



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**“REVISIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL LIBRAMIENTO DE
CUERNAVACA (PASO EXPRÉS TLAHUICA).”**

POR:

EDUARDO SAAVEDRA MOTA

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRIA EN INGENIERÍA

DIRECTOR DE TESIS M.I. RODRIGO DE LA GARZA AGUILAR

CHIHUAHUA, CHIHUAHUA. NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**REVISIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL LIBRAMIENTO DE
CUERNAVACA (PASO EXPRÉS TLAHUICA)**

POR:

ING. EDUARDO SAAVEDRA MOTA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

DICIEMBRE, 2019



Revisión de diseño geométrico del libramiento de Cuemavaca (Paso expés Tlahuica). Tesis presentada por Eduardo Saavedra Mota como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, ha sido aprobada y aceptada por:

M.I. Javier González Cantú
Director de la Facultad de Ingeniería

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Secretario de Investigación y Posgrado

M.C. Alejandro Calderón/Landaverde
Coordinador(a) Académico

M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar
Director de Tesis

Diciembre de 2019

Comité:

M.A. María de Lourdes Flores Portillo
M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar
M.I. José Antonio Portillo Ocegüera
M.I. América Martínez Soto

© Derechos Reservados
Eduardo Saavedra Mota

Yucatán No. 66 Fracc. Guadalupe
Villahermosa, Tab, C.P. 86180

DICIEMBRE 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

13 de diciembre de 2019

ING. EDUARDO SAAVEDRA MOTA

Presente

En atención a su solicitud relativa a la Tesis para obtener el grado de Maestro en ingeniería, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director M.I. **Rodrigo De la Garza Aguilar** para que lo desarrolle como Tesis, con el título: **"REVISIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL LIBRAMIENTO DE CUERNAVACA (PASO EXPRÉS TLAHUICA)"**.

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Índice de contenido

Antecedentes

Justificación

Problemática identificada previo a la construcción del libramiento

Condiciones del libramiento previo a su modernización

Alternativas evaluadas por la secretaria de comunicaciones y transportes

Planeación

Proyecto

Construcción

Operación

Fundamentación teórica

Derecho de vía

Alineamiento horizontal

Curva circular horizontal

Elemento de una curva circular

Ampliación

Curvas con espirales de transición

Acotamientos

Alineamiento vertical

Tangentes

Pendiente gobernadora

Pendiente máxima

Pendiente mínima

Longitud crítica

Subrasante

Curvas verticales

Fórmulas para el cálculo de la curva vertical



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Objetivos

Hipótesis

Metodología

Beneficios con la construcción del libramiento

Desventajas

Análisis de las etapas de construcción

Proceso de construcción

Análisis de las etapas de construcción

Reporte fotográfico

Resultados

1.a. Velocidades de proyecto

1.b. Diseño de la sección tipo

1.c. Ancho mínimo de carriles

2. Derecho de vía

3. Afectaciones que sufren las carreteras al ser invadidas por instalaciones

4. Continuidad a los costos y valoración a las modificaciones al proyecto

Conclusión

Bibliografía

Curriculum vitae

Solicitamos a Usted tomar nota de que el título del trabajo se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis.

ATENTAMENTE
"Naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

M.I. JAVIER GONZÁLEZ CANTÚ

**FACULTAD DE
INGENIERÍA
UACH.**



DIRECCIÓN

**EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO**

DR. ALEJANDRO VILLALOBOS ARAGÓN

DEDICATORIA

Al todo Poderoso

Por la salud, el cariño y toda la filantropía que me ha otorgado para poder desarrollarme personal y profesionalmente, así como a la vida por tener todo lo que necesito, amor, cariño y comprensión.

A mi esposa

Por el apoyo y comprensión que me brinda en todos mis proyectos tanto personales como profesionales y sobre todo por su gran amor y calidez incondicional, ¡GRACIAS AMOR, TE AMO!

A mis hijos

Por ser mi inspiración para cumplir mis metas, el motor que me impulsa a realizar nuevos proyectos y no claudicar por fuerte que sea la adversidad. Los amo con toda mi alma y por ustedes vale la pena cualquier sacrificio.

A mi madre

Que me inculco los valores más importantes y apreciados que un hombre podría desear, quien me enseñó a ser un hombre responsable, trabajador, amoroso y emprendedor, con honestidad, entendimiento y amor, y aun en la distancia, es el faro que me guía.

A mi padre

Porque su nobleza ha trascendido en mí, porque me enseñó que ser pobre no es excusa para la superación.

Y a Todos quienes me han brindado su apoyo y amistad incondicional para ayudarme a ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros

M.I. Ing. José Antonio Portillo Ocegüera, M.I. Ing. Rodrigo de la Garza Aguilar, Dr. Ing. Mario Cesar Rodríguez Ramírez, M.I. Ing. José Carlos Montero de Anda, M. I. Ing. José Elías Villa Pérez, Dra. Ing. Cecilia Olivia Olague Caballero, M.I. Ing. Luis Enrique Morales Gutiérrez, Dr. Ing. Jorge Márquez Balderrama, Dr. Ing. Gilberto Wenglas Lara, M.A. María de Lourdes Flores Portillo, Dr. Ing. Fernando Rafael Astorga Bustillos, Dr. Carlos Ignacio Leyva Delgado, M.I. Ing. Jorge Alejandro Sosa Martínez, M.I. Ing. Arturo Alejo Tepate, M.I. América Martínez Soto, M.I. Blas Eduardo Magallanes Ramírez, a todos ellos mi mayor agradecimiento por la paciencia, tolerancia y formación académica en la trayectoria de estudiante.

Y en especial

Al M.I. Ing. Rodrigo de la Garza Aguilar

Asesor del Trabajo Final de Seminario de Tesis. Por su apoyo, comprensión y dedicación en la revisión de este trabajo, para lograr el objetivo de culminarlo hasta el final.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
REVISIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL LIBRAMIENTO DE CUERNAVACA (PASO EXPRÉS TLAHUICA).	13
ANTECEDENTES.....	13
JUSTIFICACIÓN.....	15
Problemática identificada previo a la construcción del Libramiento.	15
Condiciones del libramiento previo a su modernización.....	15
Alternativas Evaluadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.....	15
Planeación.....	15
Proyecto.....	15
Construcción.....	15
Operación.....	15
FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	20
Derecho de Vía.....	21
Alineamiento horizontal.....	22
Curva circular horizontal.....	23
Elemento de una curva circular.....	24
Ampliación.....	25
Curvas con espirales de transición.....	26
Acotamientos.....	29
Alineamiento vertical.....	32

Tangentes.....	32
Pendiente Gobernadora.....	32
Pendiente máxima.....	32
Pendiente mínima.....	32
Longitud crítica.....	32
Subrasante.....	34
Curvas verticales.....	35
Formulas para el cálculo de la curva vertical.....	37
OBJETIVOS.....	39
HIPOTESIS.....	40
METODOLOGIA.....	41
Beneficios con la construcción del libramiento.....	46
Desventajas.....	47
Análisis de las etapas de construcción.....	47
Proceso de construcción.....	48
Reporte fotográfico.....	51
RESULTADOS.....	59
1.a. Velocidades de proyecto.....	59
1.b. Diseño de la sección tipo.....	59
1.c. Ancho mínimo de carriles.....	59
2. Derecho de vía.....	60
3. Afectaciones que sufren las carreteras al ser invadidas por instalaciones.....	60
4. Continuidad a los costos y valoración a las modificaciones al proyecto.....	60
CONCLUSION.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63

CURRICULUM VITAE.....64



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Ejes troncales, transversales y longitudinales.....	16
Figura 2 Sección previa a la ampliación.....	17
Figura 3 Sección de Operación Paso Exprés de Cuernavaca.....	21
Figura 4 Cercado del derecho de vía en Libramiento de Hermosillo, SCT.....	21
Figura 5 Sección transversal típica en una tangente de alineamiento horizontal de una carretera. ..	23
Figura 6 Elementos de una Curva circular.....	24
Figura 7 Elementos de una curva circular con espirales.....	27
Figura 8 Desarrollo de la Sobreelevación y Ampliación.....	31
Figura 9 Elementos de las curvas verticales.....	35
Figura 10 Tipos de curva vertical, en cresta y columpio.....	37
Figura 11 Localización del Libramiento.....	42
Figura 12 Ubicación de los entronques en Libramiento Paso Exprés.....	43
Figura 13 Comparativa del Libramiento Paso Exprés.....	44
Figura 14 Funcionamiento del Paso Exprés.....	45
Figura 15 Etapa 1, Construcción lado derecho.....	47
Figura 16 Etapa 2, Construcción lado izquierdo.....	48
Figura 17 Etapa 3, Construcción zona central.....	48
Figura 18 Proceso constructivo lado derecho.....	49
Figura 19 Proceso constructivo de pavimentos.....	49
Figura 20 Tendido de pavimento hidráulico.....	50
Figura 21 Limpieza posterior a los trabajos, lado derecho.....	50



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Grado máximo de curvatura.	29
Tabla 2 Anchos de Corona, Calzada, Acotamiento y Franja separadora central.	30
Tabla 3 Valores máximos de pendiente gobernadora y de pendiente máxima.	33
Tabla 4 Longitud crítica de tangentes verticales con pendientes mayores a la gobernadora.	33
Tabla 5 Tipos de terreno de acuerdo con su configuración y sus características principales.	34
Tabla 6 Valores mínimos del parámetro k de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.	38
Tabla 7 Características geométricas del Libramiento.	45
Tabla 8 Beneficios Libramiento Cuernavaca.	46



REVISIÓN DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL LIBRAMIENTO DE CUERNAVACA (PASO EXPRÉS TLAHUICA).

ANTECEDENTES.

La **Secretaría de Comunicaciones y Transportes** a lo largo de su historia se ha dado a la tarea de “... Promover sistemas de transporte y comunicaciones seguros, eficientes y competitivos, mediante el fortalecimiento del marco jurídico, la definición de políticas públicas y el diseño de estrategias que contribuyan al crecimiento sostenido de la economía y el desarrollo social equilibrado del país; ampliando la cobertura y accesibilidad de los servicios, logrando la integración de los mexicanos y respetando el medio ambiente.”, con la visión de “...ser una dependencia eficiente en su gestión rectora del Sector, que garantice al país infraestructura de comunicaciones y transportes moderna y suficiente, que promueva la prestación de servicios de calidad y competitivos, que responda a las expectativas de la ciudadanía y a las tendencias de la globalización, contribuyendo con ello al desarrollo sustentable del país, preservando el medio ambiente y la seguridad.

La SCT encargada de ejecutar El Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, en los términos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, cuenta con un enfoque integral, transversal y social. Gran parte de la competitividad, del crecimiento económico y del bienestar social de los países está determinado por contar con instalaciones de vanguardia, en aeropuertos, carreteras, puertos, telecomunicaciones, trenes, centrales eléctricas, complejos petroleros, gasoductos, presas, hospitales, equipamiento urbano y desarrollos turísticos, entre otras.

En contexto con lo anterior la Dirección General de Carreteras que forma parte de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y que colabora en el sectores estratégicos número 1, Comunicaciones y transportes, tienen entre sus principales atribuciones, participar en la planeación, coordinación y evaluación de los programas carreteros para la construcción y modernización de la red federal de carreteras, así



como para la construcción, modernización, reconstrucción y conservación de los caminos rurales y alimentadores.

Con lo anterior y colaborando como parte de la Dirección General de Carreteras en su modalidad de Residencia General Carreteras Federales, del Centro SCT Morelos, tiene en estudio el Libramiento de Cuernavaca (Paso Exprés Tlahuica).



JUSTIFICACIÓN.

El Gobierno de la Republica preocupada por la modernización de sus ejes troncales, los accesos principales a la Ciudad de México, destinos turísticos y seguridad vial en las carreteras, se ha enfocado en la modernización del Libramiento Paso Exprés de Cuernavaca, mismo que forma parte del corredor troncal Acapulco- Veracruz.

En 1955 ETAPA I: el libramiento contaba con 2 carriles (1 por sentido) y 40 m de derecho de vía.

Posteriormente en 1981, se genera la primera ampliación a cuatro carriles por sentido, siendo una ampliación izquierda.

Ya en el 2015, y de acuerdo con los incrementos de aforo, se decide realizar una ampliación a 10 carriles, cinco por sentido,

En ese contexto con la Construcción del Paso Exprés Tlahuica, este documento se enfoca principalmente en las características geométricas aplicadas a una vía principal en condiciones de operación y en una zona urbana.

El análisis se efectuara en las características, geométricas, físicas actuales de la superficie de rodamiento de concreto hidráulico, así como de las dimensiones de los carriles laterales y confinados, además de ser una vía de mayor velocidad de operación que ayuda a impulsar el crecimiento de las actividades comerciales, turísticas y económicas entre los municipios ubicados en ésta zona y el principal destino turístico de la Ciudad de México, Acapulco, Guerrero.

Con la construcción de un Libramiento en zona urbana como los es el municipio de Cuernavaca, Morelos el cual debe cumplir con los lineamientos establecidos en los Manuales, Normas Técnicas y Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria de Comunicaciones y

Transportes, de los cuales se abordarán distintos temas en cuestión de alineamiento horizontal y vertical.



Figura 1 Ejes troncales, transversales y longitudinales.

Problemática identificada previo a la construcción del Libramiento

- Las bajas velocidades y los elevados tiempos de recorrido que experimentan los usuarios a su paso por el actual libramiento.
- El paso por la ciudad de Cuernavaca presenta congestionamientos frecuentes que involucran tanto al tránsito local como al de largo itinerario, situación que se agrava los fines de semana y períodos vacacionales.
- Cabe señalar que el actual libramiento en operación ya ha sido absorbido por el crecimiento de la mancha urbana, adquiriendo con ello un carácter de operación de vía urbana, perdiendo su atributo de vía de acceso controlado para el tránsito de largo

recorrido, pues actualmente cuenta con múltiples accesos y salidas que hacen que su velocidad se vea reducida de manera significativa.

Condiciones del libramiento previo a su modernización.

El libramiento tenía una sección de 21.0 m a una sección de 36.0 m de ancho, que alojará 10 carriles, comprendiendo 4 carriles de 3.5 m para tránsito de largo itinerario, así como 6 carriles laterales de 3.2 m para tránsito local.

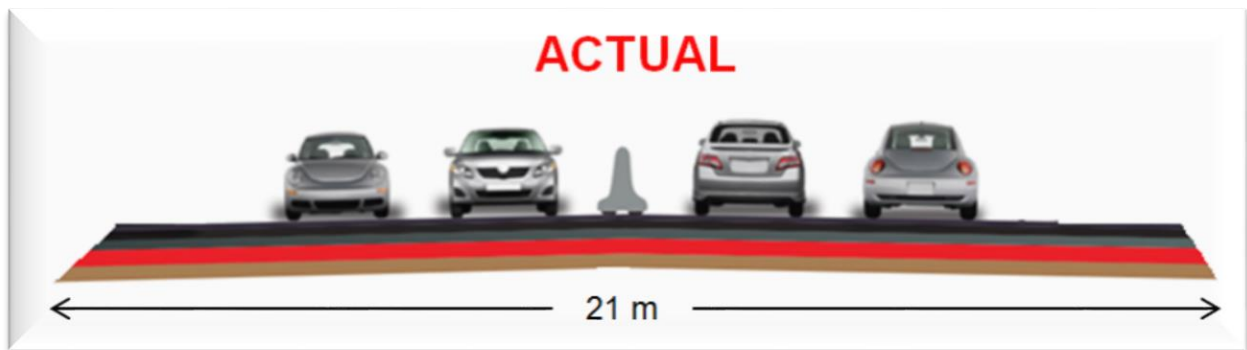


Figura 2 Sección previa a la ampliación.

Alternativas Evaluadas por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes

- 1) Construcción de una nueva vía denominada Libramiento Norponiente, tipo A4, de 46.8 km de longitud. Para esta solución se estimó un costo de 6,000 MDP, sin embargo su implementación es compleja en el corto – mediano plazo, principalmente por problemas en la liberación de derecho de vía.
- 2) Viaducto elevado sobre el derecho de vía actual, con longitud d 25 km y un costo estimado de **12,000 MDP**, misma que por el momento se descartó debido al alto nivel de inversión.



- 3) Ampliación de la sección del Libramiento, en esta opción se analizaron diversas alternativas concluyendo que confinar cuatro carriles centrales y ampliar el número de carriles laterales es la opción más conveniente en términos de costo-beneficio, puesto que se beneficiara tanto a los usuarios de largo itinerario como a los de tránsito local. Adicionalmente deja abierta la posibilidad de que de ser necesario se construya en un futuro un Viaducto Elevado, (opción No. 2). Para esta opción se estimó un costo de **1,400 MDP**.

Optando la SCT por la tercera opción, la cual se consideró como factible para su construcción, pasando por las siguientes etapas.

Planeación: Enfocados en el Programa Nacional de Infraestructura, que a su vez se desprende del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes y este del Plan Nacional de Desarrollo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su rubro de infraestructura carretera, se enfocan en la planeación estratégica para el desarrollo de ampliación, modernización y construcción de carreteras.

Proyecto: La SCT por conducto de la Dirección General de Carreteras, identifican las carreteras que requieren alguna modificación para tener mejor conectividad entre las ciudades, caracterizándola según su tipo, se identifican las intersecciones a nivel y a desnivel que conforman la carretera o vialidad urbana para tener la referencia exacta y así determinar las distancias correspondientes a cada destino, y esto se plasma en un proyecto geométrico, en los que incluye velocidades de proyecto por tramos, características de los vehículos, diseño de estructuras PIV, PSV, Puentes, Túneles, intersecciones, entre otros.

Construcción. La SCT a través de la Dirección General de Servicios Técnicos dependiente de esa Secretaría, misma que pone a disposición las Normas de Construcción para cualquier



participante en el proceso de construcción, estas normas son un conjunto de criterios, métodos y procedimientos para la correcta ejecución de los trabajos y tiene como objetivos:

- La uniformidad de estilo y calidad en las obras públicas y en los servicios relacionados con ellas, para la infraestructura del transporte, estableciendo los criterios, encaminadas para asegurar la calidad de los trabajos a ejecutar.
- Las normas proponen valores específicos para el diseño; las características y la calidad, de los materiales y de los equipos de instalación permanente, así como la tolerancia en los acabados; los métodos generales de ejecución, medición y base de pago de los diversos conceptos de obra y, en general todos aquellos aspectos que se puedan convertir en especificaciones al incluirse en el proyecto o en los términos de referencia para la ejecución de la obra pública y los servicios relacionados con la infraestructura del transporte.

En esta etapa, se debe verificar que todas las normas se ejecuten correctamente conforme a lo indicado en el proyecto y el proceso constructivo.

Es importante destacar que las normas abarcan todo tipo de carreteras, desde las brechas hasta las autopistas, así como todas las obras necesarias para su operación.

Operación. Esta es la etapa es cuando la carretera se abre al tránsito, después de la etapa de construcción, en la cual ya se tiene todo el señalamiento tanto horizontal como vertical colocado para que el usuario al utilizar la vía y el correcto señalamiento guíen al usuario para que llegue a su destino, respetando el señalamiento dispuesto en la vía de comunicación.



FUNDAMENTACION TEÓRICA.

Uno de los componentes fundamentales para generar infraestructura de calidad, es el de desarrollar proyectos integrales, capaces de generar una armonía entre seguridad vial, calidad en la elección de los materiales y la ejecución correcta del proyecto. Para que un proyecto carretero sea aprovechado en todo su potencial, es necesario aplicar la normativa vigente en tema de carreteras, mismo que estipula SCT.

Con base en esta visión, el libro de Proyecto Geométrico de Carreteras, de la SCT, establece las líneas de trabajo y reglas a cumplir, así como los establecidos en las Normas de Servicios Técnicos “Proyecto Geométrico 2.01.01” y las Normas Oficiales Mexicanas de la propia Secretaría.

Al aplicar las normas de la SCT para proyectar una ampliación, modernizar o un camino nuevo, lograremos calidad en la construcción, capaz de logrando infraestructura de calidad, generando empleos y conectando a la población de todo el país, y disminuyendo las demoras.

Asimismo, fomentaremos la competencia y el desarrollo para que la población acceda a servicios de mayor calidad en parte del corredor troncal Acapulco – Veracruz.

Con infraestructura, aprovecharemos a Cuernavaca por su ubicación geográfica para generar riqueza y desarrollo en todo el estado de Morelos. El fortalecimiento de infraestructura fomentará que los polos de desarrollo se extiendan a lo largo y ancho del país, integrando a entidades que hoy cuentan con menor desarrollo económico, en especial la región Sur-Sureste. Fortaleciendo la infraestructura alentaremos más inversiones nacionales y extranjeras.

El desarrollo económico y social del estado de Morelos, requiere que en la ejecución del proyecto del Libramiento de Cuernavaca armonice la seguridad vial, la comodidad en el



traslado de personas y servicios por esta vía principal, sea de manera eficiente y que coadyuve en la interrelación comercial, turística y de servicios de los operadores de la vía.

En el proyecto de construcción del Libramiento, que consta de cuatro carriles confinados, de 3.50 m de ancho (dos carriles en sentido hacia Ciudad de México y dos dirección Acapulco, Guerrero), así como de 6 carriles laterales de 3.20 m de ancho (tres carriles en sentido hacia Ciudad de México y tres dirección Acapulco, Guerrero), para alojar diez carriles de circulación, mediante trabajos de terracerías, obras de drenaje, estructuras, pavimento de concreto hidráulico, obras complementarias y de señalamiento.



Figura 3 Sección de Operación Paso Exprés de Cuernavaca.

Derecho de Vía.

Se define como la superficie de terreno cuyas dimensiones fija la SCT, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, proyección, y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.



Figura 4 Cercado del derecho de vía en Libramiento de Hermosillo, SCT.



El proyecto geométrico tiene el objetivo de diseñar geoméricamente las características de una vía de comunicación, en complementos con las normas, manuales y recomendaciones establecidos por la SCT, este diseño será de acuerdo con las características de los vehículos.

Alineamiento horizontal.

Es la proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal; los elementos que lo integran son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición, en las cuales van implícitas elementos como ampliación de la curva que es el incremento al ancho de la corona y de la calzada, en el lado interior de la curva, otro de los elementos es el bombeo, que se defina como la pendiente transversal descendente de la corona o de la subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal. Otro de los elementos que integran este alineamiento es la calzada, misma que es la zona que se destina al para la circulación vehículos.

Para este alineamiento en el aspecto de drenaje, podemos encontrar las cunetas, bordillos y contracunetas, el primero, se define como un canal que se ubica en los cortes, en uno o ambos lados de la corona, contiguo a la línea de los hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud, el segundo, es el elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén, y el tercero, es el canal que se ubica arriba de la línea de ceros de cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

En la figura siguiente se muestra una sección típica de una carretera.

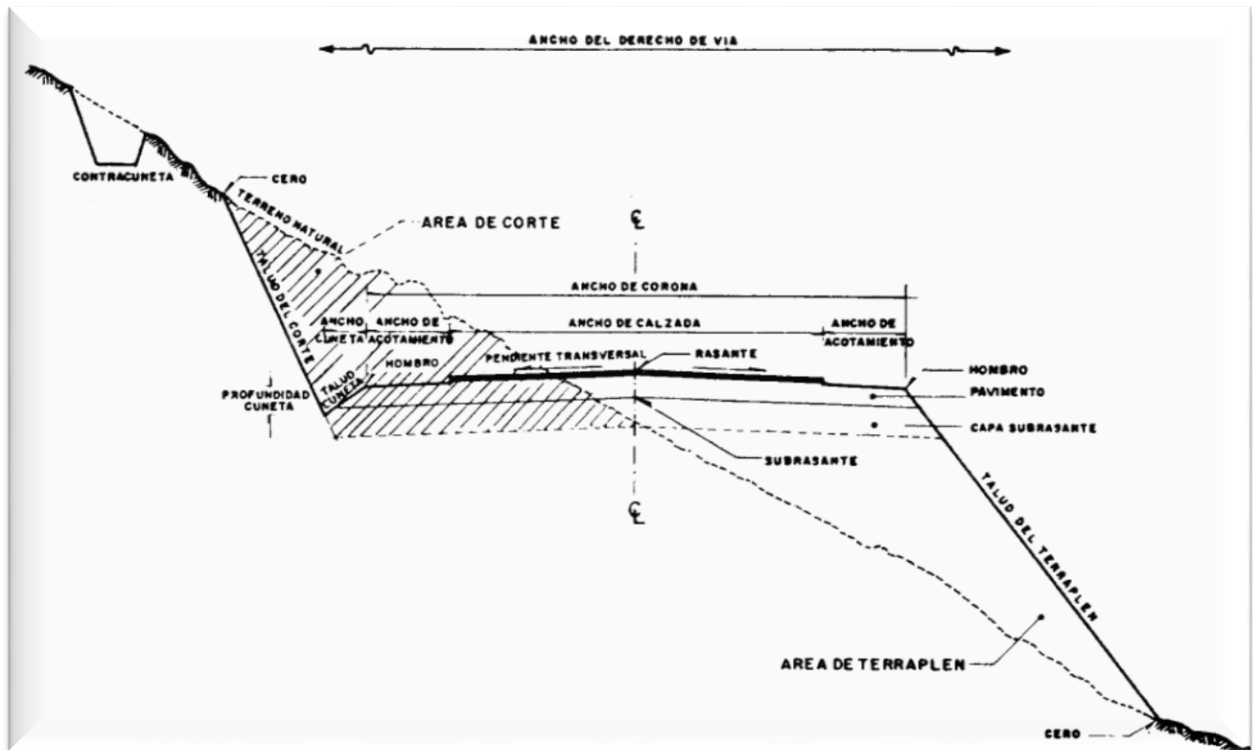


Figura 5 Sección transversal típica en una tangente de alineamiento horizontal de una carretera.

Curva circular horizontal

Es un arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas.

Curvas circulares.

Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que las caracterizan son:

- a) *Grado de curvatura máximo:* 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.
- *Longitud mínima:* La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de estas transiciones.



PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes	\emptyset	Angulo a una cuerda cualquiera
PC	Punto donde comienza la curva circular simple	\emptyset_c	Angulo de la cuerda larga
PT	Punto en donde termina la curva circular simple	Gc	Grado de curvatura de la curva circular
PST	Punto sobra tangente	Rc	Radio de la curva circular
PSST	Punto sobra subtangente	ST	Subtangente
PSC	Punto sobra la curva circular	E	Externa
O	Centro de la curva circular	M	Ordenada media
A	Angulo de deflexión de la tangente	C	Cuerda
Ac	Angulo central de la curva circular	CL	Cuerda larga
θ	Angulo de deflexión a un PSC	t	Longitud de un arco
		Lc	Longitud de la curva circular

Fórmulas para el cálculo de una curva horizontal simple.

$$R_{min} = 0.0282(Vp)^2$$

$$G_{max} = \frac{1145.92}{R_{min}}$$

$$G_{limite} = 0.4 G_{max}$$

$$G_c$$

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

$$S_T = R_c \tan \frac{\Delta}{2}$$

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

Kilometrajes

$$KM_{PC} = KM_{PI} - S_T$$

$$KM_{PT} = KM_{PC} + L_c$$

Ampliación

Los valores de **Le**, **Sc**, **Ac** y **Sn** son obtenidos de las Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico de Carreteras en la página 39.

$$N = \frac{(S_n \times L_e)}{S_c}$$



$$TT1 = PC - \frac{Le}{2}$$

$$NI = TT1 - N$$

$$N2 = TT1 + N$$

$$PSM1 = TT1 + Le$$

$$PSM2 = TT2 - Le$$

$$TT2 = PT - \frac{Le}{2}$$

$$N3 = TT2 - N$$

Las curvas circulares están Grado de curvatura y por su longitud, el primero se define como el valor máximo de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, están dadas por la expresión:

$$G_{\text{máx}} = 146000 \frac{(\mu + S_{\text{máx}})}{V^2}$$

En donde:

$G_{\text{máx}}$ = Grado máximo de curvatura.

μ = coeficiente de fricción lateral.

$S_{\text{máx}}$ = Sobrelevación máxima de la curva, en m/m.

Curvas con espirales de transición

Las transiciones se utilizan para unir las tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta con una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la entrada.

Se sabrá identificar si en el proyecto se tienen curvas con espirales o curvas simples si se tiene la siguiente relación.

$$S \text{ (Sobreelevación)} \begin{cases} < 7\% \leq & \text{Curva con espirales} \\ > 7\% > & \text{Curva simple} \end{cases}$$

V = Velocidad de proyecto,



Para efectuar las transiciones se empleará la Clotoide o Espiral de Euler, cuya expresión es:

$$RcLe = k^2$$

En donde:

Rc= Radio de la curva circular, en metros.

Le= Longitud de la espiral de transición en metros.

k^2 = Parámetro de la espiral, en metros cuadrados.

Los elementos que con forman una curva circular con espirales, se aprecia en la siguiente figura.

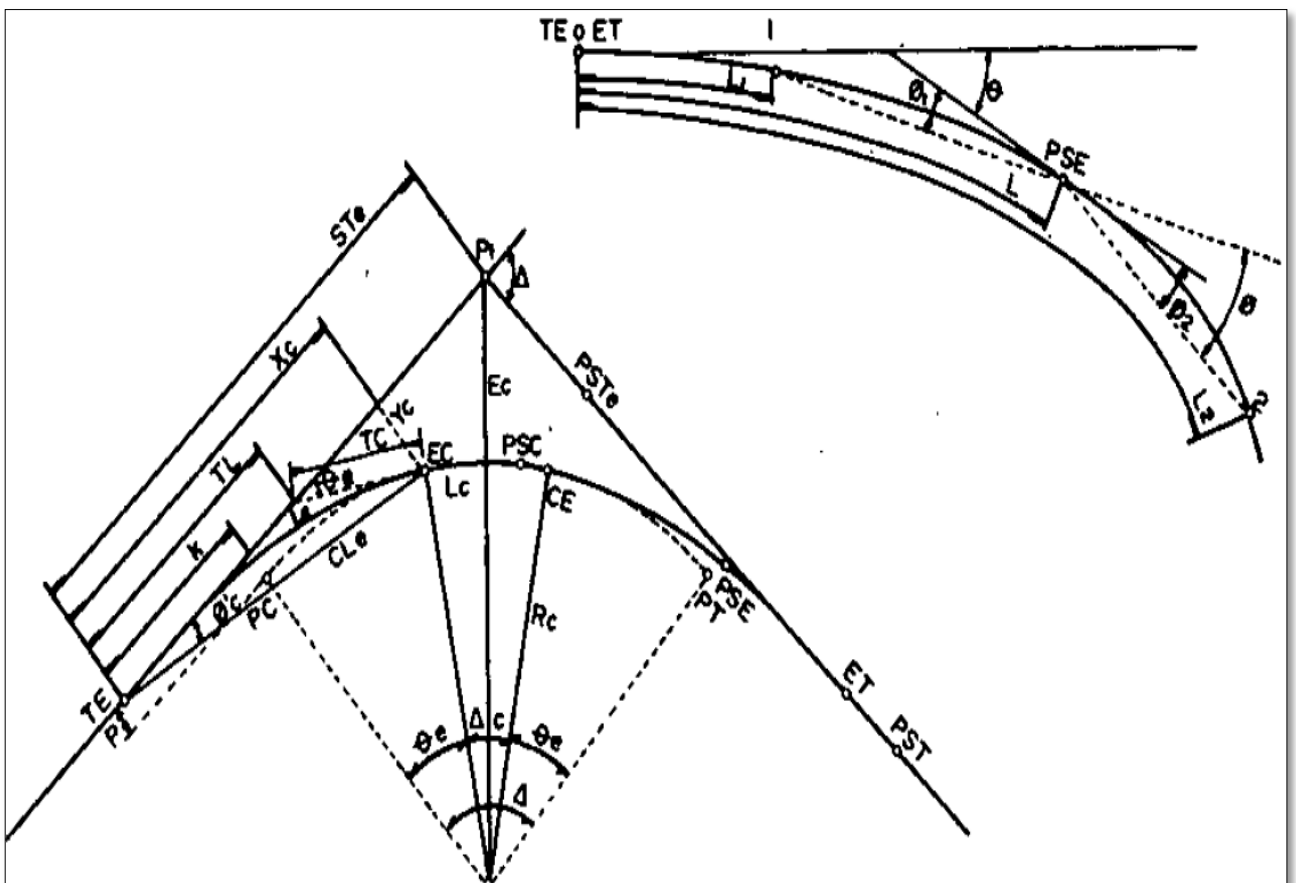


Figura 7 Elementos de una curva circular con espirales.



En donde:

PI	Punto de intersección de las tangentes	
TE	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral	
EC	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular	
CE	Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral	
ET	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente	
PSC	Punto cualquiera sobre la curva circular	
PSE	Punto cualquiera sobre la espiral	
PST	Punto cualquiera sobre las tangentes	
PSTe	Punto cualquiera sobre las subtangentes	
Δ	Angulo de deflexión de las tangentes	
Δ_c	Angulo central de la curva circular	$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$
θ_e	Deflexión de la espiral en el EC o CE	$\theta_e = GcLe/40$
θ	Deflexión de la espiral en un PSE	$\theta = (L/Le)^2 \theta_e$
θ'_c	Angulo de la cuerda larga	$\theta'_c = \theta_e/3$
θ_1	Angulo entre la tang. a un PSE y una cuerda atrás	$\theta_1 = (L-L)(2L+L)\theta_e/(3Le^2)$
θ_2	Angulo entre la tang. a un PSE y una cuerda adelante	$\theta_2 = (L_2-L)(2L+L_2)\theta_e/(3Le^2)$
θ	Angulo entre dos cuerdas de la espiral	$\theta = (L_2-L_1)(L+L_1+L_2)\theta_e/(3Le^2)$
X_c	Coordenadas del EC o del CE	$X_c = (Le/100)(100 - 0.00305\theta_e^2)$
Y_c		$Y_c = (Le/100)(0.582\theta_e - 0.0000126\theta_e^3)$
k	Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)	$k = X_c - Rc \text{ sen } \theta_e$
p		$p = Y_c - Rc \text{ sen } \text{ver } \theta_e$
STe	Subtangente	$STe = k + (Rc + p) \text{ tang } (\Delta/2)$
TL	Tangente larga	$TL = X_c - Y_c \text{ cot } \theta_e$
TC	Tangente corta	$TC = Y_c \text{ esc } \theta_e$
CLe	Cuerda larga de la espiral	$CLe = (X_c^2 + Y_c^2)^{1/2}$
Ec	Externa	$Ec = (Rc + p) \text{ sec } (\Delta/2) - Rc$
Rc	Radio de la curva circular	$Rc = 1145.92 / Gc$
L	Longitud de la espiral a un PSE	
Le	Longitud de la espiral al EC o CE	$Le = 8VS(\text{minima})$
Lc	Longitud de la curva circular	$Lc = 20\Delta_c/Gc$
LT	Longitud total de la curva circular con espirales	$LT = L_e + 20\Delta/Gc$



Velocidad de Proyecto km/hr	Coefficiente de Fricción	Sobreelevación Máxima m/m	Grado Máximo de Curvatura Calculando grados	Grado Máximo 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 1 Grado máximo de curvatura.

El ancho en tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor está dado por la expresión:

$$A = \frac{L}{L_e} A_c$$

En donde:

A= Ampliación del ancho de calzada en un punto de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

L= Distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación se desea determinar, en metros.

L_e= Longitud de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

A_c= ampliación total del ancho de calzada correspondiente a la curva circular, en metros.

Acotamientos: el ancho de los acotamientos está en función de tipo de carretera que se va a proyectar y el tipo de terreno, de acuerdo a la tabla siguiente.



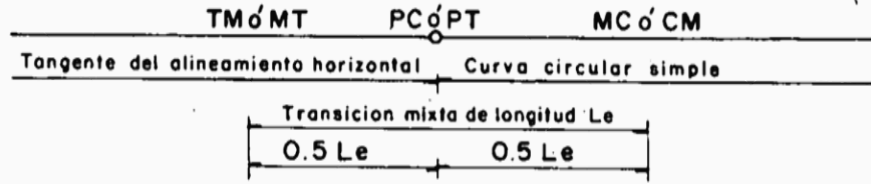
TIPO DE CARRETERA	ANCHOS DE					
	CORONA (m)	CALZADA (m)	ACOTAMIENTOS (m)		FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)	
E	4.00	4.00	-		-	
D	6.00	6.00	-		-	
C	7.00	6.00	0.50		-	
B	9.00	7.00	1.00		-	
A	(A2)	12.00	7.00	2.50		-
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT	1.00 mínimo
				3.00	0.50 *	
	(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo
* Deberá prolongarse la carpeta hasta la guarnición.						

Tabla 2 Anchos de Corona, Calzada, Acotamiento y Franja separadora central.



LOCALIZACION RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

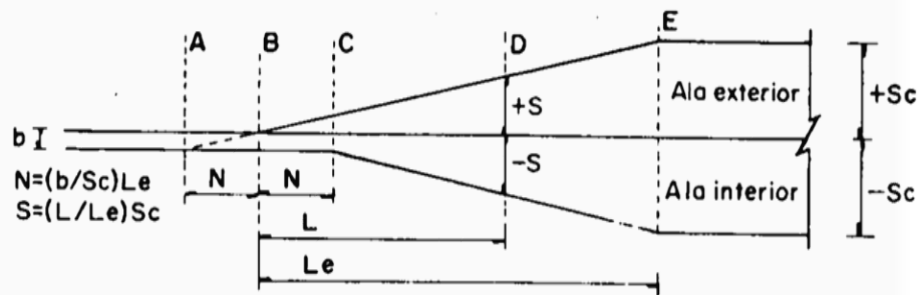
a) Transición mixta



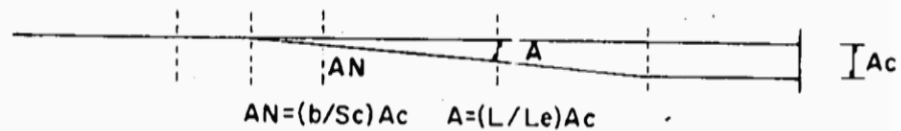
b) Espiral de transición



VARIACION DE LA SOBREELEVACION



VARIACION DE LA AMPLIACION



SECCIONES TRANSVERSALES

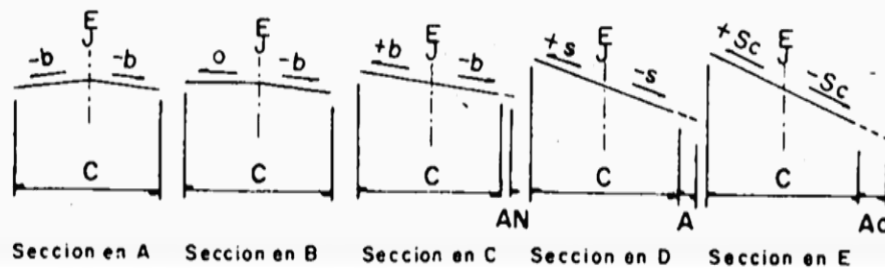


Figura 8 Desarrollo de la Sobreelevación y Ampliación.



Alineamiento vertical.

Es la proyección de desarrollo del eje de proyecto de una carretera en un plano vertical, compuesta de tangentes y curvas.

- **Tangentes.** Estarán definidas por su pendiente y su longitud, y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia media horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Pendiente Gobernadora. Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar el desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno.

Pendiente máxima. Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

Pendiente mínima. Se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

Longitud crítica. Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora, para los diferentes tipos de carreteras y de terreno.



Carretera Tipo	Pendiente Gobernadora (%)			Pendiente Máxima (%)		
	Tipo de Terreno			Tipo de Terreno		
	Plano	Lomerío	Montañoso	Plano	Lomerío	Montañoso
E	-	7	9		10	13
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	

Tabla 3 Valores máximos de pendiente gobernadora y de pendiente máxima.

Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de Las Normas de Servicios Técnicos para el Proyecto Geométrico de Carreteras en la página 24.

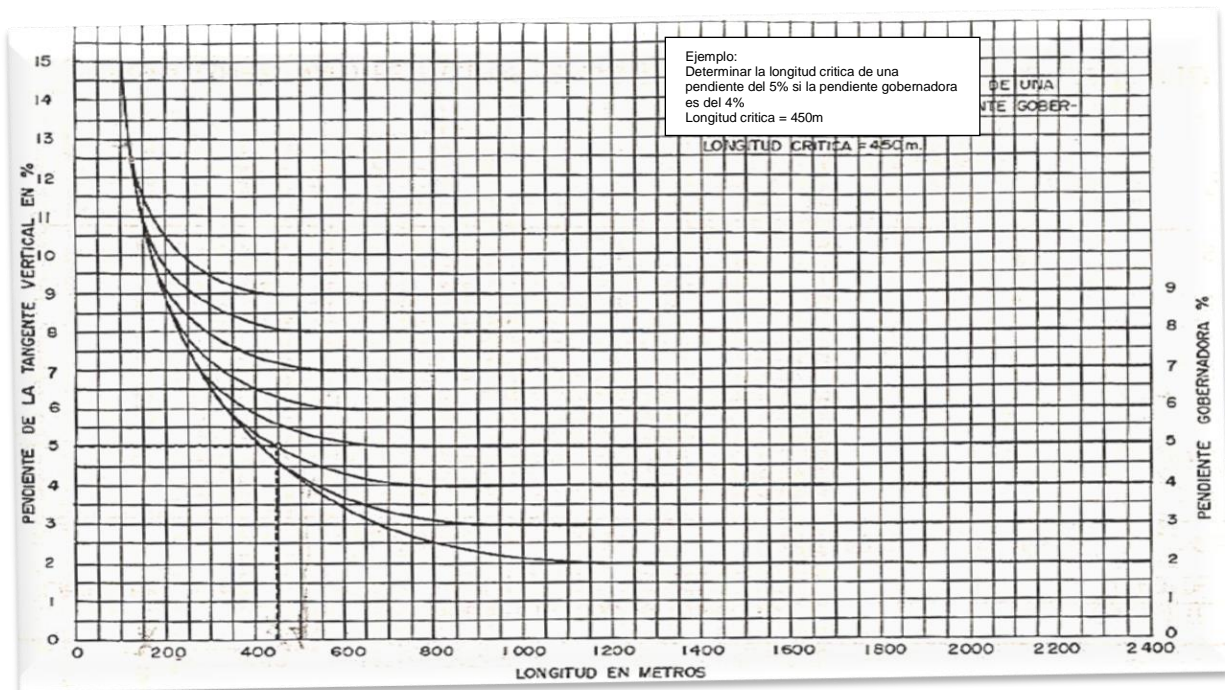


Tabla 4 Longitud crítica de tangentes verticales con pendientes mayores a la gobernadora.



Subrasante

La subrasante es la proyección sobre el plano vertical del desarrollo del eje de subcorona.

Para el trazo de la subrasante se deben considerar aspectos muy importantes como son:

- Condiciones topográficas.
- Condiciones geotécnicas.
- Elevaciones mínimas requeridas para dar cabida a las estructuras.
- Costo de terracerías

En las condiciones topográficas nos interesa conocer el tipo de terreno. De acuerdo con su configuración se tienen tres tipos: Plano, lomerío y montañoso.

Tipo de terreno	Pendiente transversal	Características
Plano	Escasa o nula	En perfil, acusa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud.
Lomerío	<25	Su perfil longitudinal presenta en sucesión, cimas y depresiones de cierta magnitud.
Montañoso	>25	Presenta accidentes topográficos notables y su perfil obliga a fuertes movimientos de tierra.

Tabla 5 Tipos de terreno de acuerdo con su configuración y sus características principales.

Subrasante económica

La subrasante económica es aquella que ocasiona el menor costo de la obra, durante la construcción, operación y conservación del camino.

Subrasante mínima

Es la elevación mínima que puede tener la propuesta se refiere a puntos determinados del camino, a los que el estudio de la subrasante económica debe sujetarse y que son los que definen el proyecto de la subrasante económica.

Los elementos que fijan estas elevaciones mínimas son:

- Obras menores.



- Puentes
- Zonas de inundación
- Intersecciones

Para el cálculo de las obras de drenaje que serán colocadas en el proyecto es necesario hacer el cálculo correspondiente para saber el tipo de alcantarilla que se va a necesitar.

Pero antes es necesario conocer los principales conceptos de drenaje para poder entender el tema.

- **Curvas verticales.** son un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectuó el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida. Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

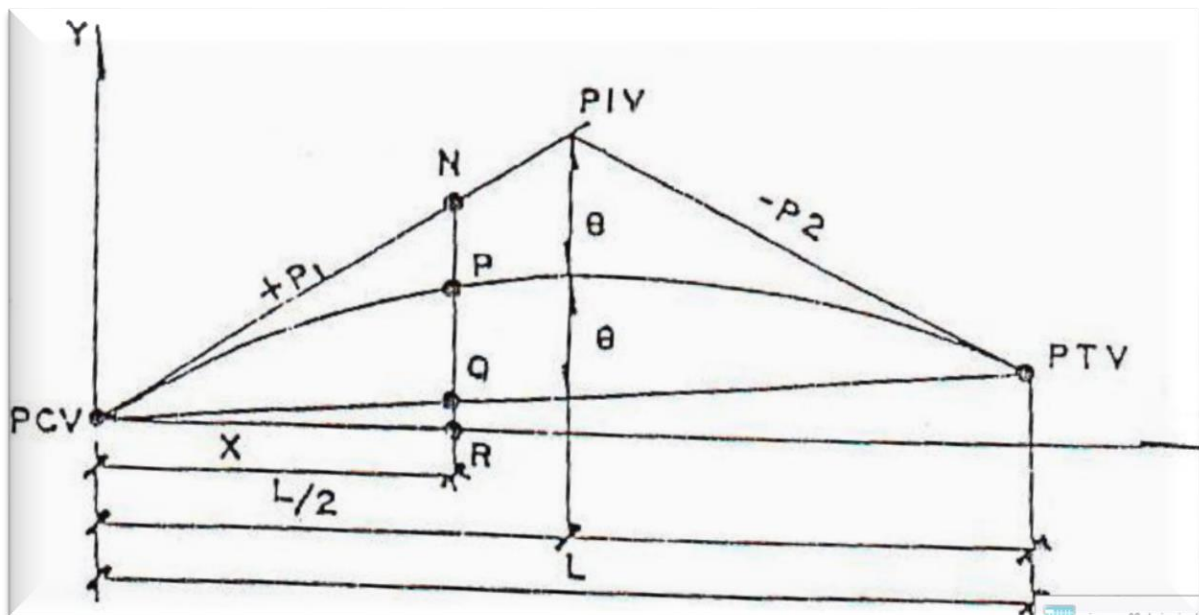


Figura 9 Elementos de las curvas verticales.



PCV : Punto de comienzo de la curva vertical.
PTV : Punto de terminación de la curva vertical.
PIV : Punto de intersección vertical de las tangentes.
 P_1, P_2 : pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente.
L : Longitud total de la curva vertical:
Y : Ordenada del punto P de la curva vertical:

V : Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente, a un punto P de la curva ($V = NP$).
 \emptyset : Ordenada vertical desde el vértice a la curva.
X : Distancia del PCV a un punto P de la curva.

Existen dos tipos de curvas verticales que son:

Curva vertical en columpio: Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.

Curva vertical en cresta: Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.

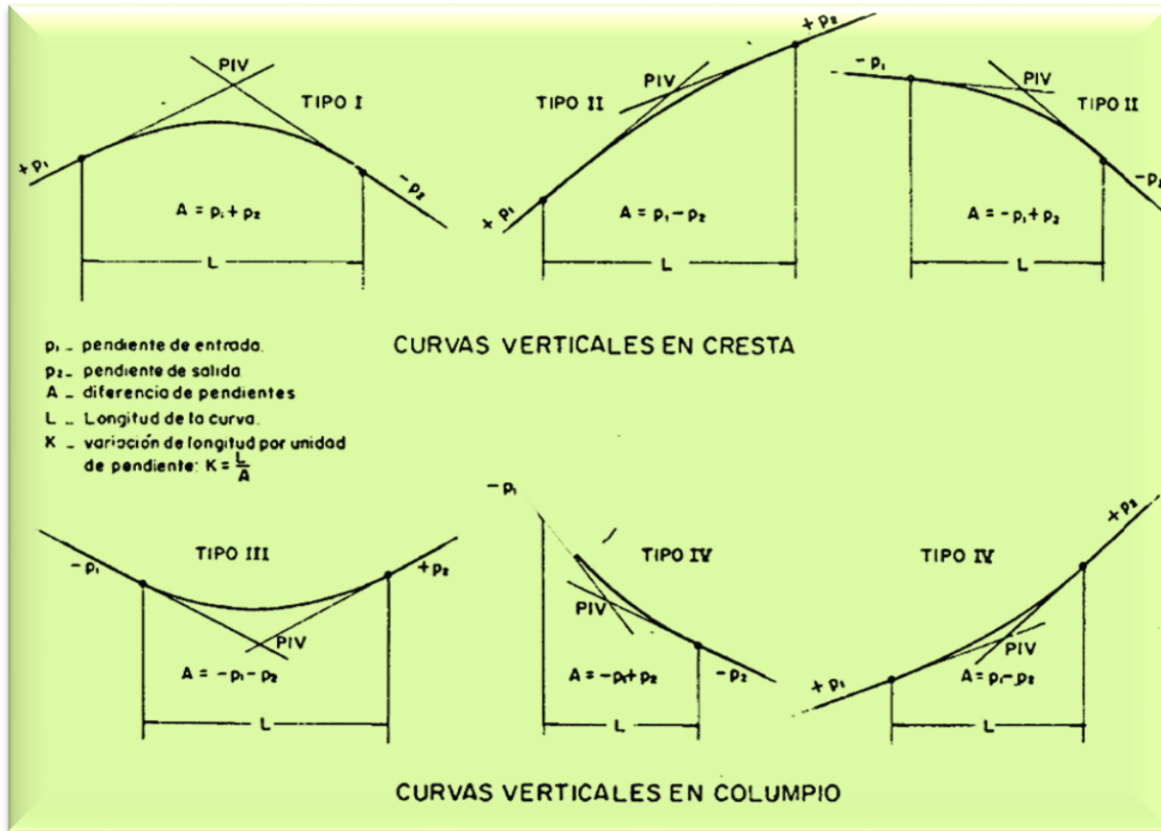


Figura 10 Tipos de curva vertical, en cresta y columpio.

Fórmulas para el cálculo de la curva vertical

El valor k se obtiene de la tabla de la página 26 de las normas de servicios técnicos para el proyecto geométrico de carreteras.



VELOCIDAD DE PROYECTO	VALORES DEL PARAMETRO K			LONGITUD MINIMA ACEPTABLE
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERA TIPO		CARRETERA TIPO	
	E	D, C, B, A	E, D, C, B, A	
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 6 Valores mínimos del parámetro k de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

$$A = P_1 - P_2 = \text{Valor absoluto}$$

$$LCV = K \times A$$

Kilometrajes

$$Km\ PCV = Km\ PIV - \frac{1}{2} LCV$$

$$Km\ PTV = Km\ PIV + \frac{1}{2} LCV$$

Elevaciones

$$Elev\ PCV = Elev\ PIV + \frac{1}{2} LCV P_1$$

$$Elev\ PTV = Elev\ PIV + \frac{1}{2} LCV P_2$$



OBJETIVOS.

General:

- Realizar una revisión de las condiciones geométricas del Libramiento de Cuernavaca (Paso Expres Tlahuica), Cuernavaca, Morelos.

Particulares:

- Revisar el alineamiento horizontal.
- Revisar el alineamiento vertical.



HIPOTESIS.

El diseño geométrico utilizado en el Libramiento de Cuernavaca (Paso Exprés Tlahuica), se realizaron conforme a la normatividad.

Cumple con los requisitos generales y técnicos establecidos en las Normas de Servicios Técnicos de las SCT.



METODOLOGIA.

El Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, en los términos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, cuenta con un enfoque integral, transversal y social.

El desarrollo de infraestructura, es la forma más tangible y concreta de transformar una Nación, gran parte de la competitividad, del crecimiento económico y del bienestar social de los países está determinado por contar con instalaciones de vanguardia, en aeropuertos, carreteras, puertos, telecomunicaciones, trenes, equipamiento urbano y desarrollos turísticos, entre otras.

El Programa Nacional de Infraestructura (PNI), en materia de infraestructura carretera incluye obras de modernización y construcción de accesos urbanos, caminos interurbanos, suburbanos, libramientos y ampliaciones de vías, cuya capacidad ha sido rebasada por el tránsito del Estado de Morelos.

En PNI, establece que la infraestructura carretera debe satisfacer los requerimientos planteados por el crecimiento económico y social, en los ámbitos local y regional, en este sentido el Libramiento Paso Exprés está ubicado a 85 km. al sur de la Cd. de México y 290 km. al norte de Acapulco, mismo que consistió en la ampliación a 10 carriles de circulación, en un tramo de 14.5 km. Dicho proyecto comprende 4 carriles confinados de 3.50 m. para tránsito de largo itinerario, así como 6 carriles laterales de 3.20 m. para tránsito local.



Figura 11 Localización del Libramiento.

El libramiento cuenta con cinco entronques conocidos como: Paloma, Vicente Guerrero, Diana, Plan de Ayala y Ruíz Cortines; además cuenta con un puente (Río Amatitlán), adicional a esto cuenta con 10 pasos inferiores peatonales, 3 pasos inferiores vehiculares y 3 pasos superiores vehiculares.



Figura 12 Ubicación de los entronques en Libramiento Paso Expres.

El Municipio de Cuernavaca, debido a la demanda actual y futura del crecimiento del parque vehicular en esta ciudad y teniendo en cuenta de que es un paso obligado del para el turismo, tanto del que llega a Cuernavaca, como el que paso a las playas de Acapulco, Guerrero y sabiendo que el Transito Promedio Diario Anual de 104,000 vehículos, es necesario la modernización del Libramiento Cuernavaca vía principal.

La solución para el congestionamiento que se hacía en el paso por Cuernavaca dio pie para la ampliación del Libramiento de Cuernavaca, mismo que ayuda de manera significativa al problema.



Figura 13 Comparativa del Libramiento Paso Expres.

Las características geométricas con las que se diseñó el Libramiento son las siguientes.

LONGITUD DEL TRAMO	14.64 KM
TIPO DE CARRETERA:	A-10
VELOCIDAD DEL PROYECTO:	90 KM/H
VELOCIDAD DE PROYECTO CALLES LATERALES:	60 KM/H
GRADO DE CURVATURA MÁXIMA:	2°75'00"
PAVIMENTO:	HIDRÁULICO.
ANCHO DE CORONA:	36.00 M.
ANCHO DE CALZADA:	33.20 M.
DERECHO DE VÍA:	40.00 M.

ESPESOR DE CARPETA HIDRÁULICA:	31 CM.
ESPESOR DE BASE ASFÁLTICA:	VARIABLE.
ESPESOR DE BASE HIDRÁULICA:	20 CM.
ESPESOR DE SUBRASANTE:	30 CM.
ESPESOR DE SUBYACENTE:	50 CM.

Tabla 7 Características geométricas del Libramiento.

Operatividad del Libramiento Paso Exprés



Figura 14 Funcionamiento del Paso Exprés.



Beneficios con la construcción del libramiento.

	PRODUCTIVO	Mejorará las condiciones y gastos de operación vehicular.
	EFICIENTE	Transitarán (TDPA) 104 mil vehículos.
	AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE	Disminución en la emisión de gases contaminantes al generarse un tránsito continuo.
	BENEFICIARÁ LA CONECTIVIDAD DE MORELOS	Formará parte del eje carretero Acapulco-Veracruz y promoverá vías de acceso a las zonas turísticas.
	14.5 KM DE RECORRIDO EN 15 MIN. EN LOS 4 CARRILES CONFINADOS	Ahorro de 40 min. de recorrido al eliminar cuellos de botella en la ruta.
	ATENDERÁ EL CONGESTIONAMIENTO VIAL	Separará el tránsito de largo itinerario con el tránsito local agilizando el flujo vehicular.
	INCREMENTARÁ LA SEGURIDAD	Mayor seguridad vial para los usuarios. Se circulará a una velocidad de 90km/hr. en los 4 carriles confinados.

Tabla 8 Beneficios Libramiento Cuernavaca.

El Paso Express vino a ser la solución a los congestionamientos viales que se presentaban al transitar en de la Ciudad de México hacia Acapulco, el mejorarla con 6 carriles adicionales a los existentes, con materiales de larga duración, su diseño con pavimento de concreto hidráulico de altas especificaciones evitara daños superficiales en el corto plazo, por lo que evitara congestionamientos por la conservación de la vía.

Desventajas

Al realizar los trabajos de ampliación en una zona altamente urbanizada provoca una mala contaminación visual, así como la instalación de obras inducidas como instalaciones eléctricas, de agua potable y alcantarillado sanitario, que pueden ser problemáticos durante la operación de la vía en caso de percance.

Análisis de las etapas de construcción.



Figura 15 Etapa 1, Construcción lado derecho.

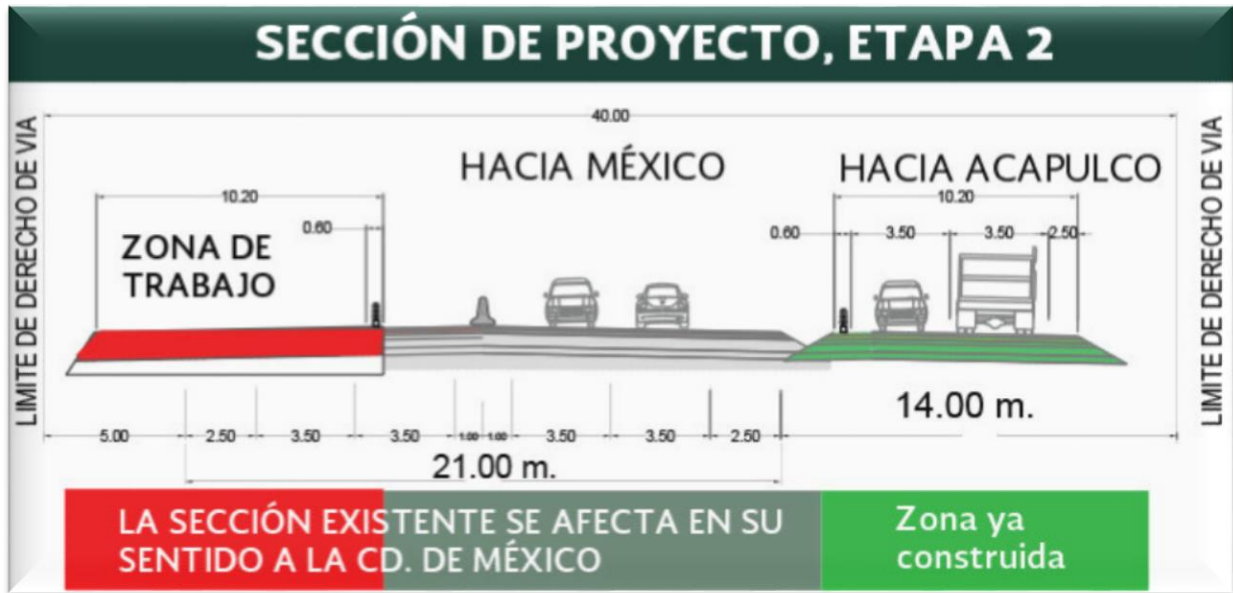


Figura 16 Etapa 2, Construcción lado izquierdo.

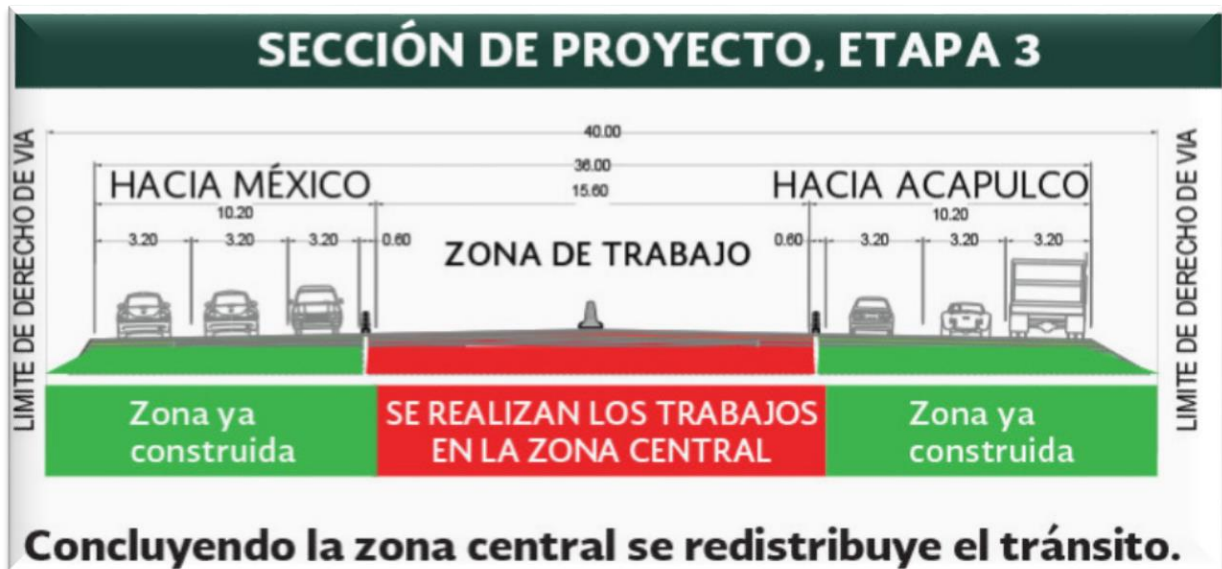


Figura 17 Etapa 3, Construcción zona central.

Proceso de construcción.



Figura 18 Proceso constructivo lado derecho.



Figura 19 Proceso constructivo de pavimentos.



Figura 20 Tendido de pavimento hidráulico.



Figura 21 Limpieza posterior a los trabajos, lado derecho.

Reporte fotográfico.

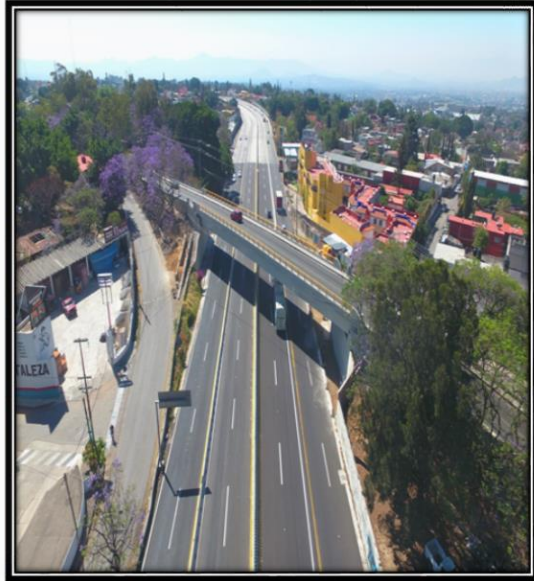
Imágenes comparativas de las actividades en libramiento Paso Exprés.



PASO EXPRÉS km. 80+280

ANTES

ACTUAL



PASO EXPRÉS km. 81+300

ANTES

ACTUAL

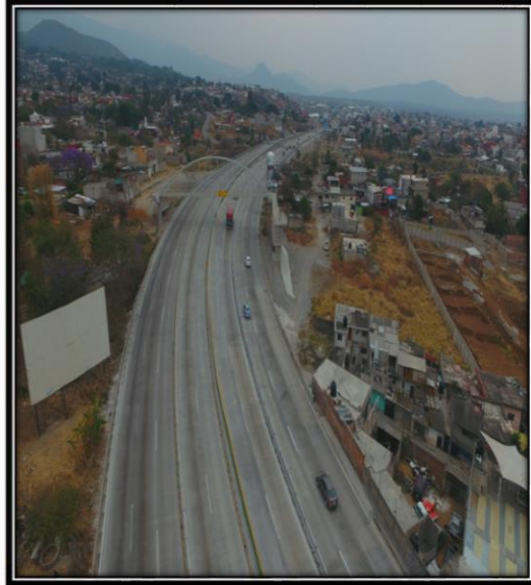


PASO EXPRÉS km. 82+600

ANTES



ACTUAL

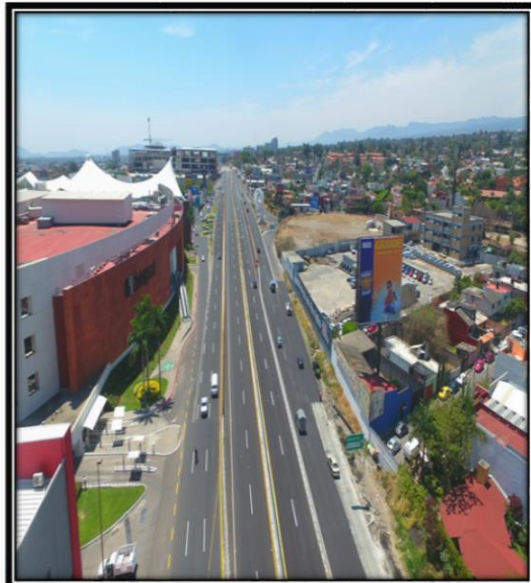


PASO EXPRÉS km. 87+800

ANTES



ACTUAL

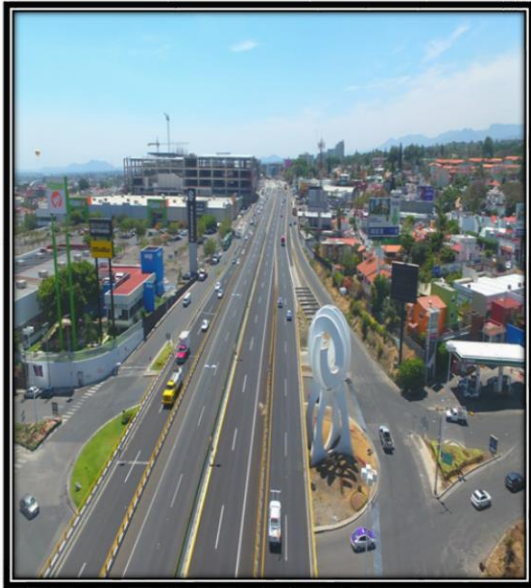


PASO EXPRÉS km. 88+000

ANTES



ACTUAL

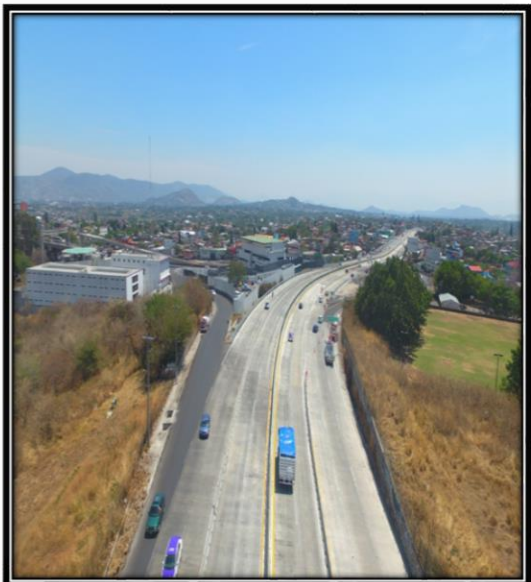


PASO EXPRÉS km. 90+000

ANTES



ACTUAL



PASO EXPRÉS km. 90+100

ANTES

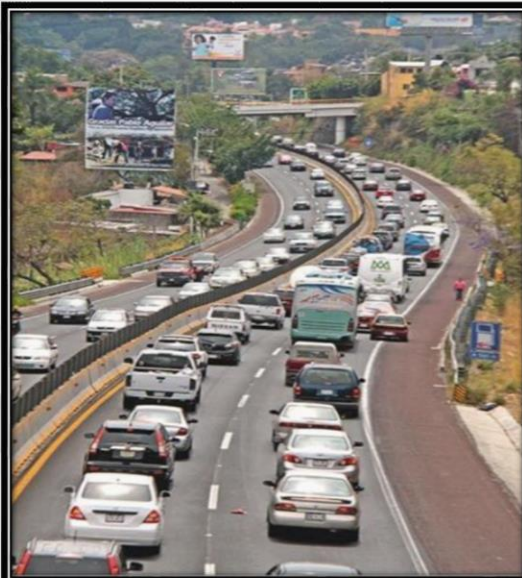


ACTUAL

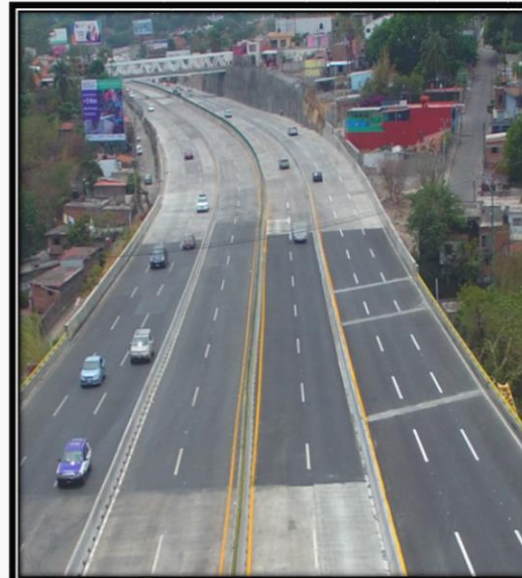


PASO EXPRÉS km. 91+820

ANTES



ACTUAL

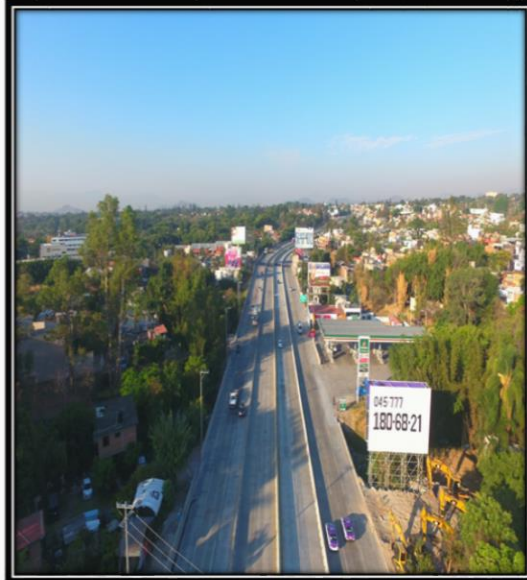


PASO EXPRÉS km. 92+400

ANTES

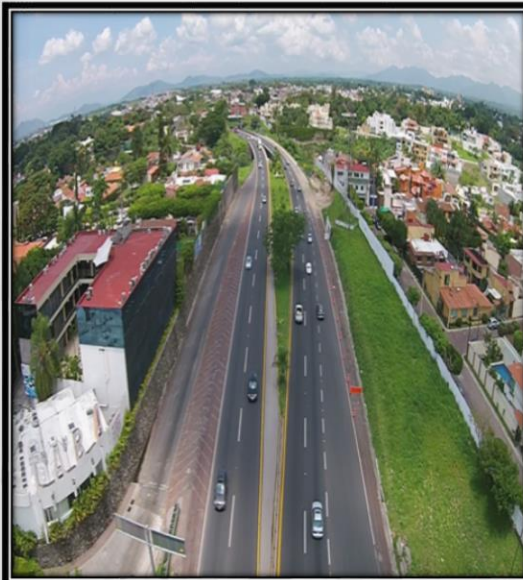


ACTUAL

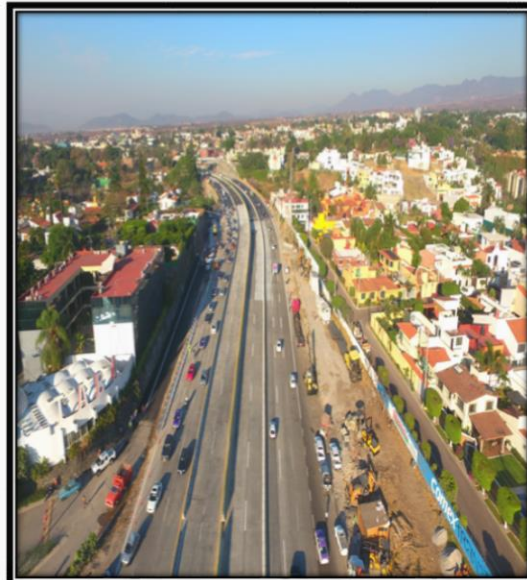


PASO EXPRÉS km. 93+100

ANTES

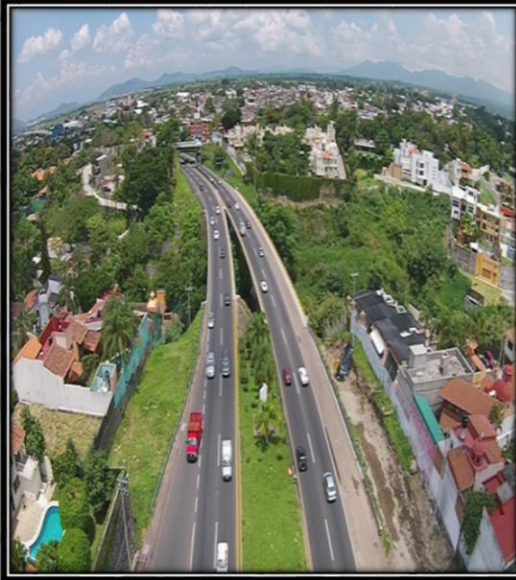


ACTUAL

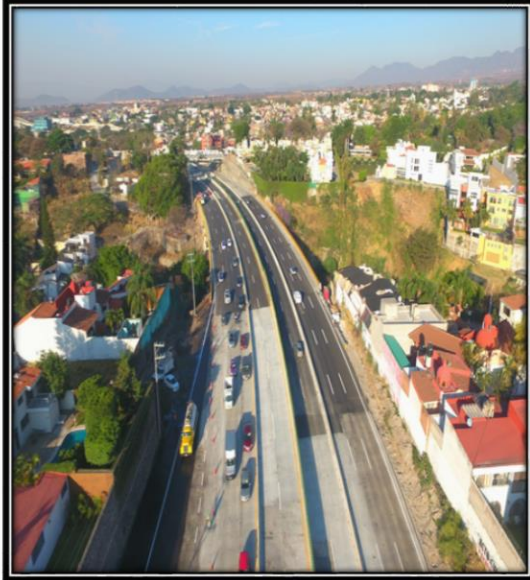


PASO EXPRÉS km. 93+400

ANTES

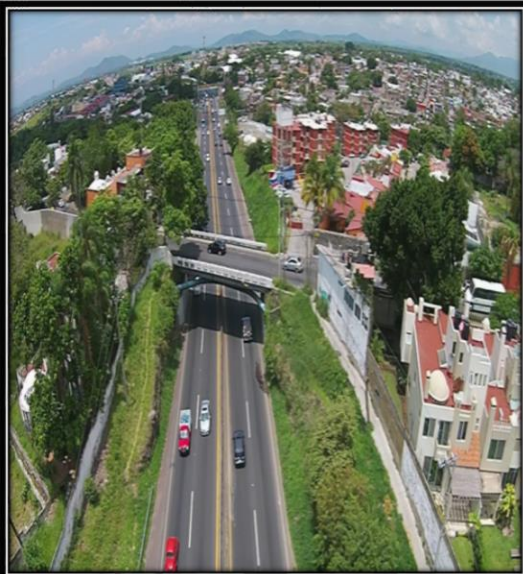


ACTUAL

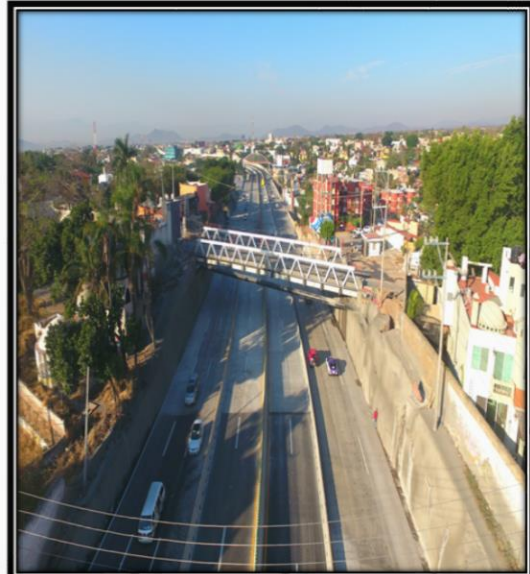


PASO EXPRÉS km. 93+570

ANTES



ACTUAL

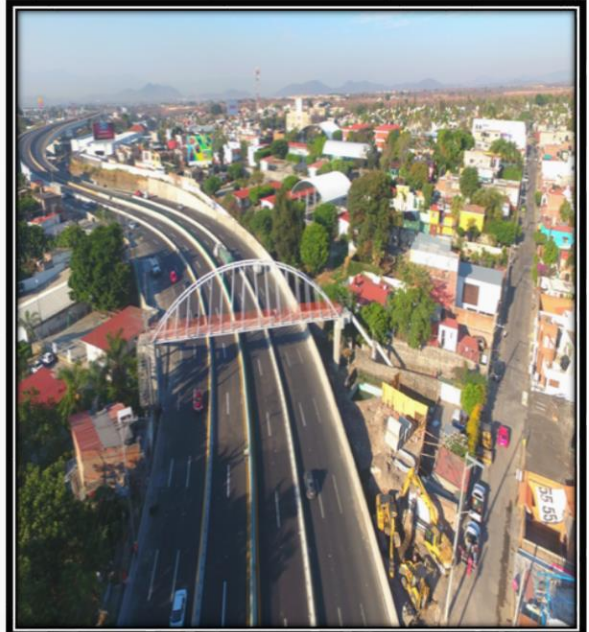


PASO EXPRÉS km. 93+900

ANTES



ACTUAL





RESULTADOS

Es importante determinar que a pesar de los beneficios que brindó el Libramiento de Cuernavaca, se debe tomar en cuenta las siguientes directrices que ayudaran a mejorar obras similares:

1) Como se observa en la sección tipo definitiva (figura 17) se requiere definir desde el proyecto las siguientes mejoras:

a) Las **velocidades de proyecto** para carreteras con más de 4 carriles se deben diseñar con la velocidad máxima permitida por la normatividad vigente (110 km/h), ya que al tener más de 2 carriles por sentido, el usuario tiende a incrementar su velocidad a pesar de los dispositivos de señalamiento que limiten la misma.

b) El **diseño de la sección tipo**, debe considerar construir la carretera en cuerpos separados de manera obligatoria para carreteras de más de 4 carriles, para que, al diseñar las curvas, se tenga “espacio” para absorber el sobreancho de diseño por ensanchamiento, para el caso del Libramiento Cuernavaca, las secciones en curva fueron diseñadas sin sobreanchos, los que invariablemente provocara que los vehículos articulados sufran percances.

Otro de los problemas que se presentaron fue el diseño de rasantes que, por ser un solo bloque de 10 carriles, con las sobreelevaciones en curva generaba alturas excesivas en los hombros, que fue remediada con el diseño de 2 rasantes que provocaban un desnivel entre un cuerpo y otro, separados en su desnivel por muros, pero en casos de curvas pronunciadas, provoca una sensación de inseguridad al combinar sobreelevación/muro.

c) El **ancho mínimo de carriles** para carreteras de más de 4 carriles debe ser superior a los 3.50 m, ya que igual que en el inciso c), las altas velocidades provocan al usuario



un ángulo de visión más limitado, creando la sensación de estreches; esto es importante, ya que el Libramiento de Cuernavaca se diseñó con 2 carriles centrales por sentido de 3.50 m de ancho y 3 carriles extremos de 3.20 m de ancho.

- 2) El **derecho de vía** es uno de los elementos que ha cobrado relevancia en la construcción de carreteras, el cual debe considerar invariablemente una franja adicional al ancho de calzada del proyecto, ya que, en caso contrario, se provocara una contaminación visual a los usuarios; para el caso del Libramiento Cuernavaca, el ancho de la sección de diseño es de 35.80 m., mientras que el derecho de vía es de 40.00 m., teniendo construcciones que colindan con el límite del derecho de vía, mismos que en casos aislados, tenían acceso directo a esta vía de alta especificación.
- 3) Determinar las **afectaciones que sufren las carreteras al ser invadidas por instalaciones** marginales como líneas eléctricas, tuberías de drenaje y agua potable y dimensionar si la afectación hará operar la carretera en óptimas condiciones.
Este es uno de los puntos más importantes, los proyectos carreteros no concluyen con la terminación de su construcción o su ampliación, sino que continúan con su mantenimiento, pero en el caso de la instalación de obras marginales provoca que la vía opere como calle y no como carretera, demeritando la seguridad y comodidad a los usuarios de largo alcance.

En el caso del Libramiento Cuernavaca existen instalaciones marginales como líneas de alta tensión de 130 kv, tuberías de agua potables de 30 cm y derrames de tuberías de drenaje hacia la carretera o hacia las obras de drenaje.

- 4) Uno de los puntos más importantes es dar **continuidad a los costos y valoración de las modificaciones a los proyectos**, para el caso del Libramiento Cuernavaca se realizaron modificaciones sustanciales al proyecto que incidieron en el costo, incrementando los costos por no haber considerado las obras marginales y adecuaciones por las condiciones



urbanas de la obra, y hubo casos en que la alta dirección del Gobierno, decidieron disminuir los costos, tomando decisiones como dejar varias obras de drenaje en las condiciones iniciales, que derivaron en situaciones de obras de drenaje con fallas al tener más de 30 años de instaladas.



CONCLUSIÓN

Si bien la modernización de las carreteras en México es un asunto que requiere la atención de las autoridades en la materia, se debe evaluar no solo las condiciones geométricas, sino sociales y demográficas que puedan interferir en la operación de las vías, debiendo optar por los beneficios al usuario, antes que otros factores, incluyendo el costo.

El Paso Express, contemplo todas las condiciones técnicas para desarrollar un proyecto geométrico de grandes magnitudes, sin embargo, requería una revisión exhaustiva de los factores que rodean el entorno, para incluirlos en el proyecto inicial, con tecnologías que permitan, mediante procesos constructivos de altas especificaciones, evitar cualquier percance durante la operación; cabe hacer mención que se debe garantizar que la operación debe ser mínima durante la vida útil del proyecto, requiriendo mantenimiento solo en la superficie de rodadura.



BIBLIOGRAFIA.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (26 de 06 de 2017). Obtenido de http://www.sct.gob.mx/typo3temp/_processed_/csm_amozoc_a9d87e7f3f.jpg

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (26 de 06 de 2017). Obtenido de SCT: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGRH/html_spc/formatos/manual_de_proyecto_geometrico_SCT.pdf

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (23 de 06 de 2017). Obtenido de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/proyecto_g/MPGC_2016.pdf

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (26 de 06 de 2017). Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/carreteras-v2/servicios/>

Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A. C. (26 de 06 de 2017). *AMIVTAC.* Obtenido de <http://www.amivtac.org/esp/1/rampas-de-frenado-en-carreteras/metodologia>

Transportes, S. d. (1984). *Normas de servicios técnicos 2.01.01.* México: SCT.

Transportes, S. d. (1991). *Manual de Proyecto Geometrico.* México: SCT.



CURRICULUM VITAE

Eduardo Saavedra Mota, nacido en Veracruz, México el 17 de diciembre de 1971. Egresado de la Carrera Licenciatura en Ingeniería de Civil por la Universidad Autónoma de Tamaulipas (Facultad de Ingeniería), en el año 1993. Pasante de la Maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Chihuahua en el 2017. Experiencia Profesional **de 1994-2015**, trabajando en diferentes estados de la Republica, ejerciendo mi profesión con las siguientes actividades:

Oaxaca (1994 – 1996):

Supervisión de estimaciones de la autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca (243 km.)
Proyectista de caminos rurales, autopistas, entronques, vías férreas y pistas de aeropuertos para la iniciativa privada (156.3 km.)

Yucatán (1996):

Auxiliar de Residente en la construcción carretera Mococho – Baca (13 km.)

Oaxaca (1997):

Auxiliar de Residente en la construcción del Puente Rio Verde (106 m)

Veracruz (1997 -1998):

Auxiliar de Residente de obra, en la supervisión de la carretera Benito Juárez – Chicontepec (17 km.)

Tabasco (1998 – 2016):

Auxiliar de Residente de obra en la construcción de la autopista Agua Dulce – Cárdenas (82 km)

Residente de Obra en:

Construcción de la carretera Villahermosa – Cd. del Carmen (40 km.)

Construcción del Entronque Gaviotas

Construcción del Entronque Reforma

Construcción de la autopista Villahermosa – Macuspana (12.70 km.)

Construcción del Entronque Macuspana

Construcción de la autopista Villahermosa – Macultepec (16.30 km.)

Coordinador de Obra del Libramiento Villahermosa (30.60 km.)

Coordinador de Obra de la carretera Villahermosa – Escárcega (52.60 km.)

Coordinador de Obra de la autopista Cárdenas – Villahermosa (16.00 km.)

Residente de Obra del Libramiento Villahermosa (18.30 km.)

Morelos (2016 – 2018):

Encargado de la Residencia General de Carreteras Federales, atendiendo los proyectos:

✓ Paso Express (14 km.)

✓ Carretera La Pera Cuautla (20 km.)



✓ Viaducto Elevado Tlalpan en la Ciudad de México (5 km.)

Tabasco (2018)

Residente de Obra en la autopista Cárdenas – Villahermosa (1.50 km.)

Sonora (2018 a la fecha)

Asesor en materia Técnico – Legal – Administrativo de la autopista Estación – Don Nogales (600 km.)

Asi también en 2019 he asesorado en materia de Gastos no recuperables y Revisión de indirectos y financiamiento a los estados de:

Puebla

Michoacán

Estado de México

Veracruz y

Durango

Domicilio: Yucatán No. 66 Fracc. Guadalupe, Villahermosa, Tabasco, C.P. 86180

Número de Celular: (993) 399-76-87