccionan los tipos de intersecciones más convenientes, que corresponden a las alternativas de solución.
- Las dimensiones preliminares de los diferentes elementos de la intersección se determinan utilizando criterios generales de capacidad por carril según tipo de carretera, longitudes mínimas de entrecruzamiento, número de carriles requeridos en las zonas de entrecruzamiento, balance de carriles, necesidad o no de carriles de cambio de velocidad y espaciamiento entre entradas y salidas.
- Aplicación de una metodología que permita calificar las alternativas y seleccionar entre ellas la más conveniente.

4.5.1.3 Diseño definitivo de la intersección.

Una vez seleccionada la alternativa más conveniente se deben aplicar criterios específicos para diseñar cada uno de los elementos de la intersección. Para llevar a cabo el diseño definitivo se deben atender las siguientes consideraciones:

- Los volúmenes de tránsito de diseño se deben proyectar a diez y veinte años (10 y 20) y corresponder a los períodos horarios de máxima demanda.
- Los análisis operacionales, capacidad, nivel de servicio, área de entrecruzamiento, etc., se deben realizar preferiblemente con los criterios consignados en el Manual de Capacidad de Estados Unidos de América (HCM).
- En el numeral siguiente, y sin pretender cubrir la totalidad de modelos de intersecciones, se fijan criterios específicos de diseño de la mayoría de los elementos geométricos contemplados en las situaciones presentadas.

4.5.2 Metodología particular.

La metodología particular a seguir para el estudio del entronque “Santiago Undameo”, se describe a continuación:

1. **Recopilación de información.** Como primer paso debe determinarse la necesidad de realizar una mejora en la intersección elegida. Esto se lleva a cabo mediante una observación detenida del lugar de estudio que pudiera arrojar factores clave para la optimización de dicho cruce. Estos factores incluyen problemas de congestionamiento vial, una frecuencia media – alta de accidentes o el hecho de que el cruce ya este próximo a llegar a su capacidad para almacenar y realizar los movimientos vehiculares con fluidez durante los años siguientes. En nuestro caso, elegimos el cruce a Santiago Undameo por la ocurrencia de accidentes y la peligrosidad que existe en las maniobras realizadas por los conductores, que nos sugieren que la seguridad de la intersección no es la más adecuada y hay que revisar el porqué.
2. **Establecer objetivos.** Es importante verificar la información recolectada del lugar, para en base a esto, fijar metas y objetivos respecto a la funcionalidad que queremos lograr al realizar una mejora del cruce. Debemos tener presente que la modificación de la intersección se realiza para optimizar significativamente los movimientos vehiculares, pero también es importante analizar el impacto ambiental, social y económico que llegara a tener la mejora propuesta.
3. **Análisis del espacio disponible.** Podemos apoyarnos con alguna imagen de vista satelital del lugar para lograr una mejor perspectiva del entorno y darnos cuenta del espacio disponible para asimismo proponer un entronque más adecuado.
4. **Levantamiento topográfico.** Ya que se tiene definido el lugar que se analizará, es conveniente realizar un levantamiento topográfico del sitio. Esto con la finalidad de conocer con precisión las características de los caminos que se cruzan y en base a esto poder realizar un diagnóstico.
5. **Analizar diferentes opciones de mejora.** Si se tiene más de una propuesta de mejora, habrá que ponderar las diferentes opciones y elegir la que cumpla con los objetivos que queremos alcanzar al menor costo posible, en pocas palabras habrá que elegir la opción más eficiente.

6. **Elección de la opción más conveniente.** Una vez revisados los puntos anteriores, se toma la mejor opción de mejora del cruce para analizarla con mayor detalle.

7. **Señalamiento.** Con la propuesta plasmada en dibujo, se hace necesaria la elaboración del señalamiento que deberá contener el entronque. Esto representa un aspecto fundamental, ya que si no se cuenta con un señalamiento basto y adecuado, podría ocasionar confusiones en los conductores que propiciarían un mal funcionamiento del cruce y/o accidentes.

4.6 PROPUESTA DE MEJORA DE LA INTERSECCIÓN.

4.6.1 Ubicación.

4.6.1.1 Macrolocalización.

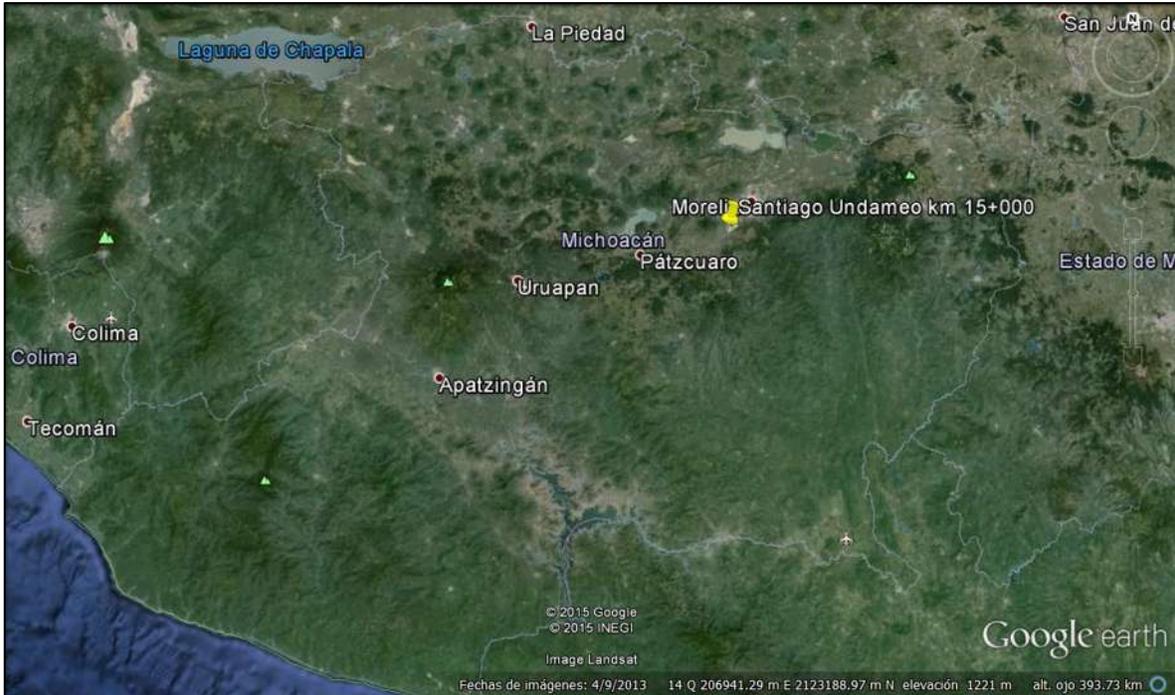


Figura 4.13 Macrolocalización del entronque Santiago Undameo. Fuente: google earth.

El tramo Morelia – Pátzcuaro de la autopista siglo XXI, une, como su nombre lo indica, a las ciudades de Pátzcuaro y Morelia dentro del estado de Michoacán. Esta carretera se encuentra al norte del estado como se aprecia en la imagen superior.

4.6.1.2 *Microlocalización.*

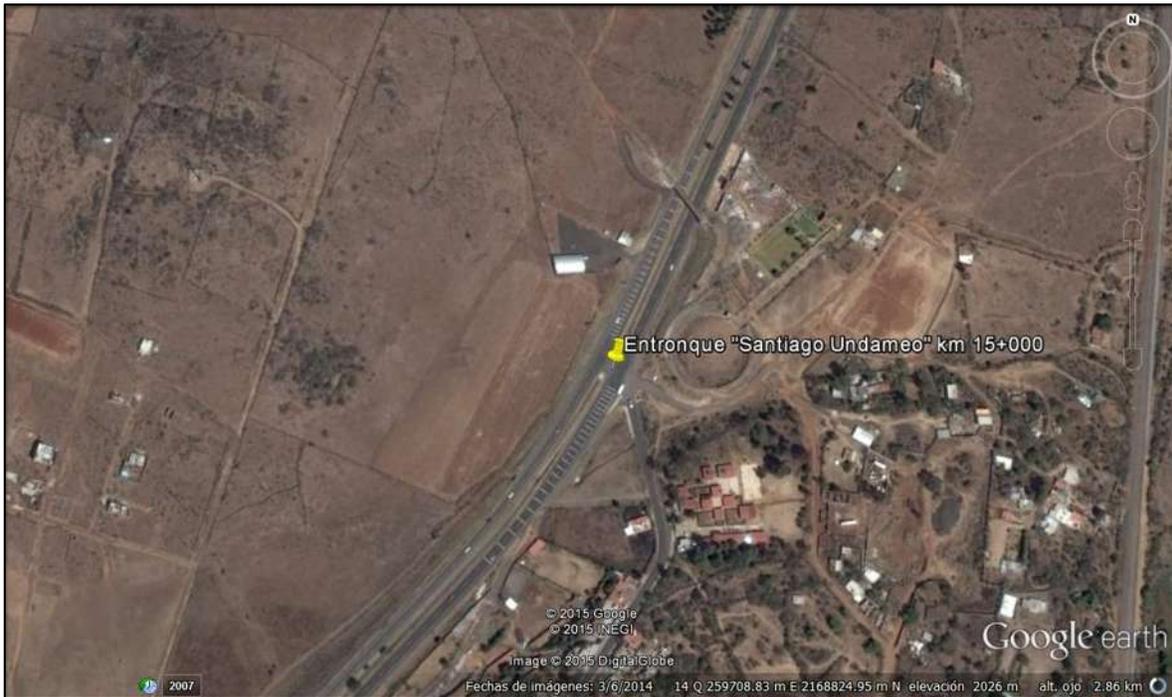


Figura 4.14 *Microlocalización del entronque Santiago Undameo. Fuente: google earth.*

Entronque Santiago Undameo, Autopista siglo XXI, Tramo Morelia – Pátzcuaro, km 15+000

El entronque a analizar se encuentra en el kilómetro 15+000 de la carretera siglo XXI dentro del tramo Morelia – Pátzcuaro. Su ubicación precisa es:

Latitud: 19.599818°

Longitud: -101.290759°

Coordenada Este (X): 259725.00 m E

Coordenada Norte (Y): 2168810.00 m N

Zona: 14 UTM

4.6.2 Memoria descriptiva.

En este apartado se describen las actividades realizadas para la proposición de la mejora del entronque “Santiago Undameo”.

1. Es indispensable analizar el espacio y la información disponible en el lugar donde se propondrá la intersección. El espacio es una cuestión fundamental, ya que en gran parte, de él depende la forma del entronque a proponer.

En la siguiente imagen se muestra el espacio disponible para la propuesta de la intersección.

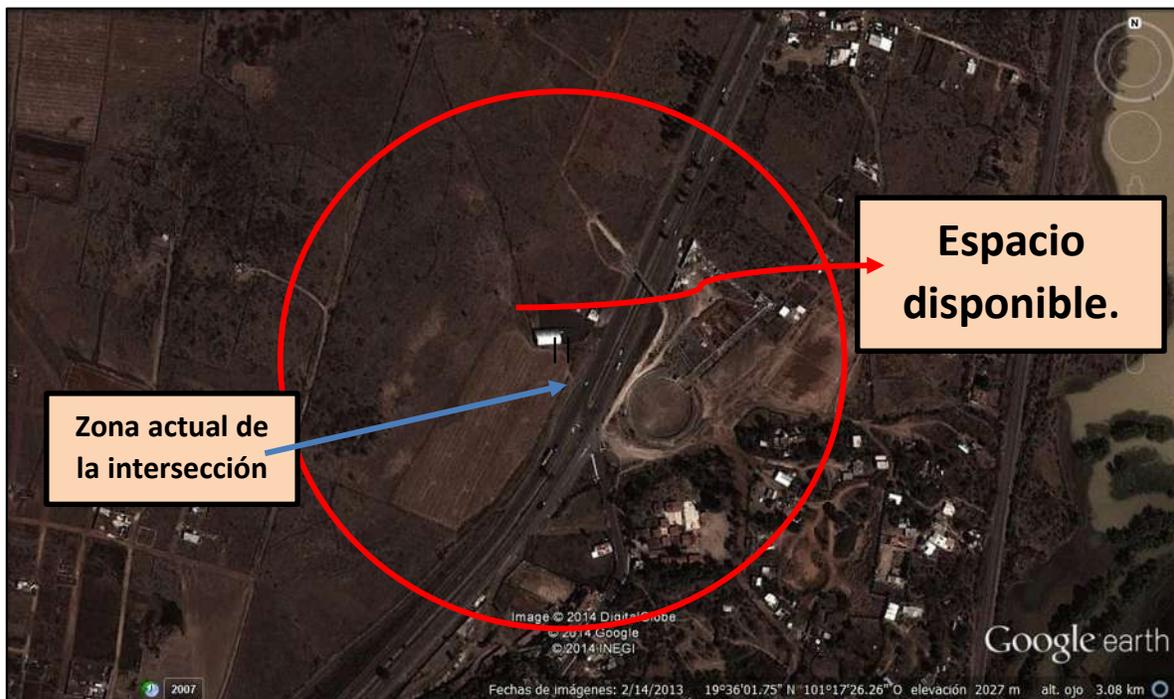


Figura 4.15 Espacio disponible en la zona del entronque Santiago Undameo. Fuente: propia.

El espacio del que se dispone para mejorar la intersección es amplio, debido a que no existen muchas obras civiles o asentamientos de personas alrededor, excepto en la parte sureste del cruce, pero en lo que respecta a los otros frentes, se cuenta con un terreno despejado de viviendas lo que facilita una elaboración más cómoda del proyecto.

Por otro lado, uno de los inconvenientes que se pueden observar en la imagen es la existencia de un paso ganadero que, con el desarrollo de la propuesta de mejora, es muy probable que desaparezca o se reubique.



Figura 4.16 Paso ganadero. Fuente: propia.

Este paso a desnivel tiene por objeto que el ganado de las poblaciones aledañas cruce la carretera sin peligro alguno. **Su existencia es importante**, sin embargo, se descartará en la realización del entronque vehicular, proponiéndose su reubicación en las cercanías del lugar sin que afecte al movimiento vehicular.



Figura 4.17 Paso ganadero. Fuente: propia

2. Elaboración de un estudio de tránsito. Es necesario conocer el número y tipo de vehículos que transitan por la intersección para así poder determinar con mayor precisión los radios y anchos de calzada que tendrá nuestro nuevo entronque.
3. Para poder dimensionar correctamente los ejes del entronque a proponer, se hace necesario el levantamiento de una **planimetría en el lugar**, esto nos permitirá conocer la infraestructura existente y poder plasmarla en el plano para en base a esto poder modificar la geometría de la intersección.



Figura 4.18 Levantamiento de planimetría con equipo GPS. Fuente: propia.

La planimetría consistió en obtener los contornos de la carretera existente para posteriormente dibujarlos en un plano y sobre eso poder modificar la geometría. Esto se realizó con un equipo GPS topográfico de precisión milimétrica que recibía información en tiempo real de las coordenadas del lugar, lo que resultó de gran ayuda, ya que este procedimiento puede realizarse con un número mínimo de personas y con gran precisión.



Figura 4.19 Levantamiento de planimetría con equipo GPS (2). Fuente: propia.

En la imagen superior puede observarse a una persona midiendo los contornos de la carretera principal (Morelia – Pátzcuaro) con la antena del GPS.



Figura 4.20 Levantamiento de planimetría con equipo GPS (3). Fuente: propia.

En la figura 4.20 puede observarse la base del GPS que recibía en todo momento información en tiempo real de las coordenadas del lugar, lo que nos da automáticamente datos fiables del levantamiento realizado.

El resultado del levantamiento planimétrico son una serie de puntos que describen el contorno de las carreteras levantadas, puntos que posteriormente se unen con líneas para tener una mejor visión de lo existente en el cruce, dando como resultado el siguiente dibujo:

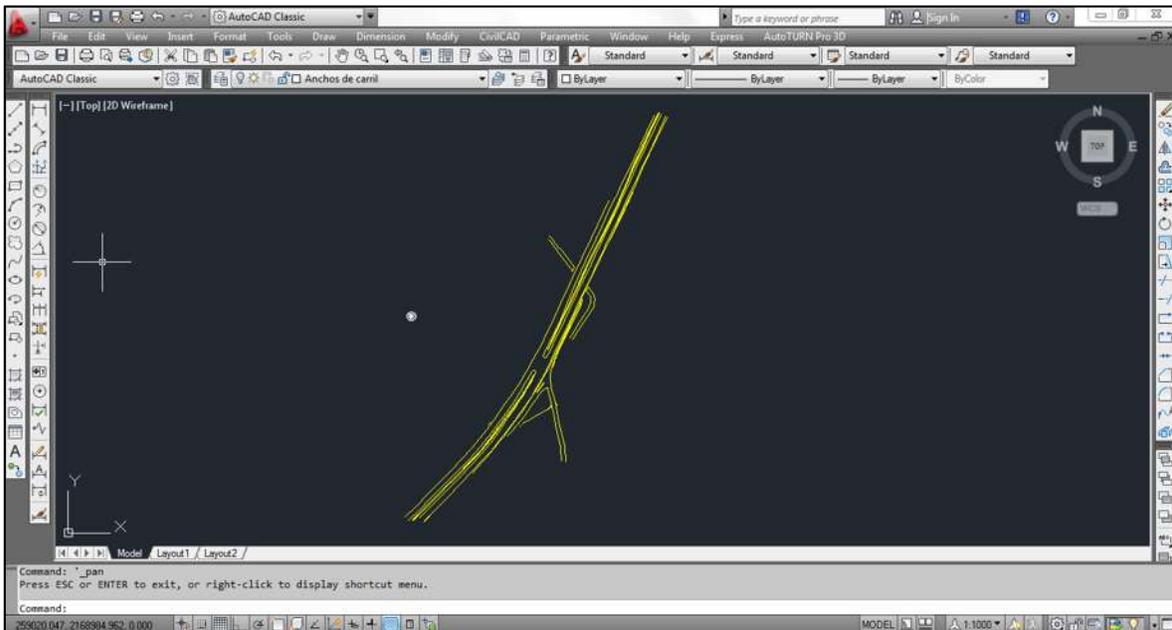


Figura 4.21 Dibujo de la planimetría levantada en campo. Fuente: propia.

Una vez que se tiene la planimetría dibujada, se procede a realizar la modificación de la geometría horizontal para proponer las mejoras del entronque sobre los contornos obtenidos.

Al tratarse de un entronque de tres ramas, la opción más viable que consideré para la modificación del entronque fue una opción a desnivel con un entronque tipo trompeta con la siguiente forma:

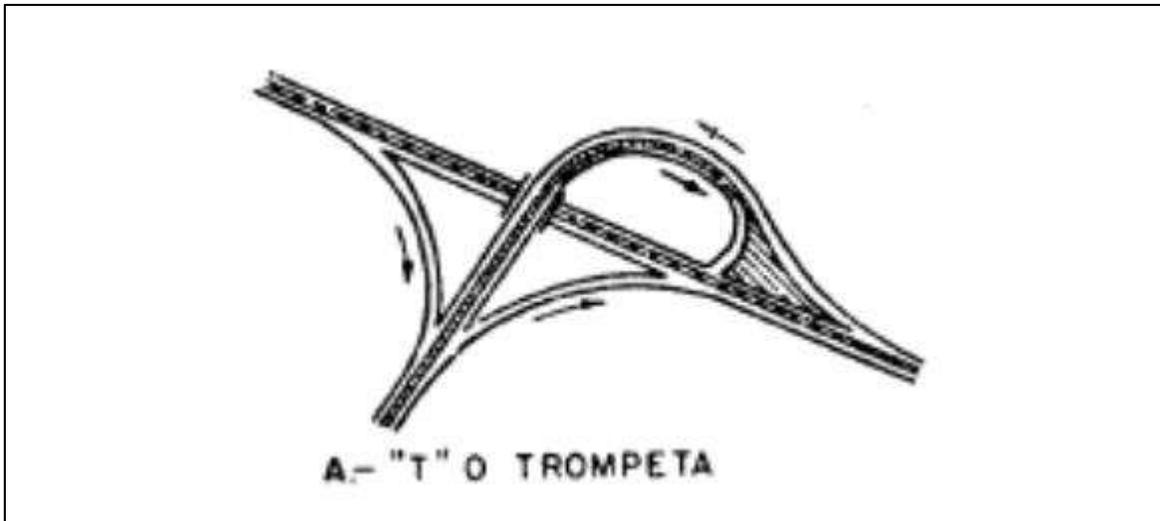


Figura 4.22 Entronque a desnivel tipo trompeta. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la SCT.

4. Levantamiento topográfico. Como se mencionó en la metodología, el levantamiento topográfico nos sirve para conocer a detalle el lugar, además de que nos permite proponer las rasantes y conocer los volúmenes de material que serán desplazados para la posterior construcción del entronque propuesto.

El estudio topográfico para nuestro trabajo constará de las etapas citadas a continuación, ya que resultan esenciales para los trabajos posteriores. Elaborar un estudio topográfico completo nos llevaría más tiempo además de que sale del contexto del objetivo de la tesis.

Trazo. El trazo se refiere a la proposición de ejes con estaciones marcadas normalmente cada 20 metros, todo esto sobre la planta del proyecto. Posteriormente, ésta información se replantea en campo, para contar con ejes de referencia que nos permitan obtener el perfil y las secciones del terreno natural.

Nivel. Ya que se tiene el replanteo de los ejes en campo, se procede a nivelar las estaciones de dichos ejes con referencia a unos bancos de nivel previamente propuestos en lugares preferentemente inamovibles. El nivel de los ejes es fundamental ya que con éste se proponen las rasantes de proyecto.

Secciones. Las secciones y el nivel del terreno natural son necesarios para obtener la volumetría. Éstas normalmente se obtienen a una distancia de 20 o 30 metros según

convenga hacia ambos lados de cada estación de los ejes, para conocer la configuración del terreno a detalle.

Como se vio en el capítulo anterior, podemos conocer la topografía de un lugar de dos maneras diferentes: la primera es replanteando los ejes en campo para posteriormente nivelarlos y seccionarlos (topografía tradicional); y la segunda es levantar una nube de puntos que describan a detalle la topografía, para acto seguido, con la ayuda un programa de cómputo como el CivilCAD, poder “montar” los ejes de trazo en la configuración del terreno natural y de esta manera obtener las secciones y el nivel. En este trabajo se realizó lo segundo debido a que nuestras posibilidades de utilización de los equipos de medición eran limitadas, sin embargo, se logró un trabajo bastante detallado que nos arrojará datos muy confiables.

En la figura 4.23 se puede notar la lluvia de puntos que se obtuvieron en las inmediaciones del entronque, para con ellos realizar triangulaciones (4.24) y posteriormente curvas de nivel (4.25) mediante el uso combinado del software AutoCAD y CivilCAD.

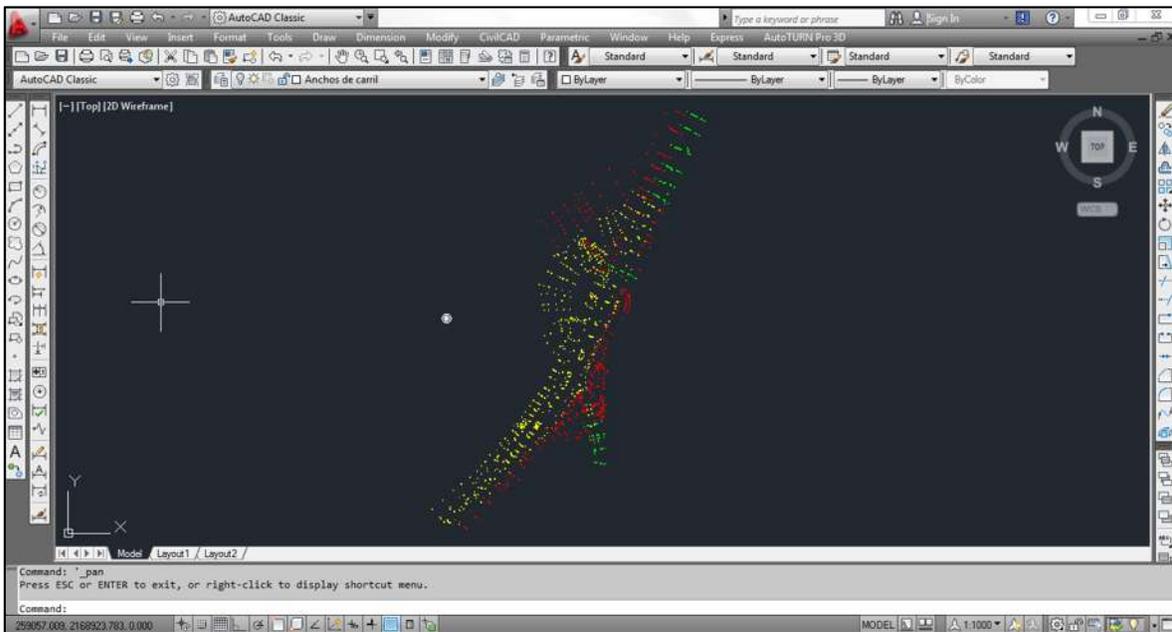


Figura 4.23 Nube de puntos de levantamiento topográfico. Fuente: propia.

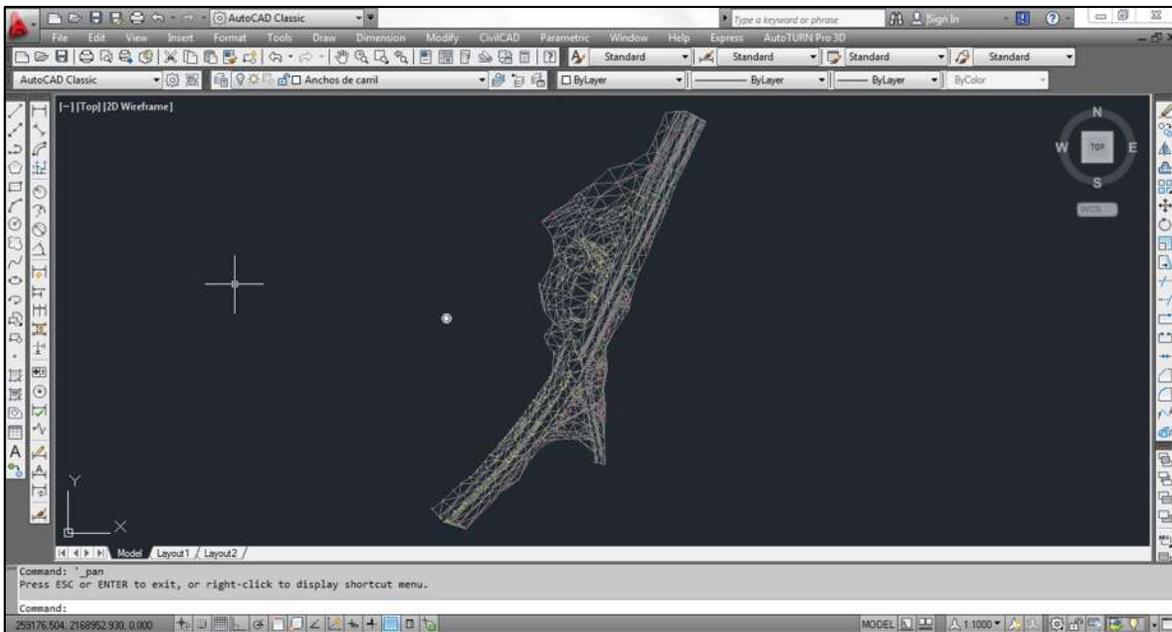


Figura 4.24 Triangulaciones obtenidas con puntos de levantamiento topográfico. Fuente: propia.

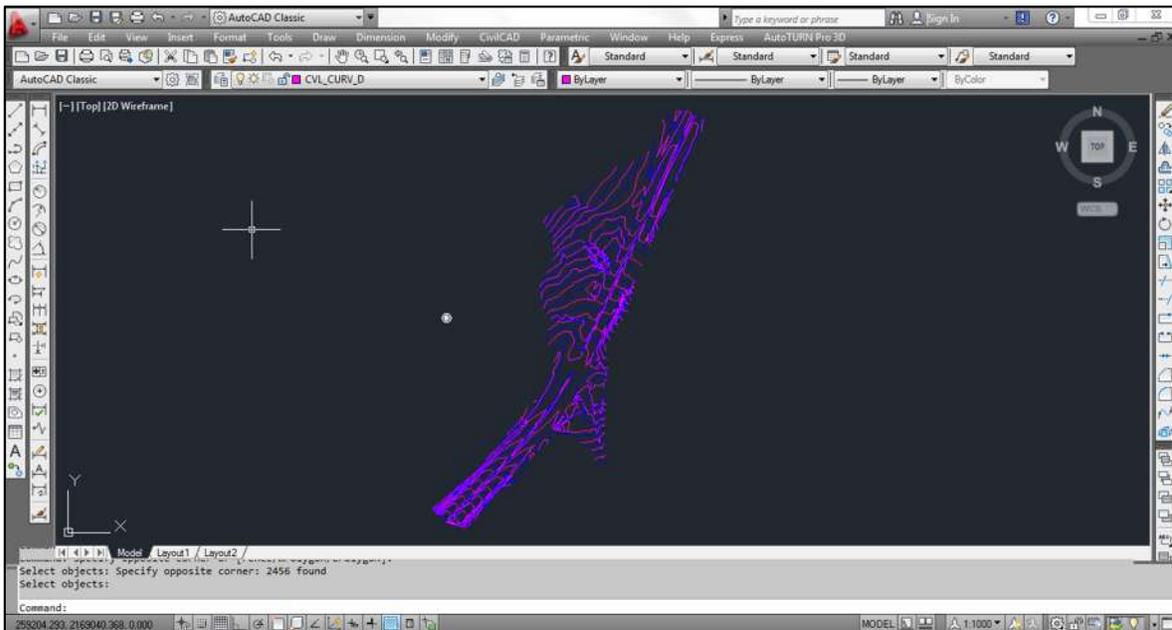


Figura 4.25 Curvas de nivel de levantamiento topográfico. Fuente: propia.

Las curvas de nivel se configuraron de la siguiente manera: a una separación 0.50 metros las líneas delgadas y 1.00 metro las gruesas. Esto se realizó así debido a que la zona es relativamente plana y son necesarias curvas de nivel con poca separación para poder observar el relieve con mayor claridad.

4.6.3 Reporte fotográfico.

Las siguientes imágenes se obtuvieron durante el levantamiento topográfico.



Figura 4.26 Levantamiento topográfico con estación total. Fuente: propia.



Figura 4.27 Levantamiento topográfico con estación total (2). Fuente: propia.



Figura 4.28 Levantamiento topográfico con estación total (3). Fuente: propia.



Figura 4.29 Levantamiento topográfico con estación total (4). Fuente: propia.



Figura 4.30 Levantamiento topográfico con estación total (5). Fuente: propia.



Figura 4.31 Levantamiento topográfico con estación total (6). Fuente: propia.



Figura 4.32 Levantamiento topográfico con estación total (7). Fuente: propia.



Figura 4.33 Levantamiento topográfico con estación total (8). Fuente: propia.



Figura 4.34 Levantamiento topográfico con estación total (9). Fuente: propia.



Figura 4.35 Levantamiento topográfico con estación total (10). Fuente: propia.



Figura 4.36 Levantamiento topográfico con estación total (11). Fuente: propia.



Figura 4.37 Levantamiento topográfico con estación total (12). Fuente: propia.



Figura 4.38 Levantamiento topográfico con estación total (13). Fuente: propia.



Figura 4.39 Levantamiento topográfico con estación total (14). Fuente: propia.



Figura 4.40 Levantamiento topográfico con estación total (15). Fuente: propia.



Figura 4.41 Levantamiento topográfico con estación total (16). Fuente: propia.



Figura 4.42 Levantamiento topográfico con estación total (17). Fuente: propia.



Figura 4.43 Levantamiento topográfico con estación total (18). Fuente: propia.



Figura 4.44 Levantamiento topográfico con estación total (19). Fuente: propia.

4.6.4 Estudio de Ingeniería de tránsito.

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc. Están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de tránsito generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, llenando así una serie de satisfacciones y oportunidades ofrecidas por el medio ambiente circundante. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las personas sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día.

4.6.4.1 Uso de los volúmenes de tránsito.

De manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito son ampliamente utilizados en los siguientes campos:

1. Planeación.

- Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- Desarrollo de programas de mantenimiento. Mejoras y prioridades.
- Análisis económicos.
- Estimaciones de la calidad del aire.
- Estimaciones del consumo de combustibles.

2. Proyecto.

- Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- Requerimientos de nuevas carreteras.
- Análisis estructural de superficies de rodamiento.

3. Ingeniería de tránsito.

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

4. Seguridad.

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad.
- Evaluación de mejoras por seguridad.

5. Investigación.

- Nuevas metodologías sobre capacidad.
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- Estudio de antes y después.
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

6. Usos comerciales.

- Hoteles y restaurantes.
- Urbanismo.
- Autoservicios.
- Actividades recreacionales y deportivas.

En la realización del diseño de un entronque, el estudio de tránsito juega un papel muy importante, debido a que debe conocerse el número y tipo de vehículos que por ahí transitan actualmente para con estos datos poder realizar una proyección a futuro y estimar el crecimiento vehicular en los próximos años. Además, con el estudio del tránsito del lugar, se puede determinar qué vehículos transitan en su mayoría por el entronque y así elegir el vehículo de diseño. Con esto se obtendrán las especificaciones para realizar el diseño

adecuado de la geometría del entronque para evitar radios de giro erráticos que ocasionen problemas en la fluidez de la circulación.

A continuación se presentan algunos conceptos importantes a tener en cuenta para realizar un estudio de tránsito:

Tránsito Promedio Diario Anual (T.D.P.A.): Es el número de vehículos que pasan por un punto dado de una vía en un periodo de 24 horas consecutivas promediados entre los 365 días del año en ambas direcciones del tráfico.

Volumen Horario Máximo Anual (V.H.M.A): Es el volumen horario que ocurre durante un año, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

Volumen horario de diseño. Es el volumen horario de tráfico llevado al futuro, que es usado para los fines de diseño de la vía. Este volumen horario de diseño es generalmente la 30ava hora de mayor tráfico en el año de diseño.

Este volumen horario de diseño puede estar entre el rango del 8 al 38% del TDPA. Se pueden tomar como valores de diseño los siguientes:

- Para zonas rurales: un 15% del TDPA.
- Para zonas urbanas un 12% del TDPA.

Cuando tenemos un TDPA dado de una carretera en particular, lo proyectamos al año de diseño. Si la vía es rural le aplicamos el 15% y nos da el volumen horario de diseño para esa nueva vía en Veh/Hr.

Tasa de crecimiento: Es el índice que expresa el crecimiento o decrecimiento de, en este caso, el número de vehículos que circulan por una zona determinada en un intervalo de tiempo dado.

Para nuestro caso, utilizamos la tabla de datos viales proporcionada por la S.C.T. para el estado de Michoacán para la carretera federal número 14 (Morelia – Pátzcuaro) y la estación de conteo ubicada en el km. 25 (Tiripetío) de dicha vía. Se tomó este como nuestro parámetro debido a que es el más cercano y representativo acorde a nuestro entronque en estudio. Los datos son los siguientes:

14 CARRETERA MORELIA - PÁTZCUARO

AÑO	LUGAR	ESTACIÓN				CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN PORCIENTO					TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (%) (tasa de crecimiento = (presente / pasado) ^{1/n} - 1)
		KM	TE	SC	TDPA	A	B	C	K'	D	
2009	TIRIPETÍO	25	3	1	6569	79.3	3.6	17.1	0.074	0.5	-
2010	TIRIPETÍO	25	3	1	8261	89.3	3.9	6.8	0.075	0.506	25.75
2011	TIRIPETÍO	25	3	1	9257	84.9	3.9	11.2	0.091	0.504	12.05
2012	TIRIPETÍO	25	3	1	9597	87.3	1.8	10.9	0.111	0.518	3.67
2013	TIRIPETÍO	25	3	1	10464	87.9	1.8	10.3	0.087	0.505	9.03

Tabla 4.1 Datos viales carretera Morelia – Pátzcuaro, Michoacán. Fuente: S.C.T.

En la tabla anterior podemos realizar varias observaciones:

Es evidente que el porcentaje de automóviles tipo A que circulan por la vialidad, es considerablemente mayor al resto y que el TDPA viene creciendo de manera constante durante el paso de los años.

Teniendo el TDPA, pudimos obtener la tasa de crecimiento anual **promedio** con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de crecimiento} = \left(\frac{\text{Presente}}{\text{Pasado}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

La tasa de crecimiento anual **promedio** obtenida fue de **6.89%** y es la que se utilizará en nuestros cálculos posteriores.

Referente al entronque, se realizó un aforo visual y manual de los vehículos que transitaban en sus inmediaciones y los movimientos que realizaban. Para ello se utilizó el siguiente formato:

De este formato se descartaron los movimientos Morelia hacia Pátzcuaro y Pátzcuaro hacia Morelia debido a la complejidad de su conteo, por lo que solo se tomaron en cuenta los movimientos restantes. Los datos omitidos pueden encontrarse en los datos viales publicados por la S.C.T.

El muestreo se realizó durante dos días, tomando en cuenta las horas de mayor tráfico. En este caso elegí el intervalo de 7:00 a 9:00 a.m., debido a que a esas horas es cuando las personas viajan a su trabajo y los niños y jóvenes a la escuela. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Diagrama de movimientos:



Figura 4.46 Diagrama de movimientos para el aforo vehicular. Fuente: propia.

1 Fecha de muestreo: lunes 3 de marzo de 2014.				Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	61	12	73
Autobuses (B)		2	0	2
Camiones C		1	0	1
Otros		0	0	0
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	57	10	67
Autobuses (B)		3	0	3
Camiones C		2	0	2
Otros		0	0	0

Hacia Morelia Hacia Pátzcuaro
 

2 Fecha de muestreo: lunes 3 de marzo de 2014.					Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	10		50	60
Autobuses (B)		0		3	3
Camiones C		3		4	7
Otros		0		2	2
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	11		45	56
Autobuses (B)		0		2	2
Camiones C		2		1	3
Otros		0		0	0

Retorno Hacia Pátzcuaro Hacia Santiago Undameo
  

3 Fecha de muestreo: lunes 3 de marzo de 2014.					Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	21		1	22
Autobuses (B)		0		0	0
Camiones C		2		0	2
Otros		2		0	2
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	23		0	23
Autobuses (B)		0		0	0
Camiones C		3		0	3
Otros		1		0	1

Hacia Santiago Undameo Hacia Morelia Retorno
  

Tabla 4.2 Aforo vehicular en el entronque en estudio. Fuente: propia.

1 Fecha de muestreo: Martes 4 de marzo de 2014.				Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	58	14	72
Autobuses (B)		2	0	2
Camiones C		2	1	3
Otros		0	0	0
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	56	10	66
Autobuses (B)		2	0	2
Camiones C		1	1	2
Otros		1	0	1

Hacia Morelia 
 Hacia Pátzcuaro 

2 Fecha de muestreo: Martes 4 de marzo de 2014.					Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	11		55	66
Autobuses (B)		0		2	2
Camiones C		4		5	9
Otros		1		2	3
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	13		48	61
Autobuses (B)		0		2	2
Camiones C		0		4	4
Otros		0		1	1

Retorno 
 Hacia Pátzcuaro 
 Hacia Santiago Undameo 

3 Fecha de muestreo: Martes 4 de marzo de 2014.					Totales
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	25		2	27
Autobuses (B)		1		0	1
Camiones C		3		0	3
Otros		3		0	3
Automóviles (A)	8:00 - 9:00	22		0	22
Autobuses (B)		0		0	0
Camiones C		0		0	0
Otros		1		0	1

Hacia Santiago Undameo 
 Hacia Morelia 
 Retorno 

Tabla 4.3 Aforo vehicular en el entronque en estudio. Fuente: propia.

De los resultados anteriores, tomaremos las horas en las que circulan la mayor cantidad de vehículos y estos valores nos servirán para poder obtener una proyección a futuro de la cantidad de automóviles que transitarían por esa vía dentro de una cantidad de años determinada, todo esto con la tasa de crecimiento que calculamos previamente.

N = 20 años. Tasa de crecimiento anual = 6.89%

1 <i>Fecha de muestreo: lunes 3 de marzo de 2014.</i>				Totales	Proyección del tránsito a futuro (20 años)
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	61	12		
Autobuses (B)		2	0	2	8
Camiones C		1	0	1	4
Otros		0	0	0	0

Hacia Morelia  Hacia Pátzcuaro 

N = 20 años. Tasa de crecimiento anual = 6.89%

2 <i>Fecha de muestreo: Martes 4 de marzo de 2014.</i>				Totales	Proyección del tránsito a futuro (20 años)	
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	11				55
Autobuses (B)		0		2	2	8
Camiones C		4		5	9	35
Otros		1		2	3	12

Hacia Retorno  Hacia Pátzcuaro  Hacia Santiago Undameo 

N = 20 años. Tasa de crecimiento anual = 6.89%

3 <i>Fecha de muestreo: Martes 4 de marzo de 2014.</i>				Totales	Proyección del tránsito a futuro (20 años)	
Automóviles (A)	7:00 - 8:00	25				2
Autobuses (B)		1		0	1	4
Camiones C		3		0	3	12
Otros		3		0	3	12

Hacia Santiago Undameo  Hacia Morelia  Retorno 

Tabla 4.4 Proyección del tránsito a futuro. Fuente: Propia.

Los valores de la columna “proyección del tránsito a futuro (20 años)” se obtuvieron mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

$$F = P(1+i)^n$$

Donde:

F = TDPA en el año "n" (tránsito futuro)

P = TDPA en el año "0" (tránsito presente)

i = Tasa de crecimiento acumulativo anual del tránsito

n = Tiempo del pronóstico en años

Los valores obtenidos para el tránsito futuro deben ser cuidadosamente analizados para dimensionar las calzadas por donde los vehículos transitarán. La determinación del ancho de calzada y acotamientos se describe posteriormente.

4.6.5 Planta topográfica.

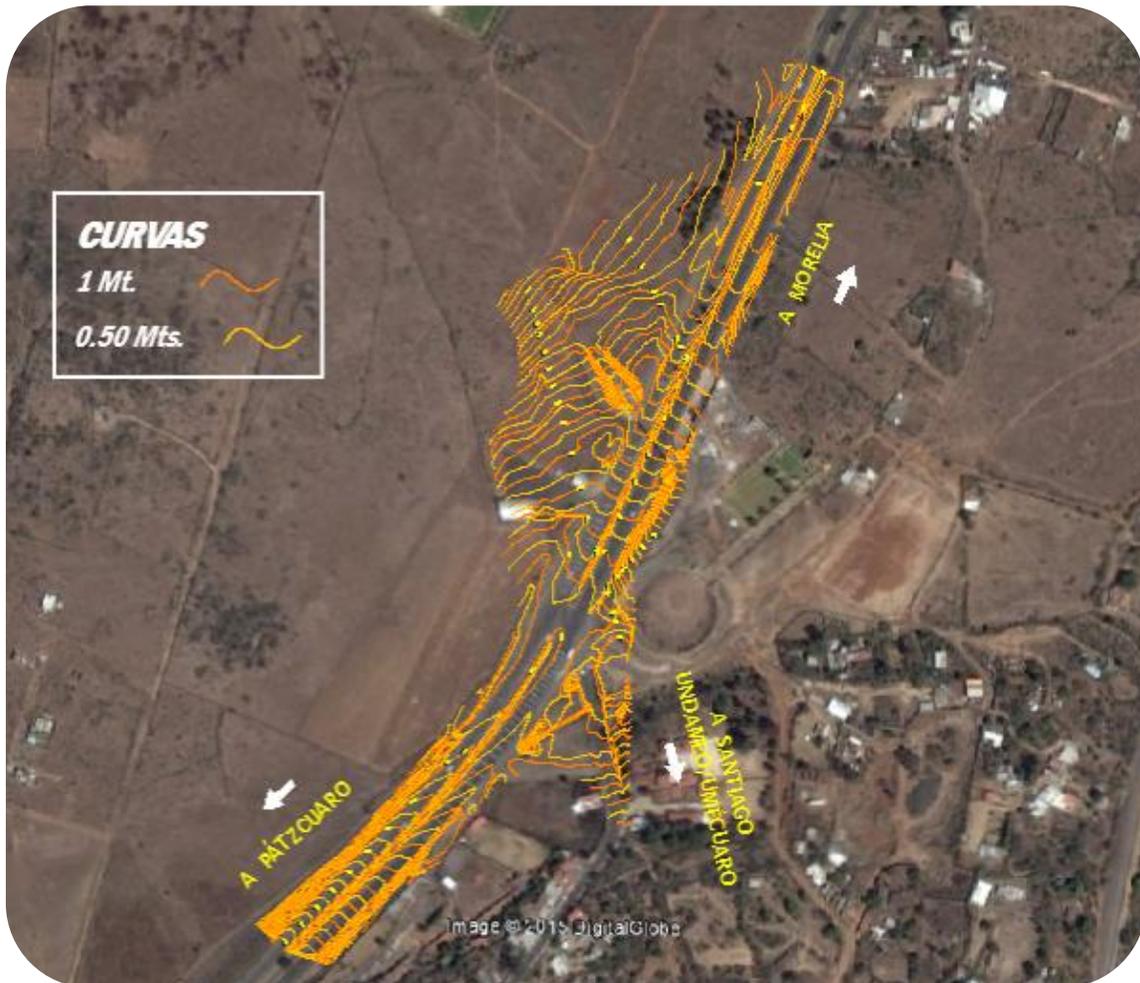


Figura 4.47 Configuración de la topografía en la zona de estudio. Fuente: propia.

La imagen anterior muestra la planta topográfica obtenida en base al levantamiento que se realizó en la zona del entronque. Con la nube de puntos que se levantaron en el sitio se formó una triangulación donde se unen los puntos con elevaciones iguales o similares para posteriormente obtener curvas de nivel con el software CivilCAD. Las curvas color naranja suave, tienen un espaciamiento a cada 0.50 metros, mientras que las curvas color naranja fuerte están representadas a cada metro (1 metro).

4.6.6 Planta geométrica.

4.6.6.1 Alineamiento Horizontal.

Para desarrollar el alineamiento horizontal del entronque, debemos definir una serie de términos que se utilizarán en este apartado y nos ayudarán a entender mejor las cuestiones técnicas que se mencionan en el transcurso del documento.

- **Alineamiento Horizontal.** Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.
- **Ampliación en curva.** Incremento al ancho de corona y de calzada en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.
- **Calzada.** Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
- **Corona.** Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.
- **Curva Circular Horizontal.** Arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas.
- **Curva Espiral de Transición.** Curva del alineamiento horizontal que liga una tangente con una curva circular, cuyo radio varía en forma continua, desde infinito para la tangente hasta el de la curva circular.
- **Derecho de Vía.** Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o sus servicios auxiliares.
- **Distancia de Visibilidad de Encuentro.** Distancia de seguridad mínima necesaria para que en caminos de un solo carril, los conductores de dos vehículos, que circulan en sentido contrario, se puedan detener antes de encontrarse.

- **Distancia de Visibilidad de Parada.** Distancia de seguridad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de marcha sobre pavimento mojado, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.
- **Distancia de Visibilidad de Rebase.** Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.
- **Faja Separadora Central.** Es la zona que se dispone para precaver que los vehículos que circulan en un sentido invadan carriles de sentido contrario.
- **Grado de Curvatura.** Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.
- **Grado Máximo de Curvatura.** Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto.
- **Tangente Horizontal.** Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
- **Velocidad de Marcha.** Velocidad media de todos o de un grupo determinado de vehículos, obtenida dividiendo la suma de las distancias recorridas entre la suma de los tiempos de recorrido en que los vehículos estuvieron efectivamente en movimiento.
- **Velocidad de Proyecto.** Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.

4.6.6.1.1 Velocidad y vehículo de proyecto.

Para la elaboración de la planta geométrica, los primeros datos que debemos tomar en cuenta son la velocidad y el vehículo de proyecto. El camino troncal, es decir, la carretera Morelia – Pátzcuaro, posee una velocidad de operación de 90 km/h, misma que se respetará en este proyecto, sin embargo, la velocidad de proyecto para los enlaces del entronque se tomará de **40 km/h** debido a que las curvas del mismo no deben tener una velocidad excesiva para garantizar la seguridad de los conductores.

En cuanto al vehículo de proyecto, el manual de proyecto geométrico maneja diversas opciones, que van desde el automóvil convencional hasta vehículos de carga con mayor longitud y articulaciones. El listado y características de los vehículos se presentan a continuación:

C A R A C T E R I S T I C A S		VEHICULO DE PROYECTO					
		DE-335	DE-450	DE-610	DE-1220	DE-1525	
D I M E N S I O N E S E N C M.	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	—	—	—	397	498
	Distancia entre ejes del semirremolque	DES	—	—	—	762	610
	Vuelo delantera	Vd	92	100	122	122	92
	Vuelo trasera	Vt	153	180	183	183	61
	Distancia entre ejes lóndem tractor	Tt	—	—	—	—	122
	Distancia entre ejes lóndem semirremolque	Ts	—	—	—	122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	Dt	—	—	—	397	498
	Dist. entre ejes interiores tractor y semirremolque	Ds	—	—	—	701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259
	Altura total del vehículo	M1	167	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ojos del conductor	Ho	114	114	114	114	114
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61
Altura de los faros traseros	Ht	61	61	61	61	61	
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	oc	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		ApyAc	C2	B-C3	T2-51 T2-52	T3-52 OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	ApyAc	99	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	99	100	100	
	T2-51	0	0	1	80	99	
	T2-52	0	0	1	93	78	
	T3-52	0	0	1	18	90	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	ApyAc	98	100	100	100	100	
	C2	62	98	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2-51	6	85	100	100	100	
	T2-52	6	42	98	98	98	
	T3-52	2	35	80	80	60	

Tabla 4.5 (Tabla 5-E) Características de los vehículos de proyecto. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la S.C.T.

Para nuestro entronque hemos elegido **el vehículo de proyecto DE-1220**, ya que, aunque el mayor número de vehículos que transitan por el lugar son vehículos tipo DE-335, ocasionalmente transitan tráileres y vehículos de longitud mayor a la del vehículo

convencional, que de proponerse una geometría muy ajustada, sería complicado que cruzaran por la vialidad.

Recordando que la velocidad de proyecto propuesta en los enlaces es de 40 km/h, acudimos a las **normas de servicios técnicos de proyecto geométrico de carreteras** para establecer el grado de curvatura máximo para los enlaces de acuerdo a la velocidad propuesta. En el libro, pudimos acceder a la siguiente tabla:

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL	SOBREELEVACION MAXIMA m/m	GRADO MAXIMO DE CURVATURA CALCULADO grados	GRADO MAXIMO DE CURVATURA PARA PROYECTO grados
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

TABLA 004-1 GRADO MAXIMO DE CURVATURA

Tabla 4.6 (Tabla 004-1) Grado máximo de curvatura. Fuente: Normas de servicios técnicos de proyecto geométrico de carreteras. Pág. 18

La tabla anterior nos marca, entre otros datos, el grado máximo de curvatura permitido para una velocidad de proyecto dada. En nuestro caso tenemos una velocidad de proyecto en los enlaces de 40 km/h, por lo que se nos permite un grado máximo de curvatura de 30°, mismo que no se debe rebasar para garantizar seguridad a los conductores.

La planta geométrica se realizó basada en el manual de proyecto geométrico de la SCT y en las Normas de Servicios Técnicos de Proyecto Geométrico de Carreteras. Todos los valores de los radios de giro, ancho de calzada, grado de curva, etc. Van de acuerdo a estos documentos y la elección de ellos se justifica en este apartado.

La modificación propuesta para el entronque “Santiago Undameo” es una opción a desnivel con un arreglo tipo trompeta. Recordemos que el entronque es de tres ramas y el cruce se encuentra en un “columpio”, lo que facilita la colocación de este tipo de entronque.

Lo primero que verificaremos es el esviaje con el que cruzarán ambos caminos, en este caso la carretera Morelia – Pátzcuaro y la desviación a Santiago Undameo cuentan con un ángulo de cruce de aproximadamente 50° como lo muestra la siguiente imagen:



Figura 4.48 Esviaje del cruce con respecto a la carretera principal. Fuente: propia.

Recordemos que lo ideal en una intersección es que los caminos se crucen de forma perpendicular, ya que esto aumenta la visibilidad y la comodidad de los conductores. Sin embargo, como lo que se propone es un arreglo a desnivel, el esviaje no afecta de manera considerable, por lo que la entrada y el ángulo de cruce de los caminos no se modificarán, se quedarán tal cual y sobre eso se propondrá la alternativa de solución.

El paso siguiente es crear los enlaces que conectarán a los conductores con los distintos destinos de acuerdo a su sentido de circulación. El primero que se analizará será el enlace denominado Pátzcuaro - Santiago Undameo, que conecta a los conductores que vengan desde la zona de Pátzcuaro hacia el pueblo de Santiago Undameo.

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100			
Sc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
0 ^m 13 ^m	223.53	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20
1 ^m 30 ^m	224.88	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20
0 ^m 45 ^m	1327.69	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20
1 ^m 00 ^m	1145.88	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.0	22	20
1 ^m 15 ^m	911.74	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
1 ^m 30 ^m	742.94	20	2.0	22	20	2.0	22	20	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40
1 ^m 45 ^m	614.61	20	2.0	22	20	2.2	24	40	2.7	24	40	2.7	24	40	2.7	24	40	2.7	24	40	2.7	24	40
2 ^m 00 ^m	522.94	20	2.0	22	40	2.3	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40
2 ^m 15 ^m	459.30	20	2.0	22	40	2.4	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40	2.6	24	40
2 ^m 30 ^m	428.37	40	2.1	22	40	2.1	22	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
2 ^m 45 ^m	419.70	40	2.3	22	40	2.2	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
3 ^m 00 ^m	381.87	40	2.3	22	40	2.3	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
3 ^m 15 ^m	352.59	40	2.7	22	40	2.3	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
3 ^m 30 ^m	327.40	40	2.8	22	40	2.3	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
3 ^m 45 ^m	305.58	40	2.7	22	40	2.3	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40	2.4	24	40
4 ^m 00 ^m	286.48	50	3.3	22	50	2.7	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
4 ^m 15 ^m	269.65	50	3.4	22	50	2.8	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
4 ^m 30 ^m	254.84	50	3.4	22	50	2.8	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
4 ^m 45 ^m	241.25	50	3.4	22	50	2.8	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
5 ^m 00 ^m	228.18	50	3.3	22	50	2.8	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40	2.3	24	40
5 ^m 15 ^m	216.95	50	4.2	22	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
5 ^m 30 ^m	206.95	50	4.3	22	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
5 ^m 45 ^m	197.99	50	4.3	22	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
6 ^m 00 ^m	189.24	50	4.4	22	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
6 ^m 15 ^m	181.79	70	5.1	22	70	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
7 ^m 00 ^m	174.81	70	5.3	22	80	7.6	30	90	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40
8 ^m 00 ^m	167.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40
9 ^m 00 ^m	160.52	80	6.5	22	90	8.4	34	100	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40
10 ^m 00 ^m	154.55	80	6.5	22	100	8.6	35	100	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40	2.1	24	40
11 ^m 00 ^m	149.17	80	6.9	22	100	8.8	36	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
12 ^m 00 ^m	144.38	100	7.3	22	110	9.3	37	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
13 ^m 00 ^m	140.15	100	7.6	22	110	9.6	38	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
14 ^m 00 ^m	136.45	110	7.9	22	120	9.8	39	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
15 ^m 00 ^m	133.19	110	8.2	22	120	9.9	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
16 ^m 00 ^m	130.32	120	8.5	22	130	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
17 ^m 00 ^m	127.84	120	8.7	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
18 ^m 00 ^m	125.81	130	8.9	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
19 ^m 00 ^m	124.11	130	9.1	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
20 ^m 00 ^m	122.70	140	9.2	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
21 ^m 00 ^m	121.57	140	9.4	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
22 ^m 00 ^m	120.68	150	9.5	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
23 ^m 00 ^m	119.92	150	9.6	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
24 ^m 00 ^m	119.27	160	9.7	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
25 ^m 00 ^m	118.74	160	9.8	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
26 ^m 00 ^m	118.31	170	9.8	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
27 ^m 00 ^m	117.94	170	9.9	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
28 ^m 00 ^m	117.61	180	10.0	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
29 ^m 00 ^m	117.31	190	10.0	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40
30 ^m 00 ^m	117.03	190	10.0	22	140	10.0	40	110	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40	2.0	24	40

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje

Le Longitud de la transición, en metros

(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones lineales)

Notas.- Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se señalarán por interpolación lineal

TABLA 004-6 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO C

Tabla 4.7 (Tabla 004-6) Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo C. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la S.C.T.

Los datos de la distancia de transición, distancia del carril adicional y de la curva son los siguientes:

DATOS DE LA TRANSICIÓN Y DEL CARRIL ADICIONAL	
Distancia de transición	95.525 metros.

DATOS DE LA CURVA

Δ (Delta)	112°39'40.72" der.
Subtangente	52.930 metros.
PI	10+110.45
Gc (Grado de curva)	32°30'00"
Rc (Radio)	35.259 metros.
Lc (longitud)	69.330 metros.
Sc (Sobreelevación de la curva)	10.00 %
Ac (Ampliación de la curva)	1.90 metros.

4.6.6.1.3 Enlace 2. Santiago Undameo – Morelia.

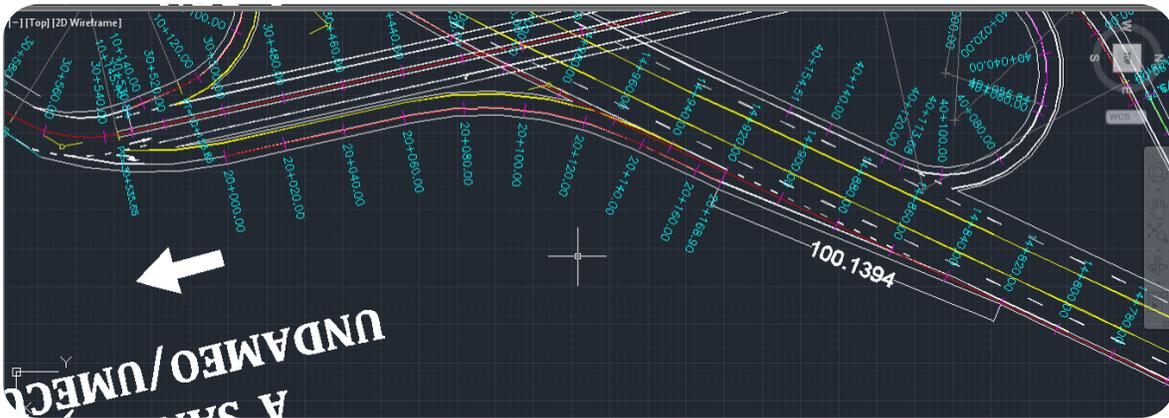


Figura 4.50 Detalle de enlace “Santiago Undameo - Morelia”. Fuente: propia.

Las distancias de transición y de carril adicional se propusieron de acuerdo a una velocidad de operación de la carretera principal de 90 km/h y una velocidad en el enlace de 40 km/h. Tomando en cuenta estos datos, acudí a la **tabla 11-J** del manual de proyecto geométrico, que nos arroja una distancia mínima de transición de 77 metros y una longitud total de carril de desaceleración de 255 metros incluyendo la distancia de transición **para carriles de aceleración.**

Los datos de la distancia de transición, de la distancia del carril adicional y de la curva son los siguientes:

DATOS DE LA TRANSICION Y DEL CARRIL ADICIONAL

Distancia de transición 100.139 metros

DATOS DE LA CURVA

Δ (Delta)	37°40'24.09" Der.
Subtangente	39.092 metros
PI	20+100.96
Gc (Grado de curva)	10°00'00"
Rc (Radio)	114.592 metros.
Lc (longitud)	75.347 metros.
Sc (Sobreelevación de la curva)	6.50 %
Ac (Ampliación de la curva)	0.90 metros

4.6.6.1.4 Enlace 3. Morelia – Santiago Undameo

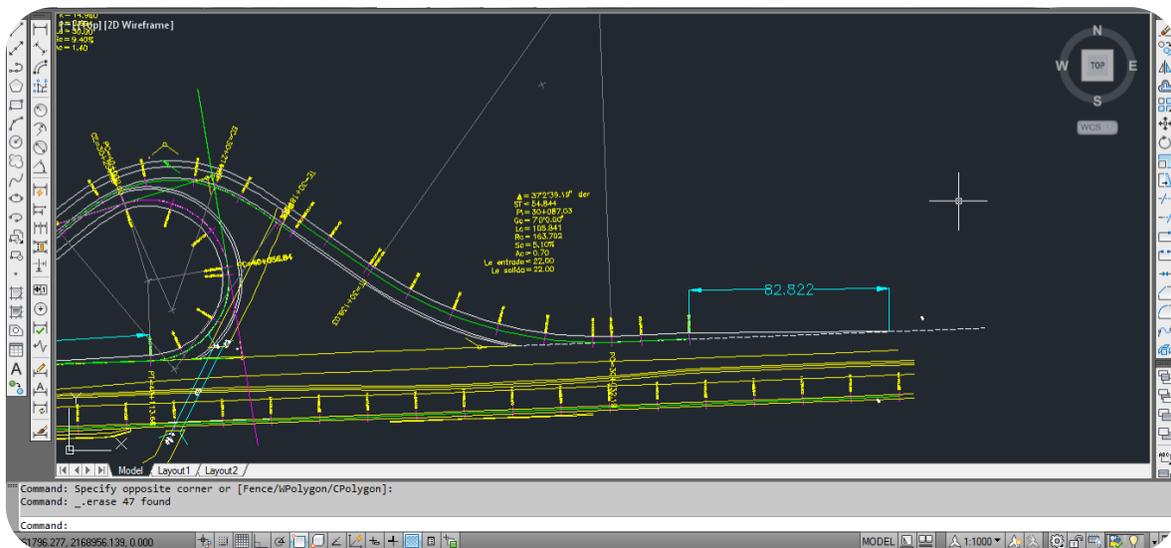


Figura 4.51 Detalle de enlace “Morelia – Santiago Undameo”. Fuente: propia.

Las distancias de transición y de carril adicional se propusieron de acuerdo a una velocidad de proyecto de la carretera principal de 90 km/h y una velocidad en el enlace de 40 km/h. Tomando en cuenta estos datos, acudí a la **tabla 11-J** del manual de proyecto geométrico, que nos arroja una distancia mínima de transición de 77 metros y una longitud total de carril

de desaceleración de 130 metros incluyendo la distancia de transición para **carriles de desaceleración**.

Los datos de la distancia de transición, de la distancia del carril adicional y de la curva son los siguientes:

DATOS DE LA TRANSICIÓN Y DEL CARRIL ADICIONAL	
Distancia de transición	82.822 metros.

DATOS DE LA CURVA	
Δ (Delta)	37°02'39.19" Izq.
Subtangente	54.844 metros.
PI	30+087.03
Gc (Grado de curva)	7°00'00"
R (Radio)	163.702 metros.
L (longitud)	105.841 metros.
Sc (Sobreelevación de la curva)	5.10 %
Ac (Ampliación de la curva)	0.70 metros.

4.6.6.1.5 Enlace 4. Santiago Undameo – Pátzcuaro.

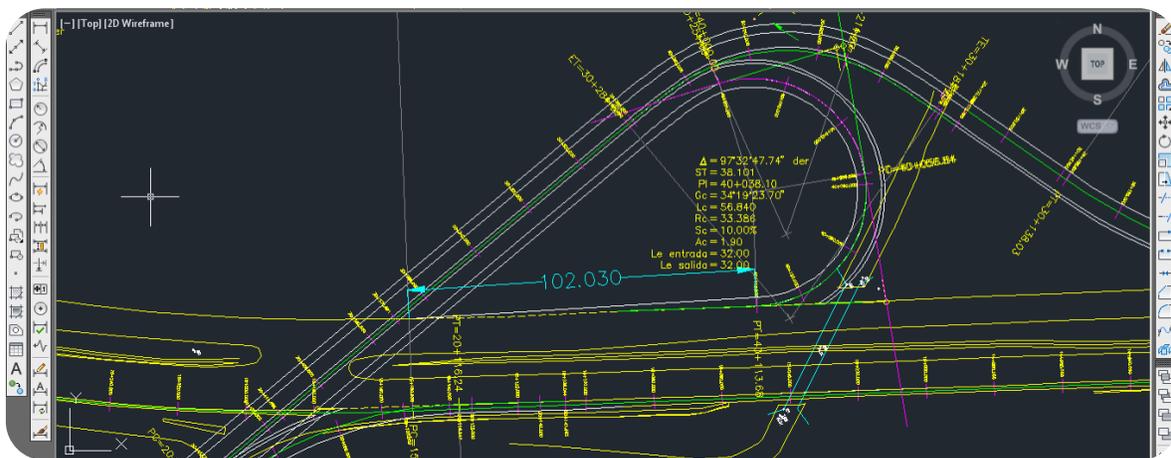


Figura 4.52 Detalle de enlace “Santiago Undameo - Pátzcuaro”. Fuente: propia.

Las distancias de transición y de carril adicional se propusieron de acuerdo a una velocidad de operación de la carretera principal de 90 km/h y una velocidad en el enlace de 40 km/h. Tomando en cuenta estos datos, acudí a la **tabla 11-J** del manual de proyecto geométrico,

que nos arroja una distancia mínima de transición de 77 metros y una longitud total de carril de desaceleración de 255 metros incluyendo la distancia de transición **para carriles de aceleración.**

Los datos de la distancia de transición, de la distancia del carril adicional y de la curva son los siguientes:

DATOS DE LA TRANSICION Y DEL CARRIL ADICIONAL	
Distancia de transición	102.030 metros.
DATOS DE LA CURVA (MITAD DE LA CURVA)	
Δ (Delta)	97°32'47.74" Der.
Subtangente	38.101 metros
PI	40+038.10
Gc (Grado de curva)	34°19'23.70"
R (Radio)	33.386 metros.
L (longitud)	56.840 metros.
Sc (Sobreelevación de la curva)	10.00 %
Ac (Ampliación de la curva)	1.90 metros

4.6.6.1.6 Enlace 5. Morelia – Santiago Undameo (2)



Figura 4.53 Detalle de enlace “Pátzcuaro – Santiago Undameo (2)”. Fuente: propia.

El enlace 5 solo describe a la curva superior en la trompeta en el ingreso de Morelia hacia Santiago Undameo por lo que solo se colocarán los datos de la curva en cuestión y la tangente de salida hacia Santiago Undameo.

La curva se trata de una curva espiral. Se decidió proponer así para tener una mayor flexibilidad con las longitudes de entrada y salida de la curva y para ofrecer mayor comodidad a los conductores.

DATOS DE LA CURVA (ESPIRAL)	
Δ (Delta)	74°45'32.20" Izq.
Subtangente	56.721 metros.
Δ_c	42°54'32.20"
ϑ_e	15°55'30.00"
PI	30+238.00
Lc (longitud de la curva)	40.417 metros.
Gc (Grado de curva)	21°14'00"
Rc (Radio)	53.968 metros.
Xc	29.768 metros.
Yc	2.765 metros
k	14.960
p	0.694
Le (Longitud espiral)	30.00 metros.
Sc (sobreelevación de la curva)	9.40%
Ac (Ampliación de la curva)	1.40 metros.

DATOS DE LA CURVA	
Δ (Delta)	44°20'51.60" Der.
Subtangente	18.681 metros
PI	30+554.33
Gc (Grado de curva)	25°00'00"
R (Radio)	45.837 metros.
L (longitud)	35.478 metros.
Sc (Sobreelevación de la curva)	9.80 %
Ac (Ampliación de la curva)	1.60 metros

4.6.6.1.7 Anchos de calzada en los enlaces

En cuanto a los anchos de calzada en los enlaces, se tomaron como referencia los datos de la tabla 11-H del manual de proyecto geométrico, que nos dice que debemos considerar la condición del tránsito –si es A, B o C- además de si se propondrá un enlace que permita o no el rebase de vehículos. La tabla 11-H se presenta a continuación.

R Radios de la orilla interna de la calzada, metros	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y sin previsión- para el rebóse.			CASO II Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y con previsión- para el rebóse a ve- hículos estacionados			CASO III Operación en uno o dos sentidos de circui- tación, y con dos ca- rriles.		
	CONDICIÓN DE TRANSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	8.75	9.50	10.75	12.75
23.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	8.50	9.50	10.75
48.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	8.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25
Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de los orillos de la calzada.									
Guarnición echafianada	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
Guarnición vertical Un lado	Aumentar 0.30 m			NINGUNA			Aumentar 0.30m		
Des lados	Aumentar 0.60 m			Aumentar 0.30m			Aumentar 0.60m		
Acotamiento, en uno o en ambas lados.	NINGUNA			Restar el ancho del acotamiento; Ancho mínimo de la calzada el del Caso I			Cuando el acotamiento sea de 1.20m o mayor, reducir 0.60 m		

TABLA 11-H. ANCHO DE CALZADA EN LOS ENLACES

Tabla 4.8 (Tabla 11-H) Ancho de calzada en los enlaces. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la S.C.T.

La tabla maneja 3 casos de operación;

Caso I. Operación en un solo sentido, con un solo carril y sin previsión para el rebase

Caso II. Operación en un solo sentido, con un solo carril y con previsión para el rebase de vehículos estacionados.

Caso III. Operación en uno o dos sentidos de circulación, y con dos carriles.

Además debemos considerar el tipo de tránsito que en su mayoría circulará por los enlaces.

Para este entronque se consideró un caso de operación II y con un tipo de tránsito B, recordemos además que por esta intersección suelen transitar vehículos grandes por lo que se propuso un ancho de calzada de 7 metros. Todos los enlaces del entronque poseen un ancho de 4.50 metros más 2.50 metros de acotamiento, sumando así un total de 7 metros.

4.6.6.2 Alineamiento Vertical.

Para comenzar con el alineamiento vertical, es necesario conocer la definición de ciertos conceptos que van de la mano con este apartado.

- **Acotamiento.** Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.
- **Ampliación en curva.** Incremento al ancho de corona y calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.
- **Bombeo.** Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
- **Corona.** Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.
- **Calzada.** Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
- **Cero.** En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o del corte y el terreno natural.
- **Cuneta.** Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.
- **Curva Vertical.** Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
- **Curva Vertical en Columpio.** Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.
- **Curva Vertical en Cresta.** Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.
- **Hombro.** En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona o por ésta y el talud interior de la cuneta.

- **Longitud Crítica.** Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.
- **Parámetro K.** Variación de la longitud por unidad de pendiente.
- **Pendiente.** Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
- **Pendiente Máxima.** Es la mayor pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.
- **Pendiente Mínima.** Es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener en los tramos en corte para el buen funcionamiento del drenaje de la corona y la cuneta.
- **Rasante.** Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
- **Sección Transversal.** Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.
- **Sobreelevación.** Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, el efecto de la fuerza centrífuga.
- **Talud.** Inclinação de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
- **Tangentes Verticales.** Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.
- **Transición Mixta.** Distancia que se utiliza para pasar de la sección en tangente a la sección en curva circular y viceversa.

El alineamiento vertical consiste en la obtención de perfiles de terreno natural de los ejes proyectados en el alineamiento horizontal, para posteriormente proponer perfiles de proyecto mediante los lineamientos de las Normas de Servicios Técnicos Proyecto Geométrico de Carreteras de la SCT. El objetivo es calcular los volúmenes de corte y

terraplén necesarios para llegar a los niveles de proyecto. A continuación se describirá el proceso que se siguió para desarrollar el alineamiento vertical en el presente trabajo.

4.6.6.2.1 Perfil de terreno natural.

Hasta este punto, recordemos que ya se cuenta con la topografía del lugar y los ejes proyectados horizontalmente. Con estos datos, utilizaremos la herramienta CivilCAD para obtener los perfiles de terreno natural de todos los ejes. Estos se dibujaron a una escala horizontal de 2000 y una escala vertical de 500 para poder observar de mejor manera los detalles en el relieve. El resultado es el siguiente:

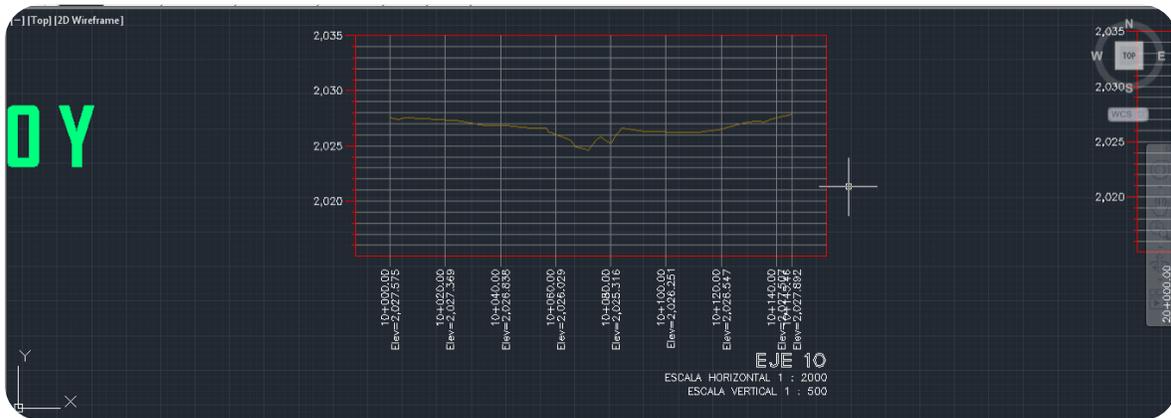


Figura 4.54 Perfil de terreno natural eje 10 (Pátzcuaro – Santiago Undameo). Fuente; Propia.

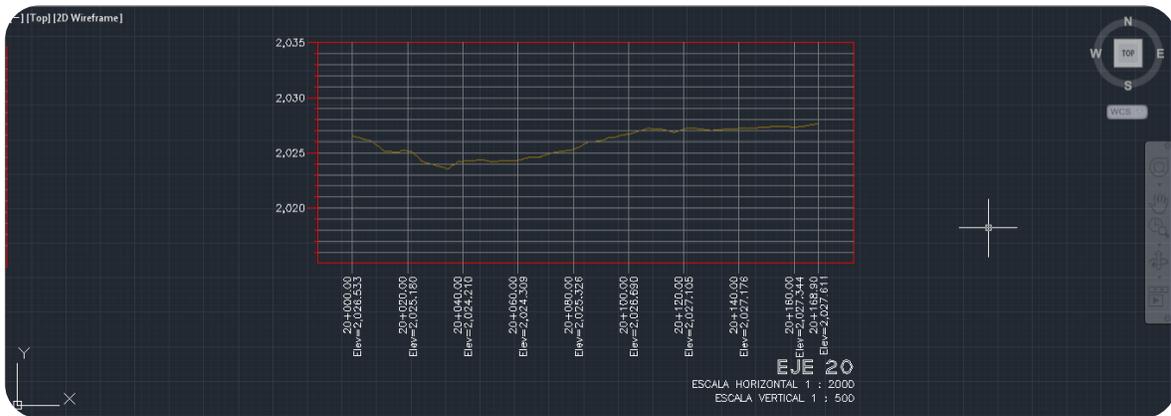


Figura 4.55 Perfil de terreno natural eje 20 (Santiago Undameo - Morelia). Fuente: Propia.

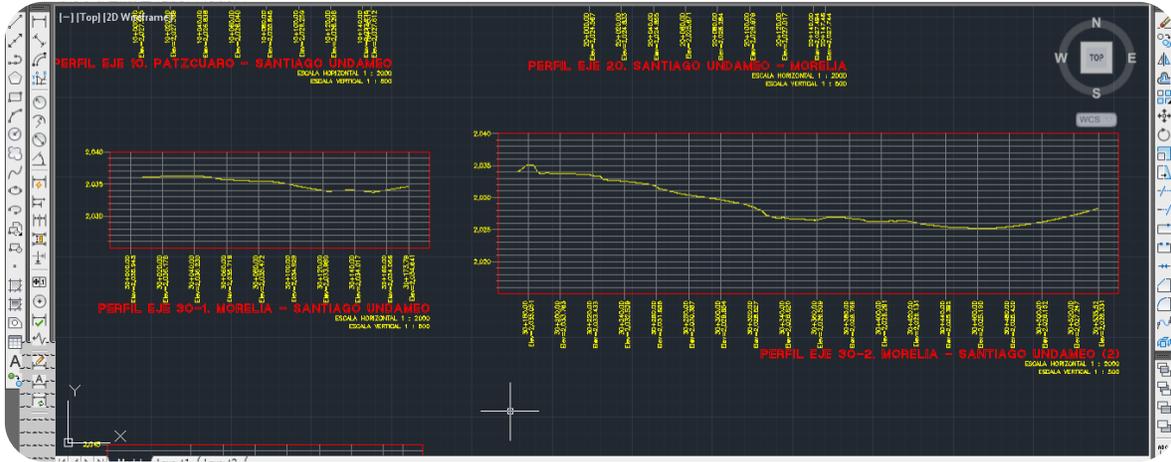


Figura 4.56 Perfil de terreno natural eje 30 (Morelia – Santiago Undameo). Fuente: Propia.

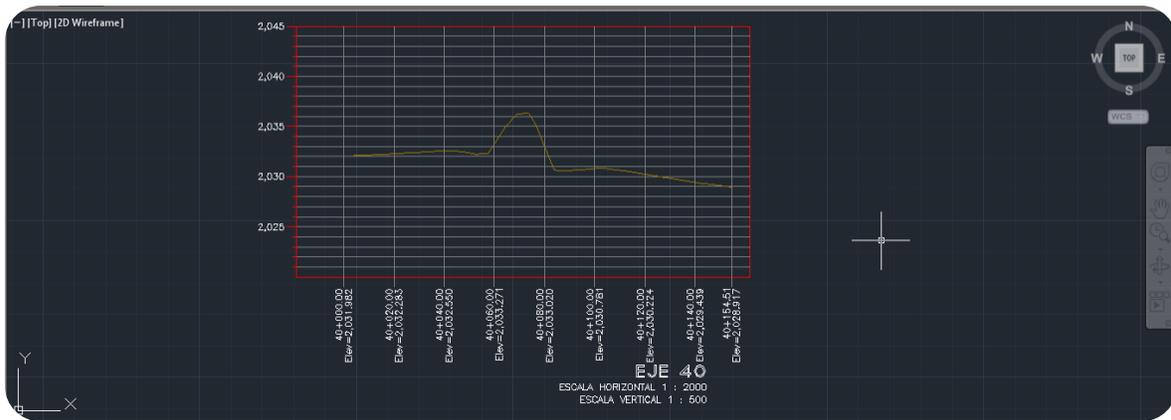


Figura 4.57 Perfil de terreno natural eje 40 (Santiago Undameo - Patzcuaro). Fuente: Propia.

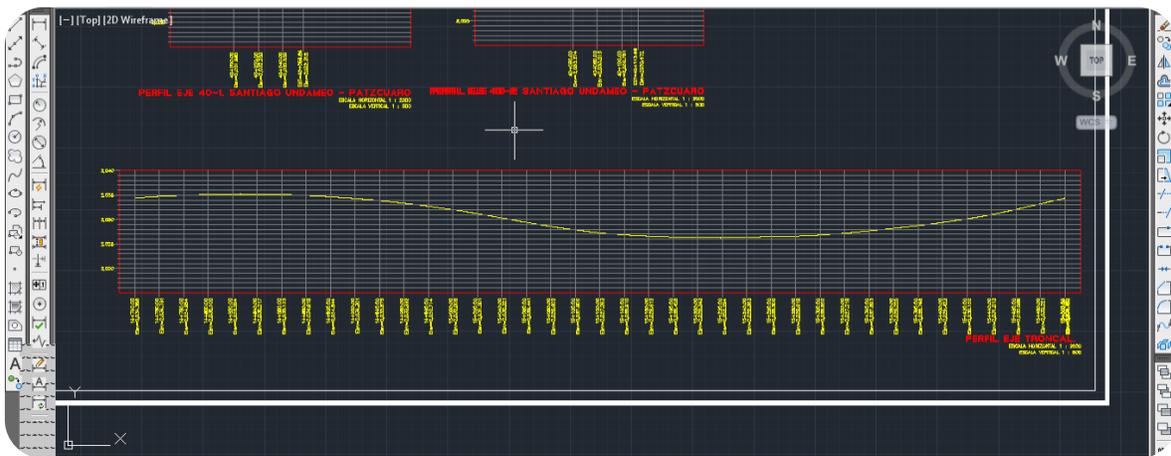


Figura 4.58 Perfil de terreno natural eje Troncal (Morelia - Patzcuaro). Fuente: Propia.

4.6.6.2 Secciones transversales del terreno natural.

Las secciones del terreno natural, son cortes transversales de un eje de trazo en una estación cualquiera (normalmente cada 20 metros) donde se puede observar los accidentes topográficos hacia ambos lados del eje y así poder tener una descripción más completa del relieve en donde se trabaja.

Con la triangulación y la topografía obtenida, podemos obtener además del perfil de cada eje, sus secciones transversales del terreno natural correspondientes. Esto se hace por medio del software CivilCAD, mediante el comando “-SECTER”.

En la imagen siguiente se muestra la ventana que aparece con el comando –SECTER. Solo nos pide cuantos metros hacia cada lado queremos que nos dibuje las secciones transversales, además de las escalas deseadas y otras opciones de presentación de los datos.

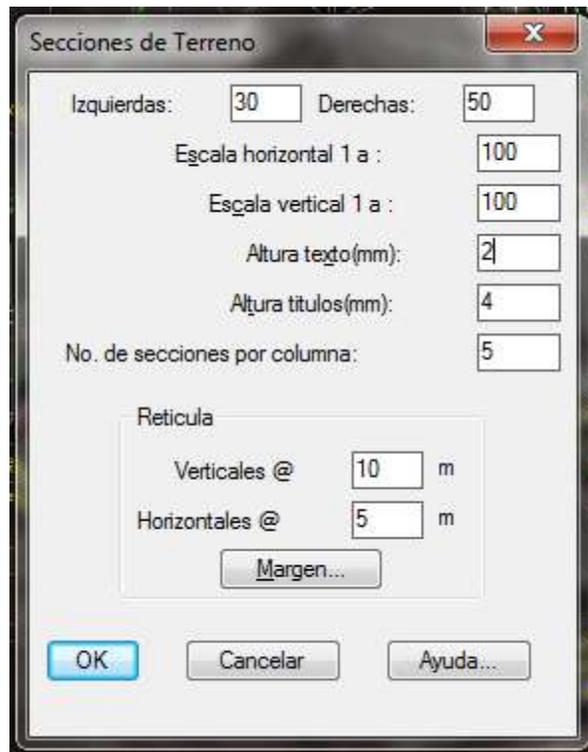


Figura 4.59 Obtención de secciones transversales de terreno natural CivilCAD.

Las secciones transversales del terreno natural obtenidas se muestran a continuación. Para mayor detalle, observar planos anexos.

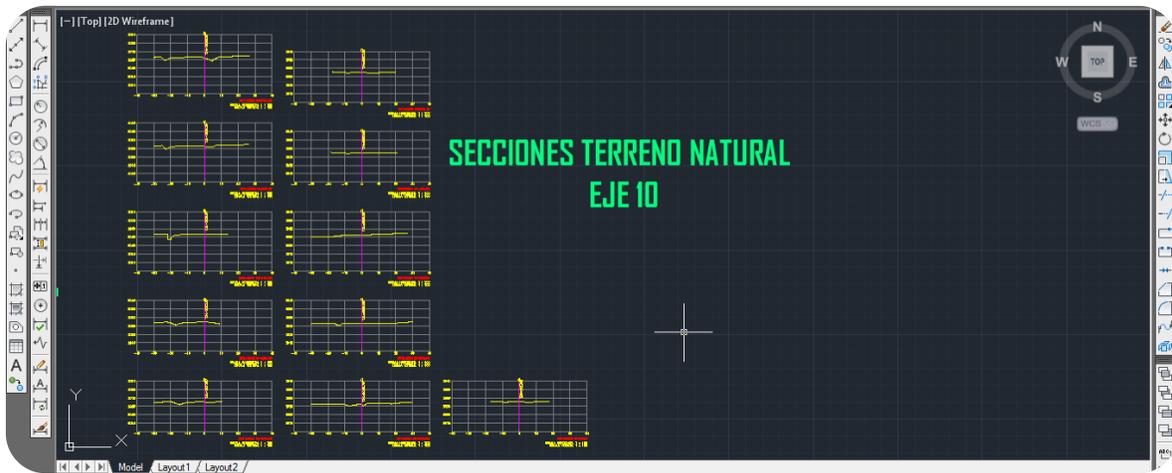


Figura 4.60 Secciones transversales del terreno natural Eje 10. Fuente: Propia.

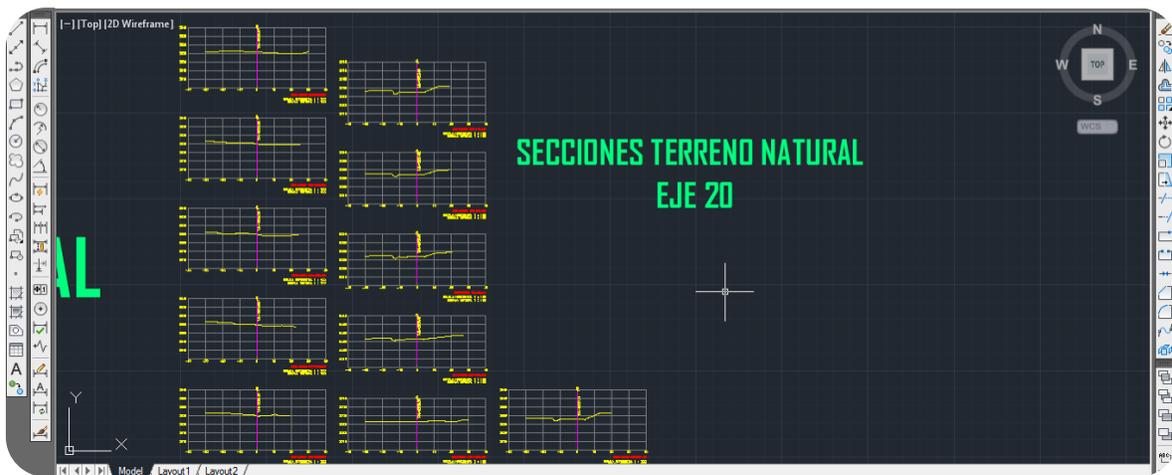


Figura 4.61 Secciones transversales del terreno natural Eje 20. Fuente: Propia.

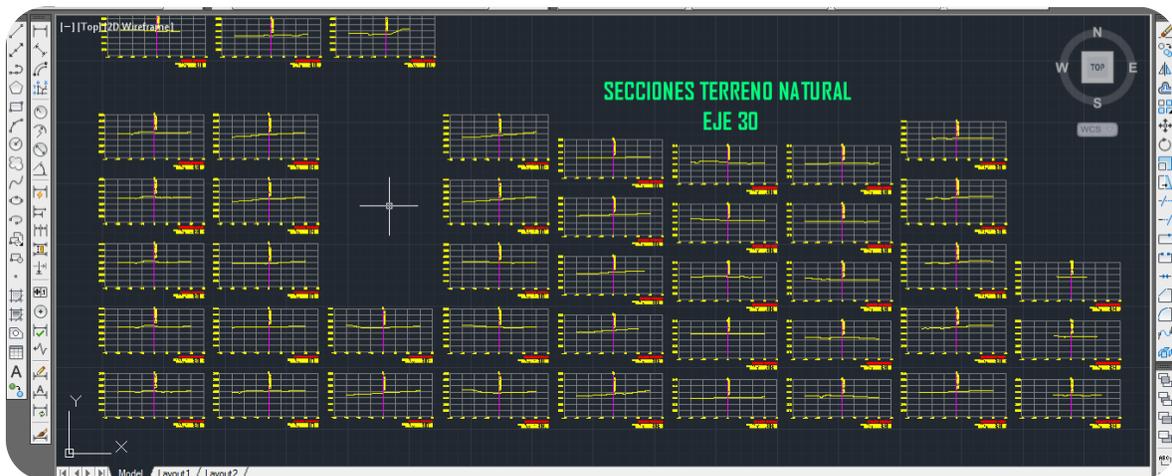


Figura 4.62 Secciones transversales del terreno natural Eje 30. Fuente: Propia.

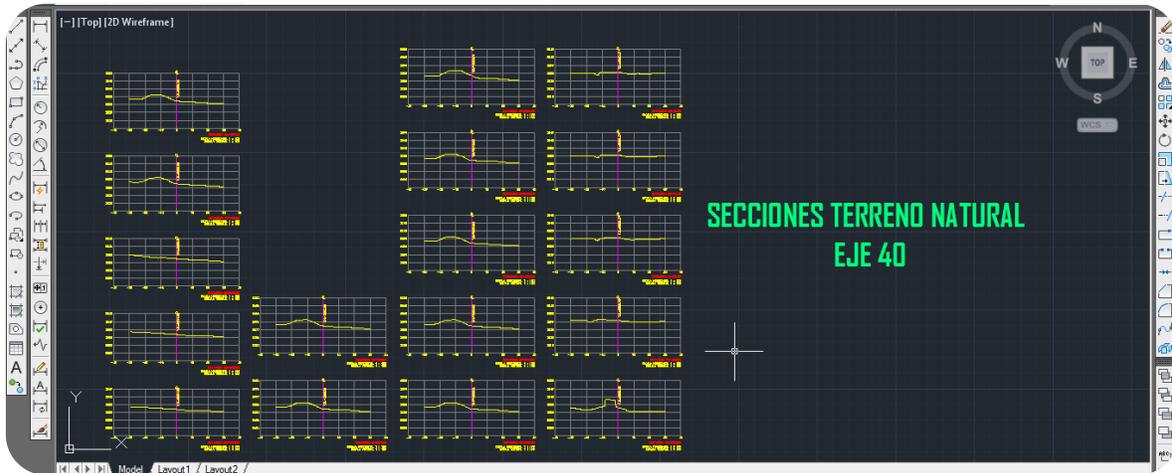


Figura 4.63 Secciones transversales del terreno natural Eje 40. Fuente: Propia.

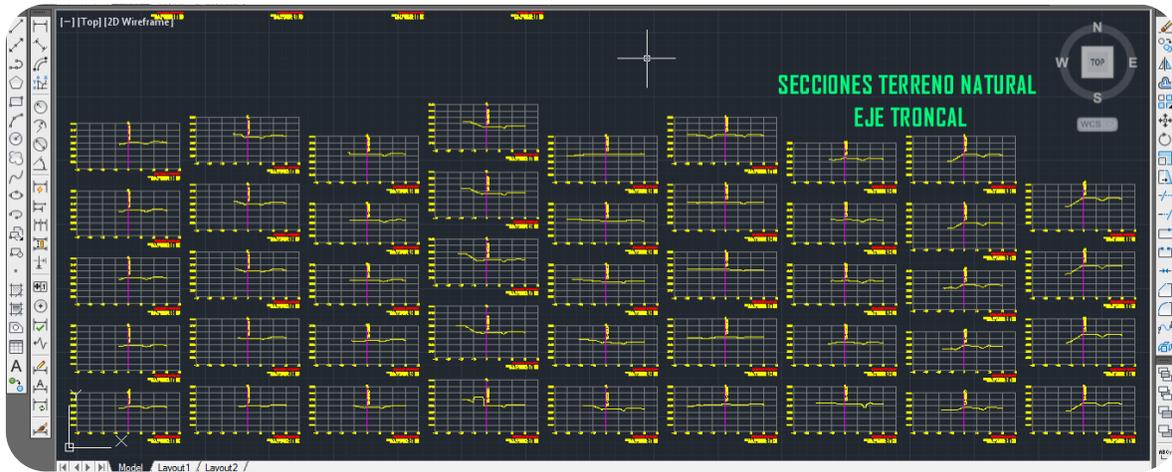


Figura 4.64 Secciones transversales del terreno natural Eje troncal. Fuente: Propia.

4.6.6.2.3 Perfil de proyecto.

El perfil de proyecto se propone mediante ciertas restricciones de la normativa mexicana para proyecto geométrico. Para dibujar una curva vertical, debemos contar con un punto de inflexión en el perfil de proyecto. En este caso, Realizaremos este procedimiento con el programa CivilCAD. Éste requiere de alimentación de datos según la forma y características de la curva vertical que nosotros requiramos. Los datos a ingresar son los que se muestran en la siguiente imagen.

Parámetro	Valor
Vel. proyecto(km/h):	40
Tiempo de reacción(seg):	2.5
Parámetro K(m/%):	8
Parámetros de visibilidad	
Altura del ojo(m):	1.14
Altura del objeto(m):	0.15
Altura de los faros(m):	0.61
Pendiente del haz luminoso(%):	0.0175
Parámetros de rebase	
Altura del ojo(m):	1.14
Altura del objeto(m):	1.37
Reestablecer parámetros	
Long. horizontal de curva(m):	110.00
Long. por parámetro K: 150.07	

Figura 4.65 Valores requeridos para el dibujo de una curva vertical.

La velocidad de proyecto para los enlaces, como se mencionó en el apartado de alineamiento horizontal, será de 40 km/h.

El tiempo de reacción se deja constante de 2.5 segundos para todos los enlaces. Este dato se obtuvo del manual de proyecto geométrico, donde nos dice que se considera un tiempo

de reacción de 2.5 segundos para un conductor promedio reaccione desde que se percata de la existencia de algún objeto en el camino y presiona el pedal de freno.

El parámetro K se obtiene de las normas de servicios técnicos para proyecto geométrico de carreteras. Se consideran de igual manera que para camino abierto y los valores mínimos son los siguientes:

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMENTO K(m/%)				LONGITUD ACEPTABLE	MINIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO			
	CARRETERA E	T I P O D, C, B, A	CARRETERA E, D, C, B, A	T I P O		
30	4	3	4		20	
40	7	4	7		30	
50	12	8	10		30	
60	23	14	15		40	
70	36	20	20		40	
80	-	31	25		50	
90	-	43	31		50	
100	-	57	37		60	
110	-	72	43		60	

TABLA 004-3 VALORES MINIMOS DEL PARAMENTO K Y DE LA LONGITUD MINIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES.

Tabla 4.9 (Tabla 004-3) Valores mínimos del parámetro K y de la longitud aceptable de las curvas verticales. Fuente: Manual de proyecto geométrico de la S.C.T.

Entre los parámetros de visibilidad para curvas verticales tenemos: altura de ojo, altura de objeto, altura de faros y pendiente del haz luminoso. Todos estos parámetros son obtenidos del manual de proyecto geométrico, siendo modificables solo la altura de los faros y la pendiente del haz luminoso que suele variar dependiendo del diseño de los vehículos.

Los parámetros de rebase que son altura del ojo y altura de objeto se consideran inamovibles en este software debido a que son las recomendaciones de las normas de proyecto geométrico de la SCT.

La longitud de la curva vertical, ya sea en columpio o en cresta, va relacionada con el parámetro K y se obtiene de la tabla anterior.

Una vez conocidos estos datos, se procedió a proponer los perfiles de proyecto de los ejes del entronque. Los resultados se muestran a continuación. La línea de color amarillo

corresponde al perfil de terreno natural y la línea de color rojo corresponde al perfil de proyecto. Para mayor detalle, ver planos anexos.

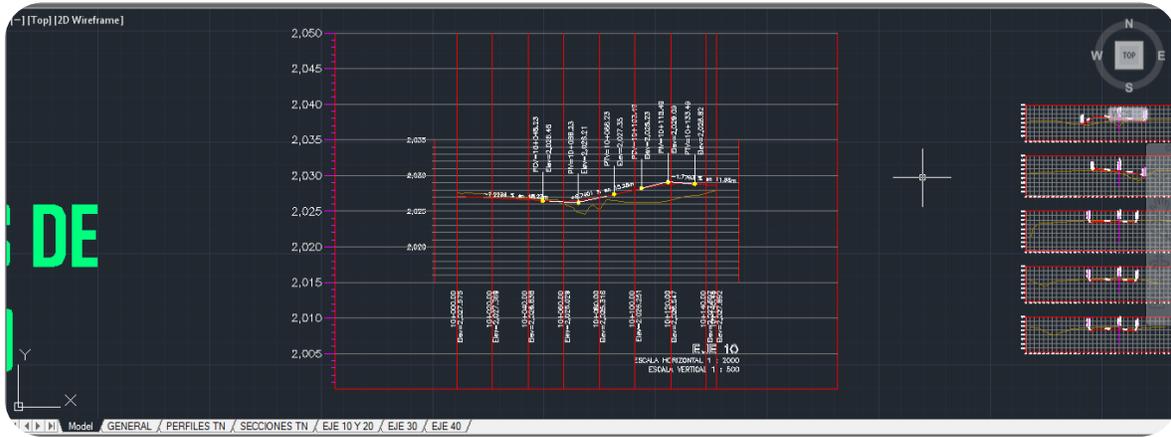


Figura 4.66 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 10. Fuente: Propia.

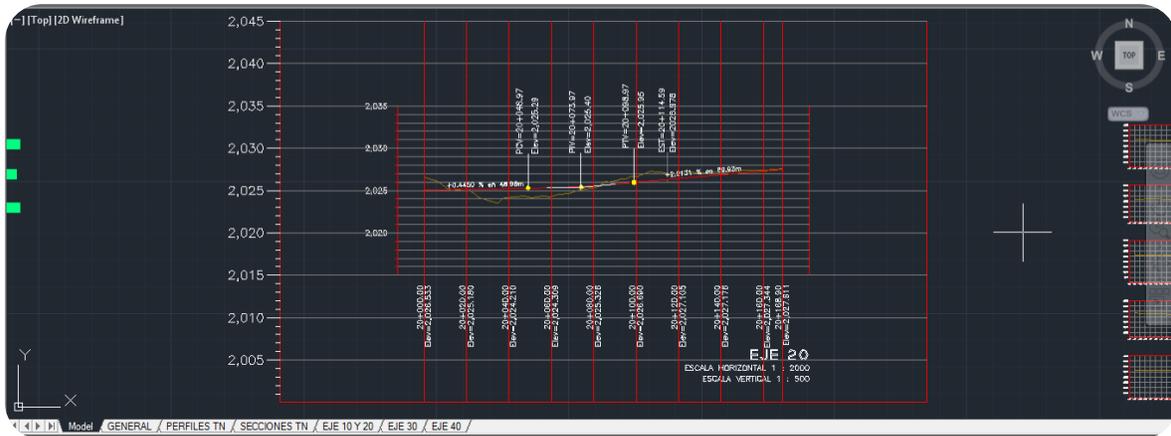


Figura 4.67 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 20. Fuente: Propia.

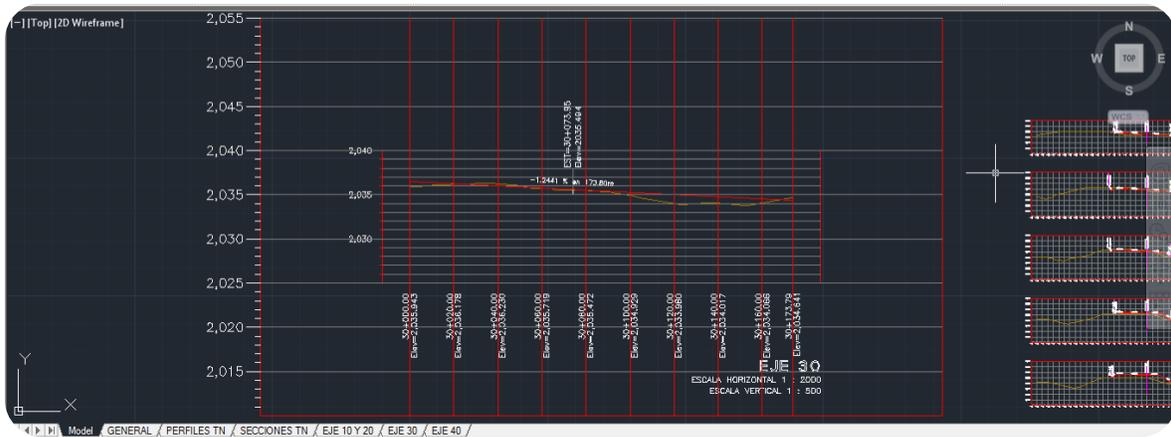


Figura 4.68 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-1. Fuente: Propia.

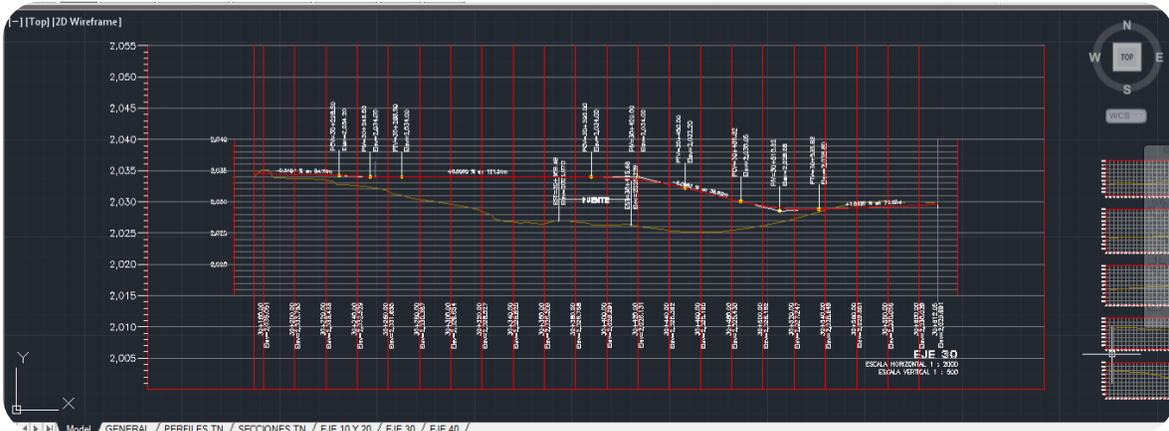


Figura 4.69 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-2 (1). Fuente: Propia.

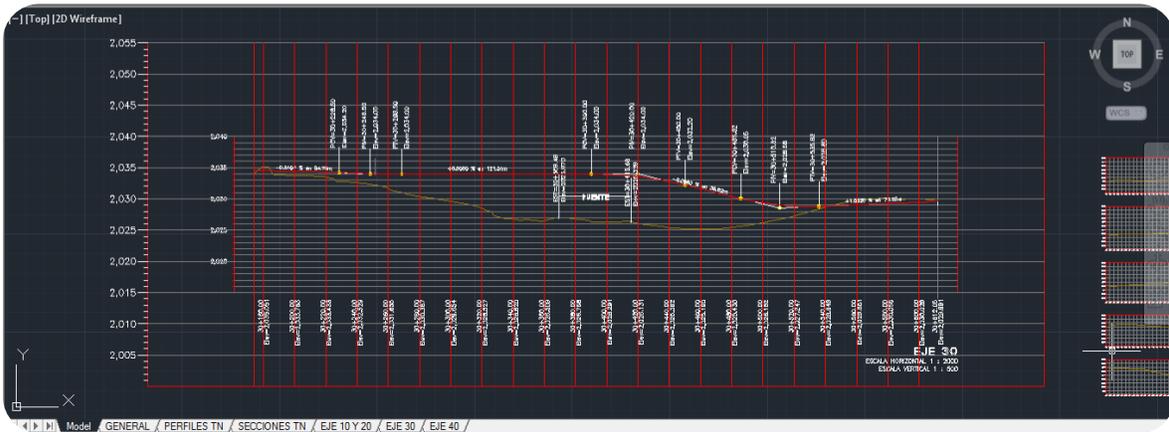


Figura 4.70 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-2 (2). Fuente: Propia.

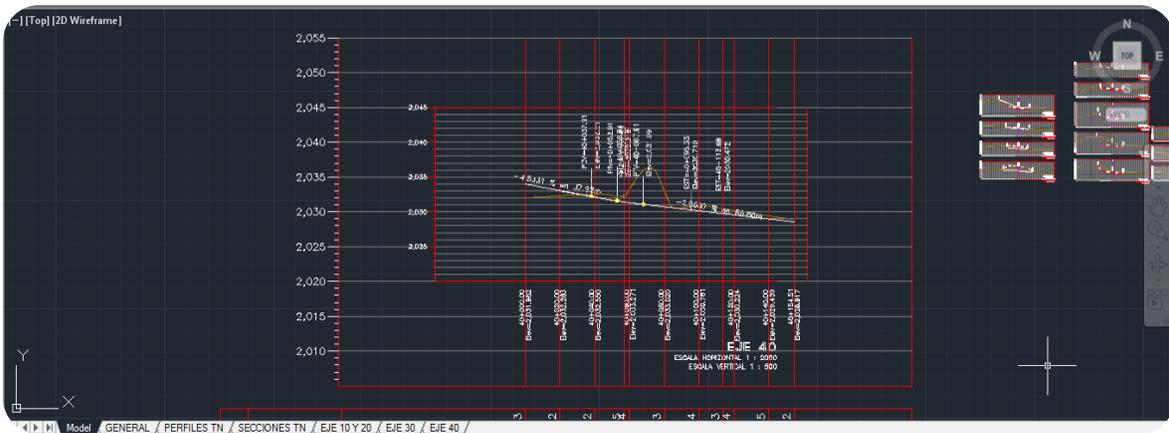


Figura 4.71 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 40-1. Fuente: Propia.

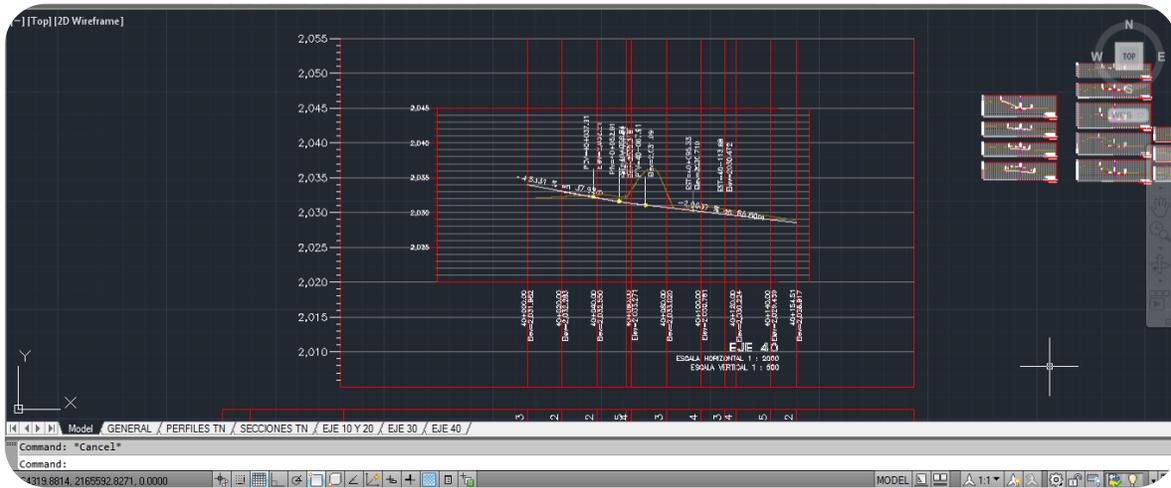


Figura 4.72 Perfil de terreno (color café) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 40-2. Fuente: Propia.

4.6.6.2.4 Secciones de construcción.

Las secciones de construcción se forman en base a la sección tipo que se proponga para cada eje según se requiera. En este trabajo, el eje troncal, que corresponde a la carretera principal Morelia – Pátzcuaro, conservará su sección tal y como se encuentra en la actualidad. Los enlaces propuestos, al ser nuevos, deben llevar una sección tipo acorde a los anchos de calzada propuesto con anterioridad.

En este trabajo se utilizó el software CivilCAD para proponer las secciones tipo de cada eje. Técnicamente las secciones tipo de la mayoría de los ejes son similares, solo van cambiando de acuerdo al peralte mismo de sus curvas. La sección de construcción propuesta se presenta a continuación.



Figura 4.73 Sección tipo en los enlaces. Fuente: Propia.

Como se había mencionado en párrafos anteriores, la composición de la sección tipo de los enlaces es la siguiente:

2.50 metros de acotamiento externo.

4.50 metros de carril de un solo sentido de circulación.

1.00 metro de acotamiento interno.

Esta sección tipo se aplica a las secciones de terreno anteriormente obtenidas y se sobreponen, logrando con esto la visualización de las secciones de terreno y las secciones

de proyecto. Lo anterior nos arrojará volúmenes de corte o de terraplén según sea el caso de acuerdo con el perfil de proyecto.

La sobre posición de una sección de terreno y de proyecto se muestra a continuación:

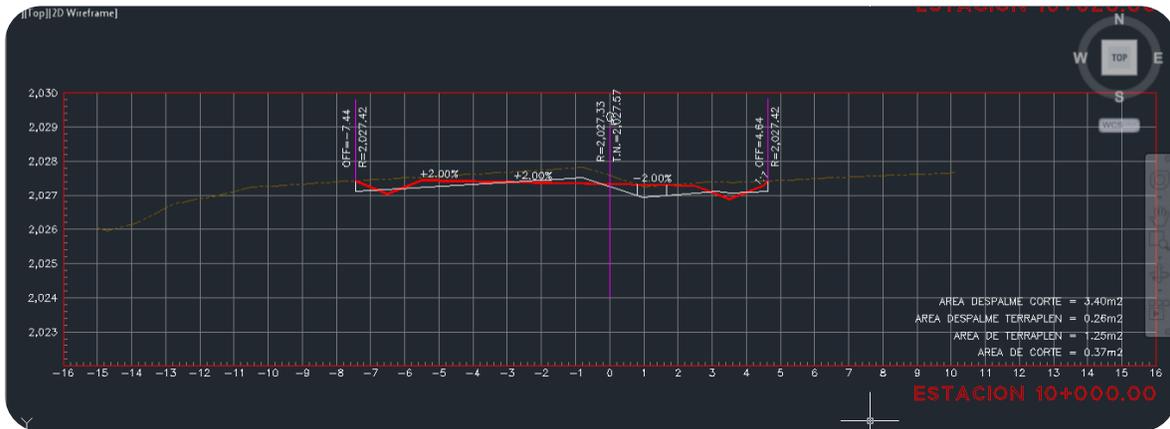


Figura 4.74 Sección de construcción. Fuente: Propia.

La línea café en la sección corresponde a la descripción del terreno natural. La línea roja corresponde a la sección de proyecto a nivel subrasante.

El resto de las secciones de proyecto y datos con mayor detalle se encuentran en los planos anexos a la presente tesis.

Con la sección de proyecto aplicada a las secciones de terreno de todos los ejes propuestos, podemos obtener volúmenes de corte y terraplén y elaborar la **curva masa**, que es una curva que describe el acumulado de volúmenes de principio a fin sobre un eje, para posteriormente poder trabajar en los acarreo de tierra. Esta actividad es parte del proyecto geométrico sin embargo, no se abordará en esta tesis debido a que es un procedimiento más apegado a construcción y sus costos y considero que entraría a un tema de investigación más acorde con ese perfil.

4.6.7 Señalamiento definitivo.

La planta de señalamiento vial como ya se ha mencionado, representa un punto clave para el proyecto de una intersección o de un camino abierto. Las especificaciones del señalamiento vertical u horizontal se describieron anteriormente en el marco teórico referente a este tema.

Dentro del señalamiento horizontal, se utilizaron rayas blancas y amarillas (según su aplicación] de espesor de 15 centímetros debido a que se trata de una carretera de 4 carriles. También se optó por utilizar botones retro reflejantes a lo largo de la carretera principal y de los enlaces, esto contribuye bastante a la buena visibilidad de los conductores y disminuye el riesgo de accidentes. El detalle de las rayas divisoras de sentidos de circulación (amarillas) y de delimitación de carriles (blancas) es el siguiente:

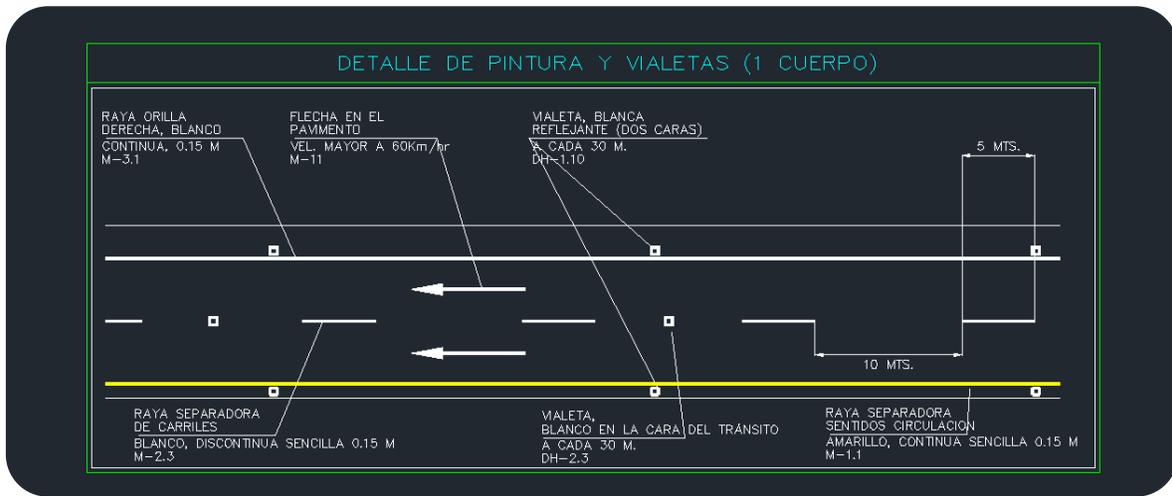


Figura 4.75 Detalle de pintura y vialidad. Fuente: Propia.

En cuanto a las divergencias existentes en el entronque, se realizó su debido señalamiento horizontal, colocando en la zona neutral, las líneas canalizadoras y las rayas en forma de galón que denotan una bifurcación, además de botones retro reflejantes para abonar a la seguridad del usuario de la vía. El detalle de la nariz en las divergencias se muestra a continuación:

La siguiente tabla muestra las señales verticales que se utilizaron y sus medidas:

Forma de la señal	Identificación	Tipo de señal	Medidas	Cantidad
	SP-14	Señal Preventiva. Entronque lateral Oblicuo.	71x71 centímetros	3
	SID-9	Señal Informativa de Destino. Entronque.	239x40 centímetros (por cada tablero; 2 en la imagen de ejemplo)	8
	SR-9	Señal Restrictiva de velocidad.	61x61 centímetros	3
	-	Indicador de obstáculos. En Bifurcaciones.	61x122 centímetros	3
	SID-11	Señal Informativa de Destino. Confirmativa.	178x30 centímetros	3
	SID-14	Señal Informativa de Destino. Bandera doble.	355x76 centímetros por tablero	3
	SII-15	Señal Informativa de Identificación. Kilometraje sin ruta.	30x76 centímetros	2

Tabla 4.10 Cantidad de tableros utilizados en el señalamiento vertical del entronque km. 15+000 de la carretera Morelia – Pátzcuaro.

Para mayor detalle, consultar el plano de señalamiento anexo en este documento.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1 Intersección en T.....	10
Figura 1.2 Intersección de cuatro ramas.....	10
Figura 1.3 Intersección multirramas.....	11
Figura 1.4 Acceso norte de la autopista panamericana a su paso por Buenos Aires.....	12
Figura 2.1. Problema de movilidad debido al crecimiento del parque automotriz.	18
Figura 2.2.Caos vial en Reforma, Ciudad de México.	19
Figura 2.3. Representación esquemática de intersección y enlace.	21
Figura 2.4. Distribución de los accidentes y muertos in situ en México.	25
Figura 2.5. Entronque a nivel. Carretera Morelia – Pátzcuaro.....	27
Figura 2.6 Entronque a nivel. Glorieta. Cuatro Caminos, Michoacán, México.	27
Figura 2.7. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato.....	28
Figura 2.8. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato.....	28
Figura 2.9. Ejemplo de paso. Carretera Morelia – Uriangato.....	29
Figura 2.10. Ejemplo de una glorieta (ramas). Cuatro caminos, Michoacán. México.	29
Figura 2.11. Ejemplo de enlaces. Entronque Carretera Morelia – Maravatío. Km. 27+000.29	
Figura 2.12. Ejemplo de enlaces. Entronque Carretera Morelia – Maravatío. Km. 27+000.30	
Figura 2.13. Ejemplo de una rampa. Carretera Morelia - Acámbaro.....	31
Figura 2.14. Ejemplo de una rampa. Lázaro Cárdenas – Uruapan Km. 122+300.	31
Figura 2.15. Ejemplo de una rampa. Carretera Lázaro Cárdenas – Uruapan. Km.122+300.32	
Figura 2.16. (Figura 11.1) Maniobras de los vehículos en las intersecciones.	33
Figura 2.17. (Figura 11.5) Puntos de conflicto en intersecciones. Descripción gráfica de la tabla 2-A.....	35
Figura 2.18. (Figura 11.6) Ejemplos de áreas de maniobra simples, múltiples y compuestas.....	37
Figura 2.19. (Figura 11.17) Áreas de maniobra simples para cruces a nivel y a desnivel.	38
Figura 2.20. (Figura 11.18) Geometría de movimientos de vueltas a la derecha y a la izquierda.	39
Figura 2.21. (Figura 11.42).Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 30 km/h.....	42

Figura 2.22. (Figura 11.43).Transiciones en los extremos de los enlaces. Diseños para 50 km/h.....	42
Figura 2.23. (Figura 11.44). Ancho de la calzada en los enlaces.	44
Figura 2.24. (Figura 11.47).Formas de carriles de cambio de velocidad.....	49
Figura 2.25. (Figura 11.65). Tipos generales de entronques a nivel.	55
Figura 2.26. (Figura 11.66). Modificaciones al alineamiento horizontal.....	56
Figura 2.27. (Figura 11.69). Entronque en “T”, simple Y con carril adicional.....	58
Figura 2.28. (Figura 11.70). Entronque en “T”, canalizados.....	58
Figura 2.29. (Figura 11.71). Entronques de tres ramas, canalizadas, con circulación en los enlaces en ambos sentidos.....	59
Figura 2.30. (Figura 11.72). Entronques de tres ramas, con alto grado de canalización.	59
Figura 2.31. (Figura 11.73). Entronques de tres ramas, con alto grado de canalización.	60
Figura 2.32. (Figura 11.74). Entronques de cuatro ramas simples y con carriles adicionales.	61
Figura 2.33. (Figura 11.75). Entronques canalizados de cuatro ramas.	61
Figura 2.34. (Figura 11.76). Entronques de cuatro ramas, con alto grado de canalización.	62
Figura 2.35. (Figura 11.77). Entronques de cuatro ramas, con alto grado de canalización.	62
Figura 2.36. (Figura 11.78). Entronques de ramas múltiples.	63
Figura 2.37. (Figura 11.79). Términos empleados en el proyecto de glorietas.....	64
Figura 2.38. (Figura 11.82). Tipos de glorietas.	66
Figura 2.39. (Figura 11.83). Tipos generales de entronques a desnivel.....	70
Figura 2.40. (Figura 11.85). Tipos de rampas.	71
Figura 2.41. (Figura 11.88). Pasos a nivel para peatones y para ganado.	73
Figura 2.42 Ubicación de la raya separadora de sentidos de circulación.	79
Figura 2.43 Marcas en el pavimento en carreteras con ancho de arroyo vial de hasta 6.5 metros.....	80
Figura 2.44 Marcas en el pavimento en carreteras con ancho de arroyo vial mayor de 6.5 metros.....	82
Figura 2.45 Marcas en el pavimento en vialidades urbanas y carreteras de cuatro o más carriles.	83
Figura 2.46 Diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento en aproximaciones de intersección.	85

Figura 2.47 Rayas separadoras de carriles, rayas guía en zonas de transición, rayas canalizadoras y rayas en la orilla del arroyo vial.	86
Figura 2.48 Rayas canalizadoras.	88
Figura 2.49 Señal informativa de destino diagramática.	94
Figura 3.1 Direcciones de las líneas y ángulos horizontales.	100
Figura 3.2 Azimut.	100
Figura 3.3 Brújula.	101
Figura 3.4 Levantamiento de polígonos con brújula y cinta.	102
Figura 3.5 Tránsito.	103
Figura 3.6 Levantamiento topográfico urbano.	104
Figura 3.7 Bancos de nivel.	105
Figura 3.8 Superficie de nivel.	106
Figura 3.9 Nivel topográfico.	107
Figura 3.10 Desnivel entre dos puntos.	107
Figura 3.11 Desnivel en distancias cortas.	108
Figura 3.12 Desnivel en distancias largas.	108
Figura 3.13 Nivelación de un eje de trazo (planta).	110
Figura 3.14 Registro de nivel.	110
Figura 3.15 Nivelación de un eje de trazo (perfil).	111
Figura 3.16 Perfil del trazo.	111
Figura 3.17 Curvas de nivel.	113
Figura 3.18 Secciones del terreno.	114
Figura 3.19 Distanciómetro.	116
Figura 3.20 Teodolito electrónico.	117
Figura 3.21 Estación total.	118
Figura 3.22 Uso del GNSS para levantamiento topográfico.	119
Figura 3.23 AutoCAD.	120
Figura 3.24 CivilCAD.	121
Figura 3.25 Google Earth.	122
Figura 4.1 Carretera Morelia – Pátzcuaro, tipo A4S.	124
Figura 4.2 Localización de la ciudad de Morelia dentro del estado de Michoacán.	125

Figura 4.3 Centro histórico de Morelia.....	126
Figura 4.4 Localización de Pátzcuaro en Michoacán.	127
Figura 4.5 Plaza principal de la ciudad de Pátzcuaro.	128
Figura 4.6 Entronque Santiago Undameo. Ramas.....	129
Figura 4.7 Entronque Santiago Undameo.	130
Figura 4.8 Entronque Santiago Undameo (2).	130
Figura 4.9 Esquema del entronque Santiago Undameo.....	131
Figura 4.10 Cruces, convergencias y divergencias en el entronque Santiago Undameo...	132
Figura 4.11 Perfil preliminar de la carretera Morelia – Pátzcuaro en la zona del entronque Santiago Undameo.	133
Figura 4.12 Cruces de aspecto religioso en las inmediaciones del entronque Santiago Undameo.	134
Figura 4.13 Macrolocalización del entronque Santiago Undameo.	140
Figura 4.14 Microlocalización del entronque Santiago Undameo.	141
Figura 4.15 Espacio disponible en la zona del entronque Santiago Undameo.	142
Figura 4.16 Paso ganadero.	143
Figura 4.17 Paso ganadero.	143
Figura 4.18 Levantamiento de planimetría con equipo GPS.....	144
Figura 4.19 Levantamiento de planimetría con equipo GPS (2).	145
Figura 4.20 Levantamiento de planimetría con equipo GPS (3).	145
Figura 4.21 Dibujo de la planimetría levantada en campo.....	146
Figura 4.22 Entronque a desnivel tipo trompeta.	147
Figura 4.23 Nube de puntos de levantamiento topográfico.	148
Figura 4.24 Triangulaciones obtenidas con puntos de levantamiento topográfico.	149
Figura 4.25 Curvas de nivel de levantamiento topográfico.....	149
Figura 4.26 Levantamiento topográfico con estación total.	150
Figura 4.27 Levantamiento topográfico con estación total (2).	150
Figura 4.28 Levantamiento topográfico con estación total (3).	150
Figura 4.29 Levantamiento topográfico con estación total (4).	151
Figura 4.30 Levantamiento topográfico con estación total (5).	151
Figura 4.31 Levantamiento topográfico con estación total (6).	152
Figura 4.32 Levantamiento topográfico con estación total (7).	152

Figura 4.33 Levantamiento topográfico con estación total (8).....	152
Figura 4.34 Levantamiento topográfico con estación total (9).....	153
Figura 4.35 Levantamiento topográfico con estación total (10).....	153
Figura 4.36 Levantamiento topográfico con estación total (11).....	153
Figura 4.37 Levantamiento topográfico con estación total (12).....	154
Figura 4.38 Levantamiento topográfico con estación total (13).....	154
Figura 4.39 Levantamiento topográfico con estación total (14).....	154
Figura 4.40 Levantamiento topográfico con estación total (15).....	155
Figura 4.41 Levantamiento topográfico con estación total (16).....	155
Figura 4.42 Levantamiento topográfico con estación total (17).....	155
Figura 4.43 Levantamiento topográfico con estación total (18).....	156
Figura 4.44 Levantamiento topográfico con estación total (19).....	156
Figura 4.45 Formato para aforos vehiculares.....	161
Figura 4.46 Diagrama de movimientos para el aforo vehicular.....	162
Figura 4.47 Configuración de la topografía en la zona de estudio.....	167
Figura 4.48 Esviaje del cruce con respecto a la carretera principal.....	173
Figura 4.49 Detalle de enlace “Pátzcuaro – Santiago Undameo”.....	174
Figura 4.50 Detalle de enlace “Santiago Undameo - Morelia”.....	176
Figura 4.51 Detalle de enlace “Morelia – Santiago Undameo”.....	177
Figura 4.52 Detalle de enlace “Santiago Undameo - Pátzcuaro”.....	178
Figura 4.53 Detalle de enlace “Pátzcuaro – Santiago Undameo (2)”.....	179
Figura 4.54 Perfil de terreno natural eje 10 (Pátzcuaro – Santiago Undameo).....	185
Figura 4.55 Perfil de terreno natural eje 20 (Santiago Undameo - Morelia).....	185
Figura 4.56 Perfil de terreno natural eje 30 (Morelia – Santiago Undameo).....	186
Figura 4.57 Perfil de terreno natural eje 40 (Santiago Undameo - Pátzcuaro).....	186
Figura 4.58 Perfil de terreno natural eje Troncal (Morelia - Pátzcuaro).....	186
Figura 4.59 Obtención de secciones transversales de terreno natural CivilCAD.....	187
Figura 4.60 Secciones transversales del terreno natural Eje 10.....	188
Figura 4.61 Secciones transversales del terreno natural Eje 20.....	188
Figura 4.62 Secciones transversales del terreno natural Eje 30.....	188
Figura 4.63 Secciones transversales del terreno natural Eje 40.....	189

Figura 4.64 Secciones transversales del terreno natural Eje troncal.	189
Figura 4.65 Valores requeridos para el dibujo de una curva vertical.....	189
Figura 4.66 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 10.	192
Figura 4.67 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 20.	192
Figura 4.68 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-1.	192
Figura 4.69 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-2 (1).....	193
Figura 4.70 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 30-2 (2).....	193
Figura 4.71 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 40-1.	193
Figura 4.72 Perfil de terreno (color amarillo) y perfil de proyecto (color rojo) de eje 40-2.	194
Figura 4.73 Sección tipo en los enlaces.	195
Figura 4.74 Sección de construcción.	196
Figura 4.75 Detalle de pintura y vialetas.	197
Figura 4.76 Detalle de nariz. Zona de bifurcación	198
Figura 4.77 Planta de señalamiento vertical en el entronque km. 15+000 Carretera Morelia – Pátzcuaro.	198

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1 Densidad vial (km de caminos por cada 100 km de superficie terrestre.	16
Tabla 2.1 Ventajas e inconvenientes de intersecciones y enlaces.	22
Tabla 2.2. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación en México.	24
Tabla 2-A. (Tabla 11-A) Relación del número de conflictos entre los movimientos de la intersección al número de ramas de doble circulación que la forman, por tipo de maniobras.	34
Tabla 2-B. (Tabla 11-H). Ancho de calzada en los enlaces.	47
Tabla 2-C. (Tabla 11-J). Longitud de los carriles de cambio de velocidad.	51
Tabla 2-D. (Tabla 11-L). Sobreelevaciones para curvas en los enlaces.	53
Tabla 2-E. (Tabla 11-O). Distancia mínima de velocidad de parada en los enlaces.	54
Tabla 2-F. (Tabla 11-T). Velocidad de proyecto en los extremos de la rampa.	72
Tabla 2.3 Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal.	78
Tabla 2.4 Clasificación funcional del señalamiento vertical.	91
Tabla 4.1 Datos viales carretera Morelia – Pátzcuaro, Michoacán.	160
Tabla 4.2 Aforo vehicular en el entronque en estudio.	163
Tabla 4.3 Aforo vehicular en el entronque en estudio.	164
Tabla 4.4 Proyección del tránsito a futuro.	165
Tabla 4.5 (Tabla 5-E) Características de los vehículos de proyecto.	171
Tabla 4.6 (Tabla 004-1) Grado máximo de curvatura.	172
Tabla 4.7 (Tabla 004-6) Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo C.	175
Tabla 4.8 (Tabla 11-H) Ancho de calzada en los enlaces.	181
Tabla 4.9 (Tabla 004-3) Valores mínimos del parámetro K y de la longitud aceptable de las curvas verticales.	191
Tabla 4.10 Cantidad de tableros utilizados en el señalamiento vertical del entronque km. 15+000 de la carretera Morelia – Pátzcuaro.	199

CONCLUSIONES.

El diseño global de un entronque requiere del conocimiento de varias disciplinas dentro de la ingeniería, entre las cuales se encuentra el dominio de la geometría, el conocimiento de estructuras de concreto, diseño de pavimentos, geotecnia y suelos, drenaje, etc. Cada una de igual importancia que la otra. Si una de estas disciplinas es mal aplicada en el diseño de un entronque, se pueden presentar problemas que van desde el disgusto e incomodidad de los conductores, hasta poner en riesgo la seguridad de los mismos.

A lo largo del desarrollo de esta tesis, se abordó la parte de la geometría, con el objetivo principal de conocer las normas que marcan la pauta en México para el diseño de entronques y conocer aspectos circundantes y complementarios dentro del proyecto geométrico como lo es el señalamiento, el uso de las nuevas tecnologías, etc. Creo que se tocaron con profundidad suficiente estos temas, logrando describir de manera basta los puntos clave para el desarrollo de un correcto diseño geométrico.

Por otra parte, debo decir que si este trabajo es consultado por lectores ya experimentados en el tema, es probable que propongan correcciones e incluso pudieran agregar algunas líneas. Lo que no se puede reprochar es que lo descrito aquí, lo realicé apegándome a lo que dictan los documentos oficiales a la fecha y que a falta de un libro donde se describa paso a paso el procedimiento a seguir para la elaboración del proyecto de un entronque, tuve que abrirme camino e intentar hacer una especie de instructivo de los trabajos que se realizan para lograr un buen diseño. A pesar de esto, quedo conforme con el resultado final, considero que se cumplieron los objetivos y que éste representará un documento de utilidad para ingenieros y estudiantes que en un futuro se interesen por el tema. En el aspecto personal, me siento reforzado con nuevos conocimientos y listo para comenzar en el plano laboral.

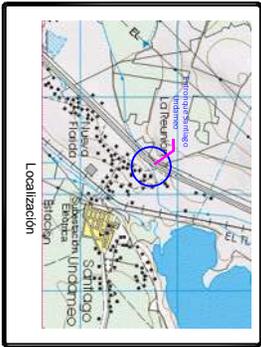
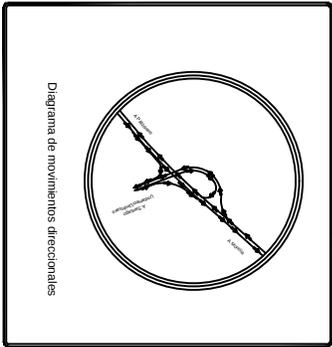
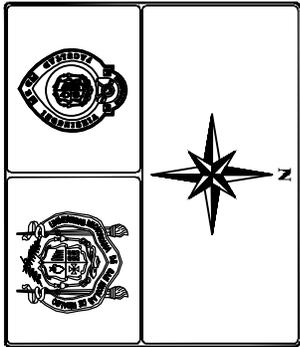
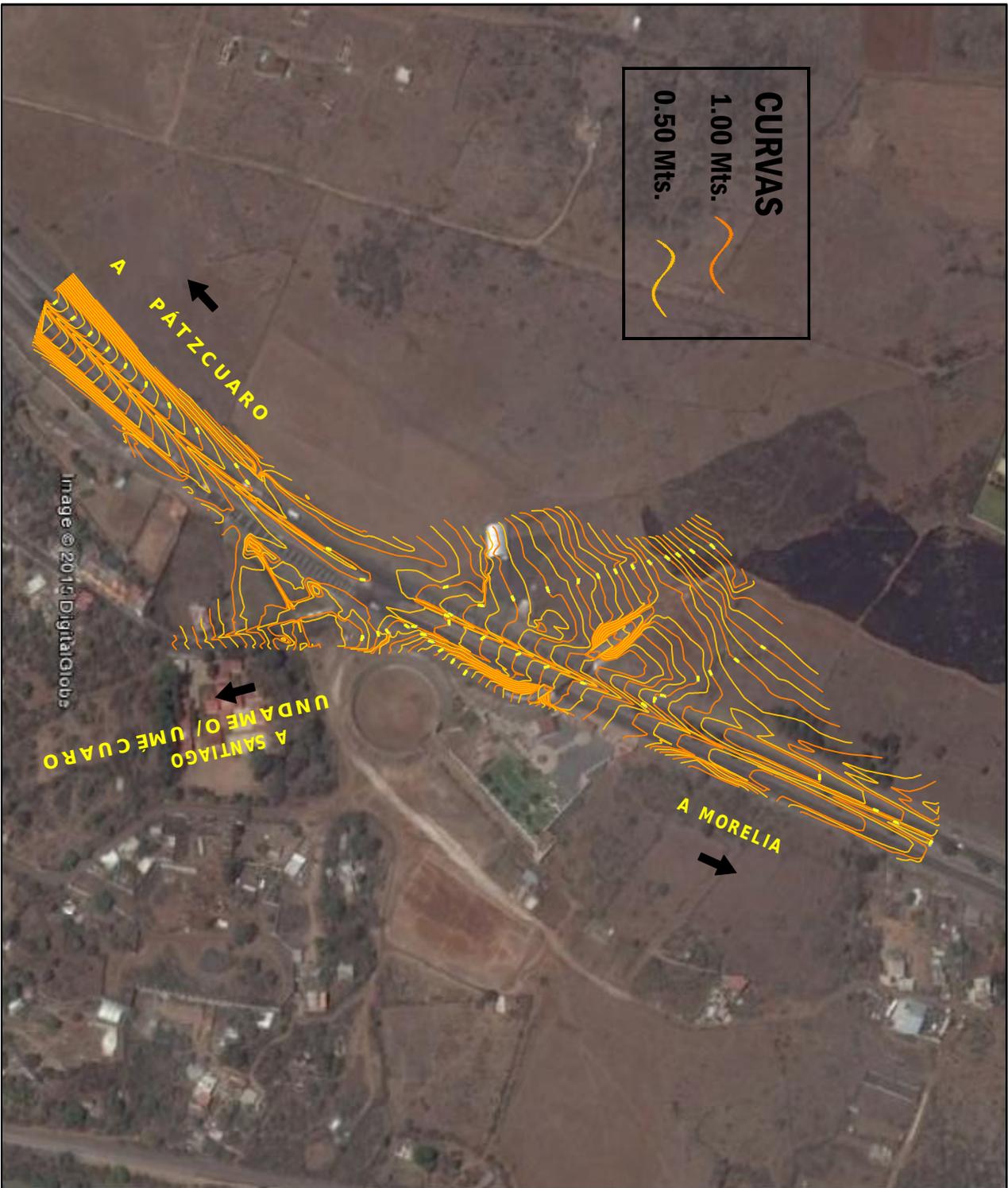
Debo aclarar que la esencia de este trabajo es la geometría de las intersecciones. Un proyecto geométrico ejecutivo abarca: topografía, geotecnia, geometría, terracerías, drenaje menor y señalamiento. La geotecnia, terracerías y drenaje menor no fueron objeto de esta tesis, ya que requerirían un desarrollo más completo e incluso su propio tema de investigación.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

- **Manual de Proyecto geométrico de carreteras.** Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Cuarta reimpresión. México. 1991.
- **Seguridad vial en carreteras.** Alberto Mendoza Díaz, Francisco Luis Quintero Pereda, Emilio Francisco Mayoral Grajeda. Publicación Técnica No. 224, Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro, México. 2003.
- **Manual de carreteras, Proyecto Geométrico, Vol. 1.** Luis Bañón Blázquez, José F. Beviá García.
- **Manual de diseño geométrico de carreteras. Capítulo 6. Intersecciones a nivel y desnivel.** Instituto Nacional de vías. Colombia.
- **Recomendaciones para el proyecto de intersecciones.** Dirección General de Carreteras.
- **A policy on geometric design of highways and streets.** American Association of State Highway and Transportation Officials. Fourth Edition. Washington, D.C. 2001.
- **Manual de diseño geométrico para vías e intersecciones urbanas.** S.L. Uribe Celis. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- **Manual de diseño geométrico para carreteras.** Ing. María Consuelo López Archila, Ing. Carlos Alberto Echeverry Arciniegas. Revista de la facultad de ingeniería, Colombia, 1999.
- **Topografía.** Miguel Montes de Oca. Editorial Alfaomega. Cuarta Edición. México. 1989.
- **Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.** Cal y Mayor, R, Cárdenas G, J, 2000, 7ª Ed., Editorial Alfaomega, México.
- **Ingeniería Vial I.** Hugo Andrés Morales Sosa. Instituto de Santo Domingo, Editora Búho, República Dominicana, 2006.

- ***Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT-2-2003_01. Señalamiento Horizontal y Vertical de Carreteras y Vialidades Urbanas.***
- ***Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito de Calles y Carreteras.*** Dirección de Servicios Técnicos. Quinta Edición. México. 1986
- ***http://es.wikipedia.org/wiki/Carretera_Panamericana***
- ***<http://es.wikihow.com/calcular-la-tasa-de-crecimiento>***
- ***<http://www.amdemexico.com.mx/aforos-vehiculares.php>***
- ***<http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1tzcuaro>***
- ***<http://es.wikipedia.org/wiki/Morelia>***

ANEXOS

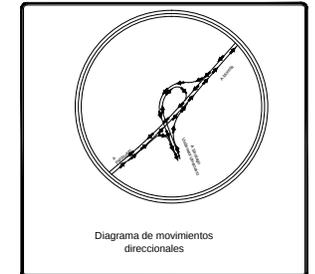
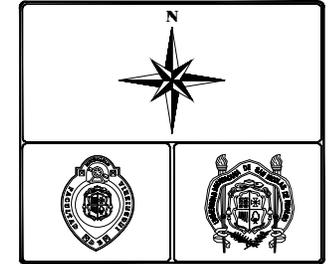
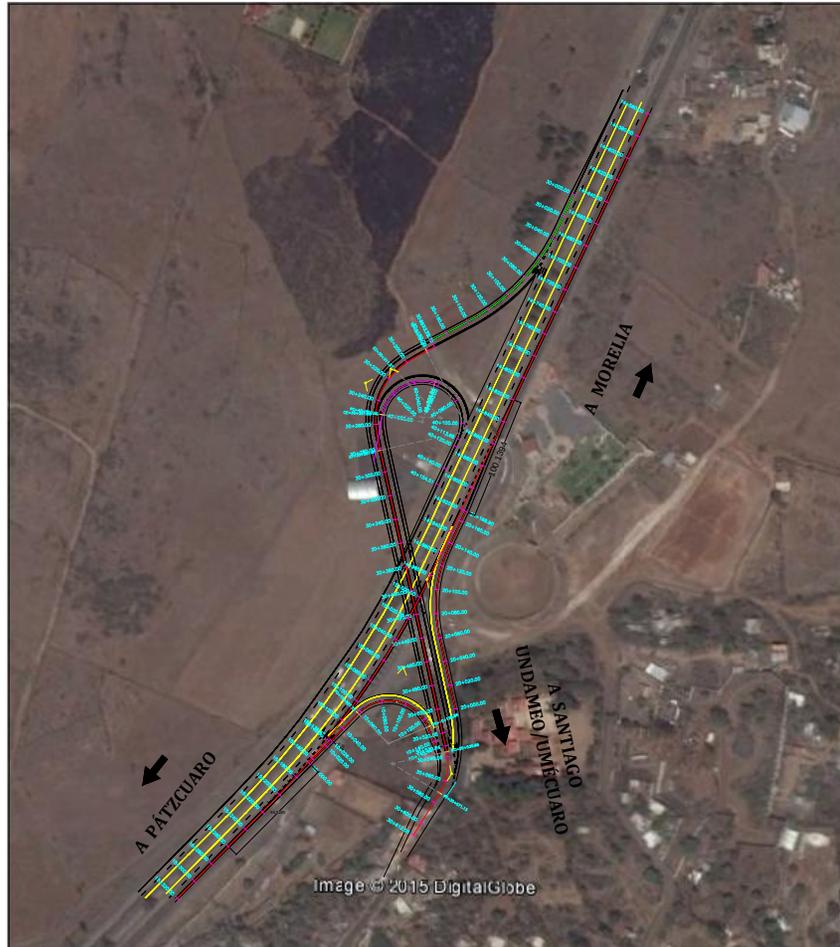
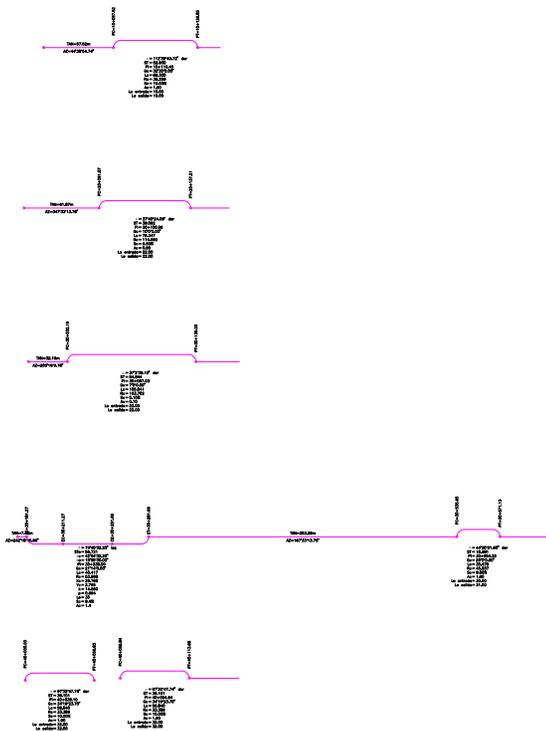


UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
 MAESTRÍA EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS
 VÍAS TERRESTRES.

PLANTA TOPOGRÁFICA			
ENTRONQUE "SANTIAGO UUNDAMEO"			
CARRETERA:	MORELIA - URUPAN	FECHA:	OCTUBRE - 2015
TAMAÑO:	1:15,000	NO:	15,000
MORELIA - PATZCUARO KM.	15,000	ESCALA:	1:10,000
	MORELIA, MICH.		

ENTRONQUE "SANTIAGO UNDAMEO" CARRETERA MORELIA - PÁTZCUARO KM. 15+000

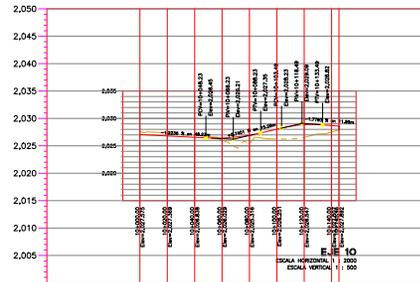
DIAGRAMA DE CURVAS



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES.

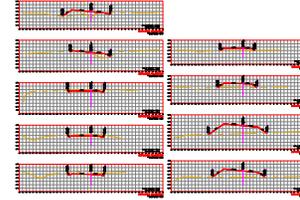
PLANTA GEOMÉTRICA		
ENTRONQUE: ENTRONQUE "SANTIAGO UNDAMEO"		
CARRETERA: MORELIA - URUAPAN	FECHA: OCTUBRE - 2015	ESCALA: 1:1000
TRAMO: MORELIA - PÁTZCUARO KM. 15+000	ORIGEN: MORELIA, MICH.	ESCALA: 1:1000

PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO EJE 10



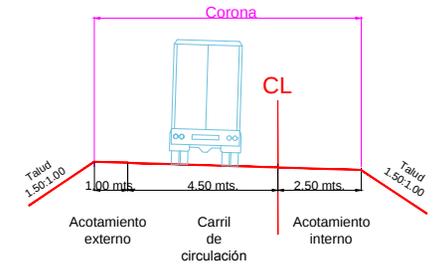
ELEVACION			
SUBRASANTE		2,027.57	2,027.04
TERRENO		2,027.37	2,026.80
		2,026.84	2,026.55
		2,026.03	2,026.43
		2,026.32	2,026.94
		2,026.26	2,026.03
		2,026.55	2,026.84
		2,027.51	2,028.71
		2,027.56	2,028.61

PERFIL EJE 10
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

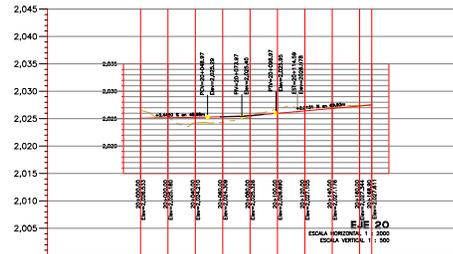


ESPECIFICACIONES DE PROYECTO DEL ENTRONQUE		
CONCEPTOS	CARACTERISTICAS DEL TRAMO	UNIDAD
CARRETERA (RAMAS)	VARIABLE	-
VELOCIDAD DE PROYECTO	40	Km./hora
ANCHO DE CORONA	7.50	m.
ANCHO DE CALZADA	7.50	m.
CURVATURA MAXIMA	30	°
PENDIENTE MAXIMA	5	%

SECCIÓN TIPO

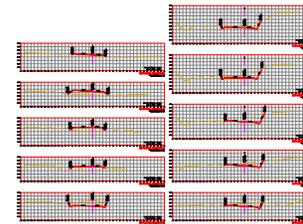


PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO EJE 20



ELEVACION			
SUBRASANTE		2,026.53	2,025.07
TERRENO		2,025.18	2,025.16
		2,024.21	2,025.25
		2,024.37	2,025.36
		2,025.33	2,025.60
		2,026.69	2,025.98
		2,027.10	2,026.42
		2,027.18	2,026.86
		2,027.34	2,027.30
		2,027.61	2,027.50

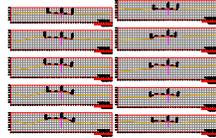
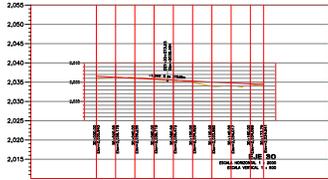
PERFIL EJE 20
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
 MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES.

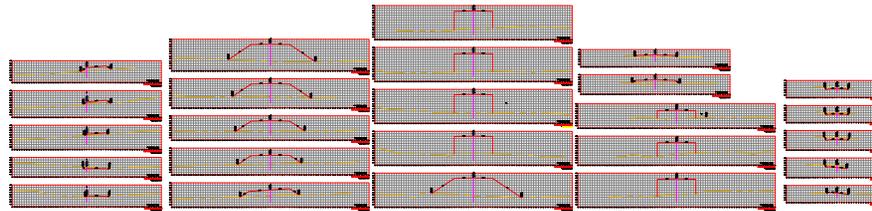
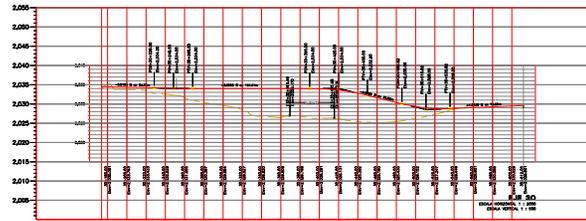
PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO		
ENTRONQUE:		
ENTRONQUE "SANTIAGO UNDAMEO"		
CARRETERA:	MORELIA - URUAPAN	FECHA: OCTUBRE - 2015
TRAMO: MORELIA - PÁTZCUARO KM. 15+000	ORIGEN: MORELIA, MICH.	KM: 15+000
		ESCALA: 1:1000

PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO EJE 30



ELEVACION	SUBRAYANTE	TIEMPO
2.0500	2.0524.94	2.0543.53
2.0450	2.0481.19	2.0508.28
2.0400	2.0438.23	2.0473.03
2.0350	2.0395.27	2.0437.78
2.0300	2.0352.31	2.0402.53
2.0250	2.0309.35	2.0367.28
2.0200	2.0266.39	2.0332.03
2.0150	2.0223.43	2.0296.78
2.0100	2.0180.47	2.0261.53
2.0050	2.0137.51	2.0226.28
2.0000	2.0094.55	2.0191.03
1.9950	2.0051.59	2.0155.78
1.9900	2.0008.63	2.0120.53
1.9850	1.9965.67	2.0085.28
1.9800	1.9922.71	2.0050.03
1.9750	1.9879.75	2.0014.78
1.9700	1.9836.79	1.9979.53
1.9650	1.9793.83	1.9944.28
1.9600	1.9750.87	1.9909.03
1.9550	1.9707.91	1.9873.78
1.9500	1.9664.95	1.9838.53
1.9450	1.9621.99	1.9803.28
1.9400	1.9579.03	1.9768.03
1.9350	1.9536.07	1.9732.78
1.9300	1.9493.11	1.9697.53
1.9250	1.9450.15	1.9662.28
1.9200	1.9407.19	1.9627.03
1.9150	1.9364.23	1.9591.78
1.9100	1.9321.27	1.9556.53
1.9050	1.9278.31	1.9521.28
1.9000	1.9235.35	1.9486.03
1.8950	1.9192.39	1.9450.78
1.8900	1.9149.43	1.9415.53
1.8850	1.9106.47	1.9380.28
1.8800	1.9063.51	1.9345.03
1.8750	1.9020.55	1.9309.78
1.8700	1.8977.59	1.9274.53
1.8650	1.8934.63	1.9239.28
1.8600	1.8891.67	1.9204.03
1.8550	1.8848.71	1.9168.78
1.8500	1.8805.75	1.9133.53
1.8450	1.8762.79	1.9098.28
1.8400	1.8719.83	1.9063.03
1.8350	1.8676.87	1.9027.78
1.8300	1.8633.91	1.8992.53
1.8250	1.8590.95	1.8957.28
1.8200	1.8547.99	1.8922.03
1.8150	1.8505.03	1.8886.78
1.8100	1.8462.07	1.8851.53
1.8050	1.8419.11	1.8816.28
1.8000	1.8376.15	1.8781.03
1.7950	1.8333.19	1.8745.78
1.7900	1.8290.23	1.8710.53
1.7850	1.8247.27	1.8675.28
1.7800	1.8204.31	1.8640.03
1.7750	1.8161.35	1.8604.78
1.7700	1.8118.39	1.8569.53
1.7650	1.8075.43	1.8534.28
1.7600	1.8032.47	1.8499.03
1.7550	1.7989.51	1.8463.78
1.7500	1.7946.55	1.8428.53
1.7450	1.7903.59	1.8393.28
1.7400	1.7860.63	1.8358.03
1.7350	1.7817.67	1.8322.78
1.7300	1.7774.71	1.8287.53
1.7250	1.7731.75	1.8252.28
1.7200	1.7688.79	1.8217.03
1.7150	1.7645.83	1.8181.78
1.7100	1.7602.87	1.8146.53
1.7050	1.7559.91	1.8111.28
1.7000	1.7516.95	1.8076.03
1.6950	1.7473.99	1.8040.78
1.6900	1.7431.03	1.8005.53
1.6850	1.7388.07	1.7970.28
1.6800	1.7345.11	1.7935.03
1.6750	1.7302.15	1.7899.78
1.6700	1.7259.19	1.7864.53
1.6650	1.7216.23	1.7829.28
1.6600	1.7173.27	1.7794.03
1.6550	1.7130.31	1.7758.78
1.6500	1.7087.35	1.7723.53
1.6450	1.7044.39	1.7688.28
1.6400	1.7001.43	1.7653.03
1.6350	1.6958.47	1.7617.78
1.6300	1.6915.51	1.7582.53
1.6250	1.6872.55	1.7547.28
1.6200	1.6829.59	1.7512.03
1.6150	1.6786.63	1.7476.78
1.6100	1.6743.67	1.7441.53
1.6050	1.6700.71	1.7406.28
1.6000	1.6657.75	1.7371.03
1.5950	1.6614.79	1.7335.78
1.5900	1.6571.83	1.7300.53
1.5850	1.6528.87	1.7265.28
1.5800	1.6485.91	1.7230.03
1.5750	1.6442.95	1.7194.78
1.5700	1.6400.00	1.7159.53
1.5650	1.6357.04	1.7124.28
1.5600	1.6314.08	1.7089.03
1.5550	1.6271.12	1.7053.78
1.5500	1.6228.16	1.7018.53
1.5450	1.6185.20	1.6983.28
1.5400	1.6142.24	1.6948.03
1.5350	1.6100.00	1.6912.78
1.5300	1.6057.04	1.6877.53
1.5250	1.6014.08	1.6842.28
1.5200	1.5971.12	1.6807.03
1.5150	1.5928.16	1.6771.78
1.5100	1.5885.20	1.6736.53
1.5050	1.5842.24	1.6701.28
1.5000	1.5800.00	1.6666.03
1.4950	1.5757.04	1.6630.78
1.4900	1.5714.08	1.6595.53
1.4850	1.5671.12	1.6560.28
1.4800	1.5628.16	1.6525.03
1.4750	1.5585.20	1.6489.78
1.4700	1.5542.24	1.6454.53
1.4650	1.5500.00	1.6419.28
1.4600	1.5457.04	1.6384.03
1.4550	1.5414.08	1.6348.78
1.4500	1.5371.12	1.6313.53
1.4450	1.5328.16	1.6278.28
1.4400	1.5285.20	1.6243.03
1.4350	1.5242.24	1.6207.78
1.4300	1.5200.00	1.6172.53
1.4250	1.5157.04	1.6137.28
1.4200	1.5114.08	1.6102.03
1.4150	1.5071.12	1.6066.78
1.4100	1.5028.16	1.6031.53
1.4050	1.4985.20	1.5996.28
1.4000	1.4942.24	1.5961.03
1.3950	1.4900.00	1.5925.78
1.3900	1.4857.04	1.5890.53
1.3850	1.4814.08	1.5855.28
1.3800	1.4771.12	1.5820.03
1.3750	1.4728.16	1.5784.78
1.3700	1.4685.20	1.5749.53
1.3650	1.4642.24	1.5714.28
1.3600	1.4600.00	1.5679.03
1.3550	1.4557.04	1.5643.78
1.3500	1.4514.08	1.5608.53
1.3450	1.4471.12	1.5573.28
1.3400	1.4428.16	1.5538.03
1.3350	1.4385.20	1.5502.78
1.3300	1.4342.24	1.5467.53
1.3250	1.4300.00	1.5432.28
1.3200	1.4257.04	1.5397.03
1.3150	1.4214.08	1.5361.78
1.3100	1.4171.12	1.5326.53
1.3050	1.4128.16	1.5291.28
1.3000	1.4085.20	1.5256.03
1.2950	1.4042.24	1.5220.78
1.2900	1.4000.00	1.5185.53
1.2850	1.3957.04	1.5150.28
1.2800	1.3914.08	1.5115.03
1.2750	1.3871.12	1.5079.78
1.2700	1.3828.16	1.5044.53
1.2650	1.3785.20	1.5009.28
1.2600	1.3742.24	1.4974.03
1.2550	1.3700.00	1.4938.78
1.2500	1.3657.04	1.4903.53
1.2450	1.3614.08	1.4868.28
1.2400	1.3571.12	1.4833.03
1.2350	1.3528.16	1.4797.78
1.2300	1.3485.20	1.4762.53
1.2250	1.3442.24	1.4727.28
1.2200	1.3400.00	1.4692.03
1.2150	1.3357.04	1.4656.78
1.2100	1.3314.08	1.4621.53
1.2050	1.3271.12	1.4586.28
1.2000	1.3228.16	1.4551.03
1.1950	1.3185.20	1.4515.78
1.1900	1.3142.24	1.4480.53
1.1850	1.3100.00	1.4445.28
1.1800	1.3057.04	1.4410.03
1.1750	1.3014.08	1.4374.78
1.1700	1.2971.12	1.4339.53
1.1650	1.2928.16	1.4304.28
1.1600	1.2885.20	1.4269.03
1.1550	1.2842.24	1.4233.78
1.1500	1.2800.00	1.4198.53
1.1450	1.2757.04	1.4163.28
1.1400	1.2714.08	1.4128.03
1.1350	1.2671.12	1.4092.78
1.1300	1.2628.16	1.4057.53
1.1250	1.2585.20	1.4022.28
1.1200	1.2542.24	1.3987.03
1.1150	1.2500.00	1.3951.78
1.1100	1.2457.04	1.3916.53
1.1050	1.2414.08	1.3881.28
1.1000	1.2371.12	1.3846.03
1.0950	1.2328.16	1.3810.78
1.0900	1.2285.20	1.3775.53
1.0850	1.2242.24	1.3740.28
1.0800	1.2200.00	1.3705.03
1.0750	1.2157.04	1.3669.78
1.0700	1.2114.08	1.3634.53
1.0650	1.2071.12	1.3599.28
1.0600	1.2028.16	1.3564.03
1.0550	1.1985.20	1.3528.78
1.0500	1.1942.24	1.3493.53
1.0450	1.1900.00	1.3458.28
1.0400	1.1857.04	1.3423.03
1.0350	1.1814.08	1.3387.78
1.0300	1.1771.12	1.3352.53
1.0250	1.1728.16	1.3317.28
1.0200	1.1685.20	1.3282.03
1.0150	1.1642.24	1.3246.78
1.0100	1.1600.00	1.3211.53
1.0050	1.1557.04	1.3176.28
1.0000	1.1514.08	1.3141.03

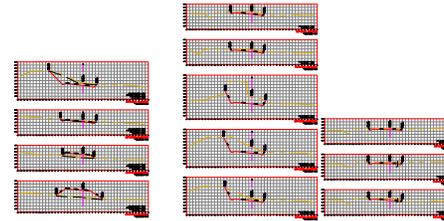
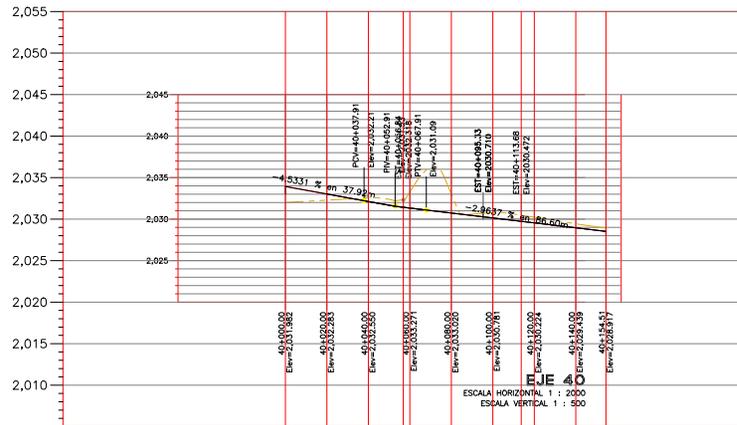
PERFIL EJE 30
ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 500



ELEVACION	SUBRAYANTE	TIEMPO
2.0500	2.0511.12	2.0524.48
2.0450	2.0468.16	2.0489.23
2.0400	2.0425.20	2.0453.98
2.0350	2.0382.24	2.0418.73
2.0300	2.0339.28	2.0383.48
2.0250	2.0296.32	2.0348.23
2.0200	2.0253.36	2.0312.98
2.0150	2.0210.40	2.0277.73
2.0100	2.0167.44	2.0242.48
2.0050	2.0124.48	2.0207.23
2.0000	2.0081.52	2.0171.98
1.9950	2.0038.56	2.0136.73
1.9900	1.9995.60	2.0101.48
1.9850	1.9952.64	2.0066.23
1.9800	1.9909.68	2.0030.98
1.9750	1.9866.72	1.9995.73
1.9700	1.9823.76	1.9960.48
1.9650	1.9780.80	1.9925.23
1.9600	1.9737.84	1.9889.98
1.9550	1.9694.88	1.9854.73
1.9500	1.9651.92	1.9819.48
1.9450	1.9608.96	1.9784.23
1.9400	1.9566.00	1.9748.98
1.9350	1.9523.04	1.9713.73
1.9300	1.9480.08	1.9678.48
1.9250	1.9437.12	1.9643.23
1.9200	1.9394.16	1.9607.98
1.9150	1.9351.20	1.9572.73
1.9100	1.9308.24	1.9537.48
1.9050	1.9265.28	1.9502.23
1.9000	1.9222.32	1.9466.98
1.8950	1.9179.36	1.9431.73
1.8900	1.9136.40	1.9396.48
1.8850	1.9093.44	1.9361.23
1.8800	1.9050.48	1.9325.98
1.8750	1.9007.52	1.9290.73
1.8700	1.8964.56	1.9255.48
1.8650	1.8921.60	1.9220.23
1.8600	1.8878.64	1.9184.98
1.8550	1.8835.68	1.9149.73
1.8500	1.8792.72	1.9114.48
1.8450	1.8749.76	1.9079.23
1.8400	1.8706.80	1.9043.98
1.8350	1.8663.84	1.9008.73
1.8300	1.8620.88	1.8973.48
1.8250	1.8577.92	1.8938.23
1.8200	1.8534.96	1.8902.98
1.8150	1.8492.00	1.8867.73
1.8100	1.8449.04	1.8832.48
1.8050	1.8406.08	1.8797.23
1.8000	1.8363.12	1.8761.98
1.7950	1.8320.16	1.8726.73
1.7900	1.8277.20	1.8691.48
1.7850	1.8234.24	1.8656.23
1.7800	1.8191.28	1.8620.98
1.7750	1.8148.32	1.8585.73
1.7700	1.8105.36	1.8550.48
1.7650	1.80	

PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO EJE 40

ESPECIFICACIONES DE PROYECTO DEL ENTRONQUE		
CONCEPTOS	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO	UNIDAD
CARRETERA (RAMAS)	VARIABLE	-
VELOCIDAD DE PROYECTO	40	Km./hora
ANCHO DE CORONA	7.50	m.
ANCHO DE CALZADA	7.50	m.
CURVATURA MÁXIMA	30	°
PENDIENTE MÁXIMA	5	%



ELEVACION	SUBRASANTE	
	TERRENO	
40+000.00	2.031.98	2.035.93
40+020.00	2.032.28	2.033.02
40+040.00	2.032.55	2.032.12
40+060.00	2.032.77	2.031.45
40+080.00	2.033.02	2.030.73
40+100.00	2.030.78	2.030.14
40+113.68	2.030.47	2.029.73
40+120.00	2.030.22	2.029.54
40+140.00	2.029.44	2.028.95
40+154.51	2.028.92	2.028.52

PERFIL EJE 40
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
 MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES.

PERFIL Y SECCIONES DE PROYECTO		
ENTRONQUE: ENTRONQUE "SANTIAGO UNDAMEO"		
CARRETERA: MORELIA - URUAPAN	FECHA: OCTUBRE - 2015	
TRAMO: MORELIA - PÁTZCUARO KM. 15+000	ORIGEN: MORELIA, MICH.	KM: 15+000
		ESCALA: 1:1000