

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro América.

**ESTUDIO CRITICO DE LAS NORMAS GEOMETRICAS
BAJO LAS CUALES HAN SIDO PROYECTADAS LAS
CARRETERAS DE LA RED VIAL DE GUATEMALA**

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

JOSE LEON CASTILLO Y CASTILLO

Al conferírsele el título de:

INGENIERO CIVIL

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

Guatemala, marzo de 1969.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

DL 08
T(51)

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

- Decano: Ing. Amando Vides Tobar
- Vocal Primero: Ing. Marco Antonio Cuevas
- Vocal Segundo: Ing. Francisco Ubieto
- Vocal Tercero: Ing. Adolfo Behrens
- Vocal Cuarto: Br. Rolando Llovera L.
- Vocal Quinto: Br. Víctor H. González W.
- Secretario: Ing. Héctor Centeno

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

- Vocal Primero en funciones de Decano: Ing. Otto E. Becker M.
- Vocal Segundo: Ing. Francisco Ubieto
- Examinador: Ing. Otto A. Block K.
- Examinador: Ing. Renato Fernández
- Secretario: Ing. José A. Massanet P.

DEDICO ESTE ACTO

A la memoria de mis padres:

José León Castillo
Luz Honoria Castillo de Castillo
Lita Castillo de Villeda

A mis tíos:

Lisandro C. Castillo
Feliz Rodas Castillo

A mi esposa:

Silvia Guisela Barrios de Castillo

A mis hijos:

Silvia Margarita
Ana Luz
José León
Juan Carlos

A mi hermana:

Ana Petrona Castillo y Castillo

A mis primos hermanos, en especial a la:

Familia Villeda Castillo

Al Licenciado:

Oscar Barrios Castillo

A la

Familia Quan Valenzuela

A la Sección de Estudio de Carreteras de la Dirección
General de Caminos.

A la Facultad de Ingeniería.

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO CRITICO DE LAS NORMAS GEOMETRICAS BAJO LAS CUALES HAN SIDO PROYECTADAS LAS CARRETERAS DE LA RED VIAL DE GUATEMALA

tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

C O N T E N I D O

	Página
PRIMERA PARTE	
Capítulo I: INTRODUCCION	1
Capítulo II: RESUMEN HISTORICO DE LA RED VIAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.	7
Capítulo III: ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS DE DISEÑO.	11
Cuadros: Especificaciones y Características Geométricas Generales.	31
Figuras: Proyecciones Horizontal y Vertical Transversal (Secciones Típicas) empleadas.	41
Gráficas: Longitudes de Curva Vertical antiguas y actuales. Corrimientos y sobre-anchos. Banquetas de visibilidad.	61
Tablas: Radios de Curvatura y Sobre-anchos.	75
Capítulo IV: RECOMENDACIONES PREVIAS AL DISEÑO GEOMETRICO.	87
1.- Proyección Horizontal Longi	

	Página
tudinal.	88
2.- Proyección Vertical Longitudinal.	107
3.- Proyección Horizontal y Vertical Transversal.	117
Capítulo V: PUNTOS OBLIGADOS	127
 SEGUNDA PARTE	
Capítulo VI: RESULTADOS OBTENIDOS	135
1.- Servicio.	135
2.- Seguridad.	147
Capítulo VII: CASOS OBSERVADOS	149
1.- Curva en el Km 64 Carretera Centroamericana 2 Occidente (Tramo Escuintla-Siquinalá).	151-A
2.- Curva en el Km 174 Carretera Centroamericana 2 Occidente (Tramo Cuyotenango-Mulúa).	151-B
3.- Curvas de la Carretera Centroamericana 9 Sur (Tramo Palín-Escuintla).	151-C
4.- Curva en el Km 49 Carretera Centroamericana 9 Norte (Ruta al Atlántico, Proyecto CIO-90 Tramo río Plátanos-Conacastón).	151-D
5.- Curva próxima al puente sobre el río Huyús Carretera	

	Página
Centroamericana 9 Norte (Ruta al Atlántico, Tramo - Rancho-Sunzapote).	151-E
6.- Estudio Comparativo entre un trazo con curvas de radios amplios, y uno que siga el trazo del camino existente para Carreteras Vecinales. (Dos casos).	153-A
Capítulo VIII: RECOMENDACIONES FINALES	155
TERCERA PARTE	
Capítulo IX: CONCLUSIONES	157
BIBLIOGRAFIA.	161

CAPITULO I

INTRODUCCION

Cuando el individuo participa diariamente en el ejercicio de una determinada disciplina y se preocupa por encontrar soluciones a las interrogantes que ésta disciplina le plantea, se verá frecuentemente en circunstancias tales, que haciendo uso de la intuición llega a la respuesta correcta de los problemas que lo preocupan. De ésta manera al presenciar situaciones semejantes a nuestras actividades pero ajenas a nuestras obligaciones, surge en nosotros espontáneamente un afán crítico de comparar los aciertos o errores de las soluciones dadas y en otras ocasiones los defectos saltan a la vista con tal precisión que hasta nos parecen exagerados.

Si la crítica es constructiva, como siempre lo debe ser, no nos limitaremos a decir simplemente: no hicieron ésto, o les faltó lo otro, etc. cuando lo pertinente en tales casos es preguntarse las causas de las omisiones y qué razones hubo para dejar las cosas tal como aparecen ante nuestra vista.

Todo lo antes apuntado puede particularizarse en cuanto al proyectista o diseñador de carreteras, sujeto este en diario contacto con normas geométricas y a su vez encargado de situar la mejor línea en la topografía que se le presenta. Si observamos el diseño efectuado por un colega reaccionamos inmediatamente ante algo que aparentemente no está de acuerdo con los lineamientos lógicos porque saltan a la vista situaciones forzadas que

nos obligan a pensar en que se hubiera podido hacer un trazo más cómodo, más seguro, más elegante, etc.

Examinando con mayor detenimiento el terreno donde se proyectó, vamos encontrando las causas que motivaron los ajustes y limitaciones del diseño; y estas causas obedecen por lo regular a factores económicos, a las especificaciones adoptadas y a la situación de puntos obligados.

Impresiones similares se tienen cuando circulamos en una carretera construida con las últimas técnicas y aun así las conclusiones mas bien fundadas no pueden apuntarse de inmediato sino hasta después de haber verificado en el propio lugar las causas antes mencionadas, así como los puntos obligados.

El objeto del presente trabajo es la exposición de éstas impresiones encontradas en las principales carreteras de nuestro país y así después del estudio concerniente proponer las soluciones que a mi juicio son las mas convenientes.

Todas estas apreciaciones están basadas en: a) la experiencia que adquirí en la Sección de Estudio de Carreteras de la Dirección General de Caminos, conociendo sus normas, sus recomendaciones y criterios de muchos de mis antecesores y b) la investigación de los registros tomados en la Sección de Estadística de la misma D.G.C.

Si nos detenemos a observar los cambios o efectos producidos por las nuevas carreteras, encontramos que el grado de desarrollo hasta ahora alcanzado en Guatemala, se encuentra estrechamente vinculado con el auge - que ha tomado en las últimas dos décadas la construcción de modernas carreteras. Estas a su vez han promo-

vido dentro del orden técnico una superación consecutiva que redunde en depuración de sistemas y métodos de trabajo en cada fase de un proyecto total. Es decir, cada actividad por elemental que esta sea va adquiriendo su peculiaridad característica y ubicándose acertadamente en el sitio que le corresponde, con conocimientos más amplios, más experimentados y superación constante, delimitando así contornos bien definidos en la especialidad que se desee.

En la actualidad la ejecución de los trabajos necesarios para construir una ruta ya no depende solo de las opiniones y exigencias de alguna persona, ni de los caprichos de un gobernante. El criterio técnico apropiado es zonificar el territorio de la república tomando en cuenta todos los factores que deben intervenir en el desarrollo y progreso de cualquier grupo social. De esto resulta un trabajo de conjunto y la participación del mayor número de guatemaltecos mejor calificados y que recogiendo las experiencias pasadas de nuestro medio, unidas al estudio y tomando provecho de las fallas anteriores, realizan tareas de mucho valor, que son la honra y gloria de la Ingeniería Nacional.

No pretendo con esto último demostrar que hubo im-preparación y falta de conocimientos en todos aquellos que precedieron las dos décadas mencionadas; todo lo contrario, lo que sí existió y esto es inobjetable, fue la carencia de oportunidades de trabajos de gran embergadura motivada por el entonces reciente advenimiento del automóvil; por el poco desarrollo alcanzado en otros ramos; por el poco interés del gobernante; o bien en las postrimerías por la presencia apocalíptica de la segunda conflagración mundial.

De esto se desprende que aunque existieran profesio-

nales debidamente capacitados, todo su esfuerzo y estudio resultaban estériles ante la imposibilidad de poderlos plasmar en obras de mayor importancia y de mejor trazo.

Por otra parte, antes de 1944 era muy poco el personal debidamente preparado a quien se le encomendaba trabajo de carreteras; casi siempre se colocaban maestros de caminos o empíricos en la materia y se menospreciaba la capacidad técnica de los profesionales existentes. Bastaba obtener una línea que se pegara al terreno casi siempre con cortes en ladera a todo lo largo de la ruta en un terreno montañoso y darle los radios de curvatura que requiriera la topografía misma. Si se presentaba un obstáculo fuerte, era suficiente forzar la pendiente a extremos de porcentajes prohibitivos y dejarle al usuario el problema del ascenso con vehículos cargados. Por lo regular en llegando al "pie de la cuesta" se quitaba parte de la carga y se dejaba "para otro viaje" o bien para las espaldas de los ayudantes. Lo importante era hacer el camino y casi no se tenía en cuenta la incomodidad de curvas muy cerradas, ni se estimó que los vehículos llegaran a fatigarse en las subidas, ni a desmantelarse en los descensos. En pocas palabras, no existían especificaciones. En la página siguiente se presenta un cuadro ilustrativo de algunas de las pendientes máximas en carreteras de la república.

CUADRO ILUSTRATIVO DE ALGUNAS PENDIENTES MAXIMAS EN LAS CARRETERAS DE LA REPUBLICA

Muchos de los caminos antiguos han quedado en desuso debido a la construcción de un camino más moderno de menor pendiente y mejoras de alineamiento horizontal. Las pendientes que se mencionan a continuación no son en la totalidad de la longitud del camino pero si en gran parte.

Los caminos que a continuación se enumeran, tienen las pendientes siguientes:

Con pendientes hasta de 18% se tienen los caminos siguientes:

Antigua Guatemala - Santa Lucía Milpas Altas, donde existía el recordado tramo de la Cuesta de las Cañas.
 Antigua Guatemala - Palín.
 Escuintla - Finca "Argentina" - Límite Guatemala.
 Progreso - Jalapa - Sansare.
 San Marcos - Tacaná.
 San Marcos - La Unión - Coatepeque.

Con pendientes hasta de 15%:

Guatemala Km. 15 - Ruta Nacional 4 - San Pedro Ayampuc.
 Belén - Calderas - Límite Guatemala - Escuintla.
 Quezaltenango - Fuentes Georginas.
 Quezaltenango - Chuvá.
 Las del Departamento de Sololá.
 San Marcos - Tumbador - Entronque ruta San Marcos 3.

Con pendientes hasta de 12%:

El Rancho - Cobán.
Ruta Nacional 6 W - Flores Costa Cuca.
Cuilapa - Chiquimulilla.

Hasta con pendiente de 10%:

Guatemala - Amatitlán.
Quezaltenango - Huehuetenango.
Quezaltenango - C.A-1 - Occidente.
Alotenango - San Diego.
Tecpán - San José Poaquíl.
El Chato - Palencia.

Los anteriores son pocos ejemplos de los existentes ya que pueden enumerarse una larga lista de carreteras en condiciones similares.

El 9% también se ha utilizado en las carreteras modernas recientemente construídas. El cuadro anterior fue tomado de un Informe presentado por el Ingeniero Jonás Joaquín Dobias R. a la Reunión Regional Sudamericana de la Federación Internacional de Carreteras "I.R.F."

CAPITULO II

RESUMEN HISTORICO DE LA RED VIAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA

Una breve exposición cronológica de los caminos en Guatemala,⁽¹⁾ ampliada ésta, en la época que corresponde a la aparición de vehículos automotores y los cambios consecuentes —mayor velocidad, mayor seguridad— nos dará idea del desarrollo vial en el país situándolo en una era exitosamente distinta de todas las precedentes:

Bástenos recordar que en la época pre-colombina los Mayas de Guatemala construyeron magníficas calzadas atravesando montes y tierras cenagosas. Varias de ellas subsistentes actualmente, dándonos cuenta de la resistencia y calidad de su construcción a través de siglos de abandono y exposición a agentes naturales.

Aparece la rueda y así durante la Colonia se utilizan vehículos de tracción animal que requerían de una vía estrecha aunque no fuera bien alineada para hacer efectiva la escasa transportación. Se construyeron y mejoraron algunos caminos. Por las distancias comparativamente largas y dada la topografía accidentada de los caminos, solo permitieron la mayoría el paso de patachos.

De las crónicas de viajeros en ésta época están unas palabras de John Stephens en su libro "Incidentes de un viaje a Centro América"⁽²⁾, que describen lo que era al rededor de los años de la Independencia, el camino que conducía de Izabal a la Capital:

"Durante cinco interminables horas fuimos avanzando en medio de atascaderos, estrujados entre las zanjas, golpeados contra los árboles y cayendo sobre las raíces. Este es el gran camino real para la ciudad de Guatemala, la que siempre ha sido un lugar de distinción en Hispano América".

Cabe mencionar que aunque no se dispusiera de una técnica adecuada para el trazado y construcción de caminos, sí se contaba con magníficos conocimientos para la ejecución de las obras de arte que requerían dichos caminos. Un ejemplo de esto lo constituye el magnífico puente de Los Esclavos sobre el río del mismo nombre, que por su extraordinaria estructura ha permanecido indestructible durante siglos como fiel exponente de los conocimientos y las artes de la Colonia.

La naturaleza y condición de los caminos casi no tuvo alteración apreciable durante aproximadamente 50 años después de la fecha de la Independencia. Los gobiernos que siguieron a la caída del régimen conservador (1871) mostraron mucho interés en la construcción y mejoramiento de las vías de comunicación⁽³⁾. También se inicia la construcción de vías férreas cuya importancia en cuanto a lo técnico es notable dada la similitud en el trazo, aporte de conocimientos y sus aplicaciones al medio y aunque con algunas variantes, se tiene el empleo de especificaciones geométricas y métodos de construcción. Ya desde 1881 se inicia la asignación de un presupuesto para la ampliación, mejoramiento y construcción de caminos.

Durante el período presidencial de José María Reyna Barrios se inicia la construcción de una red caminera bajo la dirección de un Ingeniero Topógrafo⁽³⁾.

Durante la presidencia de don Carlos Herrera (1920-1921), se continuó la construcción pero no hubo una administración racional ni una dirección técnica.

En el período de don Manuel Orellana (1921-1926), se incrementó la obra caminera aunque según después se dijo: "Hubimos de coleccionar experiencias a base de errores y fuertes erogaciones"⁽³⁾.

Se objeta que el período de Don Lázaro Chacón (1926-1930), a pesar de continuarse la red vial "el servicio técnico no fue siempre organizado con elementos profesionales y la Escuela de Ingeniería fuente natural para obtener Ingenieros de Puentes y Calzadas fue mantenida en ostensible divorcio con el servicio de caminos"⁽¹⁾.

Siempre existió discrepancia entre la opinión del Ingeniero trazador y la del constructor, dado que este último se sujetaba al criterio del comité local o sino a la del jefe político dando como resultado que el trazo fuera modificado acortando longitudes sin reparo en los efectos sobre la pendiente a manera de lograr una construcción rápida y apresurar la inauguración a una fecha destinada: la fiesta titular en honor del Santo Patrono del poblado, o al cumpleaños del Gobernante en turno.

Con todo y esto en el año 1928 se cuenta ya con una red caminera de 2300 Km. que podía ser transitada por vehículos automotores⁽¹⁾.

Posteriormente a esta fecha y de manera más estable surge el gobierno del General Ubico durante el cual se dió más impulso a la obra vial. Los caminos que se construyeron fueron en su mayoría de tierra y la técnica alcanzada se perfeccionó a nivel de la época. Referente a la estructura del camino se dieron los primeros pasos

en cuanto a concepto y ejecución de sub-rasantes. Se construyeron y mejoraron más de 6000 Km.⁽³⁾ Los trazos siempre se ajustaban a la topografía con inclusión de curvas de radio muy pequeño a la vez que se establecieron las limitaciones a la pendiente máxima. En las postrimerías se emitieron normas y especificaciones mediante decreto concernientes a diseño y a construcción. En el capítulo siguiente se hablará más detalladamente de ellas. La extensa red caminera que se llevó a término se debió en mayor parte al caudal de mano de obra esclavista obtenida por medio de la tarjeta de vialidad mediante la cual durante unos días del año los campesinos debían ceder su trabajo en forma "gratuita y voluntaria" en bien de las obras públicas de la nación.

Otra exposición cronológica en relación a la época contemporánea iniciada con los estudios de la Carretera Interamericana (C.A.-1), se ira desarrollando en el capítulo siguiente a medida que se mencionen las especificaciones utilizadas desde sus inicios hasta nuestros días, y se considera indispensable apuntarlas ya que atañen directamente el objetivo primordial de este trabajo.

- (1) Revista "Ingeniería Nacional". Marzo-Abril 1941. Tipografía Nacional.
- (2) Incidents of Travel in Central América, Chiapas & Yucatan. John L. Stephens. New Brunswick, Rutgers University Press. 1949.
- (3) Tesis de Graduación. Ingeniero Topógrafo Miguel Ydígoras Fuentes. Tipografía Nacional, 1941.
- (4) "Vías de Comunicación". Publicación del Partido Liberal Progresista. Tipografía Nacional, 1941.

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS DE DISEÑO

De una breve ojeada a todas las normas geométricas que se han puesto en vigencia en Guatemala y de la comparación de unas con otras, podemos hacer dos observaciones importantes:

Hay efectiva evolución en lo concerniente a la adaptación al medio por una parte, y se han seleccionado dentro de las mismas, aspectos considerados relevantes atendiendo a los requerimientos de nuestras necesidades y trasladando a un plano secundario, algunas de las características planteadas originalmente.

Para realizar un examen más detenido de nuestras especificaciones considero conveniente ir intercalando algunos pasajes históricos que han afectado la vida del país, registrados tanto dentro del marco nacional como del internacional y sus repercusiones directas al tema que nos ocupa.

En los albores de la Epoca de Técnica Contemporánea era muy frecuente encontrar dependencias que se tomaban atribuciones que les correspondían a otras, tal como sucedió cuando la Dirección General de Caminos dispuso la aplicación de un pavimento flexible a la antigua Calle Nueva actualmente Calle Martí (1930-1931). Por las características de su trazo es presumible que solo se haya contado para el efecto con especificaciones geométricas referentes a la sección típica de la calza-

da. Los trabajos estuvieron a cargo del Ingeniero Sebastián Lira. No se tiene mayor información al respecto y posteriormente fue modificada en su totalidad por los técnicos ediles. Se sabe también que los trabajos de pavimentación en una parte de la Avenida Bolívar fueron realizados mediante contrato por la Compañía Warren Brothers. Aunque el trazo es mas irregular que el de la Calle Nueva, tanto en planta como en perfil, no existen datos de las normas que gobernaron su geometría. Quedan ubicados estos prelimanres dentro de los años 1929 a 1931.

Hemos mencionado que durante la administración Ubiquista además de haber mejorado muchos caminos, se ensanchó la red vial existente tratando de comunicar las regiones mas apartadas de la república. Se utilizo personal más capacitado técnicamente, acorde a las exigencias de la época descartándose muchas soluciones o recetas empíricas.

En un Manual de Caminos dedicado al gobernante de aquellos días, y que el Ingeniero Luis Leonardo publicó bajo el título de "Autovías" en septiembre de 1938. Editorial Tipografía Nacional, encontramos una extensa y bien documentada compilación de los conocimientos técnicos más avanzados de la época. Referente al tema que nos ocupa, aparece desde ya en el volumen citado un estudio sobre peraltes, sobreanchos y un razonamiento matemático para el desarrollo de espirales de transición, concluyendo en que: "El valor mínimo de la espiral es de 100 mts., tratándose de grandes velocidades y grandes radios y la longitud máxima es de 200 mtrs.; para pequeñas velocidades no hay necesidad de estas curvas". En el desarrollo de los peraltes contempla el incremento de pendientes longitudinales por la super elevación transversal de los mismos y añá

de valores de "visual mínima" en curvas horizontales y verticales que dependen de la velocidad y radios de curvatura. Para el grado de curva horizontal, adoptó la definición Cuerda y según el sistema de medidas que se empleara dejó 20 metros y 100 pies para la Cuerda Unidad. El cuadro siguiente ilustra además de una clasificación de las carreteras, las principales normas geométricas que gobernarían el trazo.

CARACTERISTICAS DE LOS TRAZOS DE AUTOVIAS SEGUN LA NATURALEZA DE LOS TERRENOS

CLASE A

Terrenos	Llanuras	Lomerías	Montañas
Anchura	De 9 a 11 ms.	De 9 a 11 ms.	De 9 a 11 ms.
Tipo	Asfalto u hormigón.	Asfalto u Hormigón.	Asfalto u hormigón.
Curvatura	6 grados	10 grados	30 grados
Explanaciones, M ³	4300	7200	14400
Visuales, metros	150	150	90
Tangentes, metros	150	90	44
Pendientes	5%	7%	8%

CLASE B

Terrenos	Llanuras	Lomerías	Montañas
Anchura	9 a 11 ms.	9 a 11 ms.	9 a 11 ms.
Tipo	Arena, grava, macadam	Arena, grava, macadam	Arena, grava, macadam
Curvatura	10 grados	15 grados	50 grados
Pendiente	5%	7%	8%
Explanaciones, M ³	2800	3800	9500
Visuales, metros	120	90	90
Tangentes, metros	120	60	44

CLASE C

Terrenos	Llanuras	Lomerías	Montañas
Anchura	7 ms.	7 ms.	7 ms.
Tipo	Arena, tierra	Arena, tierra	Arena, tierra
Curvatura	20 grados	20 grados	60 grados
Pendientes	5%	7%	8%
Explanaciones, M ³	2400	3300	4800
Visuales, metros	90	90	90
Tangentes, metros	60	45	30

Nota: Las cifras de esta tabla son límites prácticos; pero en determinadas condiciones pueden variarse de acuerdo con los principios de seguridad y economía.

El incremento en las necesidades de transportación terrestre, la cantidad de caminos construidos o mejorados, el aumento de vehículos motorizados y de la velocidad obligó a la elaboración y publicación de un Acuerdo Gubernativo en el mes de septiembre de 1940 y que bajo el nombre de "Instrucciones Relativas a la Construcción, Mejoramiento y Mantenimiento de las Carreteras de la República", establecía las normas que debían controlar el tratamiento de los caminos en todos sus aspectos. Por su importancia, por ser el reflejo de lo máximo a que se pudo llegar en esos días, y por la estrecha dependencia del gobernante con sus efectos respectivos y las disposiciones que normarían la conformación geométrica, transcribimos textualmente lo conducente de dicho Acuerdo:

CLASIFICACION DE CARRETERAS

Artículo 1o. Las carreteras de la república se clasifican en 4 grupos: Nacionales o de Primer Orden; Departamentales o de Segundo Orden; Municipales o de Tercer Orden y Particulares.

Artículo 2o. Figuran entre las Nacionales, las carreteras de uso internacional, las que unen la capital de la república con las Cabeceras Departamentales o con Litorales, y otras que por su importancia comercial, agrícola, turística y militar, deben clasificarse.

Artículo 3o. Se incluyen en las Departamentales las carreteras que no estando comprendidas en el Artículo anterior, enlazan dos departamentos entre sí, o dos rutas nacionales o se desarrollan en un solo departamento.

Artículo 4o. Se consideran Municipales todas las carreteras vecinales que no estando comprendidas en los Artícu

los 2o y 3o de esta clasificación, enlazan dos o mas municipios o se desarrollan entre poblados de uno sólo.

Artículo 5o. Son Particulares las carreteras que construyen por su cuenta, personas o entidades particulares en terrenos propios.

Artículo 6o. El Gobierno de la República determinará por medio de Acuerdo Gubernativo qué carreteras actualmente en servicio o en construcción se clasifican como Nacionales o Departamentales. Estas serán construídas, mejoradas y mantenidas por medio del Estado y algunas con la cooperación de los vecinos cuando así se disponga. La Secretaría de Agricultura, a solicitud de las Jefaturas Políticas, y oída la Dirección General del Ramo, determinará cuáles de las carreteras en uso en cada departamento, son Municipales. Estas serán construídas, mejoradas y mantenidas por las Municipalidades interesadas con la cooperación de los vecinos del Municipio.

Artículo 7o. Resuelta por el Gobierno de la República la construcción o mejoramiento de una carretera, la Dirección General de Caminos nombrará uno o varios Ingenieros pertenecientes al servicio de Caminos para efectuar el estudio. El expediente constará de una memoria, libreta de campo, planos y perfiles del itinerario, cubicación de terracerías, proyectos de obras de fábrica pequeños y grandes y los presupuestos detallados. Revisados y corregidos se aprobarán por medio de un Acuerdo Gubernativo, determinándose la clasificación a que corresponderá la ruta.

ANCHURA DE LAS CARRETERAS

Artículo 8o. En todas las carreteras se considerarán 5 secciones para la determinación de los anchos, según que

atraviesen: A.- Por poblados; B.- Por zonas urbanizables; C.- Por los primeros kilómetros a la salida de la capital o poblaciones con mucho tránsito; D.- Por el campo y en condiciones corrientes; y E.- Por terreno montañoso difícil o rocoso.

Artículo 9o. Para las carreteras, los anchos mínimos serán los siguientes:

Sección	Andén Mts	Cuneta Mts	Afirmado Mts	Cuneta Mts	Andén Mts	Total Mts
Nacionales						
A.-	3.0	0.0	7.0	0.0	3.0	13.0
B.-	3.0	0.5	7.0	0.5	3.0	14.0
C.-	2.0	0.5	7.0	0.5	2.0	12.0
D.-	1.5	0.5	7.0	0.5	1.5	11.0
E.-	0.0	0.5	5.0	0.5	0.0	6.0
Deptales.						
A.-	2.0	0.0	6.0	0.0	2.0	10.0
B.-	2.0	0.5	7.0	0.5	2.0	12.0
C.-	1.5	0.5	7.0	0.5	1.5	11.0
D.-	1.0	0.5	6.0	0.5	1.0	9.0
E.-	0.0	0.5	4.0	0.5	0.0	5.0
Mpales.						
A.-	1.0	0.0	5.0	0.0	1.0	7.0
B.-	1.0	0.5	6.0	0.5	1.0	9.0
C.-	1.0	0.5	6.0	0.5	1.0	9.0
D.-	1.0	0.5	5.0	0.5	1.0	8.0
E.-	0.0	0.5	4.0	0.5	0.0	5.0

Si las carreteras tuvieran en cualquiera de dichas secciones anchos superiores, serán respetados.

Artículo 10o. La anchura útil de los puentes será a ser posible como mínimo, igual a la del afirmado de la carretera.

PERFIL TRANSVERSAL

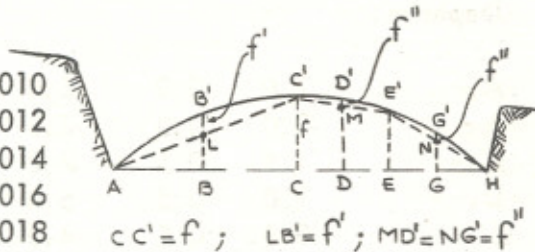
Artículo 11o. El perfil transversal de la carretera será convexo, del llamado "Lomo de Tortuga". El bombeo variará según la clase de firme y lo lluviosa o seca de la estación. Para el trazo del perfil transversal puede usarse la siguiente fórmula:

Flecha Central: Flechas sucesivas sobre las cuerdas:

$$f = \frac{L}{L - 1} \times K \quad f' = \frac{1}{4} f ; \quad f'' = \frac{1}{4} f'$$

Siendo L el ancho de la carretera y K un coeficiente cuyos valores para cada clase de pavimento son los siguientes:

- Concreto: K = 0.010
- Asfalto: K = 0.012
- Madera: K = 0.014
- Adoquines: K = 0.016
- Empedrados: K = 0.018



GALIBO

Artículo 12o. Las carreteras en general, deben tener un gálibo ó altura libre de 4.0 metros en toda su anchura. El mismo gálibo se exigirá en los puentes y túneles. De

be exigirse para ello, que los alambres eléctricos y las ramas de los árboles no queden a menos de los 4.0 metros indicados.

PERALTES

Artículo 13o. Para evitar el deslizamiento transversal o vuelco de los vehículos es necesario peraltar las curvas de las carreteras. Teniendo en cuenta las velocidades máximas admisibles en las carreteras del país y los radios de curvas, así como el tránsito de vehículos de tracción animal, se impone como máximo un peralte del 12%. Se determinan en el siguiente cuadro, los peraltes que corresponden a las curvas de las carreteras según su categoría y la velocidad máxima admisible en cada una de ellas en función de radios de curva:

Radio de Curvatura en Mts.	Nacionales	Departamentales	Municipales
	Vel. Max. 60 K.P.H %	Vel. Máx. 50 K.P.H %	Vel. Máx. 40 K.P.H %
100 ó menos	12	12	12
150 " "	12	12	8.3
200 " "	12	9.2	6.3
250 " "	10.6	7.9	5.3
300 " "	9.2	6.6	4.2
350 " "	8.0	5.7	3.7
400 " "	6.9	4.9	3.2

Artículo 14o. Los peraltes deben comenzar mas o menos a 10 metros del punto de tangencia de la curva y desaparecer sus inclinaciones dentro de esos 10 metros, suavemente.

SOBREANCHOS EN LAS CURVAS

Artículo 15o. A las curvas cuyo radio sea inferior a los 70 metros, se le dará un sobreechancho de 2.0 metros en las carreteras nacionales; de 1.5 metros a las departamentales y de 1.0 metros a las municipales.

MINIMUN DE RADIO DE CURVA

Artículo 16o. Hasta donde sea posible según la configuración del terreno, se usarán como mínimos en los trazados de curvas los siguientes radios: Para rutas nacionales 50 metros; para departamentales 30 metros y para las municipales 16 metros. Se prohíben en los trazos de nuevas carreteras de primero y segundo orden los zig-zag y los ganchos cerrados.

OBSERVACIONES SOBRE EL TRAZADO DE CURVAS

Artículo 17o. Se evitarán en los trazados de carreteras, las curvas circulares de 2 o mas radios desiguales, para evitar que los conductores que caminen sobre ellas, comenzando por la curva de mayor amplitud al entrar en las curvas reducidas se encuentren en situaciones apuradas. Tampoco deben intercalarse trozos rectos de pequeña longitud entre curvas del mismo sentido, y en las de sentido inverso habrá que establecer alineaciones rectas de magnitud suficiente para que puedan ser desvanecidos los peraltes en ambas curvas.

VISIBILIDAD

Artículo 18o. Para dar a las alineaciones curvas mayor visibilidad es conveniente talar árboles que interrumpen la vista y cortar sobre el paredón una berma o grada sobre la cual pueda divisarse la parte alta de los vehícu-

los que vienen en dirección contraria o van delante del conductor. Una visibilidad de 50 metros es conveniente.

Artículo 19o. En las curvas verticales de perfil convexo o cóncavo se procurará aumentar la visibilidad haciendo cortes sobre el terreno y dando a la curva vertical el mayor radio.

Artículo 20o. Tanto las curvas horizontales como verticales que presentan algún peligro para la circulación de vehículos, deben estar bien rotuladas conforme el Reglamento de Indicadores y Señales para Caminos Vigentes, y donde el tránsito lo requiera. Se pondrán cabezas de madera o piedras pequeñas sostenidas por lañas de hierro en la línea media de la carretera limitando el espacio debido a cada circulación en sentido contrario. Si la carretera goza de pavimento de concreto, de asfalto o de adoquinado ésa división se marcará con pintura blanca de forma ostensible.

GRADIENTE MAXIMO

Artículo 21o. El gradiente máximo para las rasantes será el 7% para las rutas Nacionales, el 9% para las Departamentales y el 10% para las Municipales. Es preferible un trazado bien alineado con el gradiente máximo aceptado que un trazado mal alineado con un gradiente menor. Es preferible usar un trazado corto con el gradiente máximo aceptado que un trazado largo con gradiente menor.

PASOS A NIVEL DE FERROCARRILES Y BADENES

Artículo 22o. Se prohíben en todas las nuevas construcciones de carreteras Nacionales. En las carreteras Nacionales existentes, se comenzará su supresión de acuer-

do con las posibilidades económicas y la exigencia de eliminar los motivos de peligro más importantes.

TRAVESIAS

Artículo 23o. Las nuevas carreteras nacionales no cruzarán pueblos ni ciudades, construyéndose tramos laterales para conectarlos con los poblados. En las construcciones existentes se suprimirán a medida que las disponibilidades económicas lo permitan, todas las travesías que no tengan las características normales de estas instrucciones.

CASOS ESPECIALES

Artículo 24o. Cuando las dificultades del terreno sean tan desfavorables que un estudio especial justifique la admisión de características más reducidas que las indicadas en estas instrucciones, en el estudio de un proyecto de carretera nueva o variante de una existente, podrá hacerse previa autorización del Gobierno y oída la Dirección General de Caminos, colocándole las señales de precaución que aconseja el reglamento vigente. Esta autorización solo se considera en casos muy justificados.

Artículo 25o. La Secretaría de Agricultura velará por el estricto cumplimiento de las anteriores disposiciones y resolverá las consultas que pudieran formularse para su correcta interpretación".

Un breve comentario a lo anterior nos permite concluir que de manera razonable y mediante Acuerdo se emitieron especificaciones geométricas a la vez que recomendaciones especiales para diseño encaminadas todas ellas a proporcionar por sobre todo la mayor seguridad al usuario. Comparándolas con las presentadas por el Inge

niero Leonardo vemos que así como tienen puntos comunes, también hay ligeras discrepancias como lo son la anchura de la calzada, las pendientes, las distancias de visibilidad, etc. Como ambos tipos de normas se encuentran en desuso actualmente, sirvanos lo anterior como ya se dijo para determinar los alcances de su época y el hecho sobresaliente de contarse con Ingenieros nacionales debidamente preparados y experimentados en la construcción vial.

La presencia de un segundo conflicto bélico a escala mundial, que amenazaba extenderse arrolladoramente hasta el suelo Americano, exigía la rápida movilización de sus defensores hacia los puntos del continente que revestían mayor carácter estratégico o hacia los que presentaban más vulnerabilidad ante un ataque por sorpresa. Los Estados Unidos como paladines de la democracia en aquellos tiempos y como potencia de primera magnitud, ante las amenazas a la seguridad continental tomaron las medidas pertinentes a la situación destacándose entre otras la construcción de una vía terrestre que atravesando México y el Istmo Centroamericano llegara hasta el Canal de Panamá. Fue así como por medio de un convenio entre Gobiernos y llegándose el año 1942, se inicia en Guatemala la construcción de la R.U.M.E. ó Ruta Militar de Emergencia⁽⁵⁾, que marca para el país la introducción de técnicas más avanzadas y la utilización por primera vez de maquinaria pesada y adecuada a este tipo de trabajo. La rapidez con que se construía la ruta y el carácter de la misma no permitieron efectuar detenidos estudios de localización y según se ha podido constatar por el apremio con que se trabajaba, no fue posible detenerse en la aplicación de especificaciones geométricas para el trazo. Conforme se iba reduciendo la efectividad de las fuerzas enemigas y la amenaza fue alejándose de nuestras costas, el ímpetu en el ritmo

de la construcción también fue decreciendo, pero quedó planteada desde ya la urgencia y necesidad de una ruta para América que sin ser exclusivamente estratégica obedeciera también a los requerimientos de una planificación que gestara el desarrollo y el progreso a lo largo del Continente.

Es así como se inicia la construcción de la C.I.P.A. ó Carretera Internacional del Pacífico⁽⁵⁾, teniéndose noticias fidedignas de que sí se normó geoméricamente la línea atendiendo a las demandas de los diversos terrenos. El personal técnico Guatemalteco comenzó a recibir y a poner en práctica los conocimientos experimentados de asesores extranjeros. Se presentan en su debido espacio algunas de las especificaciones empleadas. Esta carretera aprovechó parte del trazo de la antigua R.U.-M.E. y actualmente se le designa como C.A-2 o Carretera Centroamericana No. 2).

El panorama de las carreteras en Guatemala hasta el año 1944 queda esbozado en los párrafos anteriores, sus orígenes, su desarrollo y su esplendor cuya interrupción coincide con el derrumbe de la Presidencia de los Catorce años.

El año antes mencionado, marca el inicio de obras de grande embergadura y alcance tanto dentro de lo material como de lo social. Correspondiendo a las carreteras participación en estas realizaciones y con un impulso sin precedentes, se efectúan los primeros estudios con una técnica superior y se construyen y asfaltos los primeros tramos. Por un convenio con los Estados Unidos se inician los trabajos de la C.I.A. o Carretera Interamericana⁽⁵⁾, originalmente se denominó Carretera F.D.Roosevelt en honor a un presidente de Norte América y en ella se realizaron los primeros estudios completos usándose deter

mínadas normas geométricas y especificaciones para su trazo, cálculo y construcción.

Fue hasta ese momento cuando se pudo disponer en el país de los conocimientos y normas tan importantes que aún en la actualidad y con ligeras variaciones, rigen en toda la geometría de nuestros caminos principales, construïdos o por construïrse. Se adquirieron por nuestros técnicos las experiencias básicas que fortalecían sus criterios para transmitirlos después, como un acervo de progreso a las generaciones de diseñadores venideras. El estudio, adaptación y aplicación de las especificaciones a nuestro medio, se deriva principalmente de las investigaciones norteamericanas en un principio, atendiendo a su técnica y experiencia y a los convenios estipulados, y posteriormente se siguió trabajando con ellas debido a que al alto grado de desarrollo alcanzado por el país del Norte, su bien dotada y extensa red de carreteras y el alto número de vehículos que por ellas circulan han promovido la creación de connotadas entidades y campos de experimentación financiados con la disponibilidad de ilimitados recursos. De esta manera hemos trabajado en Guatemala, con adaptaciones principalmente del F-P-41, el B.P.R. y de la influencia preponderante de la A.A.-S.H.O. La Dirección General de Caminos deja de pertenecer a la Secretaría de Agricultura, para constituirse en una dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas.

Simultáneamente a los trabajos de la Roosevelt se ejecutó la pavimentación de los tramos Escuintla a Puerto San José (C.A-9 Sur); de Escuintla a Popoyá y a Taxisco (C.A-2 Occidente y Oriente respectivamente). Se construyó y asfaltó el tramo de San Lucas a Antigua Guatemala. Todos estos trabajos quedan comprendidos en el período de 1944 a 1950.

Desde 1950 se inicia el estudio de la Ruta al Atlántico a la que se le asignan especificaciones especiales. En octubre de 1951, el Departamento Técnico de la Dirección General de Caminos presenta las especificaciones que normarán en el diseño de las restantes carreteras a construirse. Se inicia la construcción de la R.A.A. a la vez que da principio a los estudios de preliminar y localización a una Autopista entre ésta capital, Escuintla y el Puerto de San José a la que se le asignan también especificaciones especiales adoptadas del F-P-41. Se construye en este período mejorando completamente el trazo del tramo entre Palín y Escuintla. Se construye y pavimenta el tramo entre Retalhuleu y el Puerto de Champerico, y de Retalhuleu hacia Quezaltenango.

Además se continúa en los frentes de trabajo de la Carretera Internacional del Pacífico llegando hasta Popoyá a Retalhuleu. En casi todas y especialmente en la R.A.A. la Dirección General de Caminos introdujo gran cantidad de equipo pesado, los trabajos se llevaron a cabo por administración. Este período se cierra en 1954. (5)

A partir de 1954 se incrementan en la nación la construcción de obras por contrato con compañías nacionales y extranjeras (5). Se continúa la construcción de la R.A.A. la Carretera Roosevelt. Entre 1954 y 1958 se sigue mejorando hacia Occidente la Internacional del Pacífico. Se efectúa un mejor diseño a la vez que se da principio a la construcción de la línea Taxisco-Chiquimulilla-El Piji, en la frontera con El Salvador.

Desde 1958 se dió mayor importancia a la construcción de los trabajos faltantes de las carreteras principales que atraviesan totalmente el territorio nacional, uniendo las fronteras de México y El Salvador, y los puertos de San José y Matías de Gálvez en el Pacífico y el A-

atlántico respectivamente.

Como complemento a este desarrollo de carreteras y de acuerdo con convenios Centroamericanos, se han construido y asfaltado: La Carretera Centroamericana El Molino-Río Paz C.A-8-49, C.A-10-48 y 46, C.A-10 TS. Están en fase de construcción y estudio las Carreteras Centroamericanas C.A-12 y C.A-13. En y para el interior del país se construyen actualmente las carreteras siguientes: Morales-Puerto Modesto Méndez (Proyecto I-64 TP) por administración, y por contrato: El Rancho-Santa Elena (Proyecto CN-49 TP); Santa Elena-Salamá (CN 17 TP); Santa Elena-Cobán (CN 80 TP), y alrededor de seis proyectos para caminos vecinales en los que participan compañías nacionales y extranjeras.

Presento a continuación una serie de gráficas y especificaciones técnicas geométricas que han sido posible reunir de los archivos de las dependencias al respecto, y los particulares propiedad del Ingeniero Jonás Joaquín Dobias R. y el del Ingeniero Antonio Meneses F. He tratado de ordenarlos cronológicamente para mayor facilidad en la comparación y así ir teniendo idea de los logros y alcances que atañen a la rama caminera del país.

- (5) Informe presentado por la D.G.C. de Guatemala. Mayo 1965, a la Federación Internacional de Carreteras I.R.F.

CUADRO 1
ESPECIFICACIONES PARA CARRETERAS

	Carreteras Troncales 1a. Clase		Carreteras Departamentales 2a. Clase		Carreteras Vecinales 3a. Clase	
	A	B	A	B	A	B
	Pendiente máxima	6%	6%	7%	8%	10%
Distancia máxima con pendiente máxima	2000M	10000M	1500M	10000M	10000M	600M
Compensación de pendiente máxima por cada grado de curva.	0.1%	0.07%	0.1%	0.07%	0.07%	0.05%
Disminución de pendiente después de la distancia máxima con pendiente máxima.	1.0%	2.0 %	1.0%	2.0 %	2.0 %	4.0 %
Distancia mínima en que esta disminución es obligada.	300M	400M	300M	300M	300M	300M
Pendiente mínima en cortes.	0.3%	0.3 %	0.3%	0.3 %	0.3 %	0.3 %
En puentes se toleran pendientes de 0.0% hasta el	2.0%	2.0 %	2.0%	2.0 %	2.0 %	2.0 %
Anchura del derecho de vía	25.00M	25.00M	20.00M	20.00M	15.00M	15.00M
Anchura de carretera de cuneta a cuneta a cuneta.	11.00M	11.00M	11.00M	11.00M	9.00M	9.00M
Anchura mínima del afirmado.	7.20M	7.20M	6.60M	6.60M	6.00M	6.00M
Anchura mínima de la capa de rodadura.	6.70M	6.70M	6.10M	6.10M	5.50M	5.50M
Anchura mínima libre en los puentes de luz mayor de 12M.	7.90M	7.90M	6.70M	6.70M	6.10M	6.10M
Anchura mínima libre en los puentes de luz menor de 12M.	8.50M	8.50M	7.30M	7.30M	6.70M	6.70M
Grado máximo de curva.	10°	20°	20°	30°	30°	40°
Longitud mínima de curvas horizontales.	114M	46M	60M	38M	38M	28M
Distancia mínima entre curvas horizontales del mismo sentido.	150M	100M	100M	46M	60M	46M
Distancia mínima entre curvas horizontales de sentido contrario.	60M	46M	46M	46M	46M	46M
Distancia mínima entre curvas verticales del mismo sentido.	00M	00M	00M	00M	00M	00M
Distancia mínima entre curvas verticales en sentido contrario.	20M	20M	20M	20M	20M	20M

Mas sobreeanchos

Mayor anchura en casos necesarios

A = Terreno de Topografía suave

B = Terreno montañoso.

CUADRO 2

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA LA CARRETERA AL ATLANTICO

	CLASE DE TERRENO		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
Velocidad de diseño en kilómetros por hora	80	60	45
Curvas horizontales en grados	10	15	20
Pendiente máxima en %	6	6.5	7
Pendiente mínima absoluta en cortes en %	0.50	0.50	0.50
Distancia máxima para máxima pendiente en metros	2,000	1,500	1,000
Disminución de pendiente despues de la distancia máxima con pendiente máxima en %	1	1	1
Distancia mínima en que esta disminución es obligada	300	350	400
Compensación de pendiente en curva por grado de curvatura	0.1	0.1	0.07
Distancia de vista para rebase en curvas verticales en metros	210	170	140
Anchura de derecho de vía	25	25	25
Anchura de cuneta a cuneta.	11	11	11
Anchura de afirmado	7.20	7.20	7.20
Anchura de capa de rodadura	6.70	6.70	6.70

CUADRO 3

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE LA AUTOPISTA

GUATEMALA - AMATITLAN

El Departamento Técnico de la Dirección General de Caminos, acordó que, con vista al futuro, o sea considerando el aumento de tráfico que se registrará en un lapso de 40 a 50 años, el diseño y construcción de la Autopista deberá sujetarse a las especificaciones siguientes, salvo que por obtener un trabajo más económico, se acuerde modificarlas previo estudio.

- 1o. Pendiente máxima 4%
- 2o. Pendiente máxima absoluta 5%
- 3o. Tráfico: 4,000 a 20,000 vehículos diarios
- 4o. 2 secciones de dos líneas tráfico, de 7.20 mts. cada sección, más los hombros de 3 mts. conforme sección típica
- 5o. Ancho mínimo de derecho de vía: 50 mts.
- 6o. Velocidad recomendada de diseño: 80 a 120 kms. por hora.
- 7o. Curvatura máxima permitida: 2 grados 30 minutos para cuerda de 20 mts. (radios: 458.37 mts.) ó 4 grados para cuerda de 100 pies (radios: 1,432.40 pies)
- 8o. Visibilidad para curvas verticales: 330 mts.
- 9o. Visibilidad mínima absoluta: 228 mts.
- 10o. Los puentes serán calculados para la carga H20-S-16 y el ancho de los mismos serán conforme la sección típica.
- 11o. Altura libre estructura paso superior (galibo) 4.60 mts.

Las especificaciones que no aparecen aquí, se tomarán del F-P-41 y las de puentes del International Specifications for Bridges.

CUADRO 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS GEOMETRICAS

Anchos		Derechos de vía	Radios mínimos	Pendientes máximas	Velocidades de diseño	Visibilidades mínimas
calzada	corona					
m	m	m	m		Km/hora	m

Carreteras

Especiales a

(Freeways, express ways and parkways) 2x7.20 mínimo 25 60

Regiones:

Llanas		450	3%	100	400
Onduladas		350	4%	80	300
Montañosas		200	5%	60	200

Carreteras

Principales

(Main highways) 7.20 12 a 13.50 50

Regiones:

Llanas		350	3%	80	300
Onduladas		200	4%	60	200
Montañosas		100	5%	50	130
Escarpadas		60	6% c/	40	70

Carreteras

Secundarias:

(Secondary Roads) 6.50 10 a 12 30

Regiones:

Llanas		200	5%	60	200
Onduladas		100	6%	50	130
Montañosas		50	8% b/ d/	40	70

Caminos Vecinales

(Farm-to-market

roads) 5.50 7 a 10 20

Regiones:

Llanas		100	5%	50	130
Onduladas		50	8% b/	40	70
Montañosas		30	10% b/ e/	30	50

a/ Estas carreteras no tendrán cruces ni semáforos; sus accesos serán controlados y tendrán pistas para aceleración y desaceleración.

b/ Deben de ser evitadas las pendientes de más de 6%, especialmente por las dificultades que traen al tráfico y al mantenimiento de la carretera.

c/ Tolérase 7% hasta 300 metros de extensión.

d/ Tolérase 9% hasta 300 metros de extensión.

e/ Tolérase hasta 12% en 200 metros de extensión.

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL.

R.T.D. DE	CARRETERA	VELOCID. DE DISEÑO (K-R.H.) (M.)	ANCHO DE DISEÑO (M.)	B*2R0 (M.)	CORTÉ RELLENO DE H/A (M.)	RELLENO DE H/A (M.)	DERRECH. RADIO (M.)	PEND. MINIMO (M.)	PEND. MAX. (M.)	DIST. VISIB. PARADIST. VISIB.		RECOM. (M.)
										MINIMA (M.)	RECOM. (M.)	
3000	REGIONES: A	100						375	3	160	200	750
	ONDULADAS	80						225	4	110	150	520
	MONTAÑOSAS	60						110	5	70	100	350
1500	REGIONES: A	80			1.3	12	40					
	ONDULADAS	60						225	6	110	150	520
	MONTAÑOSAS	40						110	7	70	100	350
900	REGIONES: A	60		6.50	1.2	11	40					
	ONDULADAS	40						47	8	40	50	180
	MONTAÑOSAS	20										
500	REGIONES: A	40		6.00	1.1	10	40					
	ONDULADAS	20						225	6	110	150	520
	MONTAÑOSAS	10						110	7	70	100	350
100	REGIONES: A	20		5.50	0.50	8.50	40					
	ONDULADAS	10						47	8	40	50	180
	MONTAÑOSAS	5										
O	REGIONES: A	10		5.50	0.50	8.50	25					
	ONDULADAS	5						75	8	55	70	260
	MONTAÑOSAS	2						47	9	40	50	180
A	REGIONES: A	40										
	ONDULADAS	30						47	10	40	50	180
	MONTAÑOSAS	20						18	14	20	25	90

NOTAS:

- 1) R.T.D.: Promedio de Tráfico Diario
- 2) La Sección Típica para Carreteras Tipo "A", incluye sólo central de 150 mts. de ancho.
- 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carreteras, con excepción de la Tipo "A", en donde el ancho es variable.
- 4) La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser: para Carreteras Tipo "A", Homogénea, Concreto Asfáltico (frío o caliente) o Tratamiento Superficial Multiple; para Tipo "B" y "C", Concreto Asfáltico (frío o caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "D", Prof. Sup. Doble; para Tipo "E", Prof. Sup. Simple y para Tipo "F", recubrimiento de material selecto.
- 5) Los recubrimientos para las carreteras, desde el Tipo "A" y "B", dependen de las características mecánicas de los suelos y de las propiedades de los materiales de construcción de la obra.

CARGA:..... A-15-S-12

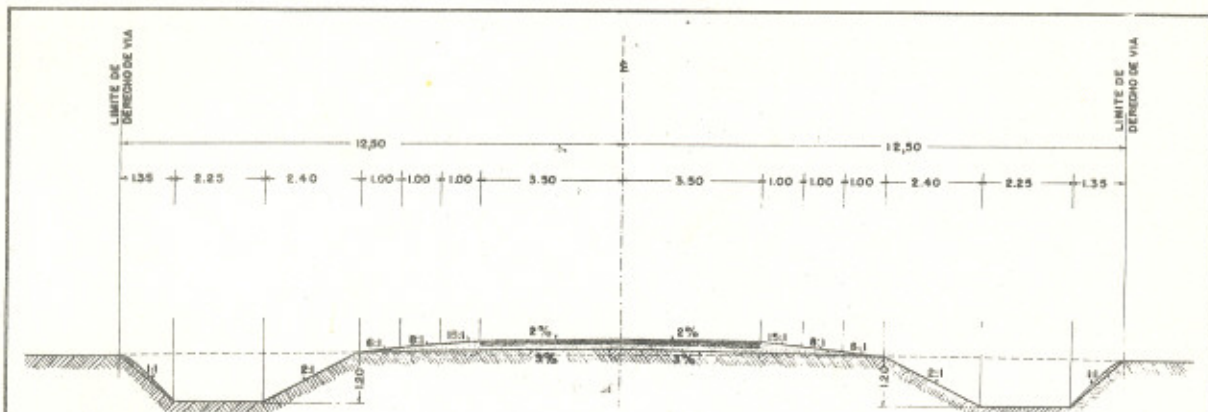
ALTURA LIBRE:..... 4.75 m

ANCHO:..... 7.90 m

ESTRUCTURAS

CUADRO 5

FIGURA 1



5 CMS DE CONCRETO ASFALTICO

10 A 20 CMS DE PIEDRIN NO MAYOR DE 3"
SEGUN CALIDAD DEL MATERIAL SELECTO.

10 A 20 CMS DE MATERIAL SELECTO CUANDO SE NECESITE.

NOTA:

LA RASANTE DE LOS PERFILES MUESTRA LA ELEVACION DE LA LINEA CENTRAL DEL PAVIMENTO FINAL.
SOBRE-ANCHO Y PERALTE EN CURVAS SEGUN TABLAS, EXCEPTO CUANDO SE INDIQUE EN LOS PLANOS OTRA COSA.

DIRECCION GRAL DE CAMINOS - GUATEMALA - C.A.

SECCION TIPICA DE PRESTAMO
EN TERRENO PLANO

DIBUJO: US. UGAR	PROYECTO:	CHEQUEO: ING. JOSÉ DE SAUT
FECHA: NOV. 12. 47		
APROBADO:	JEFE DE INGENIEROS	ESCALA: 1:100
VºBº	DIRECTOR GRAL DE CAM.	DIBUJO Nº

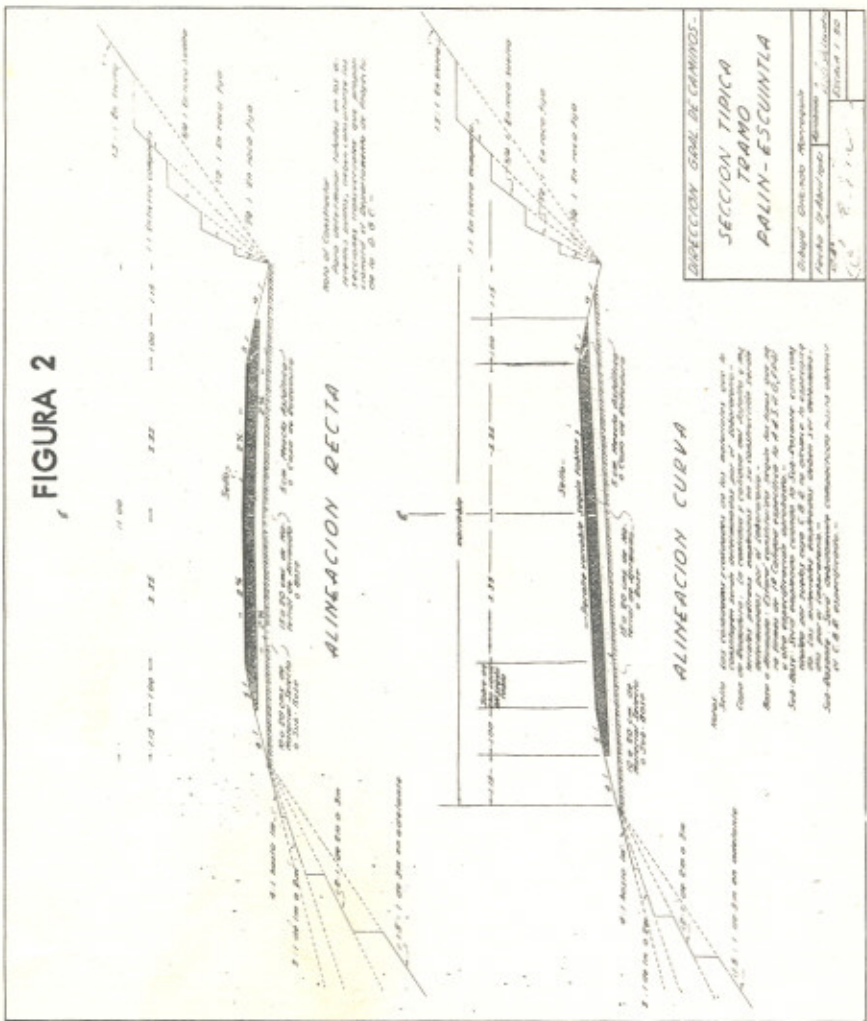


FIGURA 3

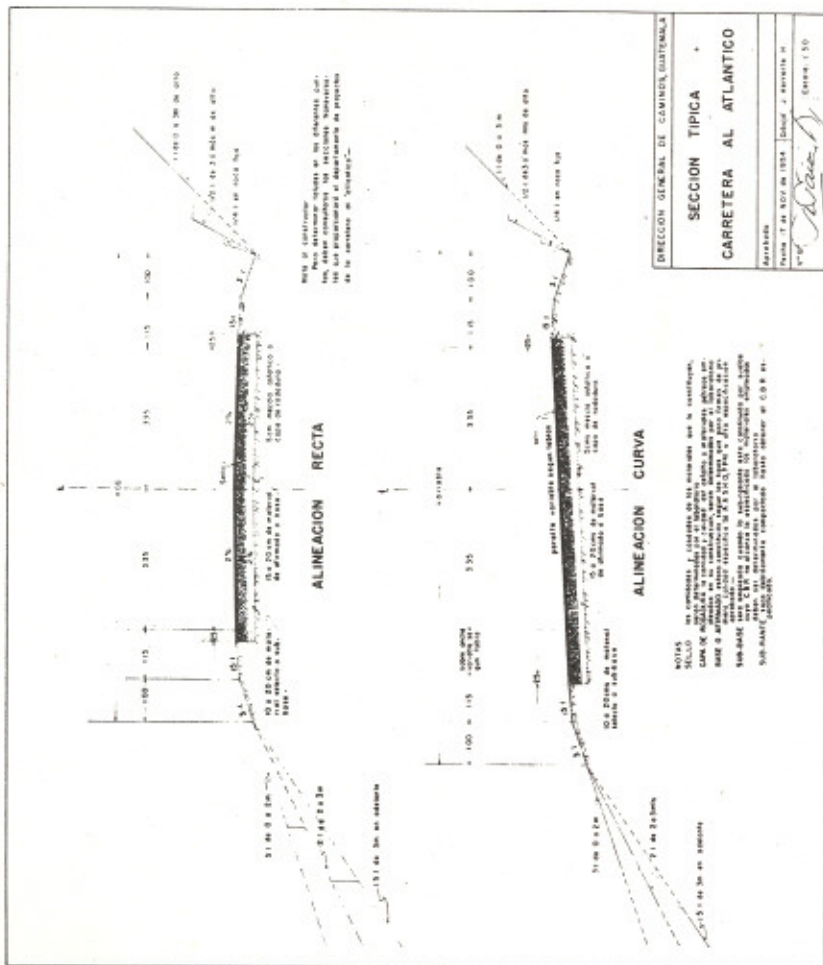
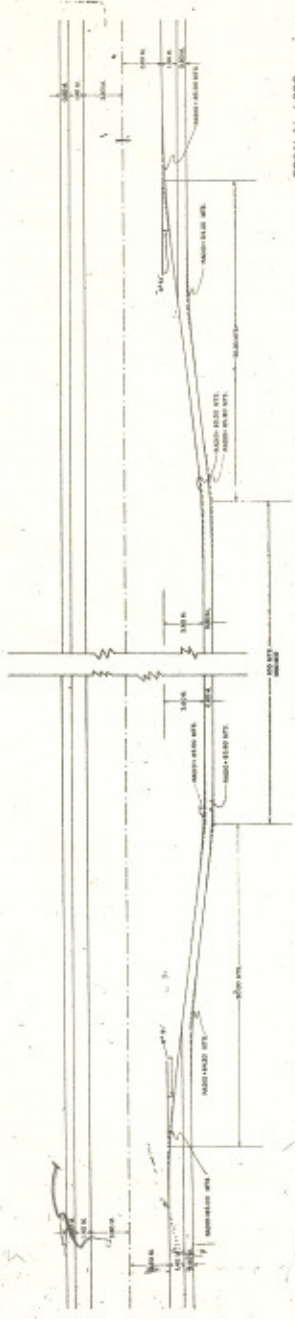
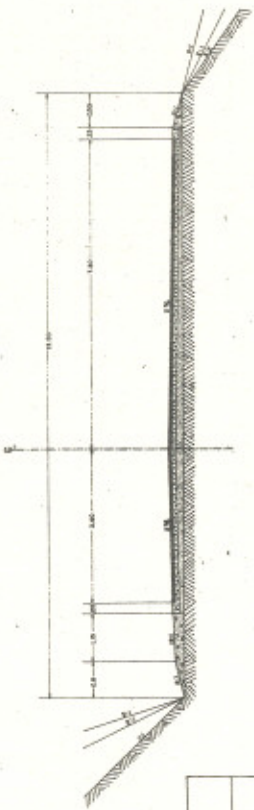


FIGURA 4



PLANTA



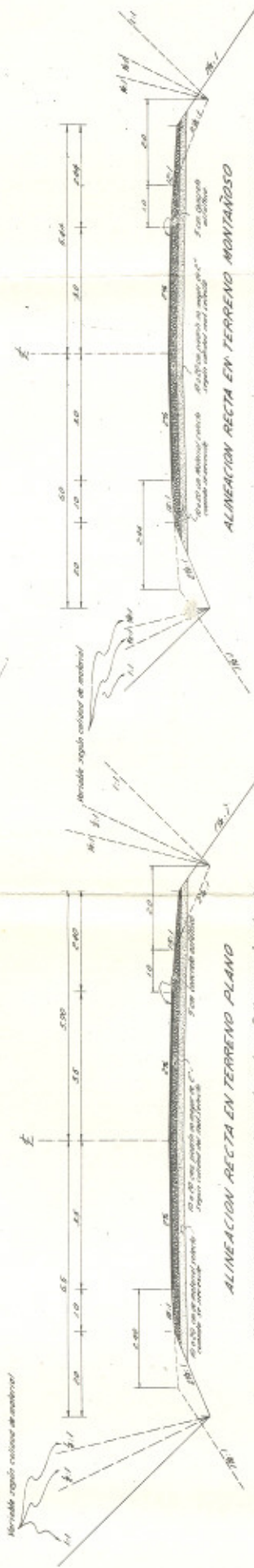
SECCION TIPICA

23.07.19

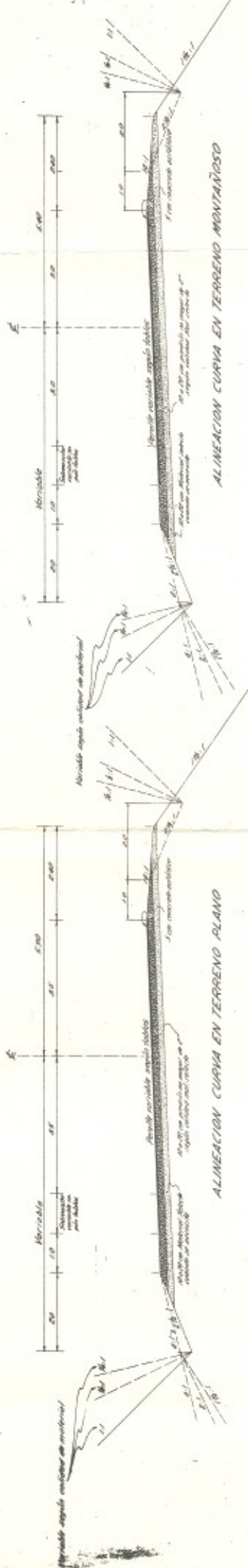
DIRECCION GENERAL DE CAMINOS	
GUATEMALA, G.A.	
ZONA DE PASO	
EN PENDIENTES MAXIMAS	
DEPARTAMENTO DE MIBERIA	
OCTUBRE DE 1955	
NO. 1	NO. 2

FIGURA 5

Proyecto No.	3000
Hoja No.	5000

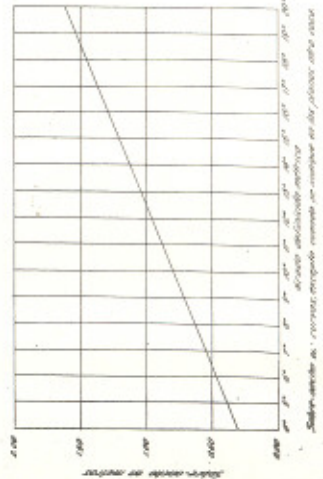


Nota: Las estacas de talud en alineación curva en terreno montañoso se colocan con base en la terreno firme adyacente a las alcantarillas. Se debe de construir el talud del lado exterior de la intersección de las alcantarillas en el momento de la construcción.



Nota: La curva se coloca perpendicular a E_1 en los 2 M de Anaduro, tomando el lado interior de dicha curva en el momento de la construcción.

Nota: La posición de las perforaciones de drenaje se debe de colocar en el momento de la construcción.



Nota: La curva se coloca perpendicular a E_1 en los 2 M de Anaduro, tomando el lado interior de dicha curva en el momento de la construcción.



Radio de la curva

Radio	Anchura
10.0	2.0
20.0	4.0
30.0	6.0
40.0	8.0
50.0	10.0
60.0	12.0
70.0	14.0
80.0	16.0
90.0	18.0
100.0	20.0

Nota: La curva se coloca perpendicular a E_1 en los 2 M de Anaduro, tomando el lado interior de dicha curva en el momento de la construcción.

Radio	Anchura
10.0	2.0
20.0	4.0
30.0	6.0
40.0	8.0
50.0	10.0
60.0	12.0
70.0	14.0
80.0	16.0
90.0	18.0
100.0	20.0

DIRECCION GENERAL DE CAMINOS GUATEMALA

CARRETERA INTERAMERICANA

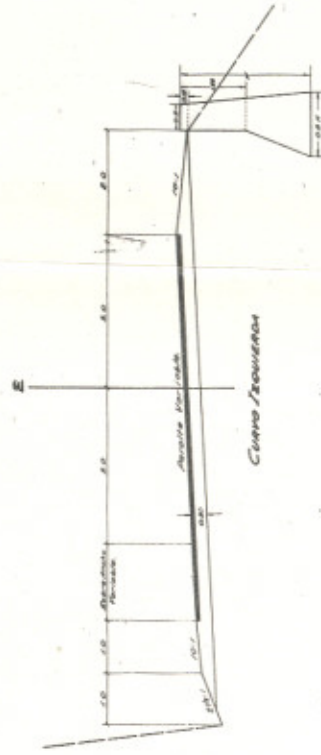
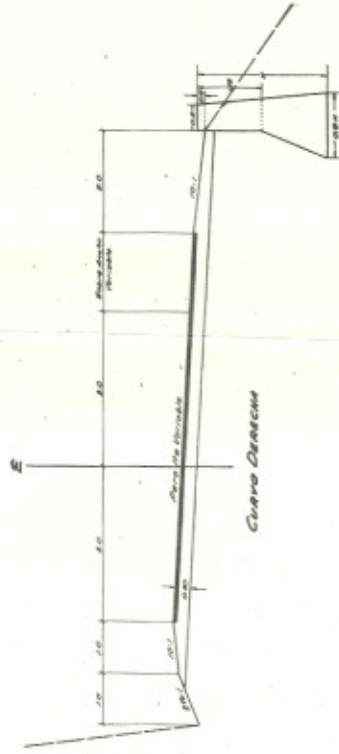
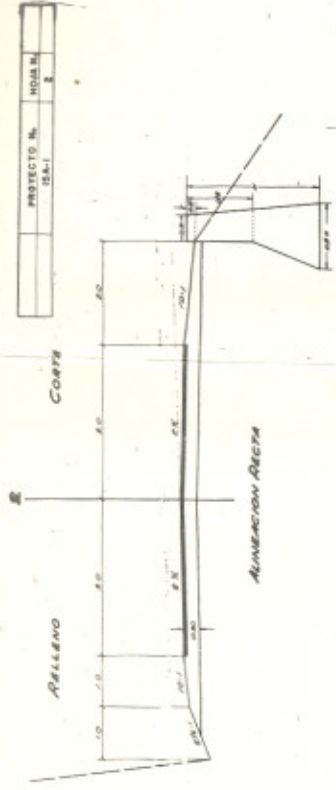
SECCION TRANSVERSAL TIPICA

Disenado por: Cayulo S.

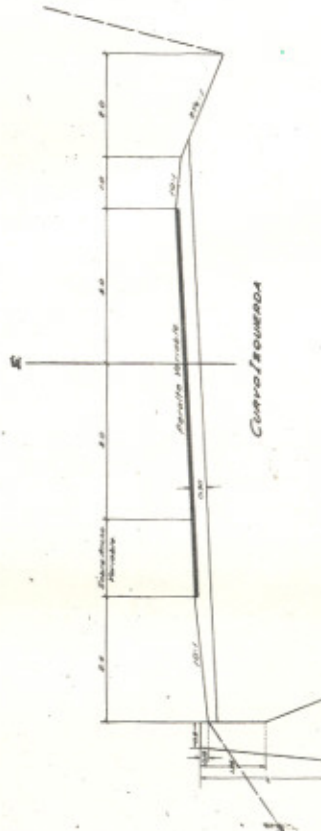
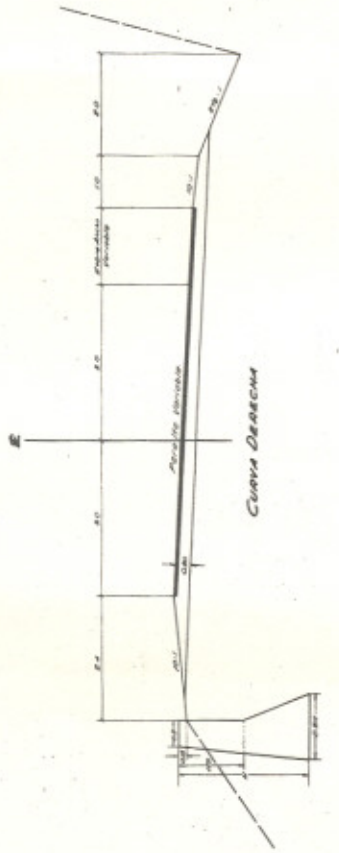
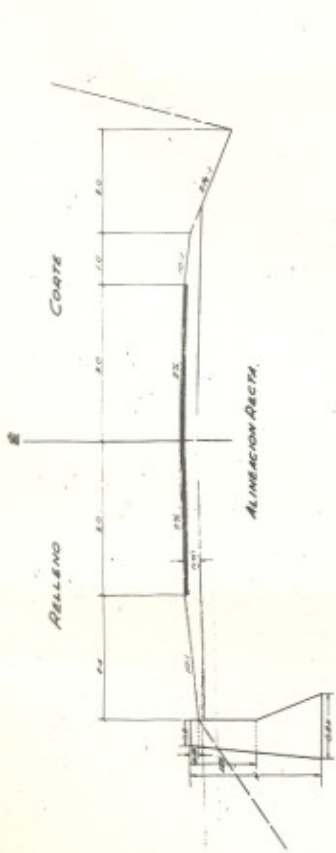
Fecha: Mayo 11 de 1958

Escala: 1:80

FIGURA 6



SECCIONES TÍPICAS DE 30+000 A 30+1000



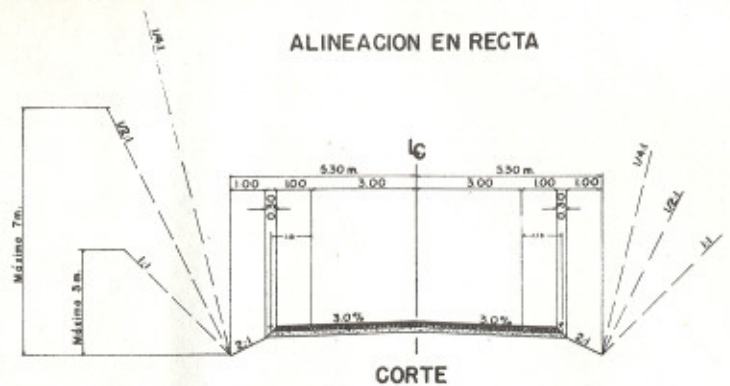
SECCIONES TÍPICAS DE 30+1000 A 30+1500

NOTA:
Las pendientes en el plano de las secciones de
Cortes y Alineación son iguales al Diagrama de
Alineación de acuerdo con las condiciones del terreno.

PROYECTO N.º	HOJA N.º
15-1	2

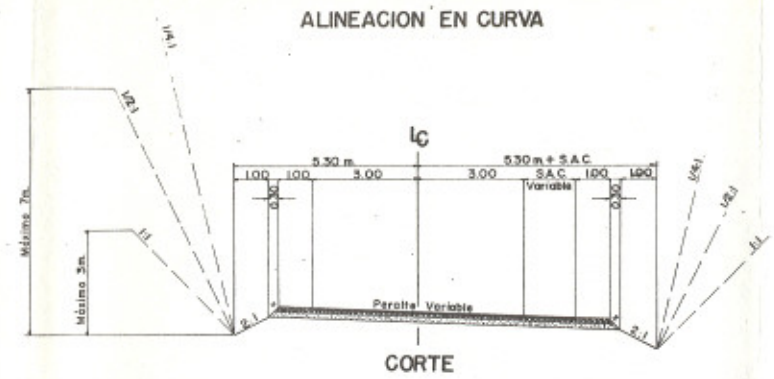
DIRECCION GENERAL DE CAMINOS REPUBLICA DE GUATEMALA	
CARRETERA INTERAMERICANA	
SECCIONES TÍPICAS DE ALINEACION Y CORTES (1:1000) (1:500)	
(M. E. Torres)	
ESCALA 1:50	Diagn. A. Torres
Elaborado por: F. Torres	Verificado por: F. Torres
Revisado por: F. Torres	Corregido por: F. Torres
Aprobado por: F. Torres	Entregado por: F. Torres

ALINEACION EN RECTA



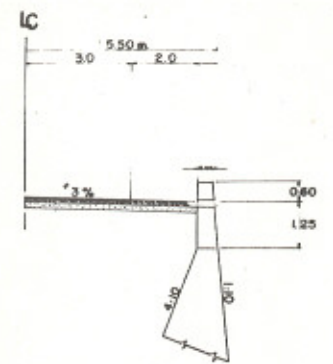
CORTE

ALINEACION EN CURVA

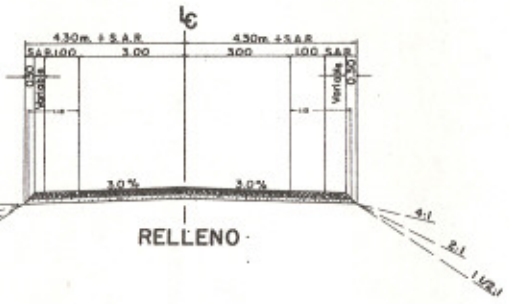


CORTE

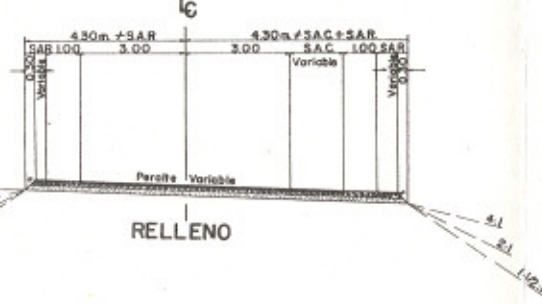
SECCION CON MURO



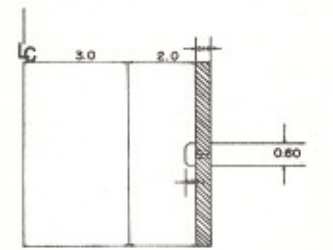
SECCION



RELLENO



RELLENO



PLANTA

* Talud variable según el espesor del pavimento manteniendo constante el ancho de 0.30 mts.
S.A.R. = Sobre Ancho en Relleño.
S.A.C. = Sobre Ancho en Curva.

* Talud variable según el espesor del pavimento, manteniendo constante el ancho de 0.30 mts.

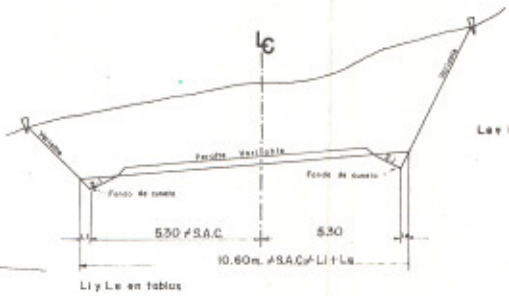
* En curva se variará el peralte y se asegurará el sobreaño según el grado de curvatura.

SOBREAÑO EN RELLEÑOS (S.A.R.)
El sobreaño en relleños varía según la altura (h) del relleno en el hombro:

h	S.A.R.
0 - 3	0.20
3 - 6	0.40
6 - 9	0.60
9 - 12	1.00
12 - 15	1.50
15 - 20	1.80

Valores en metros

ESTACAS DE TALUD.
Para la colocación de estacas de talud se usará la sub-rosante con el ancho respectivo (Li y La)



Li y La en tablas

Li = LADO INTERNO DE LA CURVA

PERALTE	TALUDES		
	1:1	1/2:1	1/4:1
0%			
1%			
2%			
3%	0.46	0.33	0.22
4%	0.44	0.22	0.11
5%	0.43	0.22	0.11
6%	0.41	0.21	0.11
7%	0.40	0.21	0.11
8%	0.39	0.20	0.11
9%	0.38	0.20	0.10
10%	0.36	0.19	0.10

Valores para tangente o semitangente de 10 m.

La = LADO EXTERNO DE LA CURVA

PERALTE	TALUDES		
	1:1	1/2:1	1/4:1
0%	0.50	0.25	0.12
1%	0.51	0.25	0.12
2%	0.53	0.26	0.13
3%	0.55	0.27	0.13
4%	0.56	0.27	0.14
5%	0.58	0.28	0.14
6%	0.60	0.29	0.14
7%	0.61	0.29	0.14
8%	0.63	0.30	0.15
9%	0.65	0.31	0.15
10%	0.67	0.32	0.15

VALORES EN METROS.

TALUD DE CORTE	
ALTURA	TALUD
menor de 3m	1:1
de 3 a 7m	1/2:1
mayor de 7m	1/4:1

Cuando sea ventajoso, el Ingeniero puede autorizar el uso de inclinaciones de 1/8:1 para corte y 1/4:1 para relleno.

TALUD DE RELLENO	
ALTURA	TALUD
menor de 1m	3:1
de 1 a 3m	2:1
mayor de 3m	1 1/2:1

NOTAS

- 1.- Cuando se corte en raca, sólo se cortará 0.20 m. abajo de la rosante.
- 2.- El Ingeniero puede autorizar ampliaciones para proveer áreas de estacionamiento para vehículos descompuestos.
- 3.- La subrosante se construirá de Material Selecto con espesor variable según C.B.R. La base se construirá de pedrin con espesor variable según C.B.R.

DIRECCION GENERAL DE CAMINOS

CARRETERA INTERAMERICANA

GUATEMALA

SECCION TIPICA

PARA USARSE DE EST 301+498 a 312+880.

PROYECTO No. 34.

ESCALA 1:75 15-11-60 ARCHIVO

DISEÑO: Oficina Diseño C.I.A. DIBUJO: Rolando Acevedo

Director General de Caminos

FIGURA 8

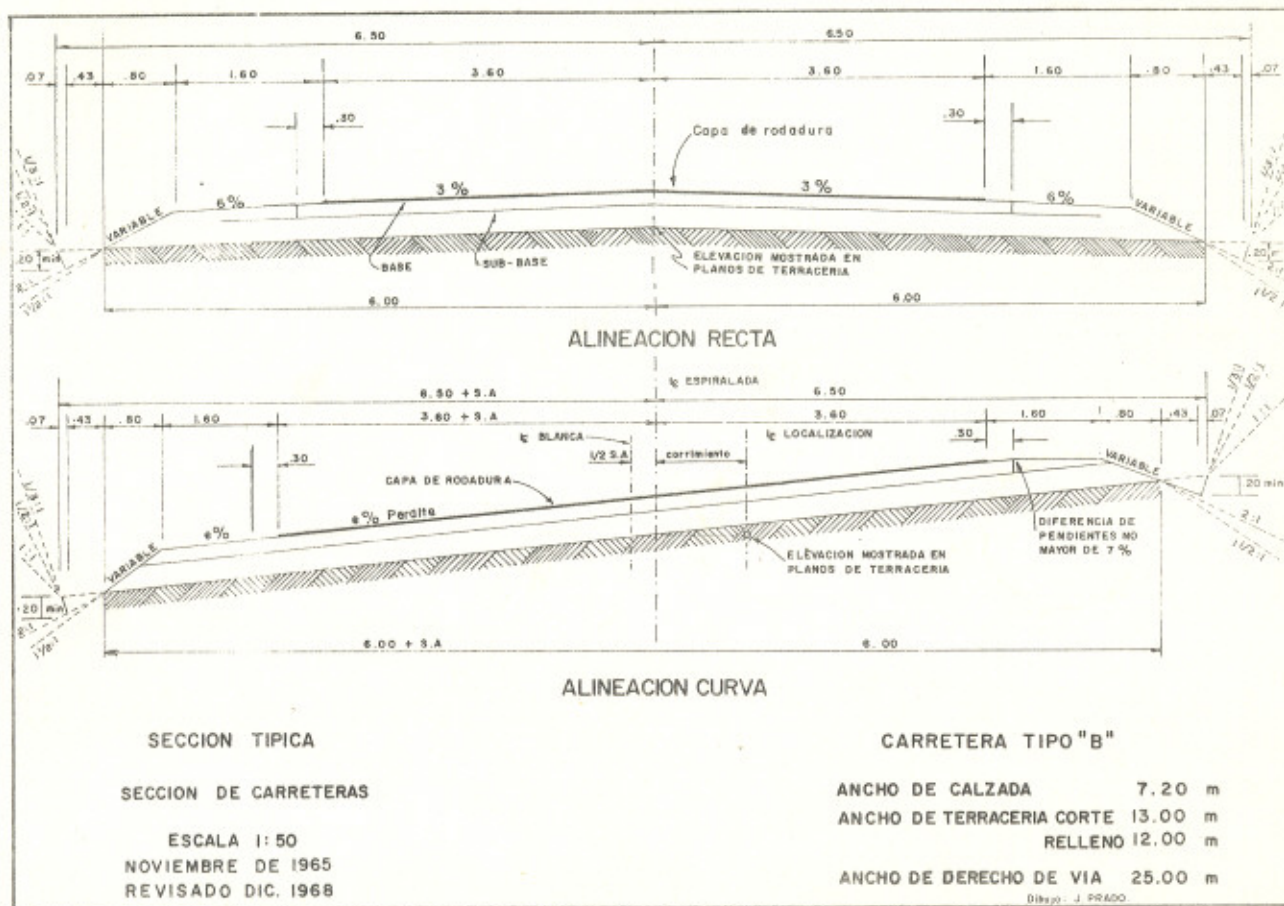
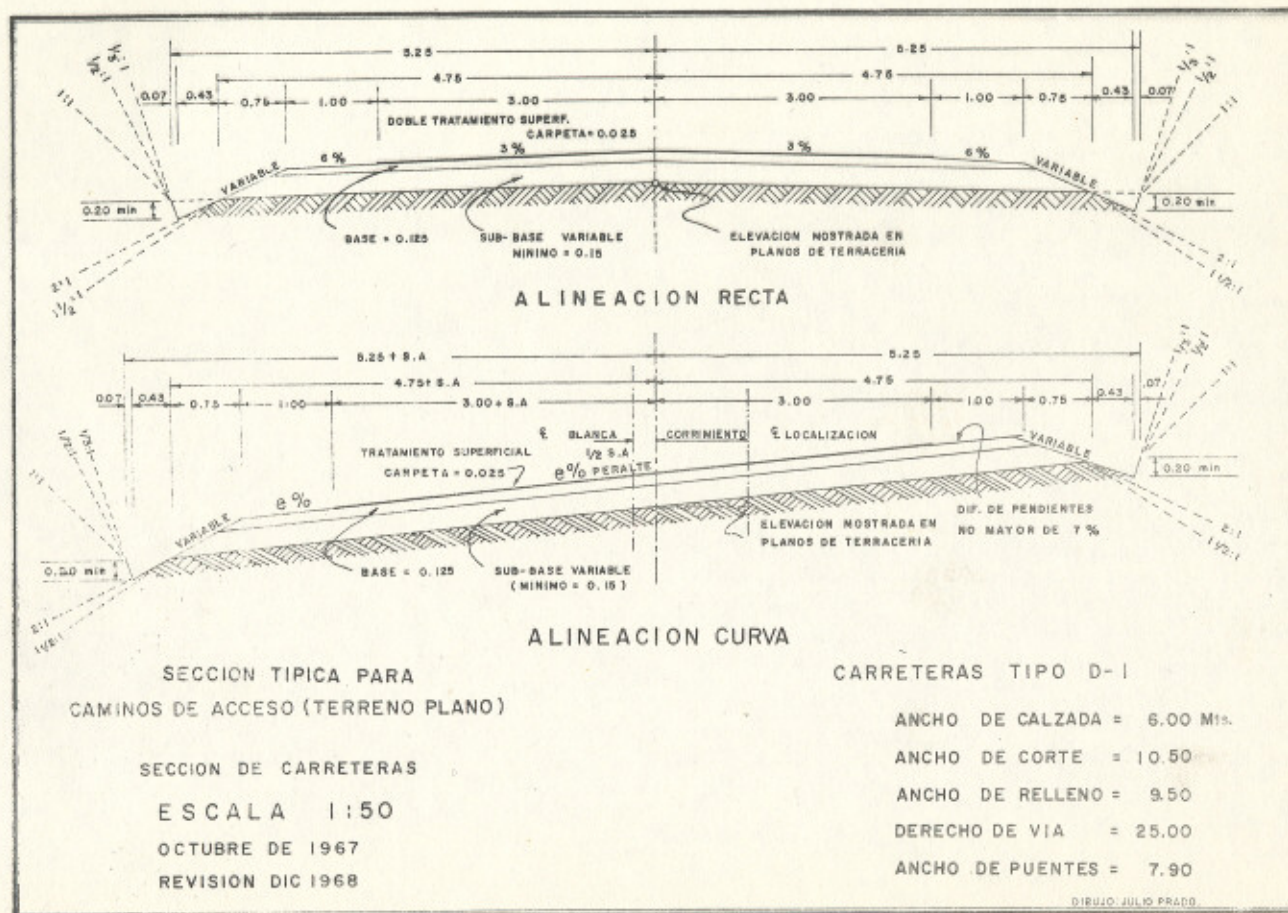


FIGURA 9



METODO DE CORRIMIENTOS PARA EL TRAZO DE ESPIRALES PARA CARRETERAS

- 1o. Se trazará la Línea Central Base, con curvas circulares.
- 2o. Los corrimientos determinados con los gráficos, según el grado de la curva circular y la velocidad de diseño, se tomarán hacia el interior de la curva.
- 3o. La rasante se calculará conforme al estacionamiento de la Línea Central Base y corresponderá a la línea central de la espiral formada.
- 4o. Estos corrimientos no incluyen los sobre-anchos, que serán repartidos proporcionalmente a la longitud de espiral y agregados en el interior de la curva.

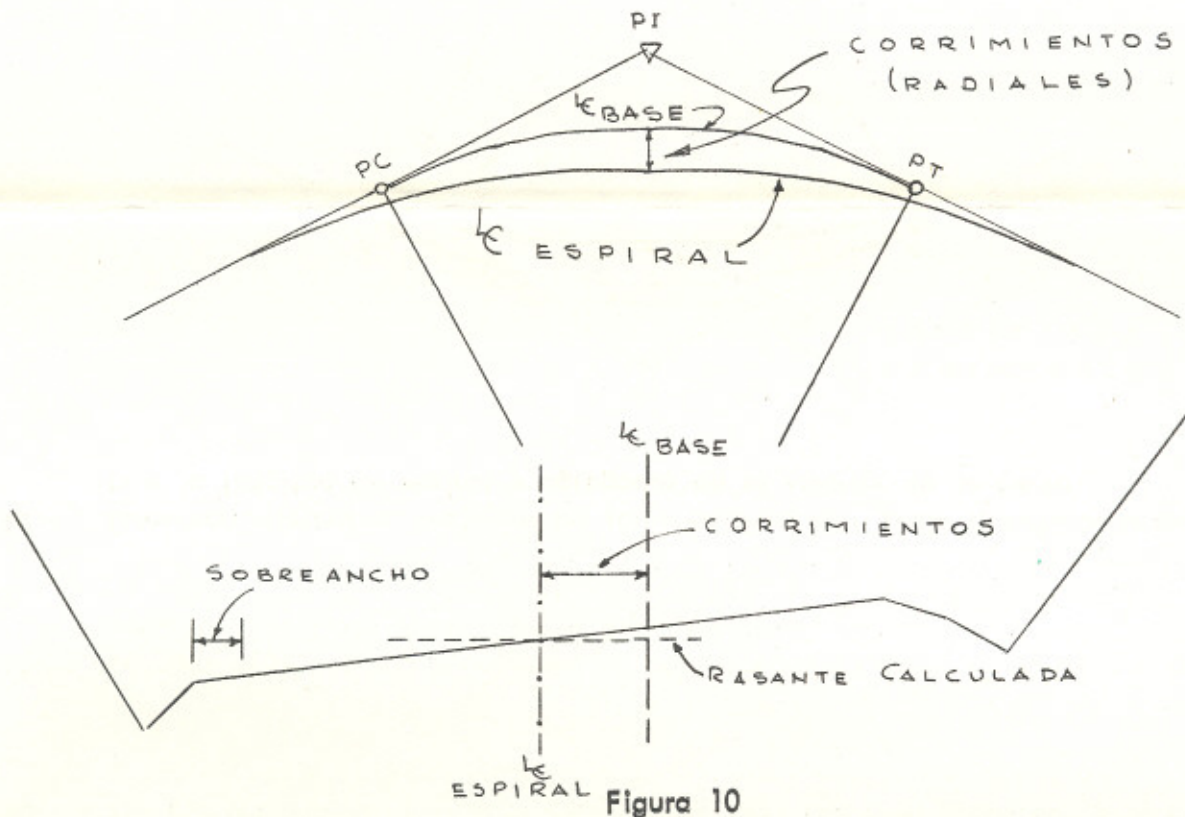


Figura 10

SOBRE-ANCHOS, PARA PAVIMENTOS SOBRE CURVAS

Grado de Curva	5° 6 menos	6°	7°	8°	13°	14°	18°	19°	21°	22°	23°	28°	29°
Sobre-Ancho en metros	0.0	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4

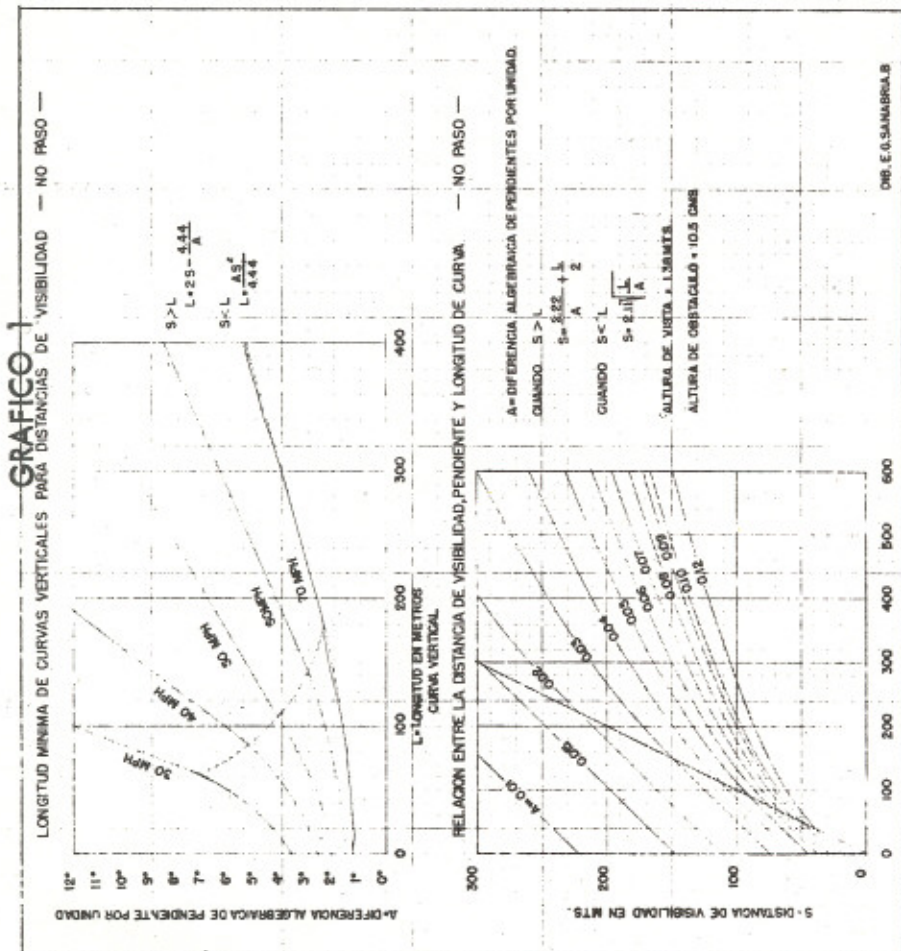
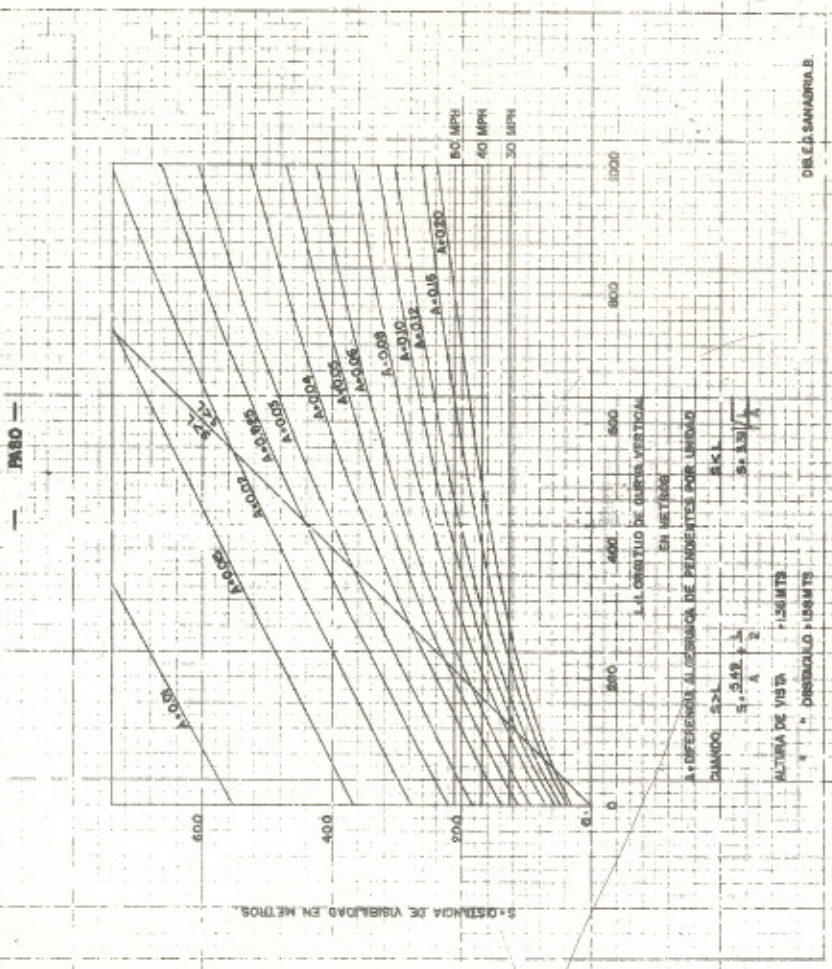


GRAFICO 2

RELACION ENTRE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD, PENDIENTE Y LONGITUD DE CURVA VERTICAL



DR. E. C. SANDERSON, B.

LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL CONVEXA
PARA VISIBILIDAD DE PARADA

DIRECCION GENERAL DE CAMINOS
SECCION DE ESTUDIO DE CARRETERAS
GUATEMALA, C.A.
AGOSTO, 1963.

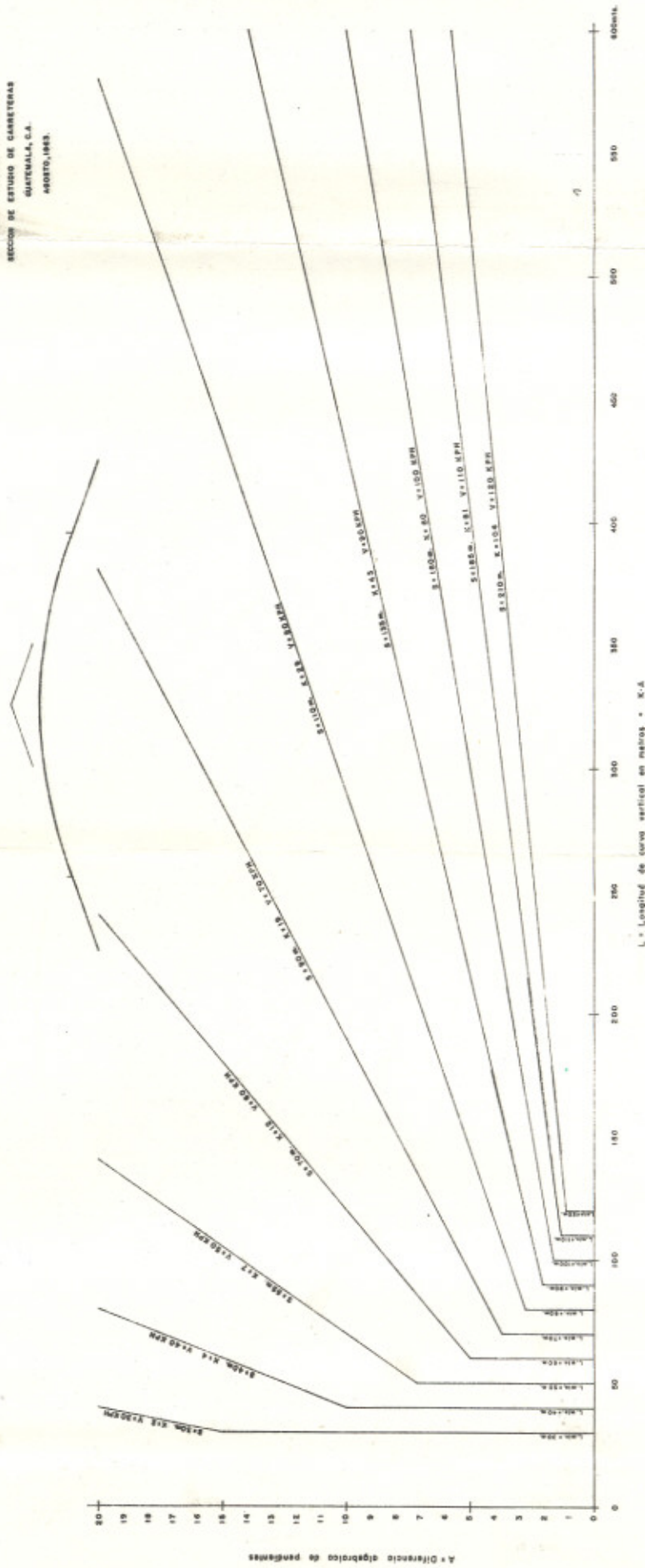


GRAFICO No. 4

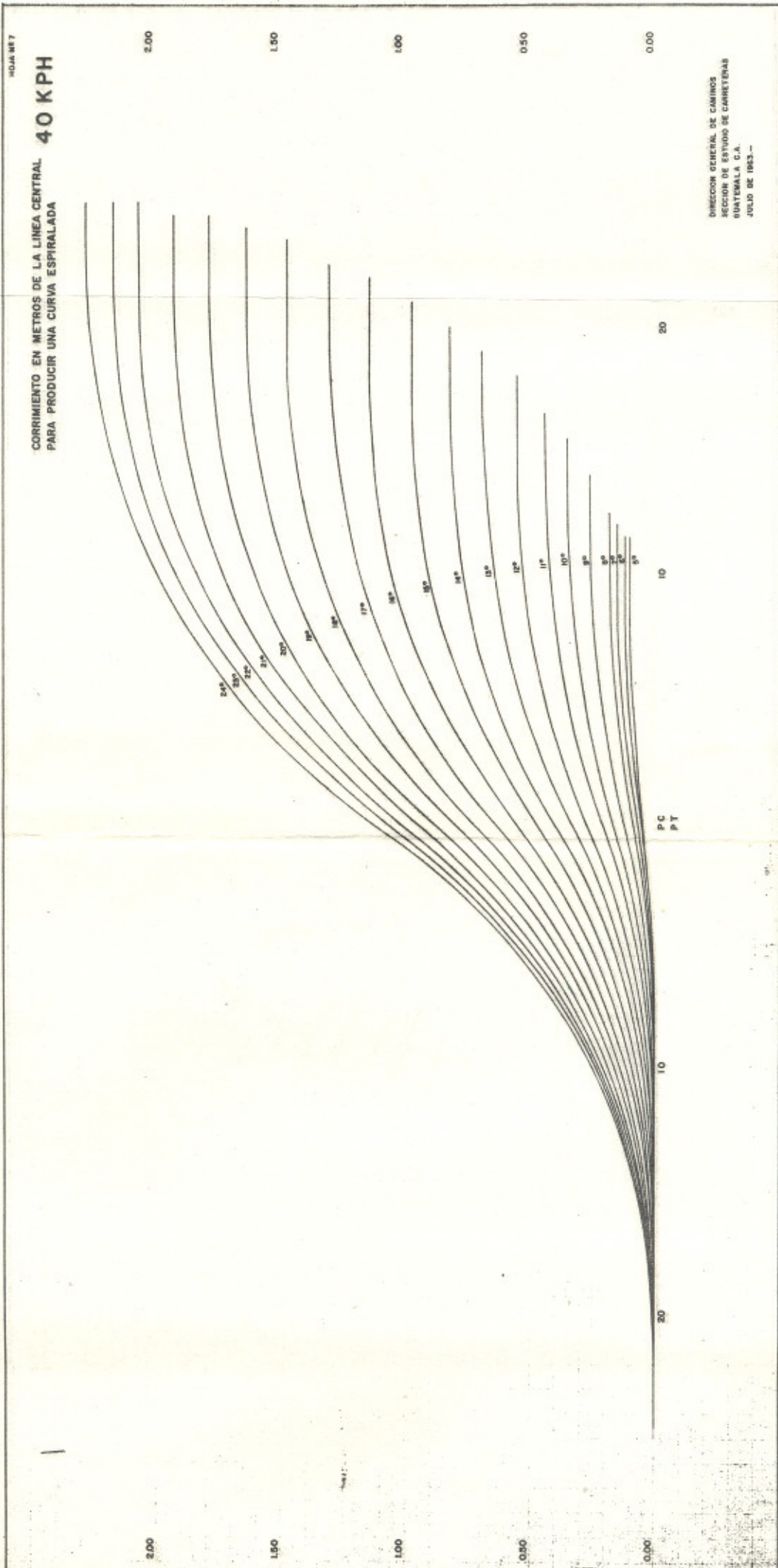
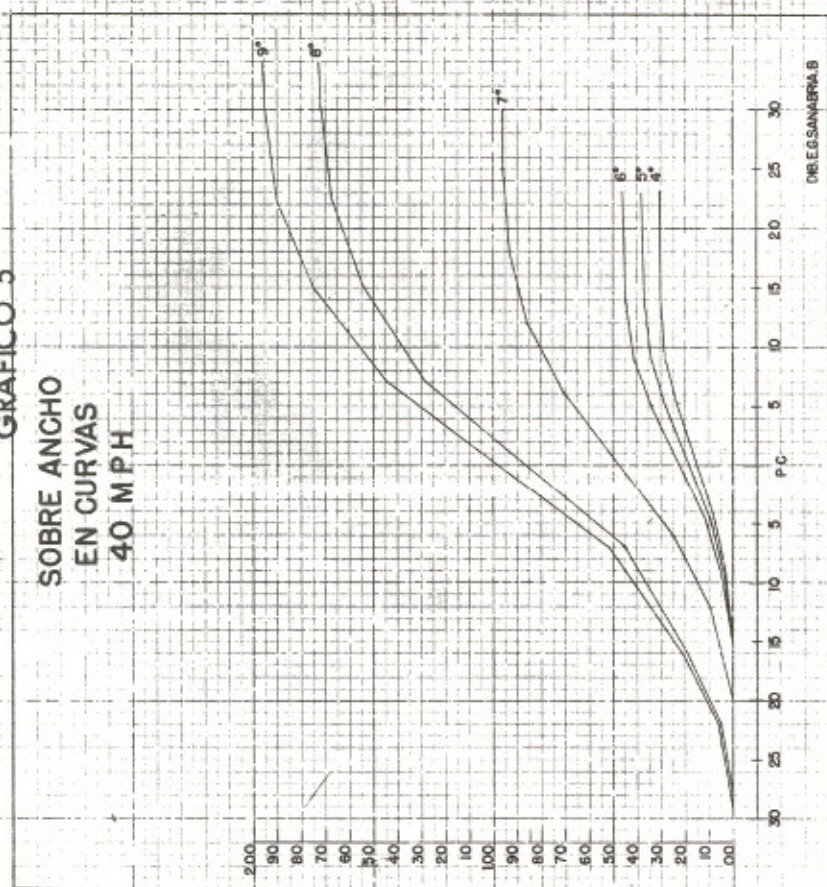


GRAFICO 5

SOBRE ANCHO
EN CURVAS
40 MPH



ORDENADAS DE VISIBILIDAD

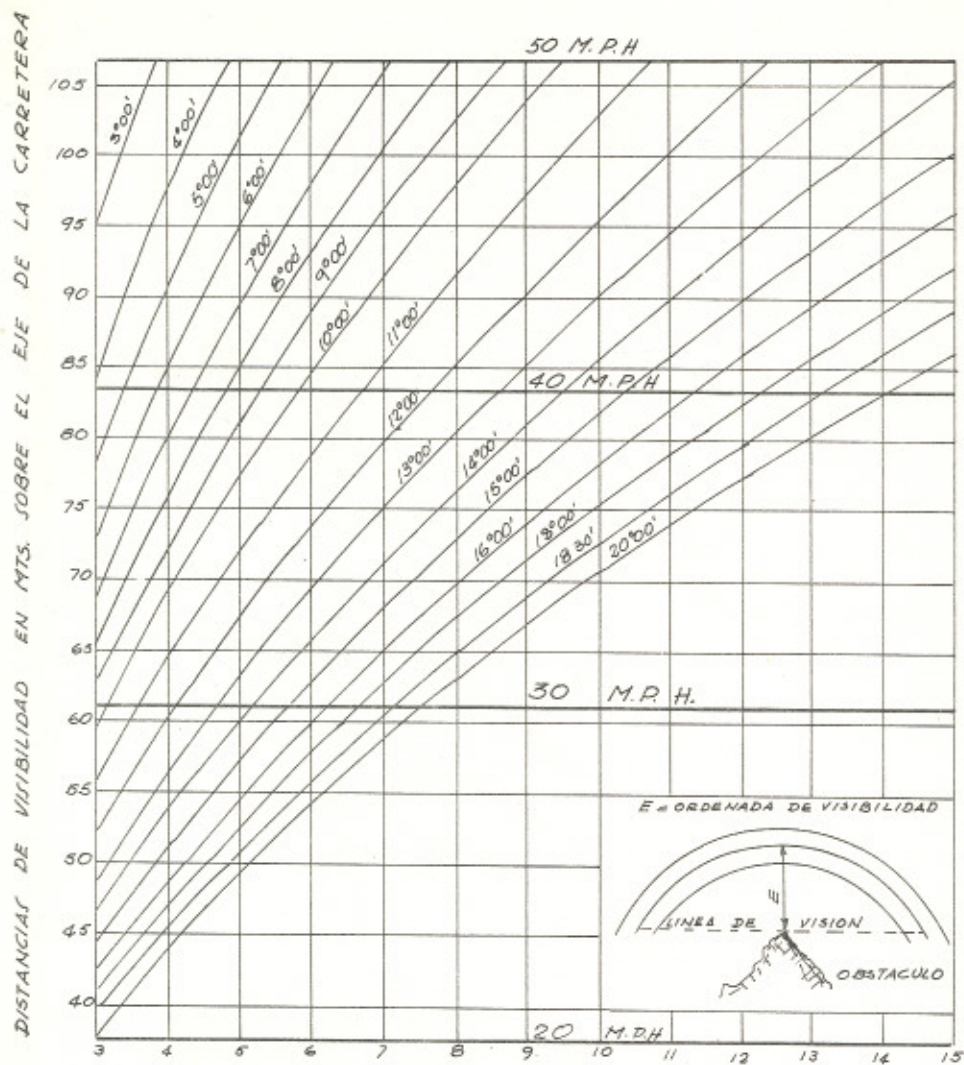


GRAFICO No. 6
ORDENADA DE VISIBILIDAD

BANQUETAS DE VISIBILIDAD

G.C.	40 K.P.H.	50 K.P.H.	60 K.P.H.	80 K.P.H.	100 K.P.H.	120 K.P.H.
	D MAXIMO	D MAXIMO	D MAXIMO	D MAXIMO	D MAXIMO	D MAXIMO
1				0.70	3.40	5.40
2			0.20	1.20	7.30	15.50
3			0.60	3.90	12.60	
4			1.00	5.80		
5			1.50	8.00		
6			2.40	10.30		
7		0.30	3.40			
8		0.85	4.20			
9		1.25	5.25			
10		1.65	6.20			
11	0.10	2.20				
12	0.40	2.60				
13	0.60	3.20				
14	0.90	3.70				
15	1.20	4.30				
16	1.50					
17	1.75					
18	2.05					
19	2.35					
20	2.70					
21	3.00					
22	3.40					
23	3.80					

Nota: Los valores arriba tabulados deberán repartirse proporcionalmente en la longitud de la espiral.

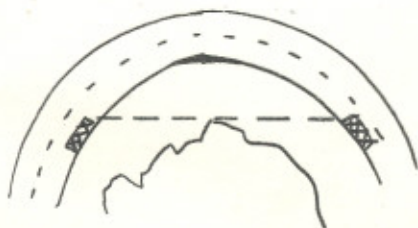
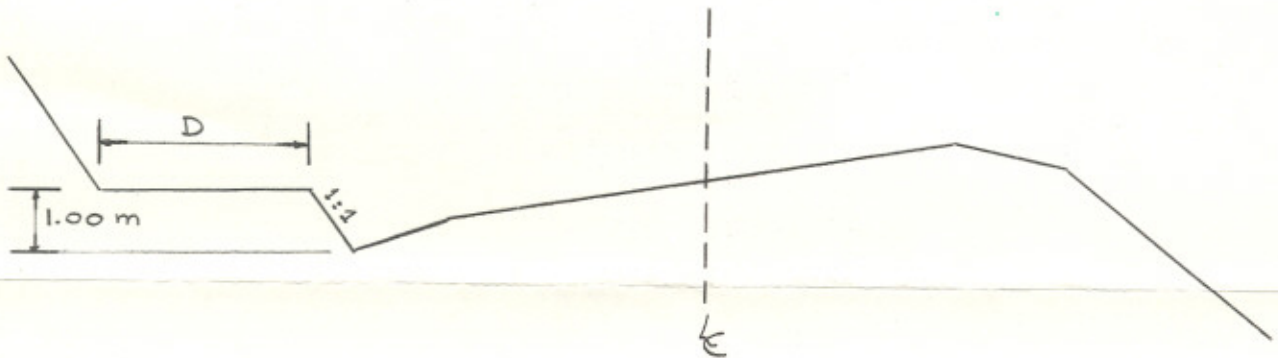


TABLA 1

GRADO M	RADIO EN METROS	ESPIRAL INTERIOR			PERALTES			COMPEN SACION
		50 MPH	40 MPH	30 MPH	50 MPH	40 MPH	30 MPH	
0° 10'	6875.49				2.00%	2.00%	2.00%	
0° 20'	3437.75				2.00%	2.00%	2.00%	
0° 30'	2291.83				2.00%	2.00%	2.00%	
0° 40'	1718.87				2.00%	2.00%	2.00%	
0° 50'	1375.10				2.00%	2.00%	2.00%	
1° 00'	1145.92				2.00%	2.00%	2.00%	
1° 30'	763.94				3.00%	2.00%	2.00%	
2° 00'	572.96				4.00%	3.00%	2.00%	
2° 30'	458.37				5.50%	3.50%	2.00%	
3° 00'	381.97				7.00%	4.30%	2.00%	
3° 30'	327.40				8.00%	5.00%	3.00%	
4° 00'	286.48	45.72	45.72	45.72	9.00%	6.00%	3.00%	0.28%
4° 30'	254.65	60.96	45.72	45.72	10.00%	6.50%	4.00%	0.31%
5° 00'	229.18	76.20	45.72	45.72	10.00%	7.00%	4.00%	0.35%
5° 30'	208.35	83.82	45.72	45.72	10.00%	7.75%	4.50%	0.39%
6° 00'	190.99	91.44	45.72	45.72	10.00%	8.50%	5.00%	0.42%
6° 30'	176.29		53.34	45.72		9.25%	5.25%	0.46%
7° 00'	163.70		60.96	45.72		10.00%	5.50%	0.49%
7° 30'	152.79		68.58	45.72		10.00%	5.75%	0.53%
8° 00'	143.24		76.20	45.72		10.00%	6.00%	0.56%
8° 30'	134.81		76.20	45.72		10.00%	6.50%	0.60%
9° 00'	127.32		76.20	45.72		10.00%	7.00%	0.63%
9° 30'	120.62			45.72			7.50%	0.67%
10° 00'	114.59			45.72			8.00%	0.70%
10° 30'	109.13			45.72			8.75%	0.74%
11° 00'	104.17			45.72			9.00%	0.77%
11° 30'	99.64			45.72			9.25%	0.81%
12° 00'	95.49			45.72			9.50%	0.84%
12° 30'	91.67			45.72			9.75%	0.88%
13° 00'	88.15			45.72			10.00%	0.91%
13° 30'	84.88			45.72			10.00%	0.95%
14° 00'	81.85			45.72			10.00%	0.98%
14° 30'	79.03			45.72			10.00%	1.02%
15° 00'	76.39			45.72			10.00%	1.05%
15° 30'	73.93			53.34			10.00%	1.09%
16° 00'	71.62			60.96	45.72		10.00%	1.12%
16° 30'	69.45			60.96	45.73		10.00%	1.16%
17° 00'	67.41			60.96	45.72		10.00%	1.19%
17° 30'	65.48			60.96	45.72		10.00%	1.23%
18° 00'	63.66			60.96	45.72		10.00%	1.26%
18° 30'	61.94			60.96	45.72		10.00%	1.30%
19° 00'	60.31			60.96	45.72		10.00%	1.33%
19° 30'	58.76			60.96	45.72		10.00%	1.37%
20° 00'	57.30			60.96	45.72		10.00%	1.40%
20° 30'	55.90			60.96	45.72		10.00%	1.44%
21° 00'	54.57			60.96	45.72		10.00%	1.47%

Nota: El peralte en % deberá repartirse proporcional a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el P.C. o, P.T. el centro de la espiral (interior).

En las curvas menores de 4° se repartirá el peralte en % en una longitud de 45.72 mts. siendo de 34.49 sobre la tangente y 11.43 sobre la curva a partir del P.C. o P.T.

PERALTE RECOMENDADO Y MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION

G	RADIO	30 K.P.H.		40 K.P.H.		50 K.P.H.		60 K.P.H.		70 K.P.H.		80 K.P.H.		90 K.P.H.		100 K.P.H.		110 K.P.H.		120 K.P.H.	
		D _s =27 L=125		D _s =30 L=140		D _s =33 L=155		D _s =37 L=170		D _s =40 L=185		D _s =43 L=200		D _s =46 L=215		D _s =50 L=230		D _s =53 L=245		D _s =56 L=260	
		e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s	e %	L s
1°	1145.92	8N	17	8N	23	8N	28	1.4	34	1.9	39	2.5	45	3.1	50	3.8	56	4.7	62	5.5	67
2°	572.96	8N	17	8N	23	1.9	28	2.8	34	3.8	39	4.9	45	6.2	51	7.7	64	9.0	79	9.9	94
3°	381.97	8N	17	8N	23	2.9	28	4.1	34	5.6	40	7.3	53	8.9	69	9.9	83				
4°	286.48	1.4	17	2.5	23	3.8	28	5.5	35	7.4	49	9.1	65	10.0	77						
5°	229.18	1.7	17	3.1	23	4.8	28	6.8	42	8.7	58	9.9	71								
6°	190.99	2.1	17	3.7	23	5.8	32	7.9	48	9.6	64										
7°	163.70	2.4	17	4.3	24	6.6	37	8.8	54	10.0	67										
8°	143.24	2.8	17	4.9	25	7.4	41	9.4	58												
9°	127.32	3.1	17	5.5	28	8.1	45	9.8	60												
10°	114.59	3.5	17	6.1	31	8.7	49	10.0	61												
11°	104.17	3.8	17	6.6	33	9.1	51														
12°	95.49	4.2	19	7.1	36	9.5	53														
13°	88.15	4.5	20	7.6	38	9.8	56														
14°	81.85	4.8	22	8.0	40	9.9	56														
15°	76.39	5.2	23	8.4	42	10.0	56														
16°	71.62	5.5	25	8.7	44																
17°	67.41	5.8	26	9.0	45																
18°	63.66	6.1	27	9.3	47																
19°	60.31	6.4	29	9.5	48																
20°	57.30	6.7	30	9.7	49																
21°	54.57	7.0	32	9.8	49																
22°	52.09	7.2	32	9.9	50																
23°	49.82	7.5	34	10.0	50																
24°	47.75	7.8	35	10.0	50																
25°	45.84	7.9	36																		
26°	44.07	8.1	37																		
27°	42.44	8.3	37																		
28°	40.93	8.5	38																		
29°	39.51	8.7	39																		
30°	38.20	8.9	40																		
31°	36.97	9.0	41																		
32°	35.81	9.2	41																		
33°	34.73	9.3	42																		
34°	33.70	9.4	42																		
35°	32.74	9.5	43																		
36°	31.83	9.6	43																		
37°	30.97	9.7	44																		
38°	30.16	9.8	44																		

BN = BOMBEO NORMAL

- 1) EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "A" RECOMENDADO POR LA AASHO[®]
- 2) EL PERALTE SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DERIVANDO SER EL PC+PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL.
- 3) EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO, SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO.
- 4) EL PESO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O EL FINAL DE LA ESPIRAL (TS+ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA EN ESTA DISTANCIA DE CALCULO EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASPHALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE. SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO, QUE SON LAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASPHALTICO DE 7.30 METROS Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5) LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6) LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL, SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.

[®] POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS, AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS, TERCERA IMPRESION.

JUNIO 1963, CORRECCION AGOSTO 1964.

TABLA No. 2

Aunque es de suponer que para proyectos anteriores hayan existido las respectivas especificaciones geométricas generales, no fue posible obtenerlas para éste estudio y sólo se encontraron las que fueron puestas en vigor el 5 de octubre de 1951 (Cuadro 1). Es decir que no se encontraron las normas geométricas que se utilizaron en los Proyectos Escuintla-Puerto San José y Escuintla-Taxisco diseñados antes de la fecha indicada, pero puede ser posible que se haya hecho adaptaciones de las especificaciones que normaban a la Carretera F.D. Roosevelt.

En estos dos proyectos y principalmente en el Escuintla-Taxisco, existió también la tendencia a aprovechar el trazo y puentes de los caminos antiguos como puede apreciarse actualmente, y a ello se debe que en un terreno de topografía casi plana se encuentren curvaturas hasta de 20° .

Es muy interesante comparar las normas de 1951 con las de 1965 (Cuadro 5). Varias observaciones pueden hacerse:

En primer lugar éstas últimas ya toman en cuenta el número de vehículos por día para hacer una clasificación más amplia en cuanto al tipo de carretera adecuada a una región y topografía determinada; así como las velocidades convenientes a cada tipo de terreno.

Los anchos de calzada tienen ligeras variaciones, pero los anchos de terracería varían en cuanto al concepto de corte o relleno en el Cuadro 5.

Es importante hacer notar que el derecho de vía sigue siendo de 25 mts. en todos los proyectos en construcción, y no de 40° como se exige en el cuadro de

1965.

El Cuadro 1 presenta datos a los que actualmente se les presta poca importancia pero que en realidad deben ser estudiados detenidamente porque representan conceptos útiles a la economía en la construcción y operación de una carretera, y si de ellos no se toman los valores numéricos ya sea por muy exigentes o conservadores, conviene analizarlos y adaptarlos a las demandas actuales. Podemos señalar de este cuadro entre otros:

Distancia máxima con pendiente máxima.

Compensación de pendiente máxima por cada grado de curvatura.

Disminución de pendiente después de la distancia máxima con pendiente máxima.

Distancia mínima en que esta disminución es obligada.

Distancia mínima entre curvas horizontales de sentido contrario.

Distancia mínima entre curvas horizontales del mismo sentido.

Longitud mínima de curvas horizontales.

Los cuadros 2 y 3 presentan casos especiales como lo son la Carretera al Atlántico y la Autopista Guatemala-Amatitlán.

El Cuadro 4 reduce considerablemente las distancias máximas con pendiente máxima.

Originalmente se establecía la visibilidad vertical mediante el empleo de las Gráficas 1 y 2, así, la longitud de curva vertical con visibilidad de no paso se determinó con altura de vista 1.38 m. y altura de obstáculo de 10.5 cms. Para visibilidad de paso la altura de vis

ta y objeto eran de 1.38 mts.

En la actualidad la longitud mínima de curva vertical se establece analíticamente mediante una constante K que depende de la velocidad de diseño y la cual se multiplica por la diferencia algebraica de pendiente, (Gráfico 3).

La Figura 1 presenta una de las primeras Secciones Típicas de préstamo para terreno plano en Guatemala (1947). Posteriormente fue modificada la base del trapecio de la cuneta por razones del tamaño de la maquinaria. Debe notarse que la pendiente del hombro presenta variaciones cada metro; estas variaciones se modifican en la sección típica del tramo Palín-Escuintla y en la Ruta al Atlántico. La carpeta de rodadura es igual para estas dos últimas secciones (Cuadro 2 y 3).

Posteriormente se modificó el ancho de la carpeta para la R.A.A. quedando de 7.20 mts. y se diseñaron ensanchamientos adicionales de la sección para permitir el paso en zonas donde la pendiente máxima tuviera longitud considerable. (Figura 4).

Muy interesante en cuanto a la profusión de datos resultan las Figuras 5 y 6, para la Carretera F.D. Roosevelt hoy C.A.-1. En la primera se observan dos típicas adaptadas al tipo de terreno, gráficos para el cálculo de sobre-anchos y peraltes así como la ubicación de muros.

En la Figura 7 se presentan desde ya variaciones en el ancho de la corona ya sea que se trate de corte o de relleno. También mantiene la pendiente del bombeo normal para la inclinación de los hombros; estas dos modalidades no fueron adaptadas en la Sección de Estudio

de Carreteras sino hasta 1965 y como puede comprobarse en el Cuadro 4, de 1958 donde sí existían estas variaciones pero dependían de la importancia de la ruta, además en este mismo cuadro sólo dan un ancho mínimo de corona para carreteras especiales sin especificar que sea para corte o para relleno.

Con las especificaciones de esta figura 7 se da al Ingeniero Jefe del Proyecto o al Delegado Residente Supervisor la oportunidad de emplear la sección típica para proveer áreas de estacionamiento para vehículos descompuestos. También se establecen valores para el sobreancho cuando éste queda en relleno.

Las Figuras 8 y 9 corresponden a las últimas secciones empleando; la Tipo "B" que corresponde a la sección más grande que se tenga para caminos de dos vías. La 9 es para un Camino Vecinal. Entre ésta y la primera existen 4 tamaños diferentes de típica que dependen del T.P.D. (Ver nota del Cuadro 5).

Originalmente los valores de sobreancho contenían de una vez el corrimiento para espiralar curvas horizontales, y fue hasta en 1961 cuando la Sección de Estudio de Carreteras efectuó los estudios respectivos para dar corrimientos espirales por separado. Anteriormente los elementos que proporcionaban comodidad y seguridad a las curvas eran los Peraltes y Sobreanchos, aunque también se disponían de gráficos para ordenadas de visibilidad horizontal como veremos mas adelante.

La Figura 10 da una idea exacta del Método de Corrimientos para producir una curva circular espiralada; los gráficos empleados son similares al de la Gráfica 4 que corresponde a una velocidad de 40 K.P.H. El valor del corrimiento se reparte proporcionalmente a la longi-

tud de la Espiral empleada.

Suponiendo que 40 millas por hora equivalgan a 60 K.P.H. podemos concluir que los sobre-anchos calculados desde 1965 (Tabla 3) dan mayores valores que los obtenidos por la Gráfica 5 para los antiguos sobre-anchos. Esta última Tabla 3 tiene además la ventaja de dar sobre-anchos para cada ancho de calzada y no un valor fijo como aparece en la gráfica 5.

Finalmente se presentan dos tablas de radios empleados en la Dirección General de Caminos; la más antigua muestra una nota que indica como debe de repartirse el peralte proporcional a la longitud de la espiral usada, además da valores para la compensación de pendiente por curvatura horizontal. La segunda es la tabla para radios empleada actualmente que alcanzan hasta los 38 grados.

Las Tablas 1 y 2 muestran valores para radios de curvatura empleados; la primera tiene además de grados completos, fracciones de grados, también da valores para compensación de pendiente por curvatura horizontal, así como también una recomendación para la repartición de la espiral en la curva. La Tabla 2 tiene radios de curvatura hasta de 38 grados, así como los peraltes y las longitudes de espiral para cada velocidad. Una nota al pie de esta tabla presenta recomendaciones para su uso. Aunque las velocidades en la primera tabla se expresan en millas por hora (M.P.H.) y las de la segunda en K. P.H., debe notarse que para ambas se adoptó la definición arco para el grado de curvatura y para su valor unitario se adoptó 20 metros.

El concepto de la visibilidad para curvatura horizontal se modificó en 1961 con la inclusión de las llamadas

banquetas de visibilidad que es independiente de la distancia de visibilidad mostrada en la Gráfica 6. El criterio actual está representado en la Gráfica 7.

Como complemento a la Gráfica 5 se presenta la Tabla 3 que corresponde a valores de sobre-ancho adaptados a los distintos anchos de calzada.

CAPITULO IV

RECOMENDACIONES PREVIAS AL DISEÑO GEOMETRICO

Constituyen estas recomendaciones una serie de indicaciones básicas cuya aplicación es deseable en todo tipo de carreteras para obtener en cualquier momento seguridad y servicio. La no observancia de éstas solamente podrá estar sujeta a razones económicas, y quedará al criterio del diseñador qué indicación es más conveniente adoptar cuando se presente la oportunidad deseleccionar entre varias desechando unas y restringiendo otras.

Estas indicaciones han sido tomadas de la práctica y el sentido común, así como de la observación del desarrollo de diseños diversos siendo por lo tanto poco susceptibles de ser colocadas dentro del campo de las especificaciones y de una ajustada valoración numérica.

Previo el enunciado de cada recomendación se hace un esbozo de las condiciones y necesidades que las exigen, anotando ejemplos y razones por las cuales deben tomarse en cuenta.

El orden de su estudio fue guiado atendiendo al lugar que ocupa su respectivo elemento en la carretera. Así tendremos siguiendo la secuencia del diseño, recomendaciones para:

- 1.- Proyección Horizontal Longitudinal
- 2.- Proyección Vertical Longitudinal
- 3.- Proyección Horizontal y Vertical Transversal.

El origen de todas estas recomendaciones se debe a que la trayectoria rectilínea de la percepción visual humana o del vehículo propiamente, sufre una interrupción más o menos brusca consecuente a la presencia de un obstáculo determinado, artificial o natural. El grado de seguridad del que pueda disponer el conductor dependerá de la aparición repentina o gradual de dicho obstáculo.

El propósito de estas recomendaciones es pues, proveer la amplitud necesaria que permita una percepción clara con su debida anticipación de cualquier impedimento posible.

El diseño proporciona diversas alternativas a seguir que dependen de la interrupción a tratar:

- a) Eliminación total del obstáculo
- b) Abandono definitivo del mismo
- c) Rodear el obstáculo sin separarse de él
- d) Coronación mediante el desplazamiento vertical.
- e) Combinación de los anteriores.

Para cada alternativa que se elija se contará con la presencia inobjetable de líneas curvas y tangentes cuya función será proporcionar un cambio suave en las distintas variaciones del diseño tanto vertical como horizontal. La seguridad de ellas depende el empleo pertinente de las recomendaciones y de las especificaciones disponibles.

1.- Proyección Horizontal Longitudinal

A.- En una carretera sinuosa y aún cuando no se haya alcanzado el volumen de tránsito para el cual fue proyectada, resulta a veces imposible hacer un tiempo real

de recorrido igual o menor al que se haría si se sumaran los tiempos teóricos de diseño en cada tramo tomando en cuenta sus velocidades específicas y sus longitudes respectivas. Si la pista se encuentra despejada, las causas en un aumento en el tiempo de circulación pueden determinarse fácilmente analizando los diversos grados de curvatura con los que se confeccionó el alineamiento. Es muy probable que exista también cierta incomodidad para el usuario puesto que en más de una ocasión se habrá visto obligado a efectuar bruscas y continuas reducciones de velocidad, ya sea por el tránsito que en general se suceda lento o por que se tenga que ajustar a las condiciones geométricas imperantes en la mayor parte de la vía. Lo anterior constituye una de las características de una ruta típica de montaña y puede ser un síntoma de que en el diseño sólo se atendió al criterio de radio mínimo de las especificaciones generales y a razones de orden económico, olvidando que una gradación más uniforme de curvatura permitiría más fluidez en el movimiento no importando la calidad del tránsito, o lo que es lo mismo, no se evitó que existieran cambios muy frecuentes de velocidad específica dentro de un tramo relativamente corto.

Resumiendo todo lo anterior viene a punto recomendar que: CUANDO EL TERRENO LO PERMITA, PROYECTAR SECCIONES DE LINEA LO SUFICIENTEMENTE LARGOS Y ADAPTARLOS A UN SOLO RANGO DE VELOCIDAD.

B.- De la poca observancia de la siguiente recomendación para diseño se puede enumerar una extensa lista de lamentables y trágicos accidentes. Con frecuencia el diseñador olvida que el conductor se acostumbra fácilmente a la comodidad predominante a lo largo de una ruta, y sólo tomará las precauciones debidas después de haber

pasado al menos una vez por sus tramos críticos. Prueba de lo anterior es el hecho de que después de conducir durante varios kilómetros en una ruta bien acondicionada, se pretende inconcientemente seguir con la misma velocidad aún cuando ya se transite dentro de una ciudad. La disminución de velocidad al entrar a las áreas urbanas llega a parecer algo tan extraño, que no nos percatamos de ello hasta cuando llegamos a los naturales embotellamientos propios de la urbe.

La sola presencia de edificaciones a lo largo del trayecto, debería bastar para provocar por prevención un ajuste de velocidad menor a la de la carretera. En la mayoría de los casos observamos que no sucede así. Y si esto pasa en un medio en que se cuenta con avisos de prevención a cada paso, ya podemos imaginar lo que acontecería en la carretera si después de conducir cómoda y rápidamente durante varios kilómetros surgiera de pronto y de manera imprevisible la necesidad de efectuar un giro brusco o una maniobra violenta para mantener el vehículo dentro del camino y evitar el posible percance.

Casi todos los caminos tienen puntos o situaciones aisladas en los que es preciso forzar el alineamiento con el empleo de radios mínimos. En estos casos la tarea del proyectista consiste en proveer una llegada segura, así como una percepción a su debido tiempo de los accidentes de la línea. Debe prepararse al conductor para cualquier eventualidad que el diseño propiamente dicho no pueda desvanecer. Para esto es recomendable: EVITAR LAS CURVAS DE RADIOS MINIMOS AL FINAL DE TANGENTES DEMASIADO LARGAS; EVITAR LAS MISMAS CURVAS AL FINAL DE UN ALINEAMIENTO DE CURVAS CON RADIOS MAXIMOS O EN LA PARTE BAJA DE TRAMO DE CARRETERA CON PENDIENTE DE POR-

CENTAJE MAXIMO.

La práctica a emplearse presenta dos alternativas:

- a) Colocar en el punto crítico una curva de radio mayor a expensas de la economía, o
- b) Llegar al punto mencionado mediante quiebres de la tangente de llegada con una reducción gradual de los radios hasta llegar al exigido por el punto crítico.

C.- La longitud de la tangente mínima que debe unir dos curvas horizontales de un mismo sentido, depende de la longitud de las espirales de transición de las dos curvas así como de otros factores propios del conductor al tener que operar dos maniobras consecutivas similares.

Las especificaciones han recomendado para esta situación una tangente mínima de 150.00 mts., y en caso de que lo anterior no sea factible estudiar la posibilidad de sustituir las dos curvas por una sola y de mayor radio.

El resultado será por lo tanto un incremento en longitud de línea curva equivalente aproximadamente a la suma de los largos de las dos curvas sustituidas de la tangente que las une. Tal sustitución debe ser estudiada cuidadosamente, puesto que pueden resultar afectados grandemente la visibilidad y eficiencia de la carretera, tanto si se tiene una pendiente longitudinal considerablemente fuerte como si se efectuara un corte en el terreno del lado interior de la curva. El movimiento del tránsito en general, estará condicionado a la velocidad del vehículo más lento. Puede intentarse en algunos casos aumentar la tangente reduciendo los radios de curvatura

siempre y cuando no se altere la velocidad del tramo, ni la longitud de la curva quede tan pequeña que no permita el desarrollo completo de la espiral.

En resumen:

LA SUSTITUCION DE DOS CURVAS EN EL MISMO SENTIDO POR UNA SOLA ES RECOMENDABLE Y JUSTIFICADA PARA PISTAS DE UNA SOLA VIA O EN CARRETERAS DE VIAS SEPARADAS. SI LA PISTA ES DE DOBLE VIA SE SEÑALA LA CONVENIENCIA DE ESTUDIAR Y ADOPTAR LA SOLUCION QUE, EN MEJOR FORMA SE ADAPTE A LA SEGURIDAD Y AL SERVICIO.

D.- Generalmente se ha establecido que la tangente mínima entre dos curvas horizontales de distinto sentido no debe ser menor que la semisuma de sus dos espirales de transición respectivas dadas por las especificaciones, para evitar el traslape de elementos tales como peraltes, corrimientos y sobre-anchos. Pero un diseño ajustado a estos valores representa una continuidad en la merma de la eficiencia con que debe trabajar una carretera puesto que esta distancia es relativamente corta para la operación de rebase por lo limitado de la visibilidad.

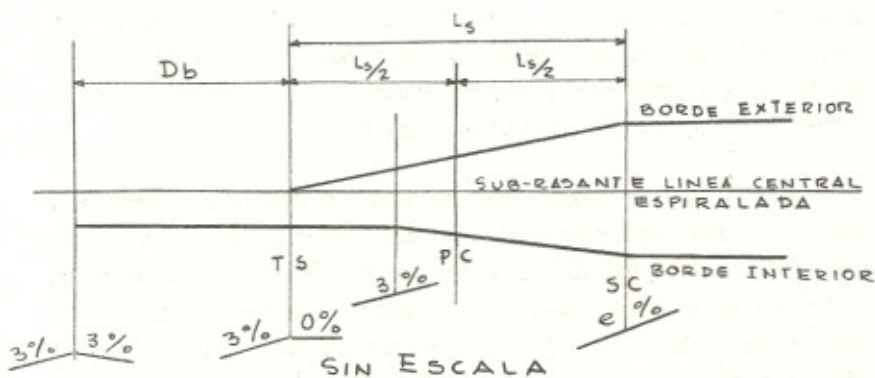
La distancia de visibilidad restringida para rebase, será pues, la suma de las longitudes de las curvas más la de la tangente que las une.

Lo anterior no solo afecta como ya se dijo la eficiencia de la circulación, sino que también representa algunas restricciones en cuanto a su construcción, mayormente si se trata de curvas a las que es necesario darles el valor máximo del peralte (10%). Las gráficas siguientes nos dan una idea de como se efectúa el desarrollo de los peraltes en dos casos determinados:

- Cuando la tangente antes y después de la curva es larga.
- Cuando se presenta la necesidad del empleo de la tangente mínima.

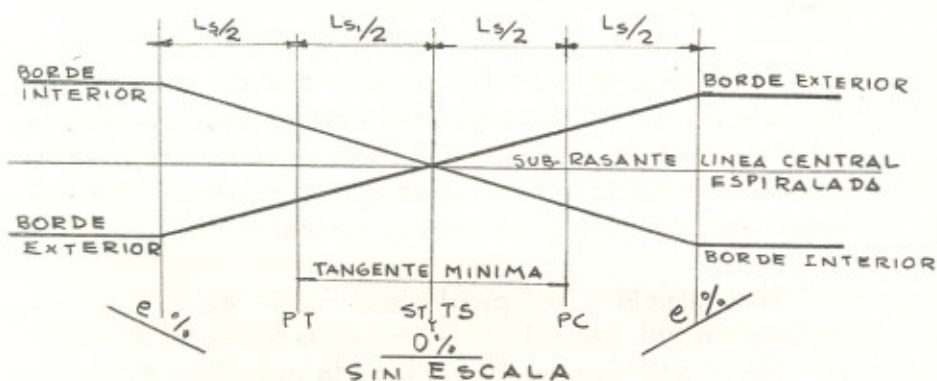
Ambas se presentan y especifican en los planos finales para el constructor.

a)



Detalle del giro de peralte cuando la tangente es larga

b)



Detalle del giro del peralte cuando la tangente es mínima.

Del estudio de dicha gráfica podemos concluir lo siguiente:

En el primer caso los elementos se inician y terminan libremente, puesto que se puede disponer del tramo necesario para suavizar la transición.

En el segundo caso, solo disponemos de media espiral antes y después de la curva para el desarrollo de sus elementos. Esto quiere decir que después de ésta distancia no puede contarse con el espacio adicional que provea algún desvanecimiento gradual de los mismos, y por lo tanto en este punto deben quedar finalizados para no interferir en los de la curva siguiente.

En el primer caso, en los puntos donde comienzan y terminan las espirales antes y después de la curva lógicamente, el valor del peralte es de 0% o sea que la sección en este punto tendrá una parte horizontal que va desde la línea central hacia el borde del lado exterior de la curva; desde aquí en adelante el peralte tendrá un valor que podríamos llamarle negativo, ya que irá modificándose hasta ser igual al bombeo normal, necesiándose para ésto del espacio adicional ya mencionado y del que no se puede disponer cuando la tangente es mínima.

En el segundo caso habrá necesidad de forzar todo lo anterior, con la consiguiente modificación considerable del perfil longitudinal del borde externo, puesto que en solo media espiral habrá que acomodarse desde el medio peralte máximo al bombeo normal.

Por ejemplo: si el peralte máximo es de 10% y el bombeo normal 3%, el ajuste variará de +5% en el P.T. a - 3% donde termina la espiral, lo que redundará como ya se mencionó en el incremento de la pendiente longi-

tudinal.

Este segundo caso por lo general se sucede en terreno montañoso y es muy probable que se esté empleando la pendiente máxima que se vería incrementada, e incluso alcanzaría valores prohibitivos imponiéndose la necesidad de compensar la pendiente longitudinal por efectos de curvatura horizontal. Trataré este aspecto por separado.

En resumen y en base a lo antes expuesto se señala la conveniencia de: **AUMENTAR EN TODO LO QUE SEA POSIBLE LA LONGITUD DE LA TANGENTE QUE TIENDA A SER MINIMA, YA SEA AUMENTANDO LOS GRADOS DE CURVATURA O CON LIGEROS DESPLAZAMIENTOS ANGULARES DE LINEA.**

E.- Actualmente se está dando mucha importancia a la construcción de caminos vecinales. Por sus características generales éstos tienden a aprovechar mucho de los caminos antiguos y por esta razón su trazo está condicionado a alineamiento muy sinuoso cuando se trata de terreno montañoso. Esta práctica está llevando a utilizar especificaciones generales de mucho ajuste en todos los órdenes especialmente dentro del orden geométrico. Se permite el empleo de radios de curvatura mínimos hasta 30.16m con el objeto de aprovechar al máximo las condiciones del trazo original. El resultado es una línea con muchas vueltas y revueltas más conocidas como ganchos con lo que se afecta grandemente el factor visibilidad. Más adelante expondré ejemplos que permitan para un mismo plano comparar un diseño más o menos suave con uno que se ajusta propiamente a la construcción existente.

Se dispone pues de una gama de grados de curvatura que va desde fracciones de grado hasta los $38^{\circ} 00'$.

Esto significa que se hará práctica común el empleo de radios pequeños y posiblemente grandes longitudes de curva. Es recomendable desterrar esta práctica en carreteras de órdenes mayores aún cuando los radios mínimos lleguen alrededor de los 50 mts. Al respecto y como opinión autorizada mencionamos de L. I. Hewes y C. H. Oglesby⁽⁹⁾, lo siguiente: "El uso excesivo de curvas pronunciadas es objetable y debe evitarse. Son preferibles los largos tramos rectos en una dirección antes de dar la media vuelta". (Ingeniería de carreteras. Pag. 146. Español - 1959).

En contra de las curvas agudas también podemos argumentar su posible longitud y la escasa visibilidad que permite, máxime si en su parte interior hay corte.

En resumen:

ES RECOMENDABLE EVITAR CURVAS DEMASIADO LARGAS CUANDO SE EMPLEAN GRADOS DE CURVATURA MUY GRANDES, ESPECIALMENTE CUANDO EDIFICACIONES, ARBOLES O CORTES DE LA CARRETERA PUE-DAN REDUCIR LA VISIBILIDAD.

F.- Una solución de diseño que ha sido muy discutida por las secciones respectivas, pero que hasta ahora se le ha dado mayor aplicación, es la de cruzar ríos u otros obstáculos similares con puentes que tengan alineamiento horizontal en curva.

De los argumentos esgrimidos en pro y en contra, uno y otro lado se han hecho concesiones pertinentes que han allanado en gran parte el camino para que al menos en nuestros días se vea mayor aplicación a este tipo de soluciones. Ejemplo: Proyecto C.A-12. Padre Miguel-Frontera de El Salvador.

La sección de puentes ha argumentado que esta solución no está acorde a la mayoría de principios que rigen la localización de estas estructuras, además se esgrime en su contra el precio, mayor dificultad en el armado de la formaleta, y mas complejidad en los cálculos estructurales.

Desde el punto de vista de carreteras esta solución representa continuidad y uniformidad en el diseño, además mayor facilidad para el acomodamiento de la rasante, así como también ostensible disminución del movimiento de tierras en los accesos al puente.

El trazador de la línea debe tener presente, que para el cruce de un río con un puente, la solución ideal sería el paso en tangente y normal a la dirección de la corriente, siempre y cuando esto no implique hacer sacrificios adicionales al buen alineamiento que se tenga; por esta razón, se debe tener presente también, que un puente constituye una sección extremadamente cara de la carretera y por ello no hay que aceptar un mal alineamiento ni una pendiente inconveniente únicamente para lograr producir puentes más económicos. Los puentes pueden ser diseñados para conformar cualquier condición de alineamiento pendiente y oblicuidad.

Los puentes en curva horizontal, por lo regular son necesarios cuando el cruce del río está muy encañonado y se busque economía en el movimiento de tierras, ya que de no ser así el trazador se verá obligado a colocar curvas antes y después del puente y que por lo regular son de mayor grado que el que le corresponde a una sola. Estas curvas tendrían que quedar a una distancia determinada que permita el desarrollo de las espirales de transición con sus respectivos elementos: Peraltes, Sobree anchos y Corrimientos. De no ser así la losa del puente

tendría que quedar conformada de manera bastante irregular con la consiguiente modificación de la estructura y alteración considerable para los cálculos de la misma.

Mantener alejadas las curvas del puente, implica introducir las en los paredones del cauce o en las laderas laterales que por lo regular son de fuerte inclinación. La consecuencia es un aumento importante en el movimiento de tierras y la posible interrupción en la uniformidad del diseño colocando curvas que pertenezcan a otro rango de velocidad.

El solo hecho de poner una curva permite al trazador disponer de un grado menor de curvatura en ese paso que puede llegar a superar en más dos veces al radio de cualquiera de las dos curvas en las entradas del puente. Permite a su vez acomodar la línea de manera que se aproxime más a la normal a la corriente si el cruce fuera oblicuo. Se consigue también una rasante mejor acondicionada tanto para la carretera como para la ubicación de la estructura.

Afortunadamente en Guatemala, la solución que se considera en armonía con los criterios impugnantes es aquella que logre reunir no menos de las tres condiciones siguientes:

- a) Dar a la curva horizontal el mayor radio posible.
- b) Colocarla de tal manera que el puente quede completamente dentro de la curva, pero fuera del desarrollo de los elementos de la misma. Dicho en otras palabras, que el puente tenga la losa uniforme quedando comprendida dentro de los valores máximos de peralte, corrimientos y sobre-anchos.

- c) Si es posible que el alineamiento vertical quede en tangente, la pendiente máxima admitida será del 3%. Si sucede lo contrario y hay necesidad de colocar curvas verticales, estas deben situarse fuera del puente no importando que terminen exactamente en el puente donde comienza la estructura.

Considero que la solución de puente en curvatura horizontal es de gran valor para la carretera en sí, y subrayo desde ya la conveniencia de efectuar con mayor ahondamiento los estudios comparativos para comprobar sus bondades, ya que son contados los proyectos en los que se ha adoptado, pudiendo señalar por el momento el puente sobre el Río Agua Caliente de la Carretera al Atlántico, uno sobre el Proyecto C.A-8 y dos más en el C.A-12.

Por todo lo antes apuntado y tomando en cuenta las limitaciones indicadas, se recomienda al diseñador:

NO VACILAR EN LA ELECCION DE UNA LINEA QUE CONTENGA UN PUENTE EN CURVA HORIZONTAL.

G.- La ubicación ideal para una línea, corresponde siempre a aquella en la cual la topografía nos permite apoyar el trazo en sus contornos; sin que nos veamos obligados a hacer sustituciones de un tipo de diseño en otro que generalmente obedece a una determinada modalidad de localización. Estas modalidades, son una consecuencia de los diversos accidentes topográficos y que agrupados para hacer más simple su entendimiento se refieren a terrenos planos, ondulados y montañosos. Cada uno plantea un sistema y exige soluciones en las que debe existir la ambientación del usuario evitándole situaciones extrañas a las mismas.

Para los terrenos planos, generalmente nuestras costas y algunos valles, se impone el diseño fácil mediante tangentes largas y curvas de grado muy pequeño; se tienen pendientes tan suaves que pueden llegar hasta al 0% cuando por condiciones de diseño sea necesario levantar la rasante a una altura considerable sobre el terreno natural.

Para topografía de montaña tenemos un cuadro completamente distinto: laderas escarpadas, divisorias de aguas muy frecuentes cada una de ellas una posible alternativa. Mayor número de cruces de zanjones, quebradas y ríos. Escaso terreno suave para un apoyo cómodo y materiales de calidad diversos para la estabilidad de taludes. Todo un panorama accidentado que obliga a aparecer en escena los cortes y rellenos altos, radios pequeños, visibilidad restringida, curvas verticales cortas y pendientes pronunciadas.

Los terrenos ondulados que casi podrían ser una situación intermedia entre las dos anteriores, son más bien un suavizamiento de los montañosos y por lo tanto es recomendable para ellos:

UN ALINEAMIENTO MODERADO CON CURVAS AMPLIAS CONTINUAS, EN LUGAR DE TANGENTES LARGAS.

Con esto obtendremos una línea de pendiente pareja con cambios graduales y no una montaña rusa ajustada al terreno natural, para las que se hace necesario suavizar las pendientes por medio de cortes y rellenos mayores.

H.- Los terrenos planos admiten como ya se dijo, tangentes largas, pero no se debe dudar en cambiar a un alineamiento más quebrado si hay necesidad de evitar áreas

pantanosas propias de estos terrenos; o cuando se tenga un derecho de vía costoso y se quiera evitar daños a propiedades y en general cuando se presenten puntos obligados de considerable importancia. Como radios mínimos para esta clase de terrenos deberán emplearse los que están alrededor de los 500 mts. más o menos dos grados, y sería mejor si ese mínimo fuera ampliado a los 1000 mts.

I.- Los terrenos montañosos y de laderas empinadas requieren del cuidadoso chequeo de sus secciones para poder determinar con buena base la elección de una de las alternativas que se presentan: muro de sostenimiento, bajar la rasante, o corrimiento de línea teniéndose para esto último la aplicación de radios mínimos y sus consecuentes curvas agudas, a las cuales se debe llegar con una serie de curvas mas suaves y preparar al conductor antes de entrar a las mas pronunciadas, lo cual debe ser muy estudiado si inmediatamente a ésta, se tuviera algún obstáculo que obligara a la maniobra violenta de posibles consecuencias lamentables.

Por estas razones se señala la conveniencia de:

EVITAR CURVAS DE RADIOS MUY REDUCIDOS ANTES DE ENTRAR A UN PUENTE, CRUCES, O ALGUN OTRO ELEMENTO, QUE PUEDAN ORIGINAR CONDICIONES DESFAVORABLES A LA SEGURIDAD.

J.- Hay ocasiones en las que resulta imposible acomodar el diseño a una determinada modalidad de topografía o a un determinado rango de velocidad y nos vemos obligados en tramos cortos a intercalar radios grandes con pequeños con los que sería posible efectuar variaciones en cuanto a las velocidades específicas respectivas. Se observa lo anterior y con mucha frecuencia en las zonas montañosas donde se tiene laderas cortas interrumpidas

por cauces de corrientes o por cualquier otro accidente topográfico.

Tratándose de carretera de montaña, lógicamente predominan las velocidades bajas incluso las mínimas permitidas y podríamos mantenernos dentro de estos márgenes indefinidamente hasta salir de lo escabroso y mejorar nuestra línea conforme lo permitiera la suavidad del terreno inmediato. Lo contradictorio estriba en que a veces en el terreno de montaña hay salientes achatadas o depresiones suaves en la ladera, a las que se entra y sale con curvas de radios pequeños, pero resulta que entre estas dos curvas la saliente o depresión se pronuncia un poco más y será necesario colocar una curva adicional que por lo regular viene siendo de grado pequeño para no incrementar el corte para una parte y evitar el correspondiente muro para la otra. Si las tangentes lo permiten se nos presenta entonces la duda acerca de cuál sería la velocidad a que debieran calcularse los elementos de esta curva intermedia. Para radios pequeños no hay problema en cuanto a la velocidad, pero referente a los radios grandes no debemos olvidar que estos toleran velocidades altas y por tanto se puede disponer de la variedad de ellos que presentan las especificaciones.

Por lo regular los conductores de vehículos pequeños tienden a acelerar cuando se presenta la oportunidad de hacerlo y ésta en nuestro caso, llegaría cuando después de unas cuantas curvas agudas apareciera una curva amplia con alguna visibilidad, incluso para ejecutar maniobras de rebase, maniobra que sería limitada si los elementos de la curva no contribuyeran a una operación segura a la vez que como sostenemos dicha operación proporcionaría mayor efectividad en cuanto al servicio del camino al promoverse descongestionamientos breves. Mejor efecto observaríamos si este caso se desarrolla en si

tuaciones de máxima pendiente. Considero por lo tanto recomendable:

EL EMPLEO DE CURVAS A SU MAXIMA VELOCIDAD DE DISEÑO PARA ASI APROVECHAR LOS VALORES MAXIMOS DE SUS ELEMENTOS: PERALTE, SOBRESALIDOS Y CORRIMIENTOS.

K.- En párrafos anteriores hemos mencionado algunos casos de interrupciones bruscas que puedan sucederse en una vía, al no tomarse desde el diseño las medidas necesarias tendientes a evitarse y que puedan presentarse con algunas variantes, tanto en su magnitud como en la rapidez de su aparición. Por lo regular hemos hecho referencia a obstáculos naturales o las modificaciones de éstos. Existen diversos tipos de interrupciones súbitas armados por el hombre y que por lo tanto si no existe una reglamentación adecuada y cada obra funciona dependiendo del libre albedrío de sus operadores, frecuentemente se suscitan situaciones de percances lamentables en los que estarán en juego además de vidas humanas, objetos y bienes materiales.

Quiero hacer mención en este capítulo de todos aquellos cruces o intersecciones de la vía con otros elementos particulares también controlados por el hombre; son éstos los cruces a nivel con el ferrocarril o con otras carreteras. Cabe mencionar que a fines del año 1967 y a mediados de 1968 en no más de 6 meses y para un mismo proyecto se tuvieron que lamentar dos trágicos accidentes que costaron la vida a varios guatemaltecos en un cruce a nivel con la vía férrea. Considero que deben estudiarse hasta la saciedad las posibles soluciones que puedan dársele a este tipo de intersección.

Actualmente y por fortuna son contados estos puntos

de conflicto en las principales carreteras del país. La mayoría de los accidentes se han sucedido en los terrenos planos de la costa, dándonos un índice de lo que sucede en carreteras de alta velocidad al no proveer adecuadamente al conductor de los medios que lo hagan transitar con las debidas precauciones o con los debidos elementos de seguridad.

En carreteras de montaña la intersección con las vías férreas casi no existen y por la baja velocidad que impone el tipo de terreno el conductor aunque no está menos expuesto, sí está más atento a las posibles obstrucciones súbitas.

La solución a este problema presenta dos alternativas:

- a) EVITAR EL CRUCE A NIVEL
- b) OBLIGAR AL CONDUCTOR A REDUCIR LA VELOCIDAD POR CUALQUIER MEDIO ESPECIAL QUE GARANTICE LA DEBIDA PERCEPCION Y PREVISON DEL PASO PUNTO DE CONFLICTO.

Evitar el paso a nivel implica la creación de obras adicionales mediante las cuales se trate de mantener constantemente la velocidad y eficiencia del camino. Esta solución se enfrenta a restricciones de orden económico, puesto que se necesita un puente por el cual la carretera pase encima o debajo de la vía férrea. El puente tiene que ser mas bajo, por lo tanto más económico cuando se pasa bajo la vía férrea. Una solución a este tipo, en terreno plano, implica excavación para bajar el nivel de la pista, aumentar la longitud de la curva vertical cóncava por estar en una condición especial bajo la estructura y buscar la solución adecuada para los

problemas de drenaje propios de los terrenos planos.

Pasando sobre el ferrocarril será necesario subir la rasante mediante un relleno que permita el acceso gradual y una visibilidad sin restricciones.

Si el cruce es a nivel y también está situado en terreno plano, lo pertinente en tales casos será forzar el alineamiento a una reducción gradual de los radios de curvatura para obligar al usuario a reducir considerablemente la velocidad o bien instalar una clara y profusa señalización que advierta elocuentemente de la proximidad del peligro. En otros países se emplean no solo señales visibles sino también audibles y se hace uso también de barreras automáticas.

Previo a las recomendaciones en cuanto al perfil longitudinal caben mencionar unas que atañen tanto a la planta como a la elevación.

L.- En muchas ocasiones la utilización de pendientes fuertes nos pueden dar la oportunidad de ubicar un alineamiento horizontal óptimo, puesto que se pueden proyectar buenas tangentes y enlazarlas con curvas amplias. De manera similar podemos establecer, que a veces se logran pendientes bastante planas con gradientes poco perceptibles pero a expensas de un alineamiento quebrado con curvaturas pronunciadas. Estos dos recursos generalmente dan cuenta de criterios pobres y su práctica debe desecharse.

Debe buscarse armonía entre estos extremos y elegir el diseño lógico que brinde la mayor seguridad, facilidad y uniformidad de operación. Resulta por lo tanto recomendable que:

EL DISEÑO PRESENTE UN ARMONIOSO BALANCE DE UNIFORMIDAD ENTRE EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y EL VERTICAL.

M.-Las exigencias del terreno plantean en muchas ocasiones la necesidad de emplear en un mismo punto curvatura tanto horizontal como vertical y que al superponerse unas con otras propicien una solución fácil en cuanto a economía de construcción pero de consecuencias poco deseables para el tránsito. Por otra parte si nos vemos obligados a efectuar varios quiebres en el alineamiento vertical y el horizontal permanece en tangente, se tendrá la consecuente aparición para el usuario de sucesivos domos al poner de manifiesto inseguridad para el mismo. Si tenemos que acudir al empleo de curvas horizontales con verticales estaremos limitando al conductor en su percepción de los cambios de alineamiento, máxime si la maniobra se verifica durante la noche y la visión se limita a la que proporcionan los faroles, haciéndose crítica cuando éstos pierden contacto con la carretera. Se hace evidente por lo tanto recomendar:

EVITAR CURVAS HORIZONTALES PRONUNCIADAS MUY PROXIMAS O EN LA CIMA DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS.

N.-Análogamente a las recomendaciones referentes a la llegada y operación en curvas de radio muy pequeño, podemos relacionar con la pendiente otra omisión en que se incurre con alguna frecuencia, mediante la cual se induce a los vehículos a adquirir velocidades altas sin ofrecer la adecuada seguridad u obligándolos a la maniobra violenta. Tenemos el caso de un vehículo que desciende por una pendiente cuya gradiente aumenta conforme se aproxima al valle o base de la misma. Puede suceder que la velocidad aumente en la misma razón. Esta con-

formación debe estar tendida en un buen alineamiento horizontal para poder descargar sin riesgos, los posibles excesos de velocidad, tanto por imprudencia de los conductores o alguna falla en el sistema retardatriz del automóvil. Se puede recomendar entonces tomando en cuenta lo anterior que:

DEBE EVITARSE LA INTRODUCCION DE CURVAS DE RADIO MINIMO CERCA O EN EL PUNTO BAJO DE UNA CURVA VERTICAL CONCAVA DE CORTA LONGITUD.

La omisión de lo anterior crea en el alineamiento una apariencia distorsionada del mismo y de la carretera en sí.

2.- Proyeccion Vertical Longitudinal

A.- Cuando se busca una faja de terreno que deba contener la localización de una línea para carretera, y si ésta debe cruzar o ascender a las cimas de una montaña, puede disponerse de dos modalidades en el empleo de las gradientes para realizar el ascenso: Una consiste en desarrollar sobre la ladera la mayor parte del camino con lo que se consigue pendientes suaves y raramente se tiene ocasión de llegar a la máxima admitida. La otra sugiere el aprovechamiento del valle en mayor longitud y efectuar la subida mediante la utilización de la pendiente máxima. De las ventajas de una modalidad sobre la otra dependerá la elección que de ella se haga. Este artículo se refiere a las bondades e inconvenientes de la segunda, en todo lo concerniente al uso de pendientes pronunciadas con valores máximos, tanto como de sus efectos inmediato y mediato en la economía de los países como la forma en que afecte la seguridad y eficiencia de la ruta.

La primera ventaja que se puede mencionar, es la de que asentando un camino en un valle hay mas oportunidad de incorporar sus productos y de habilitar las zonas aledañas. Otra ventaja de la pendiente máxima es la de que resultan tramos más cortos en terreno difícil y por último cabe mencionar la ventaja de reducir en muchos casos la altura de los cortes con el empleo de esta pendiente pronunciada con lo que se obtiene economía directa en el costo del proyecto.

Un motivo importante por el cual es necesario acudir a la pendiente máxima se nos presenta, cuando la carretera debe seguir un alineamiento paralelo al cauce de un río importante y la pendiente general en éste es mayor que las apropiadas o especificadas para la ruta. De no aprovechar la pendiente máxima habría que efectuar desarrollos de la misma que obligarían a cruzar varias veces el río. Se puede mencionar como un ejemplo típico el Proyecto que unirá el caserío San Julián en el Departamento de Alta Verapaz con El Estor en Izabal, siguiendo un trazo paralelo al río Polochic. (Proyecto 5-65 TP).

Las pendientes pronunciadas presentan aspectos que influyen de manera desfavorable sobre la economía del país, puesto que incrementa los gastos de operación y mantenimiento de los vehículos. El ascenso requiere mayor potencia y para el descenso representa peligro y dificultad.

Si el tráfico en su mayoría es pesado, la circulación se torna lenta, y disminuye la eficiencia del camino. Aunque los costos de mantenimiento del camino por la erosión que provoca, a la vez que presenta problemas para la estabilidad de la capa de rodadura. El bombeo normal se reduce como se vió en el Capítulo anterior.

Para la mayoría de los caminos es ideal la pendiente máxima del 5%. El 7% ha dado resultados aceptables en Guatemala y el 8% debe emplearse excepcionalmente dentro de las debidas limitaciones de longitud.

Todos los autores están de acuerdo en que debe haber disminución de pendiente para contrarrestar los efectos de curvatura horizontal cuando el grado aumenta de los 8 grados en adelante. En Guatemala esta práctica está olvidada y de su aplicación solo se tiene conocimiento en los primeros proyectos realizados en el inicio de la época contemporánea, o sea que actualmente una pendiente demasiado fuerte alcanza valores prohibitivos cuando los radios decrecen. Un resumen de compensaciones de esta clase y sus posibles alternativas aparece en la tesis de Graduación del Ingeniero Mario G. Estrada, Editorial Universidad de San Carlos, Guatemala 1958.

Collins Hart en su obra "Ingeniería de Carreteras" presenta para un vehículo comercial con esfuerzo a la tracción de 65 Kg. por tonelada, 25 Kg. por tonelada de resistencia total al movimiento, cuando éste comienza a tomar la pendiente a 40 Km. por hora la siguiente tabla de valores para máximas longitudes de pendientes máximas

Long. de la Pend. (mts)	Pend. límite (%)
60	11.75
120	8.13
180	6.92
300	5.95
600	5.22

Los valores anteriores resultan un poco exagerados porque se estimaron condiciones muy críticas en la pis-

ta, pero nos bastan para deducir con evidencia que las pendientes fuertes demandan longitudes cortas en su desarrollo.

En la Sección de Estudio de Carreteras de la D.G.C. se ha empleado para pendientes máxima entre 6 y 7% distancias comprendidas alrededor de los 300 mts. pero ésta práctica ha ido desapareciendo encontrándose en la actualidad diseños hasta de varios Kms. con la pendiente máxima.

Se ha trabajado con criterios de experiencias ajenas y luego se ha llegado hasta la exageración con valores extremadamente altos con los cuales los vehículos y principalmente los pesados se forzan de tal manera que los motores van desmayando hasta producir un movimiento tan lento que es apenas perceptible. Es más factible y dada nuestra economía que el valor inicial de los 300 mts. si sea relativamente pequeño, con lo cual queda palpable la necesidad de efectuar los estudios adecuados y establecer para nuestras características la solución propia a nuestras exigencias y limitaciones.

Otra razón importantísima para la cual debe desecharse el uso de pendientes fuertes en distancias largas es la de que el camino que las contenga nunca podrá ser mejorado en su alineamiento horizontal cuando el aumento de vehículos así lo requiera porque al pretender sustituir las curvas de radio mínimo por curvas horizontales de radios más amplios y tangentes más largas, disminuye la longitud del tramo y si las elevaciones permanecen constantes tendremos un lógico e inevitable incremento de pendiente que de inmediato queda descartado, así como la pretendida intención de proporcionar más comodidad al usuario y mejorar el servicio de la ruta.

Un resumen de lo anterior nos permite establecer la recomendación de:

EVITAR EL EMPLEO DE PENDIENTES MAXIMAS Y PRO NUNCIADAS EN DISTANCIAS LARGAS Y SI NO SE PUEDEN DISMINUIR, AL MENOS NUNCA SUPERAR LAS LONGITUDES ADMITIDAS POR EL TIPO DE CAMINO QUE SE ESTUDIE.

B.- En lo que respecta a diseño de alineamiento vertical de nuestras carreteras hemos encontrado que lo más objetable ha sido el empleo sin límite de las distancias sobre las cuales se proyectan las pendientes máximas y por lo regular en lo que respecta a seguridad y visibilidad como otros aspectos de este trazo, encontramos que siñéndose a las especificaciones respectivas, dan como resultado líneas que sí responden a las indicaciones principales del servicio. Podría hacerse una revisión de la forma en que se pusieron en juego los objetivos respectivos de la proyección horizontal longitudinal y la rasante cuando la topografía presentara un accidente considerable y la forma también que propiciara un balance equitativo entre unos y otros. Tal el caso de las alternativas mencionadas en el inicio del presente capítulo y como ejemplo, una colina de regulares dimensiones que puede ser cortada o rodeada totalmente según el criterio diseñador, o la solución intermedia tomando para cada alternativa la línea que se acerque más a la rasante trasladada a la planta con el resultado previsto de antemano al colocar la rasante en el perfil de preliminar. Analizar todo esto en cada variación notable de la topografía, requiere una ardua tarea de afinamiento que nos conduciría hasta la revisión de las técnicas propiamente utilizadas al proyectar, concluyendo en que las objeciones o aprobaciones resultantes se remitirían al área económica saliéndose del campo de las Recomendaciones

Previas al diseño.

La mayoría de los textos sobre Carreteras contienen numerosas recomendaciones para la ubicación de la rasante en la proyección vertical longitudinal, no hacen una clasificación determinada atendiendo al principal objetivo de las mismas y se enuncian conforme van siendo necesitadas en el diseño. De ellas haré una exposición breve:

a).- Compensar todas las pendientes con respecto a la curvatura horizontal de acuerdo a las normas.

b).- Pendiente máxima: 6%; pendiente mínima: 0.5% para evitar problemas del drenaje en cortes. (En relleno se puede poner 0%).

c).- Si se puede y para simplificar los cálculos, colocar los P.I. verticales en estaciones de 10.0 mts. ó en estaciones de 20.0 mts.

d).- Evitar curvas verticales cóncavas en corte por que habrá dificultad en el drenaje cuando estas curvas enlacen pendientes de distinto signo. Para pendientes de igual signo no habrá el inconveniente indicado siempre que la menor de ellas sea igual o mayor al 0.5%.

e).- La curva vertical convexa en corte también debe ser eliminada cuando las tangentes que enlacen sean muy planas porque el drenaje resulta escaso.

f).- En áreas sujetas a inundación colocar la rasante suficientemente más alta que el nivel máximo normal de las aguas.

g).- Evitar curvas cortas y de radio mínimo.

h).- Las curvas verticales convexas serán lo suficientemente largas, para proporcionar en ellas una distancia mínima de paso.

i).- Evitar curvas verticales cortas en contrapendientes de valles porque las luces de los automóviles no iluminan la carretera a distancias convenientes.

j).- Las contrapendientes en las crestas de lasan te con curvas verticales cortas también restringen la visibilidad y hacen insegura la carretera.

k).- Evitar depresiones pequeñas en la rasante que puedan ocultar los vehículos.

El empleo de contrapendientes es muy discutible y sólo deben aceptarse con su correspondiente visibilidad garantizada cuando la topografía ondulada las imponga. Son inconvenientes porque:

l).- Aumentan la distancia de recorrido.

m).- Si la tendencia general del alineamiento vertical es de ascenso o descenso, eliminan la posibilidad de un descanso.

n).- La rasante debe ser pareja y los cambios de pendiente, graduales; controlando solamente la longitud crítica.

o).- Deben evitarse dos curvas verticales en la misma dirección separadas por una distancia corta, especialmente en vaguadas donde la vista de tales curvas no es agradable.

C.- En párrafos anteriores se hizo mención al hecho de

que cuando se transita por una carretera con pendientes fuertes, los motores de los vehículos y principalmente de los pesados tienden a perder fuerza si las distancias en que están comprendidas estas pendientes son largas. Se aprecia entonces una disminución ostensible de la velocidad del tránsito en general con la consiguiente pérdida en eficiencia del camino. Es pues tarea del proyectista proveer de los medios para evitar que esto suceda. Un cambio de línea puede mejorar notablemente el perfil pero si esto tiene sus limitaciones o presenta otros inconvenientes queda la posibilidad de modificar las pendientes seleccionando los lugares en que sean más apropiados los valores máximos. Se debe tener presente que es en las partes altas de la rasante donde se va acentuando el efecto retardador del movimiento, además los conductores por lo regular tienden a imprimir mayor velocidad previa al ascenso como prevención y garantizar una subida rápida. Cabe por lo tanto hacer la siguiente recomendación:

CUANDO SE TENGAN PENDIENTES EN TRAMOS LARGOS, DISTRIBUIR LAS PENDIENTES DE MANERA QUE LAS MAS FUERTES QUEDEN EN LA BASE Y SUAVIZAR LAS GRADIENTES EN LAS PROXIMIDADES DE LA CORONA DEL ASCENSO, TAMBIEN SE PUEDEN PROMOVER DESCANSOS CORTOS DE BAJAS PENDIENTES A INTERVALOS DETERMINADOS.

D.- Previo a entrar a las Recomendaciones para la Sección Transversal de la Carretera, quiero mencionar una que atañe tanto a la Proyección Horizontal Longitudinal y a la Proyección Vertical Longitudinal como a los costados del camino en lo referente a la visibilidad.

Generalmente se coloca una rasante y se estudian sus longitudes de curva vertical de manera que a una ve

locidad determinada permitan con seguridad efectuar ma niobras de parada o de paso y con frecuencia se olvida que un desarrollo de pendiente suave en terrenos accidentados a menudo se hace a expensas de sacrificios en la alineación horizontal o viceversa dando por resultado que en un punto determinado de la carretera se tengan condiciones de visibilidad adecuada en el perfil y estas estén limitadas por el diseño en la planta. Resulta pues que debe existir igualdad para ambas clases de diseño puesto que si por un lado se nota restricción, por el otro es apreciable el sobrediseño desperdiciándose así las bondades que este proporciona. Conviene por lo tanto, al colocar la rasante y sus curvaturas verticales revisar constantemente la Proyección Horizontal Longitudinal analizando cada caso y evitar así el defecto antes men cionado.

No quiere esto decir que si por ejemplo tenemos una Proyección Horizontal Longitudinal con muchas curvas evitemos poner una curva vertical bastante amplia que suplemente las deficiencias en el balance de masas pero sí se debe aclarar que no es necesario forzar una excavación cuando no se esté tras un propósito práctico en el que se cuente con equilibrio de las condiciones de seguridad.

Si bien es cierto que las longitudes de curva vertical dependen principalmente de las velocidades de diseño y estas a su vez de las características generales de las horizontales, al atender los principios de visibilidad para un tramo corto contenido en estas dos clases de curvatura, no habría necesidad ni siquiera de mencionar la discrepancia antes apuntada; pero nos vimos obligados a señalarla debido a que en Guatemala se presta poca importancia a proveer de visibilidad adecuada a las curvas horizontales, principalmente si estas se encuentran con

su parte interior en corte.

Tampoco queremos argumentar que si las curvas horizontales no tienen la debida visibilidad porque no se les haya proporcionado, sea necesario también reducir la visibilidad en curvas verticales. Todo lo contrario, queremos enfatizar en dar mayor seguridad a las curvas en planta, dadas las características de nuestro medio tal como lo veremos en el capítulo de las Recomendaciones para la Sección Transversal.

El diseñador no debe olvidar la conveniencia de colocar las curvas verticales fuera de las horizontales, pero si la Proyección Vertical Longitudinal lo demanda, puede optarse de la recomendación siguiente, la solución que más se adapte al caso:

SI HAY NECESIDAD DE COLOCAR UNA CURVA VERTICAL DENTRO DE UNA HORIZONTAL, LOS GRADOS DE SEGURIDAD Y VISIBILIDAD DEBEN SER, CUANDO MENOS, IGUALES PARA AMBAS Y NUNCA EN NINGUNA DE LAS DOS ADMITIR UN VALOR MENOR QUE EL MINIMO ESPECIFICADO.

Referente a lo anterior el Bureau of Public Roads también recomienda en el "Arte del Trazado de Carreteras" lo siguiente:

"Las curvas verticales cóncavas deberán tener por lo menos, una longitud de 130.00 mts. Se conectarán las rasantas de intersección demasiado planas, mediante extensas curvas verticales; en caso contrario la ilusión óptica hará que parezca que no existe curva vertical. Esto es importante, especialmente cuando la curva vertical está ubicada sobre una curva horizontal, ya que si se utilizara una curva vertical corta daría la impresión al conduc-

tor de que la carretera termina repentinamente".

3.- Proyección Horizontal y Vertical Transversal

Brevemente me referiré a lo que constituye la Proyección Horizontal y Vertical Transversal y enseguida a los extremos de ésta como son las taludes de Corte o Relleno. Lógico será pues iniciarse desde el centro de la línea a los costados del camino.

La Proyección Horizontal y Vertical Transversal conocida también como Sección Típica, es la forma de la carretera ya terminada y que se destina a ser ocupada por los vehículos durante el movimiento o estacionamiento de éstos.

El ancho de la Proyección Horizontal y Vertical Transversal está condicionado al tipo de carretera y al número de vehículos que por ella deben transitar. De ella dependen en gran parte la capacidad de la carretera y el costo de su construcción. En el capítulo de las Especificaciones se muestran diversos tipos de Proyección Horizontal y Vertical Transversales hasta ahora empleadas en la Sección de Carreteras de la D.G.C. y que abarcan a todos los tipos de carreteras modernas del país construidas o por construir. De su estudio podemos deducir los alcances obtenidos en esta rama dado el papel importante que en la carretera desempeñan. Las Recomendaciones a este respecto así como las Especificaciones han sido adaptadas en Guatemala de las diversas publicaciones y entidades dedicadas a su estudio. Se puede apreciar las variaciones del bombeo normal como un ejemplo de adaptación al medio.

A.- Deseo señalar por el momento que la elección de la Proyección Horizontal y Vertical Transversal constituye

un problema que requiere la experiencia y visión amplia para contemplar situaciones futuras al mismo tiempo que proporcione el tamaño conveniente para su construcción económica y explotación adecuada. De lo anterior se infiere que es recomendable:

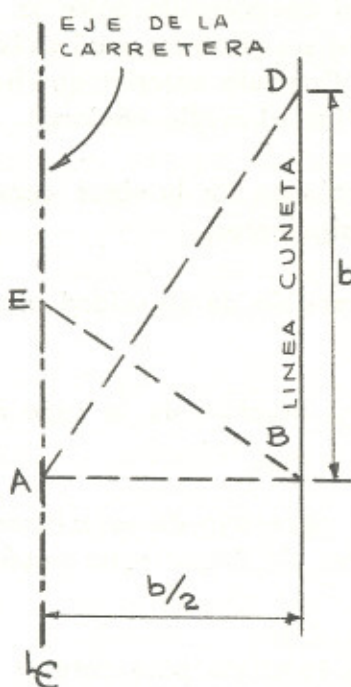
DISEÑAR LA PROYECCION HORIZONTAL Y VERTICAL TRANSVERSAL PARA CONSTRUIR TODO AQUELLO QUE ES ESTRICTAMENTE NECESARIO Y QUE DE CABIDA EN LO POSIBLE A FUTURAS MEJORAS Y AMPLIACIONES DE LA MISMA.

B.- Es muy sabido que uno de los principales enemigos con que cuenta una carretera para su buen desempeño estructural es el exceso de humedad. Tarea del Proyectista es la de proveer los medios adecuados para que el agua pueda ser desalojada tan rápidamente como sea posible desde el instante en que toca a la carretera. La Proyección Horizontal y Vertical Transversal por intermedio de su bombeo normal suministra este dispositivo necesario de evacuación.

Para todos los caminos principales de Guatemala se ha adaptado un valor de pendiente transversal en la capa de rodadura del 3% a ambos lados de la línea central. Este valor se juzga adecuado a las condiciones de nuestro medio, pero se ve poco eficiente cuando se trata de pendientes longitudinales pronunciadas ya que el agua corre por la línea de máxima pendiente y en este caso ésta línea quedaría apoyada a lo largo de la vía, como se demuestra en "Ingeniería de Carreteras" de Collins y Heart Pag. 350: "Cuando una carretera está en pendiente el agua superficial recorre mayor distancia antes de llegar a la cuneta, no conviene que el agua llegue a la cuneta en un punto que diste más de dos veces el semiancho de la calzada, a contar desde el punto en que

alcanzaría la cuneta si no existiera pendiente longitudinal. Ello es función del bombeo, que, si es demasiado pequeño, puede dar como resultado el que el agua de lluvia baje por la calzada entera paralelamente a su eje. Es, por tanto, preciso aumentar y nunca disminuir el bombeo en pendientes, puesto que el agua seguirá siempre las líneas de máxima pendiente.

Supongamos aquí, para fines de cálculo, el bombeo sigue una línea recta desde el centro. Sea c el porcentaje de inclinación del bombeo y g el de la pendiente longitudinal. En la figura adjunta, A es un punto del eje



de la carretera. AB es el semiancho de la calzada $b/2$, AD es el camino seguido por el agua, así que $BD=b$; como ha de ser perpendicular a las curvas de nivel, si desde B se traza una perpendicular a AD, cortando al eje en E, tendremos que EB es una curva de nivel y E y B están a la misma cota.

Tenemos:

$$\frac{DB}{AB} = \frac{AB}{EA}$$

Asimismo,

$$AB \times c = EA \times g$$

Por tanto,

$$b/\frac{1}{2}b = g/c = 2$$

Así, pues, el bombeo no debe ser inferior a la mitad de la pendiente longitudinal. Es decir: si la rasante es del 5 por 100, el bombeo no ha de bajar del 2.5 por 100.

Se podría sugerir el aumento del bombeo normal pero surgen inconvenientes tales como son la incomodidad para el conductor y disminución en la duración de las llantas.

De las observaciones anteriores podemos recomendar:

DEJAR EL 3% COMO BOMBEO NORMAL MAXIMO Y MANTENER LA PENDIENTE LONGITUDINAL FUERA DE LOS VALORES PROHIBITIVOS.

C.- La técnica ha generalizado el nombre de Hombros para la parte de la carretera comprendida entre la capa de rodadura y la cuneta. De sus distintas variaciones también se da cuenta en el Capítulo anterior que habla de su acomodamiento paulatino al medio nacional.

Las ventajas que proporcionan los hombros construidos adecuadamente son las siguientes:

- a) Brindan mayor sensación de seguridad al usuario.
- b) Aumento del ancho efectivo de la capa de rodadura.
- c) Provee el espacio necesario de estacionamiento temporal en caso de desperfectos mecánicos del vehículo.

Existen recomendaciones relativas para obtener mayor eficiencia de los Hombros que dependen de los materiales o del tratamiento superficial que se les administre, de allí que se tengan Hombros de materiales especiales o bien imprimados total o parcialmente.

En algunos países cuando se trata de rellenos, se colocan bordillos cerca de la corona del camino para evitar que el drenaje transversal corra sobre los taludes y para ésto se provee el drenaje longitudinal revestido que reduce el tamaño de la Proyección Horizontal y Vertical Transversal. La práctica da buenos resultados para la preservación de los rellenos pero quedan afectadas las tres ventajas antes mencionadas. Si admitimos que el empleo de Hombros es indispensable, cabe mencionar la recomendación de:

CONSTRUIRLOS LO MAS ENSANCHADOS POSIBLE Y SI SE PLANEAN BORDILLOS EN LAS ORILLAS DE LA CORONA, AUMENTAR MAS DE LO NORMAL LA SECCION TRANSVERSAL DEL RELLENO.

D.- Las cunetas son elementos para drenar longitudinalmente las aguas transversales y sus características geométricas están condicionadas a razones hidráulicas.

Sin alterar ostensiblemente la geometría hidráulica cabe mencionar en cuanto a seguridad la recomendación de que:

SE DISEÑEN LAS CUNETAS CON LA PROFUNDIDAD - MINIMA PARA QUE EN CASO DE ACCIDENTE, UN VEHICULO SALIDO DE LA PISTA TENGA LAS MENORES CONSECUENCIAS QUE LAMENTAR.

Si la pendiente tiene altos porcentajes es aconsejable un revestimiento adecuado para las cunetas y evitar así la erosión de las mismas.

En terrenos planos de escasa pendiente suele emplear se la Proyección Horizontal y Vertical Transversal de tal manera que sea posible efectuar préstamos de material a

los costados del camino y paralelos a éste. El material de esta excavación se utiliza para elevar la rasante por encima del nivel máximo de las aguas de inundación.

El resultado es una cuneta trapezoidal de gran tamaño con una base mínima de tres metros. Su empleo es recomendable cuando los bancos de préstamo están muy alejados del Proyecto, pero en cuanto a seguridad conviene más un relleno a base de materiales transportados de otros lugares ya que no se forman canales con mayor profundidad de inundación.

E.- La carreteras de órdenes superiores como las conocidas del tipo "A" y que son construídas para dar mayor facilidad y comodidad al desenvolvimiento de un fuerte número de vehículos, cuentan la menos, con dos calzadas, como mínimo de doble circulación cada una. Próximas a las áreas urbanas y en ellas, estas calzadas van separadas por un arriate en el centro que se interrumpe a intervalos para permitir el tránsito transversal a la vía o para que pueden efectuarse giros en "U". Estas interrupciones constituyen posibles puntos de conflicto y por lo tanto deberán proyectarse para que dichos puntos sean reducidos a un mínimo ensanchando la Proyección Horizontal y Vertical Transversal mediante un estrechamiento del arriate y desarrollando éste en una distancia determinada que dependerá de la velocidad y número de vehículos.

Aún tomando todas estas precauciones resulta probable que se produzcan embotellamientos de alguna consideración a determinadas horas del día y que se venagrados por la mala conformación del perfil transversal de la calzada, tal como es apreciable en algunas de las recientemente inauguradas vías de acceso a la Capital. El problema afecta a lo urbano y extraurbano, y por ende a las carreteras nacionales, motivo por el cual en este

trabajo cabe recomendar:

CUANDO EL DERECHO DE VIA URBANO LO PERMITA, CONVIENE ENSANCHAR LA SECCION TRANSVERSAL EN LO TOCANTE A SU ANCHO DE CALZADA PARA AREAS QUE SE DESTINEN A CRUCES O INTERSECCIONES A NIVEL Y NUNCA AUTORIZAR CAMBIOS DE PENDIENTE TRANSVERSAL QUE NO SE DESARROLLEN EN FORMA GRADUAL PORQUE RETIENEN EL TRANSITO Y PONEN EN PELIGRO LA ESTABILIDAD DE LOS VEHICULOS. SON ACEPTABLES ESTOS CAMBIOS BRUSCOS EN ATENCION A RAZONES DE SUPER-ELEVACION O PERALTE.

F.- En la Recomendación "D" para la Proyección Vertical Longitudinal se trató el problema relacionado a la superposición de curvas horizontales y verticales en un solo tramo, así como la necesidad de proveer a ambas de la suficiente visibilidad. También en el Capítulo de las Especificaciones se presentan las normas aconsejables para el tratamiento respectivo en planta; tratándose de curvas horizontales con su parte interior en corte, lo conducente será desplazar el talud respectivo una distancia determinada y medida hacia el centro de la curva. Si la pendiente transversal del terreno aumenta hacia el interior de la curva, el movimiento de tierras se verá incrementado sustancialmente corriéndose el riesgo de que el material sea inestable e implique futuros derrumbes. Dichos derrumbes no pueden producirse solamente en el caso apuntado sino también en situaciones de una línea en tangente donde los cortes tengan una altura apreciable.

Los derrumbes de una carretera constituyen un serio obstáculo para la circulación ya que hay ocasiones en que ésta se interrumpe totalmente siendo además una posible causa de inevitables accidentes. El peligro y las

consecuencias fatales aumentan de manera palpable cuando los desmoronamientos se producen dentro de curvas horizontales de radio pequeño y la visibilidad en éstas es reducida pues la aparición de la interrupción se efectúa en forma súbita. Circunstancia ésta similar a la referida en la recomendación I para la Proyección Horizontal Longitudinal.

En Guatemala el Proyectista no dispone de la información debida sobre los diversos materiales que componen el suelo en el que tiene que diseñar y se ve obligado a asumir una estabilidad uniforme para todo el tramo tomando valores para pendientes de taludes comprendidas en tres alturas distintas, tal y como aparecen en las especificaciones respectivas.

No está de más mencionar que lo últimamente apuntado viene a constituir una de las principales causas por las cuales en muchas ocasiones no hay coincidencia entre las cantidades calculadas en el gabinete y las que realmente son movidas durante la construcción del Proyecto. También cabe anotar como otra causa importante de ésta discrepancia, el hecho por el cual el diseño se realiza mucho antes de que el Laboratorio de Suelos proporcione los datos necesarios habiendo por lo tanto que asumir un cierto valor para los coeficientes de Contracción indispensables a la compensación de masas.

El problema de los taludes permanecerá pues, fuera del alcance del Proyectista, mientras tanto éste no pueda disponer de datos suficientes y congruentes del suelo.

Si por alguna circunstancia excepcional se tuviera la certeza de la calidad y estabilidad de los materia-

les, juzgo conveniente que desde el diseño en sus fases preliminares se estudien las formas convencionales para la prevención de derrumbes serios. Tales formas de prevención pueden ser: la construcción de terrazas o la disminución de la pendiente del talud. Pero lo natural en la mayoría de los casos como ya se dijo, es que la información si la hay, sea precaria y como medida que tienda a disminuir la diferencia entre los valores estimados y los reales, a más de aproximar con mayor exactitud el posible volumen del derrumbe considero recomendable que:

CUANDO SE TENGAN TALUDES DE CORTE DE UNA ALTURA CONSIDERABLE Y ADEMÁS EXISTA DUDA EN CUANTO A LA ESTABILIDAD DEL TERRENO, CONVIENE INCREMENTAR EL CORTE EN UNA CANTIDAD DÉTERMINADA PROXIMA AL VOLUMEN DEL DERRUMBE ESTIMADO.

El incremento puede lograrse mediante un abatimiento en la pendiente del talud o un corrimiento paralelo de éste que aumente el tamaño de la Proyección Horizontal y Vertical Transversal si el caso lo amerita.

Espero con estas recomendaciones llenar en parte el objetivo de las mismas como lo es el de imprimir seguridad para el usuario en todos los elementos de la carretera vinculados al diseño geométrico de la misma, y garantizar una vía que además de segura sea eficiente, económica en su realización y económica en su explotación.

En el principio de la Introducción a esta tesis estipulamos que no se debían señalar los defectos de un diseño sin antes investigar las razones por las cuales se le dió la modalidad de trazo que aparece ante noso-

tros. Entre estas razones mencionamos la aplicación de Especificaciones por una parte, y la presencia de Puntos Obligados y de Control por la otra. En el Capítulo siguiente presentaré una breve enumeración de los últimos.

CAPITULO V

PUNTOS OBLIGADOS

Muchos de los puntos de control que adelantese mencionan se relacionan más con el estudio de una línea preliminar que con el diseño propiamente dicho, pero su presencia tiene importante repercusiones en el trazo geométrico por los giros y vueltas que imponen. Los puntos obligados que interesan directamente al diseño por lo regular presentan características determinadas que pueden ser abarcadas total o en su mayor parte, por las secciones transversales de la franja preliminar, y el diseño con sus modalidades de afinamiento nos pone en condiciones de evitar, salvar rodear o cortar la obstrucción que se nos presente, quedando a juicio del Proyectista imprimir a su línea una repartición equitativa de las demandas de economía, seguridad, eficiencias y servicio.

No se debe psara por alto que un factor importante en el estudio, constituye el costo del futuro proyecto, los fondos asignados y su efecto en el desarrollo económico, porque de ellos han de deducirse los lineamientos y rasgos que predominarán en la forma de tratamiento de los obstáculos que debemos salvar.

Podemos pues enumerar sitios deseables para ubicar una carretera como lo son:

Para terreno no plano, cerros de buena longitud orientados paralelamente o que tengan la tendencia de la dirección principal del camino. También para los mismos

terrenos, buscar laderas que tengan pendiente transversal lo suficientemente suave para evitar taludes de relleno muy prolongados y cortes altos.

Los márgenes de ríos o quebradas de cauce poco sinuoso y en la dirección de la ruta. En resumen podemos decir que una localización quedaría óptimamente asentada si se pudiera disponer de apoyos extensos y poco accidentados.

Las valles bien drenados constituyen un excelente asiento para las carreteras que se proyectan en terreno plano; asimismo es también deseable para estos valles que su mayor longitud se aproxime en todo lo posible a la dirección principal del camino y sacar en esta forma mayor provecho de las bondades de un alineamiento vertical suave, al mismo tiempo que se tiene la oportunidad de incorporar un área de posible gran rendimiento agrícola a la economía nacional.

Guatemala es un país extraordinariamente dotado de bellezas naturales gracias a una conformación especial en su topografía y las cortas distancias entre regiones de características completamente distintas como lo son sus costas cálidas refrescadas con agua de montaña y sus mesetas y montes salpicados de lagos y volcanes. Es deseable que nuestros caminos además de atravesar o llegar a éstos puntos de interés turístico, promuevan un realce de las bellezas de el lugar.

Son Puntos Obligados de Paso:

Los lugares extremos a enlazarse puesto que a veces obstáculos naturales fuertes hacen imposible el acceso. Obligan a desistir de un buen alineamiento horizontal o a descartar un alineamiento vertical magnífico, o bien

truir grandes obras especiales para llegar al punto terminal.

Cuando se quiere cruzar una montaña conviene buscar los puntos más bajos de ésta y conocidos como portezuelos. Si se va a cruzar un río deben buscarse los pasos más estrechos y sin playas. Ambos cruces deben estudiarse con cautela, porque a veces la idea de aprovechar las buenas condiciones que nos ofrezcan, nos hace forzar el alineamiento o ejecutar trazos más largos con lo que que darían desvirtuadas las excelentes cualidades del paso.

Si el camino se va a desarrollar aprovechando la extensa parte que corre por la cumbre de una sierra, los puntos bajos de ésta constituyen pasos obligados ya que sería contraproducente efectuar cortes o rellenos en los mismos y será por lo tanto necesario rodear los bordes o salientes intermedios.

En una ladera suave y larga, una saliente muy pronunciada puede afectar el diseño tanto vertical como horizontalmente y será necesario efectuar el estudio adecuado para determinar si esta saliente deberá ser rodeada ya sea en su Proyección Horizontal Longitudinal o en su Proyección Vertical Longitudinal o trazar una línea que la corte y esperar el consecuente aumento en la cantidad de tierra a mover.

También constituyen puntos obligados importantes: El cruce de vías férreas, autovías, o canales porque de ellos dependerán las alteraciones que se hagan a la rasante o a las canalizaciones pertinentes para no interrumpir el flujo correcto en ninguno de los conductos respectivos.

Cuando en atención a las normas geométricas que rigen el diseño no se pueda forzar una pendiente máxima

a más allá de lo establecido, y el traslado de esta Proyección Vertical a la Proyección Horizontal nos marque una ruta determinada, la localización correspondiente seguirá la tendencia de dicha ruta y los puntos que toque o atraviesa serán puntos obligados de paso.

La pendiente máxima por sí sola también constituye un control obligado puesto que además de no poder ascender o descender a una razón mayor de la permitida, se imponen situaciones poco afortunadas en las que se comprometen cortes altos y largos, o si no, se enfrenta el diseñador a la imposibilidad de reducir la altura de un relleno, tanto para acortar la longitud de una tubería o bóveda, como para procurar que los taludes se detengan en un punto más estable y evitar así el posible muro.

Fuera de las condiciones eminentemente topográficas sobre los puntos obligados cabe mencionar a aquellas comprendidas dentro de otros órdenes como lo pueden ser: el futuro uso que se le da a la tierra; atravesar o acercar la línea a ciudades importantes; el derecho de vía; facilitar el acceso a centros industriales; el aprovechamiento de los recursos naturales en las zonas intermedias; estimular el turismo en general y la explotación de lugares tanto arqueológicos como de gran valor histórico y cultural.

Son Puntos Poco Deseables de Paso:

Los terrenos en los que frecuentemente se tengan que cortar accidentes naturales como lo pueden ser infinidad de quebradas o riachuelos que requieran de variadas y costosas estructuras especiales.

Los terrenos confusos, que imponen a cada momento

diversidad de diseños; no permiten un rango particular de velocidad para una distancia determinada de regular longitud y producen frecuentemente ángulos muy grandes en los pasos esviados de las corrientes.

Resultan poco deseables también los cerros y las corrientes sin una dirección determinada porque se requiere el uso continuo de alineaciones con curvas de radio pequeño por una parte, e impiden el aprovechamiento de los buenos pasos para el cruce de las corrientes por la otra.

Evitar los grandes y largos cortes o rellenos, en primer lugar por razones de economía, y en segundo porque los cortes altos conllevan posibles problemas en el mantenimiento de los taludes ya sea por lo inestable del material, por lo erosionable del terreno, o por la pendiente de los mismos; los rellenos altos como ya se dijo tienen el inconveniente del sostenimiento de los taludes y la pendiente transversal es muy fuerte; un relleno por lo general lleva en el fondo una estructura de drenaje cuya longitud dependerá de la altura del mismo.

Cuando en nuestro medio se hace público que dentro de un breve tiempo se construirá una carretera y que conectará dos puntos determinados, los habitantes de los poblados intermedios se apresuran a solicitar que el trazo cruce sus poblaciones, argumentando que de no ser así y aunque la línea les quede próxima, una nueva y moderna ruta les acarrearía aislamiento, abandono, y que darían en una situación ignorada para el resto de los nacionales. La práctica no lo demuestra así. No reparan los vecinos que un cruce de esta naturaleza para una carretera de altas velocidades puede afectar una extensa franja urbana con su derecho de vía y estar expuestos constantemente a ser atropellados poniendo en pe-

ligro no sólo la seguridad de sus propiedades sino también la vida de sus moradores. Para la carretera en sí no es deseable el cruce de poblaciones pequeñas, porque implica a veces alineamientos forzados y una innecesaria reducción de velocidad.

En muchas oportunidades y durante la construcción, no se tienen a mano los materiales necesarios para la ejecución de una obra determinada, tal como sucede con los bancos de préstamo, y lógicamente la distancia a que estos se encuentren influirá notablemente en el costo de la construcción; siendo por lo tanto, si no hay inconvenientes mayores, deseable que la línea quede situada lo más próximo posible a estos depósitos naturales de material adecuado.

Son Puntos Obligados de No Paso:

Los lugares de terrenos pantanosos o las áreas planas expuestas a inundaciones porque la línea deberá desviarse de la ruta más directa o bien levantar la rasante a la altura conveniente por encima del nivel normal máximo de las aguas. Los terrenos pantanosos presentan la dificultad de un costo elevado en la preparación del lecho del camino, y si hay que subir la rasante será necesario el transporte del material adecuado para el efecto, desde bancos diferentes y lejanos.

Deben evitarse terrenos que presenten poca estabilidad del suelo, tanto porque incrementan el costo de construcción exigiendo taludes de corte de pendiente más suave, como por los derrumbes que pueden sucederse y a los que debe prestarse una atención y mantenimiento especiales.

Se ha visto en más de una ocasión que cuando se

hacen cortes de regular altura, la línea sufre desplazamientos apreciables que no pueden ser controlados de inmediato y que son debidos a movimientos del lecho propio del camino. Las investigaciones concluyeron en que la causa estriba en la falla del equilibrio estático de las masas del suelo y cuando estas buscan el acomodamiento en una posición estable, se producían los corrimientos anotados, visibles desde la superficie. Debe prestarse también especial atención a las fallas geológicas de las áreas circunvecinas.

Hemos hecho mención de algunos puntos determinantes en la ejecución de un diseño de carreteras. La influencia decisiva que ejercen directamente en las modalidades geométricas del mismo, y cómo al otorgarle prioridad e importancia a uno, se encuentra dificultad en atender los diversos aspectos que presentan los demás; observación importante porque establece un punto de partida en la interpretación de los desaciertos aparentes o en la afortunada elección del trazo final.

CAPITULO VI

RESULTADOS OBTENIDOS

Este capítulo incluye un breve resumen de datos estadísticos que contribuyen a apreciar mejor el efecto que imprime la calidad de un diseño en general sobre la eficacia de una carretera determinada. Las conclusiones a que se llega en las fuentes de consulta coinciden en afirmar que la efectividad en el servicio en general, está basada en las características del diseño y las condiciones geométricas imperantes a lo largo de la ruta.

Relativamente es escaso el volumen de datos que se han logrado obtener hasta la fecha, pero esto no disminuye su importancia para las labores de planificación, diseño, mejoramiento y mantenimiento futuro de carreteras. La obtención de datos se ha ido incrementando en los últimos años y se espera para próximos períodos contar con una mejor y más amplia información.

SERVICIO

Al enfocar el aspecto del servicio que a la nación presta la red vial en conjunto, encontramos que cualquier ruta o camino del tipo que éste sea, por principio, tiene que ser de utilidad. No podemos menospreciar el servicio que preste una carretera defectuosa debido a que el país tiene gran necesidad de vías de comunicación adecuadas a las demandas de cada una de sus regiones. En otras palabras, muchos caminos en condiciones físicas poco favorables para brindar seguridad y co-

modidad al usuario, se encuentran en la actualidad soportando un tránsito muy intenso; su utilidad pues, queda de manifiesto, pero la eficiencia con que este servicio se desempeña y que seguramente es baja, debe ser estudiada con detenimiento para proponer la solución que mejore dicha eficiencia acorde a los requerimientos de la técnica y la economía. También existen caminos muy buenos recientemente construidos que tienen escaso movimiento de vehículos; un ejemplo de esto lo constituye el C.A-10, pero su eficiencia verdadera se pondrá en relieve cuando se haga trabajar con los vehículos y años para los cuales fue proyectado, además de recibir los incrementos provenientes de El Salvador y Honduras.

Partiendo de los dos casos anteriores podemos aceptar que todos los caminos prestan algún servicio, y es la medida o la cantidad de ese servicio lo que nos interesará en el desarrollo del presente capítulo.

El estado de un camino proporciona respuesta a las demandas de servicio, y atendiendo el objetivo de este trabajo, partiremos de las condiciones geométricas del mismo para acercarnos a la valorización de su eficiencia. Otra medida del servicio se obtiene directamente de los conteos de tránsito efectuados en la carretera misma y que a la vez permiten determinar su capacidad.

Los conteos de tránsito en Guatemala se han efectuado con muy poca regularidad; los datos estadísticos sólo proporcionan cifras sobre el número de vehículos que circularon por el país en cada año, y nos dan cuenta de su distribución en las distintas carreteras del país. Se desconoce pues qué desempeño han tenido todas nuestras rutas que pudieron ser "solicitadas por 61,500 vehículos automotores registrados en 1966 contra 7,200 unidades que existían en 1946" (6).

De 1962 hasta 1966 excluyendo el año 1965 por razones ignoradas, se realizaron conteos de corta duración en la República. De 1964 a 1966 se operaron cuatro estaciones permanentes, siendo dos de ellas suburbanas⁽⁶⁾. Todo el sistema de medida del tránsito está basado en las estaciones de aforo de las que se tienen dos categorías atendiendo a la duración de los períodos de registros volumétricos y que pueden ser permanentes o de corta duración. Se tienen cinco estaciones permanentes y 148 de corta duración; entre estas últimas están las estaciones de Control "A" en las que se realizan conteos de 24 días por año, a razón de 4 días cada dos meses, se incluyen sábados y domingos. También entre las de corta duración están las estaciones de Control "B" que efectúan conteos de 6 días laborables por año en 3 períodos iguales. Las estaciones Sumarias que también son de corta duración realizan conteos de 2 días laborables por año.

De las estaciones permanentes que se operaron en el período de 1964 a 1966 dos de ellas, las suburbanas, estaban situadas en las márgenes de la ciudad capital y sujetas al tránsito citadino. Se localizaban así:

- Est. 1: Km. 10, C.A.-9 al Pacífico (Sub-urbana)
- Est. 2: Km. 15, C.A.-1 Occidente (Sub-urbana)
- Est. 100: Km. 13, C.A.-1 Oriente (Rural)
- Est. 900: Km. 16, C.A.-9 al Atlántico (Rural)

Desde 1967 a esta parte, las estaciones permanentes han quedado en ésta forma:

- Est. 100: (Don Justo): Km. 15.6, C.A.-1 Oriente
- Est. 0100 (San Lucas): Km. 32 C.A.-1 Occidente
- Est. 200 (Achiguatate): Km. 72, C.A.-2 Central
- Est. 900 (Peaje): Km. 16, C.A.-9 al Atlántico

Est. 0900 (Amatitlán): Km. 30, C.A.-9 al Pacífico.

"Los datos de 1967 se consideran poco concluyentes porque no se logró completar la recolección para las 5 estaciones permanentes, pero el limitado análisis estadístico sobre los datos disponibles revela que el procedimiento en que se desarrollan los conteos volumétricos de tránsito es adecuado y que los resultados son concientes con las finalidades del estudio. El tránsito anual registrado en las estaciones 1 y 2 desde 1964 a 1966, se considera distorsionado por el movimiento urbano de los vehículos, luego se descarta su utilidad para estudiar el fenómeno rural"⁽⁷⁾.

Todo lo arriba apuntado nos permite establecer que disponemos de 2 medios distintos para llegar a determinar la magnitud de la eficacia con que se puede trabajar una carretera:

Uno de ellos consiste en la apreciación que se haga de sus condiciones físicas y de su geometría en general para llegar a estimar la forma en que se ha de desenvolver el tránsito. Esta apreciación no es susceptible de una valoración numérica.

El otro medio disponible es el conteo directo como queda indicado. Si hay cuantificación, y a través de los datos obtenidos puede llegarse a establecer la medida de la demanda que el público aplica a una carretera determinada; esta medida se conoce como el Tránsito Promedio Diario Anual, TPDA, y se obtiene al dividir por 365 días el total de vehículos que pasan por un punto de la carretera a lo largo de un año, de preferencia un año calendario. De los conteos de tránsito se obtienen dos clases de TPDA: uno real o exacto, que se conoce de las estaciones permanentes; el otro se calcula en base de

muestreos cortos que se ajustan con sus factores correspondientes.

Si el TPDA constituye una medida de la demanda que tenga una carretera, la cantidad de oferta queda determinada por su capacidad que pone de manifiesto la posibilidad efectiva para poder soportar los volúmenes de tránsito a que se someta. La capacidad se calcula según procedimientos desarrollados en el Highway Capacity Manual que es publicado por Highway Research Board de Estados Unidos. Originalmente fue definida en el informe titulado Highway Capacity Practical Applications of Research⁽⁷⁾ y se tomaron en cuenta tres aspectos:

CAPACIDAD BASICA: La capacidad básica de una vía de tráfico es el número máximo de carros de pasajeros que pueden pasar por un punto dado sobre una vía o faja asfáltica durante una hora bajo las condiciones más cercanamente ideales del camino y del tráfico que posiblemente pudieran obtenerse.

CAPACIDAD POSIBLE: Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto dado sobre una vía o camino específicos durante una hora y bajo las condiciones preva-lecientes del camino.

CAPACIDAD PRACTICA: Es el número de vehículos que pueden pasar por un punto dado sobre una vía o camino durante una hora, sin que la densidad de tráfico sea de masiado grande como para ocasionar una dilación irrazo-nable, peligro, o restricción para la libertad del conduc-tor en cuanto a la maniobra bajo las condiciones preva-lecientes en el camino y bajo las condiciones de tráfico.

Una información más detallada y comentada al respecto la ofrecen Laurence I. Hewes y Clarkson H.

Oglesby en su libro "Ingeniería de Carreteras".

En 1965 se modificaron las definiciones anteriores aceptándose una sola capacidad, que es un equivalente de la Capacidad Posible anterior agregándosele además - el término "nivel de servicio" que denota condiciones operativas de la carretera para reducir, o aumentar los volúmenes en función de ellas. Los niveles de servicio se identifican con una mayúscula y así tenemos que un mejoramiento de nivel de servicio, hasta "A" como máximo, significa menores volúmenes horarios pero mayores velocidades; un nivel de servicio "E" significa que se sacrifican velocidades altas para alcanzar niveles máximos en condiciones inestables de flujo; también se tiene el nivel "F" en el cual se obtiene un flujo de tránsito forzado.

Si comparamos el TPDA con la capacidad de una carretera podremos determinar el grado de utilización de las facilidades existentes y por esta razón conviene expresar la capacidad en función de vehículos promedio diario vpd, para facilitar esta comparación.

TPDA DE LAS ESTACIONES PERMANENTES DE 1967

Estación	Carretera	TPDA
100 Don Justo	C.A-1 Oriente	2,102 vpd
0100 San Lucas	C.A-1 Occidente	1,339 vpd
200 Achiguate	C.A-2 Central	1,961 vpd
900 Peaje	C.A-9 Atlántico	1,371 vpd
0900 Amatitlán	C.A-9 Pacífico	3,635 vpd

De los registros estadísticos se tiene que una semana de conteo en 1963 arrojó para la estación 100 una cifra promedio de 1125 vpd contra 2102 para la misma es-

tación en 1967, es decir casi se duplicó. Por esta ruta se moviliza parte del tránsito centroamericano y para el período histórico analizado se obtuvo un crecimiento continuo con una tasa promedio de incremento anual de 17.6%.

La estación 900 se operó en 1962 durante una semana continua y se anotaron 714 vpd. Durante el lapso comprendido hasta 1967 el TPDA se incrementó en 92% con un crecimiento geométrico anual de 14.5% promedio; a partir de 1964 en que esta estación trabaja como permanente, y hasta el año de 1967 el crecimiento promedio se reduce a 7.8% anual.

No se puede hacer una comparación con valores de años anteriores de las estaciones 0100 y 0900 porque sólo se tienen datos de las estaciones permanentes suburbanas 2 y 1 que se localizaban así: la 2 en el Km. 15 de la carretera interamericana a Occidente (C.A-1) y la 1 en el Km. 10 de la Carretera al Pacífico y como se ha dicho, por su proximidad a la capital se encuentran afectadas del tránsito ciudadano. En 1967 se desplazaron para formar la 0100 y la 0900 respectivamente.

De la estación 1 se sabe durante el período de 1964 a 1966 el TPDA aumentó de 5,076 vpd a 5,475 vpd o sea un crecimiento neto de 7.9% en los 2 años; también en 1965 esta estación tuvo 4,812.

La estación 2 tuvo un crecimiento negativo en el mismo período puesto que de 3,812 vpd en 1964, pasó a 3,686 vpd en 1967. En 1965 alcanzó la cifra de 4,307 vpd mayor que las dos anteriores.

Se han podido determinar otras medidas como por ejemplo el TPDL o sea el Tránsito Promedio en Días Labo

rables que se obtienen de la división del número total de vehículos que pasan de lunes a viernes durante el año, entre el número de días tomados en consideración.

También se han efectuado clasificaciones del tránsito atendiendo al tamaño y capacidad de los vehículos para llegar a determinar la preponderancia del pesado o liviano. Hay siete categorías de vehículos automotores:

- 1.- Automóviles, Jeeps
- 2.- Camiones livianos (Dos ejes, cuatro llantas)
- 3.- Camiones pesados (Seis llantas o más)
- 4.- Camiones remolques
- 5.- Microbuses
- 6.- Buses
- 7.- Otros. (motocicletas, etc.)

El tránsito pesado se compone de la suma de las categorías 3, 4 y 6; y su importancia es definitiva en los criterios de capacidad y diseño.

La estación 900 registra gran cantidad de movimiento de carga de importación y exportación; tiene la mayor proporción de camiones remolque que se moviliza por las carreteras del país.

El tránsito pesado de la estación permanente 100 apenas llega al 32.4% del total; tiene una proporción de remolque tan sólo de 0.4%; 11.4% de autobuses y 20.6 % de camiones pesados.

En la estación 0100 predomina el transporte colectivo contribuyendo a que el tránsito pesado alcance un 42.9%, 24.3% los camiones pesados y más de 0.2% los camiones remolque.

La estación 0900 marca un tránsito entre la capital y Escuintla cuyo 67.2% lo integran vehículos de pasajeros y el 32.6% los vehículos pesados; es una carretera predominantemente turística, mientras que para la estación 200 las mismas relaciones son de 52.9% y 46.7%.

Son estas algunas de las características principales del tránsito en Guatemala y tomando en cuenta las condiciones propias del medio, los investigadores han encontrado cierta dificultad en la aplicación del método para determinar la capacidad de una ruta, porque difieren en muchos aspectos las condiciones operativas del tránsito, como por ejemplo el tamaño de los vehículos livianos que en Guatemala son en gran número del tipo de los compactos y cuya baja potencia reduce la fluidez del tránsito de ascenso en pendientes pronunciadas dando como resultado que las maniobras de rebase se dificulten.

Además, como ya se ha mencionado, no se lograron datos para todos los meses en las 5 estaciones permanentes operadas en 1967 y los resultados pueden considerarse como poco concluyentes. También las desfavorables condiciones de operación en dichas estaciones no permiten que del análisis de sus resultados se formulen recomendaciones definitivas o aceptables; sin embargo por ser un año en el que se ha obtenido mejor y más amplia información, se dispuso el cálculo de las capacidades de las 5 estaciones permanentes.

Para llegar a determinar la capacidad de una estación se debe contar con el volumen-horario de diseño, que es un porcentaje del TPDA, ya que no es económico diseñar una carretera con capacidad superior o igual a la que podría requerirse por el tránsito de la hora de máximo volumen; tampoco puede aceptarse que la capacidad se ajuste al Volumen-Horario Promedio Anual (VHPA)

porque la carretera sería insuficiente en casi el 50% de las horas en el año. El Volumen Horario de Diseño, VHD, se elige entre esos dos extremos mencionados haciendo valer los criterios de economía en la solución y aceptación de ciertos grados tolerables de congestión.

Se pueden construir curvas para Volúmenes Horarios Máximos, de las que de su análisis se obtiene el punto intermedio entre aquellas extremas ya mencionadas, en donde debe localizarse el volumen para el diseño de la carretera. La curva se elabora tomando como ordenada el Tránsito Horario, como % del TPDA, y como abscisa, el Número de horas en el año con tránsito igual o mayor que el indicado.

Es frecuente hablar de la 30a Hora de Diseño (30HD) como equivalente del VHD, porque es el volumen horario en que se reducen en forma notable los requerimientos de diseño y se tiene un nivel tolerable de congestión, puesto que sólo se excederá la capacidad durante 29 horas en el año. Al adoptar la 30HD en comparación con el máximo volumen se ha reducido la capacidad necesaria desde 19.7% hasta 10.7%, con beneficio para la economía del proyecto.

Del estudio elaborado por la Consultora Latinoamericana Asesora de la Unidad de Planeamiento de la Dirección General de Caminos se tiene los siguientes resultados:

Capacidad de Tramo Guatemala-Escuintla C.A-9:

La Capacidad de área calculada para este tramo es de 4,300 vpd, mientras que en el tramo Amatitlán-Es-

cuintla es de 4,900 vpd. Estos datos corresponden a 1967 y el estrangulamiento de la capacidad de Primer Tramo es debida a que no estaba construída la tercera pista para descongestionar la Cuesta de Villalobos cuando el tránsito asciende. Las cifras se obtuvieron asumiendo un VHD equivalente al 11.0% del TDPA.

De Guatemala a Amatitlán se tiene:

Ancho de carriles: 6.5 m.

Se hace caso omiso de la existencia de puentes angostos, como el Villalobos II que tiene 5.8m de rodadura y pasamanos a 25 cms.

De Amatitlán a Escuintla se tiene:

Ancho de carriles: 7.2 mts.

No hay restricciones laterales.

Terreno montañoso.

Tránsito de camiones: 27%, autobuses: 11%

Capacidad del tramo Guatemala-El Rancho. C.A-9 Norte

La capacidad promedio es de 3,900 vpd. También se asumió un VHD de 11.0% del TPDA. El cambio de porcentaje de camiones de 39% a 30% por ejemplo aumentaría la capacidad de la carretera en casi 15%.

Ancho de carriles: 7.2 mts., sin restricciones laterales.

Terreno montañoso.

Tránsito de camiones: 39%, autobuses: 10%.

Capacidad del tramo Guatemala-Patzicúa. C.A-1. Occidente

La capacidad promedio diaria del proyecto que enlaza Guatemala con San Lucas asciende a 3,800 vpd; mien

tras que entre San Lucas y Patzicía la capacidad es de 5,000 vpd.

Ancho de calzada: 6.0 mts., sin obstrucciones laterales. Terreno montañoso desde Guatemala hasta San Lucas, ondulado entre San Lucas y Patzicía.

Tránsito camiones: 20%, autobuses: 16%.

Capacidad del Tramo Guatemala-Barberena. C.A-1. Oriente

Para el tramo entre Guatemala y el desvío a San José Pinula se tienen 4,600 vpd de capacidad, y para el resto del tramo hasta Barberena 6,300 vpd.

Ancho de Calzada: 6.0 mts., sin obstrucciones laterales. Terreno montañoso desde Guatemala hasta el desvío a San José Pinula, ondulado entre el último punto y Barberena.

Tránsito camiones: 20%, autobuses: 11%.

Capacidad del Tramo Escuintla-Muluá. C.A-2.

La capacidad calculada para este tramo de carretera asciende a 4,500 vpd.

Ancho de Calzada: 6 mts., sin restricciones laterales, haciendo caso omiso de la existencia de puentes angostos. Terreno ondulado.

Tránsito camiones: 34%, autobuses: 13%.

De la comparación de estos datos podemos fácilmente deducir la calidad de los diseños a que pertenecen, como por ejemplo la diferencia entre el Tramo Escuintla-Muluá proyectado en terreno plano, y el tramo Guatemala-El Rancho proyectado en terreno montañoso; el mismo Tramo Escuintla-Muluá y el tramo entre el desvío a San

José Pinula y Barberena en terreno ondulado.

SEGURIDAD

El número de accidentes podría ser una medida de la seguridad que ofrece una carretera, pero estos tienen diversos orígenes y a la fecha, en Guatemala aún no ha sido posible llevar registros que clasifiquen detalladamente las distintas causas que motivaron los percances. Por ejemplo, el Boletín Estadístico No. 1 de la Sección de Estadística de la Dirección General de Caminos, establece que en 1965 hubo en la república 5,800 accidentes de tránsito, de los cuales 514 fueron rurales, es decir un 9% del total se sucedió en carreteras o en las ciudades del interior del país. También dicho Boletín da el número de accidentes por cada ruta determinada, pero no especifica la posición exacta ni el kilometraje en que se produjeron. Tampoco se sabe qué número de accidentes fue ocasionado por imprudencia de los conductores o por las malas condiciones físicas de la carretera, como lo puede ser: mal alineamiento horizontal, poca visibilidad vertical y horizontal, o el tamaño inadecuado de la Sección Transversal o de la calzada; además del mal estado de la vía a causa de poco mantenimiento.

En el Capítulo VII se presentan algunos casos que han sido observados en las principales carreteras del país y que a mi juicio, después de haberlos estudiado en el campo, son los que presentan mayores condiciones adversas para la seguridad del tránsito. Considero conveniente aclarar que no sólo estos puntos ni estas carreteras son los que representan tales desventajas, y señalo la conveniencia de efectuar estudios posteriores para modificar y mejorar las condiciones de aquellos que queden fuera de este trabajo.

CAPITULO VII

CASOS OBSERVADOS

Se seleccionaron algunos puntos críticos en tramos de carreteras de los siguientes proyectos:

- C.A-2 Occidente
- C.A-9 Sur y
- C.A-9 Norte

La carretera C.A-2 Occidente se construyó tratando de aprovechar el camino antiguo, y se mejoró escasamente el alineamiento como observamos en el Punto 1 de la Figura 11 que muestra una curva pronunciada uniendo dos tangentes de considerable longitud, pudo haberse puesto una curva de radio mas amplio sin que se incrementara el movimiento de tierras en forma perceptible. Otra solución que pudo haberse dado al problema sin que se alterara ostensiblemente el costo de la construcción, hubiera sido cambiar el alineamiento tal y como lo muestran los trazos discontinuos; la curva actual es insegura y de poca visibilidad.

También en la misma carretera C.A-2 Occidente es digno de mencionarse el tramo entre Cuyotenango y Muluá. Cruza dos veces la vía férrea uno con paso a nivel, y otro a desnivel con el objeto de obtener un paso adecuado para el río Samalá se adoptó un diseño que gira bruscamente en las proximidades del río; el resultado es una curva pronunciada que une también dos tangentes de considerable longitud. Una mejora en el trazo se obu

tendría si se hiciera un estudio paralelo a la línea del ferrocarril y a la derecha de dicha vía. Este caso se presenta en la Figura 12.

De la Carretera Centroamericana C.A-9 Surselección el tramo Palín-Escuintla (Figura 13), también en este Proyecto se trató de aprovechar en parte el alineamiento antiguo y que fue mejorado apreciablemente; se introdujeron curvas de gran radio y una pendiente máxima de 7%. Todo este tramo se desarrolla en terreno no plano y por lo tanto considero que debía haberse hecho el estudio pertinente que no escatimara el costo de la obra para evitar que quedaran las curvas peligrosas comprendidas entre los kilómetros 44 y 46, es un tramo bastante corto pero de mucha inseguridad para el usuario puesto que la aparición de estas curvas peligrosas se sucede de manera repentina obligando al conductor a maniobrar en forma violenta.

En la Carretera Centroamericana C.A-9 Norte o Carretera al Atlántico se eligió el tramo que atraviesa el río Plátanos; también este tramo representan en su totalidad un alineamiento de curvas amplias a partir de este río hacia adelante, por lo tanto el conductor que se dirige hacia la capital contando con las bondades de una línea cómoda que desciende hacia el paso del río se encuentra de pronto ante el peligro de una curva de radio muy reducido antes de entrar al puente, lo que obliga a maniobrar precipitadamente para evitar salirse por la tangente o estrellarse contra los barandales del puente. Debía haberse puesto una curva mucho más amplia aunque se incrementara el costo de la construcción (Figura 14).

De la misma carretera Centroamericana C.A-9 Norte se escogió también el paso sobre el río Huyús; en este tramo el conductor que viaja en dirección a Puerto Ba-

rrios se encuentra con una curva de radio muy pequeño a continuación del puente y después de un alineamiento de curvas amplias que le permite desarrollar altas velocidades, la aparición de esta curva es brusca y de mucho riesgo para el conductor que se ve obligado a una reducción súbita de velocidad. Si el conductor se dirige hacia la capital se encuentra en una situación de descenso antes de llegar al río y la poca visibilidad que ofrece la curva de radio reducido no le permite apreciar de inmediato la presencia del puente provocando el giro brusco y la maniobra violenta consiguiente. Esta curva se diseñó con ese radio a causa del exceso de corte que implicaba el cerro Huyús, pero pudo haberse hecho un estudio que modificara el alineamiento en busca de mayor seguridad, (Figura 15).

Y así se podrían mencionar algunos otros casos de mayor o menor importancia al respecto.

Estas últimas cinco figuras han sido tomadas de los mapas elaborados por el Instituto Geográfico Nacional a la escala 1:50,000 siendo por lo tanto la separación entre las líneas de la cuadrícula equivalente a 1 kilómetro en el terreno.

Los ejemplos de mejora de alineamiento (Figuras 16 y 18) para Caminos Vecinales y que no siguen la ruta antigua muestran claramente las bondades del estudio propuesto en ambos casos, aunque hubo un acortamiento en longitud, las especificaciones admiten hasta un 12% como máximo de pendiente en este tipo de caminos. Los ejemplos fueron tomados del Proyecto "Alotenango-El Rodeo-Siquinalá". Tramo Finca "El Zapote"-San Andrés Osuna. Los planos para ambos casos, tanto en su Proyección Vertical como Horizontal, presentan, en trazos discontinuos los diseños que tratan de seguir el camino existen-

te. La línea continua representa el estudio que tiende a mejorar totalmente el alineamiento. En el primer ejemplo (Figura 16), la curva "A" de $18^{\circ} 00'$ sustituye cinco curvas (trazo discontinuo) cuyos radios y grados de curvatura son:

- Curva 1: $R= 71.62 \text{ m}$; $G^{\circ}= 16^{\circ}00'$ Izquierda
 Curva 2: $R= 30.16 \text{ m}$; $G^{\circ}= 38^{\circ}00'$ Derecha
 Curva 3: $R= 30.16 \text{ m}$; $G^{\circ}= 38^{\circ}00'$ Izquierda
 Curva 4: $R= 30.16 \text{ m}$; $G^{\circ}= 38^{\circ}00'$ Derecha
 Curva 5: $R= 31.83 \text{ m}$; $G^{\circ}= 36^{\circ}00'$ Izquierda

Cabe agregar que el alineamiento horizontal que precede a esta curva "A" de $18^{\circ}00'$ está compuesto por curvas cuyos grados oscilan entre $3^{\circ}00'$ y $10^{\circ}00'$.

Para las dos alternativas se tuvo el siguiente movimiento de tierras:

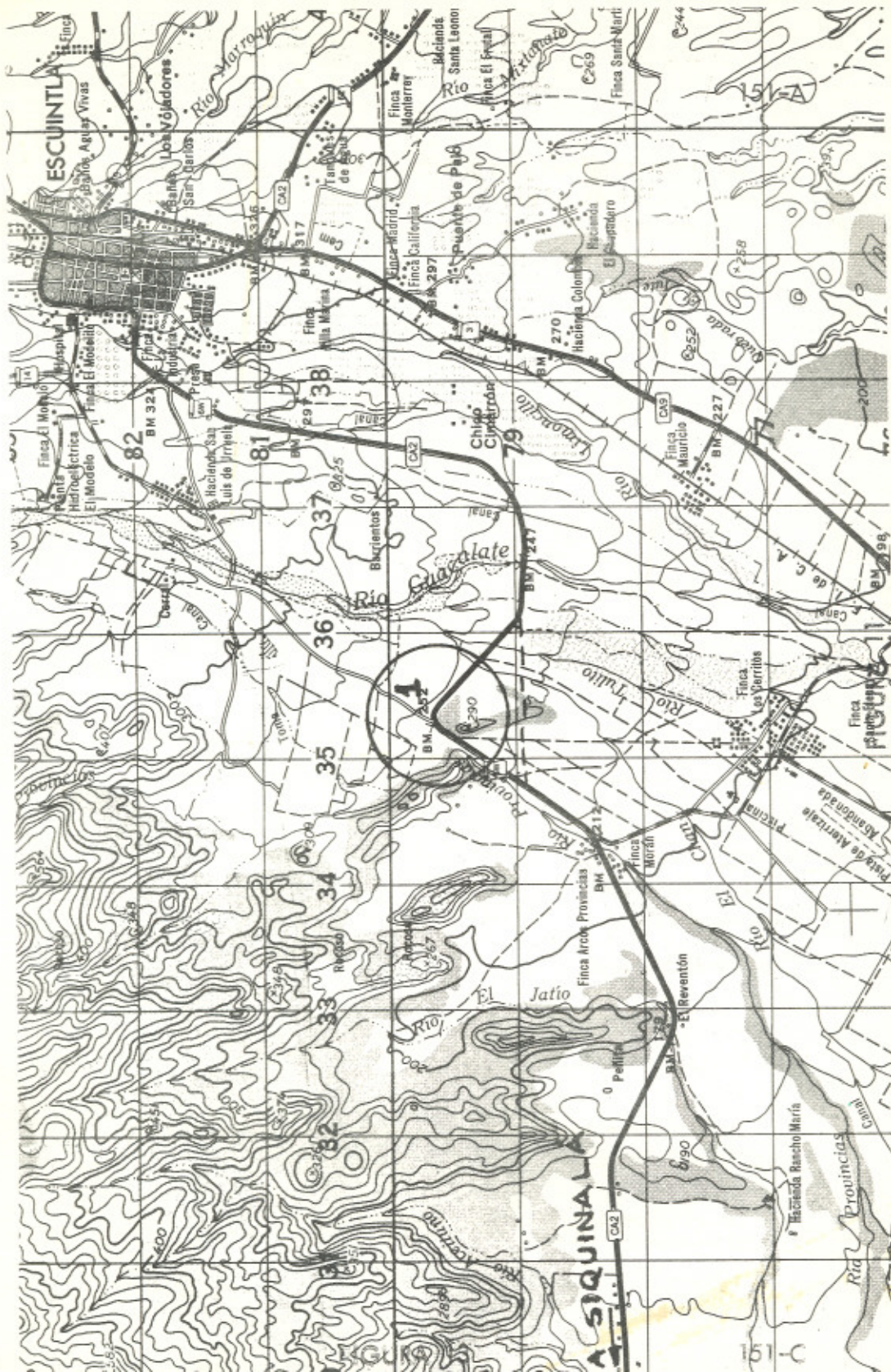
	Alternativa con Curva de 18°	Alternativa con Curva de Radios Míñimos
Corte	15597 M ³	10751 M ³
Relleno	11696 " "	8601 " "
Material de exceso	6452 " "	4288 " "
Excavación Total	22049 " "	15039 " "

Comprendidas entre:

104 + 788.97	105 + 014.08
104 + 388.93	104 + 388.93
<u>0 + 400.04</u>	<u>0 + 625.15</u>

Dando como resultado un acortamiento en la línea para la primera alternativa de 225.11 mts.

En el ejemplo No. 2 de alternativas de diseño (Fi-



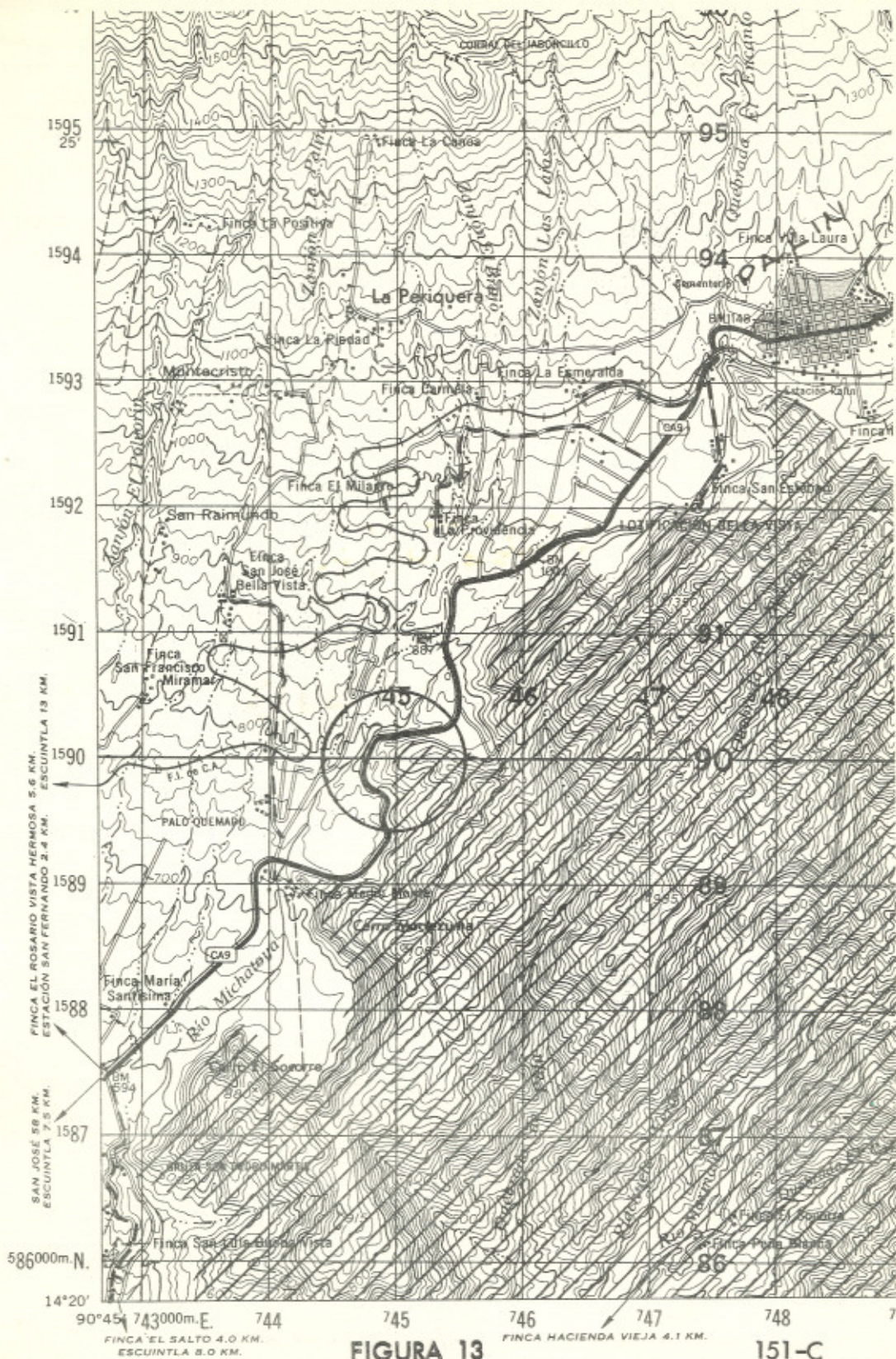
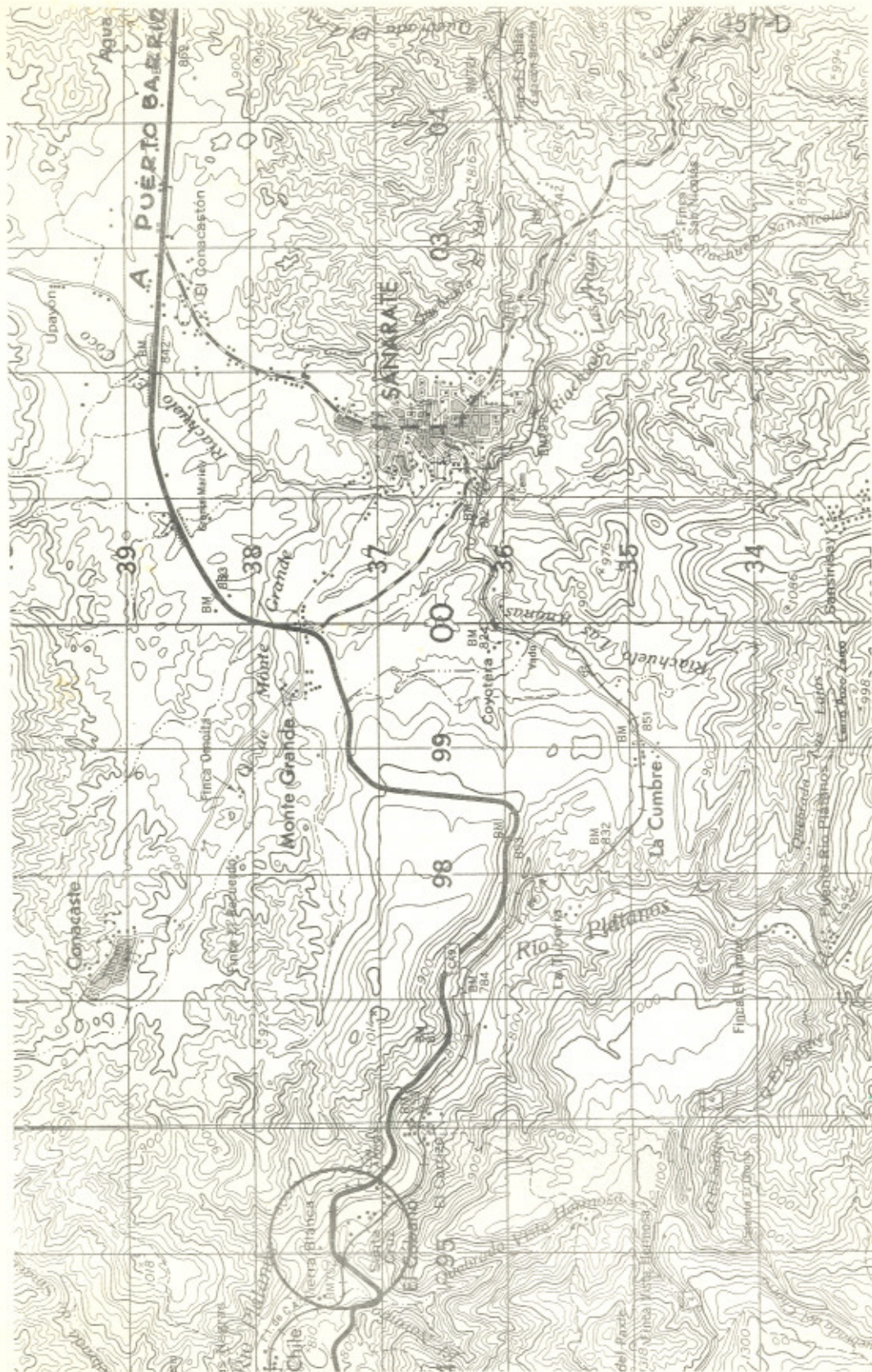


FIGURA 14



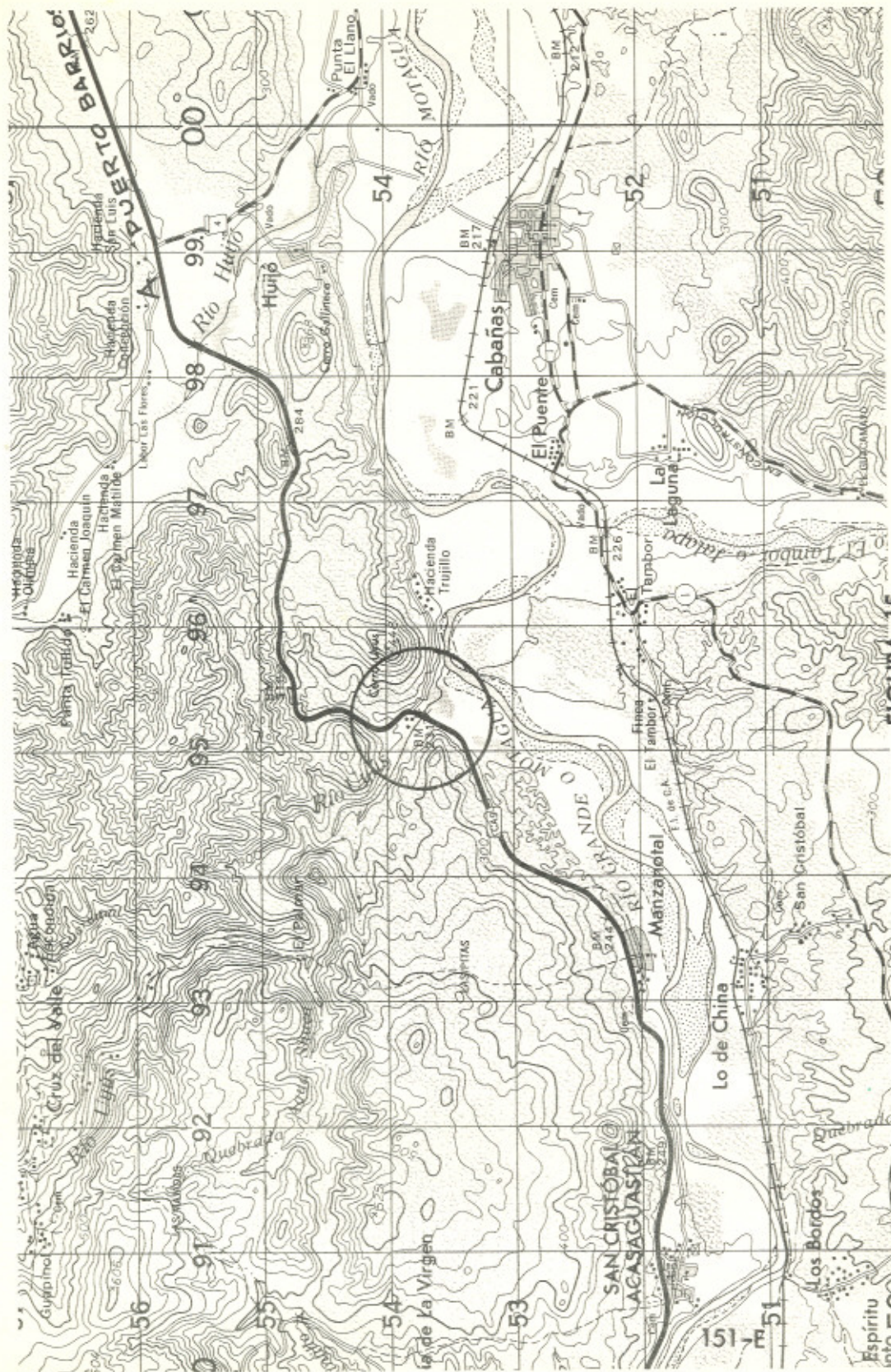


FIGURA 15

gura 18) para Caminos Vecinales, dos curvas "A" y "B" de $10^{\circ}00'$ y $15^{\circ}00'$ respectivamente, sustituyen seis curvas cuyos radios y grados de curvatura son:

Curva 1:	R= 71.62 m ;	G°= $16^{\circ}00'$ Derecha
Curva 2:	R= 47.75 m ;	G°= $24^{\circ}00'$ Izquierda
Curva 3:	R= 30.16 m ;	G°= $38^{\circ}00'$ Derecha
Curva 4:	R= 30.16 m ;	G°= $38^{\circ}00'$ Izquierda
Curva 5:	R= 30.16 m ;	G°= $38^{\circ}00'$ Derecha
Curva 6:	R= 30.16 m ;	G°= $38^{\circ}00'$ Izquierda

En estas dos alternativas el movimiento de tierra es el siguiente:

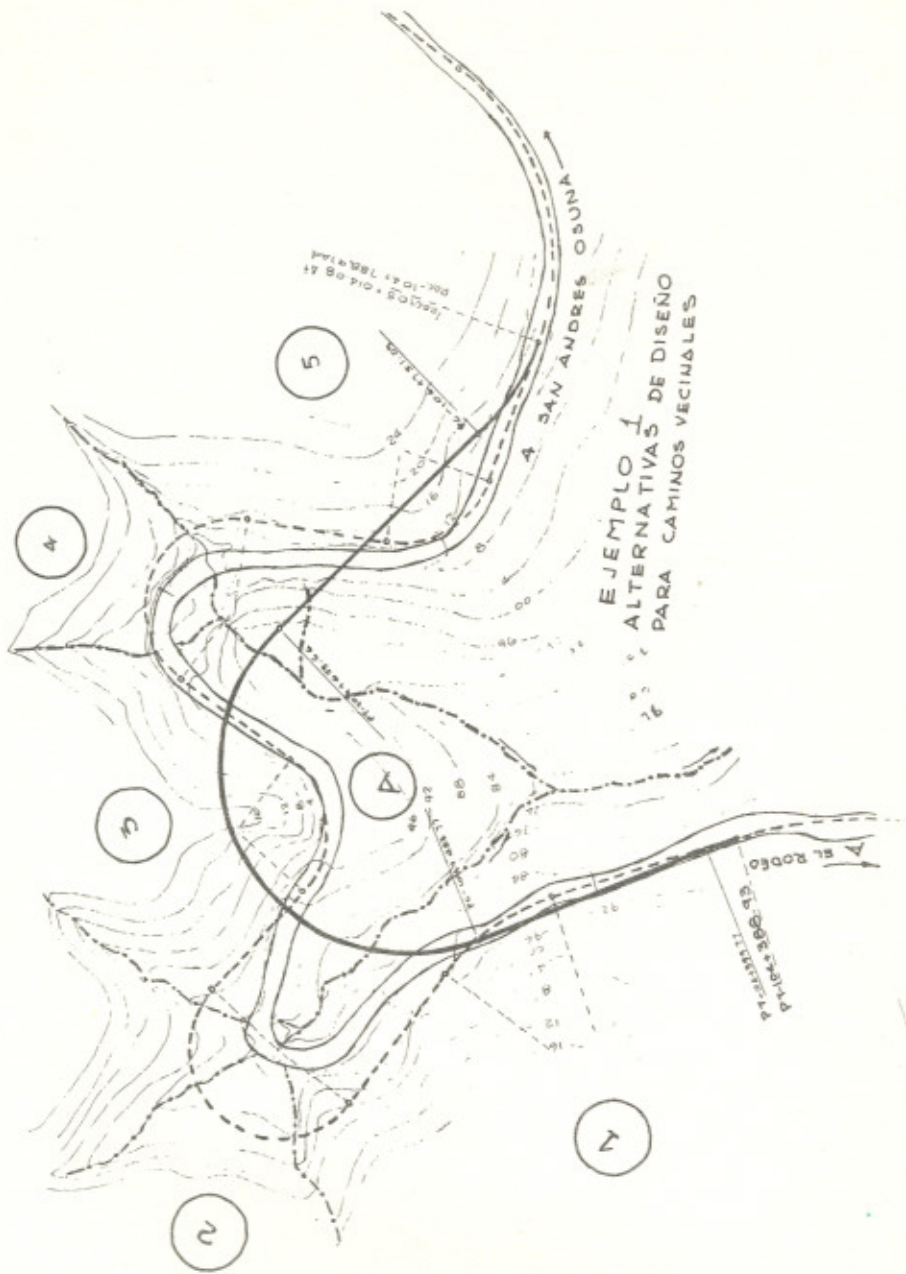
	Alternativa con Curvas Amplias	Alternativa con Curvas de Radios Míñimos
Corte	16818 M ³	5598 M ³
Relleno	12614 " "	4478 " "
Material de exceso	-----	38671 " "
Préstamo	9500 " "	-----
Excavación Total	26318 " "	44259 " "

Comprendidas entre:

105 + 559.93	105 + 944.86
105 + 040.61	105 + 040.61
<u>0 + 519.31</u>	<u>0 + 904.21</u>

Se obtuvo para la primera alternativa de este Segun do ejemplo un acortamiento de línea de 384.90 M.

Las proyecciones Verticales Longitudinales para estos dos casos y sus alternativas quedan mostradas en las Figuras 17 y 19.



PROYECCION VERTICAL LONGITUDINAL
DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO
PARA CAMINOS VECINALES

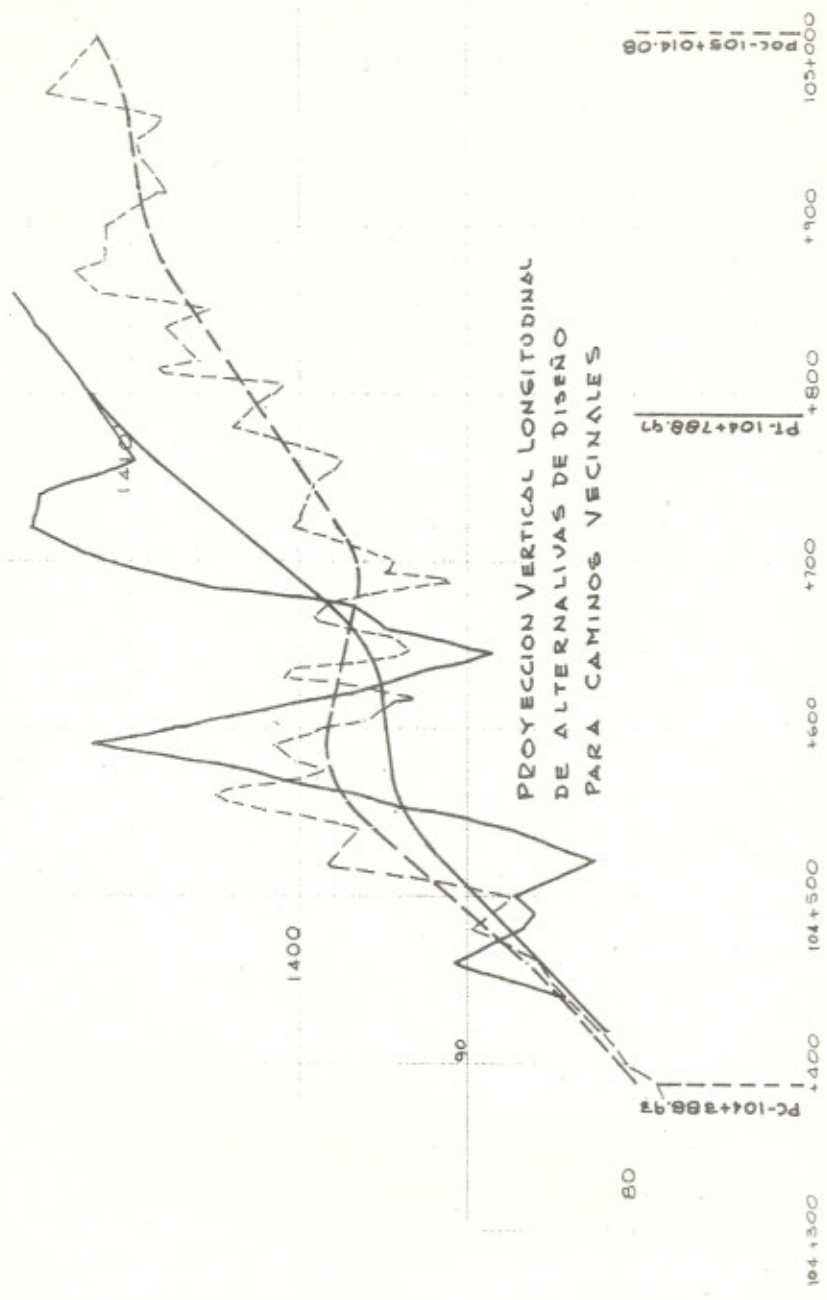


FIGURA 18

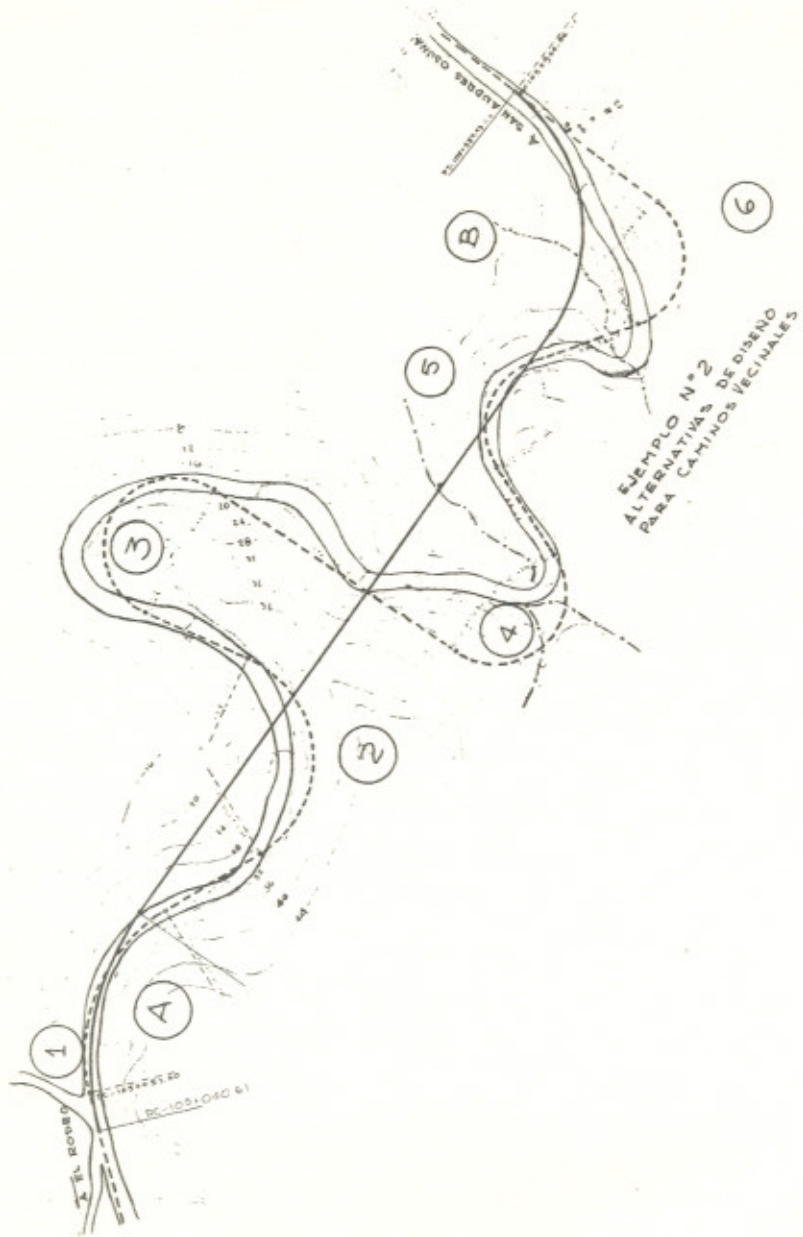
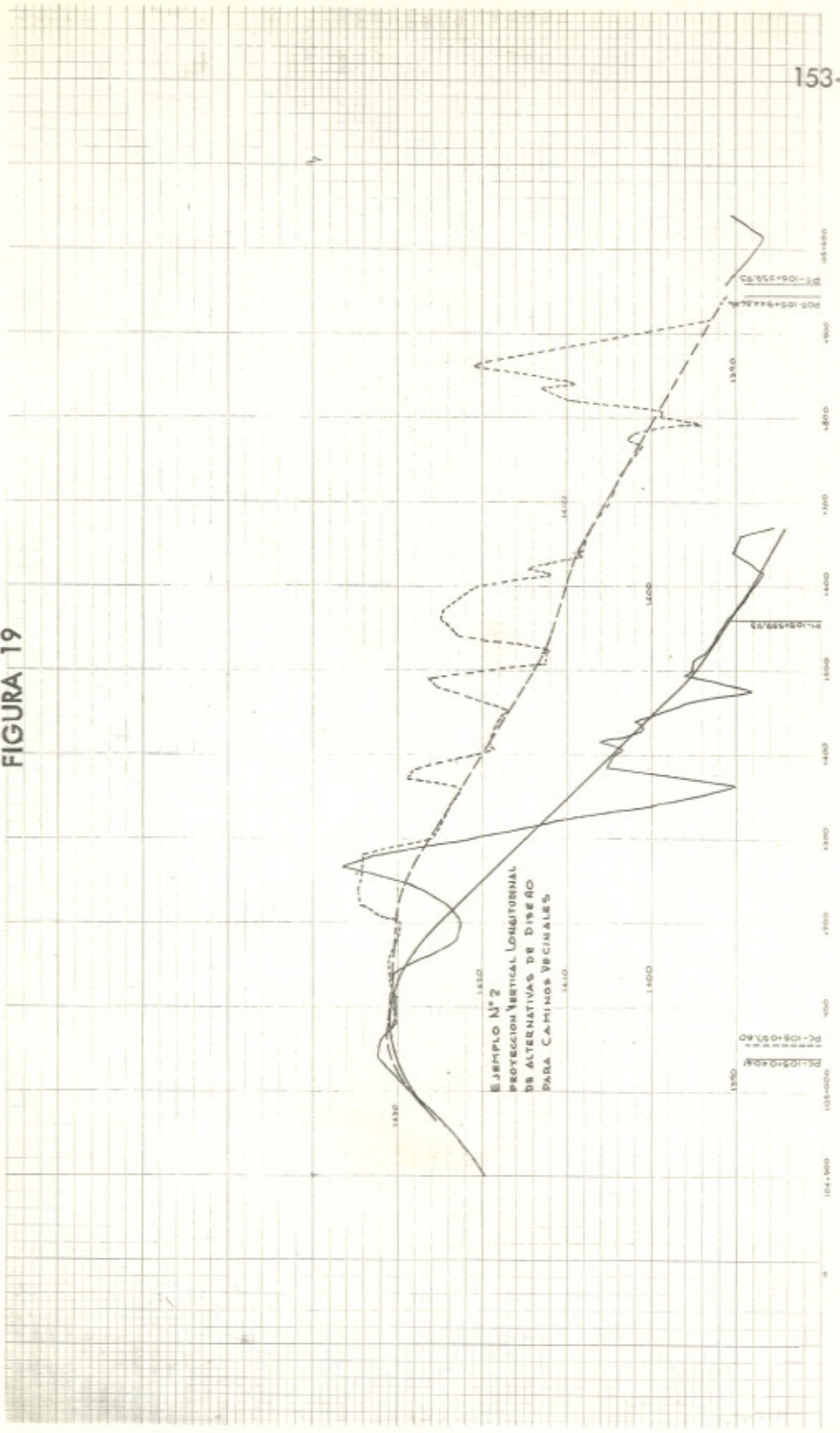


FIGURA 19



CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES FINALES

- 1.- Muchos cambios de línea son necesarios cuando las características físicas del suelo no son adecuadas para la cimentación de una carretera. Con el objeto de obtener mejores materiales el diseño se ve en muchos casos modificado en tal forma que quedan reducidas y ajustadas las bondades geométricas de la línea. De ésto surge la conveniencia de utilizar personal con mayor experiencia en suelos en compañía del encargado del estudio preliminar de la línea.
- 2.- Los cruces de ríos y la respectiva ubicación de los puentes, altera en muchas ocasiones un buen diseño de línea en el gabinete, dificultad que puede ser allanada de antemano si cuando se efectuaran los estudios preliminares se contara con el dictámen del Ingeniero de Puentes.
- 3.- El trabajo efectuado por un Proyectista de Carreteras está sujeto a la revisión y aprobación del encargado de la Sala de Diseño y sus superiores, pero considero conveniente promover discusión de los Proyectos periódicamente a nivel de encargados de grupos de diseño para lograr intercambio constante de criterios y opiniones, preparando críticas y sugerencias concernientes a los mismos. Así mismo dar oportunidad de participar, en carácter de observadores a los Calculistas o Dibujantes que reúnan los méritos suficientes para el efecto.

- 4.- Debido a circunstancias especiales de nuestro medio, el Proyectista raramente visita los terrenos a los cuales tiene que dotar de una determinada línea de localización y considero que un mejor juicio de las condiciones topográficas y otras características puede ser formado en el diseñador si a éste se le da oportunidad de salir al campo cada vez que esto sea posible. Lo antes apuntado también contribuye a facilitar la interpretación o comparación pertinente entre los planos, las escalas heterométricas y la realidad.

- 5.- Juzgo conveniente que cuando se tenga un proyecto de considerable longitud como el C.A-1, se estudie la posibilidad de variar la Proyección Vertical Transversal (Sección Típica) del mismo, conforme lo vayan exigiendo las determinadas regiones que atraviesa sin que esto llegue a constituirse en una mermada a los requerimientos de capacidad y seguridad del mismo.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES

- 1.- Algunas de nuestras carreteras actuales tienen un origen muy antiguo y cuando se trató de hacer un nuevo proyecto, se introdujeron mejoras sustanciales en la capa de rodadura, dejándose muchas alineaciones defectuosas y restringiéndose las mismas en su Sección Transversal cuando se trataba de puentes y estructuras similares de una sola vía. Por ejemplo el C.A-2.
- 2.- Diseñar una carretera conlleva un proceso de ensayos consecutivos de línea hasta aceptar aquella que dentro de lo económico y lo técnico ofrezca mayores ventajas. Las especificaciones geométricas y las recomendaciones contribuyen grandemente a la aprobación o rechazo de las alternativas que se presentan.
- 3.- Algunos ejemplos presentados como casos de diseño discutible, sí corresponden en la realidad a lo previsto en este estudio por omisión de algunas de las recomendaciones apuntadas. Lo atestigua el elevado número de accidentes que se han producido y han quedado registrados en la Sección de Estadística de la Dirección General de Caminos.
- 4.- Si no se dispone de los medios para mejorar el alineamiento en un segmento de la carretera, debe por lo menos proveerse de una señalización ade-

cuada que advierta debidamente sobre el grado de inseguridad y peligro del tramo.

- 5.- En las carreteras existentes y las por construirse, debe considerarse la colocación de defensas para prevenir y disminuir las consecuencias lamentables de los accidentes, en los lugares que representen peligro para los usuarios.
- 6.- Conviene establecer de manera más técnica y más práctica los límites que deben normar las distancias máximas en las que se apoyen las pendientes máximas atendiendo a criterios de experiencia realizadas en otros países de características similares al nuestro o bien a experiencias propias.
- 7.- Puede decirse que hasta el momento el empleo de una determinada pendiente máxima está en vías de experimentación o de adaptación en nuestro medio, ya sea por los pocos valores que se han empleado o por los relativamente pocos proyectos que se han construido, pero como últimamente se han fijado valores mayores que los acostumbrados y comparados éstos con los de proyectos anteriores similares, cabe concluir que sí pueden admitirse cifras mayores aún, siempre y cuando estén condicionadas a distancias cortas y no se le reste importancia a otros principios de capacidad y seguridad.
- 8.- Como ya se ha visto, cuando un camino tenga que unir dos puntos situados en una considerable diferencia de nivel entre uno y otro, un trazo de curvas amplias para la proyección horizontal redundará a veces en pendientes fuertes, y a la inversa, pendientes suaves de desarrollo originan alineamientos horizontales sinuosos. Por el auge creciente que se ha dado a los Caminos Vecinales puede concluirse que de tales alternativas será más elégitible la que ofrezca menores pendientes aunque implique radios

pequeños, puesto que en el futuro será más fácil mejorar el alineamiento horizontal que hacer un nuevo estudio para evitar los ascensos fuertes y prohibitivos.

- 9.- El concepto de una determinada especificación geométrica ha permanecido inalterable en distintas épocas, contadas desde su establecimiento y solo se han encontrado modificaciones de forma que tienden a mejorar las condiciones de los elementos para los cuales se han adoptado. Así tenemos las variaciones sucesivas impuestas en los anchos de calzada como consecuencia en el aumento en el tamaño de los vehículos. También se pueden citar los sobre-anchos, los peraltes y las espirales de transición.

B I B L I O G R A F I A

- (1) Publicaciones de la Sociedad de Ingenieros de Guatemala.
Revista: "INGENIERIA NACIONAL".
Marzo-Abril 1941. Editorial Tipografía Nacional.
- (2) John L. Stephens.
Incidents of Travel in Central América, Chiapas & Yucatán.
New Brunswick, Rutgers University Press. 1949.
- (3) Ydígoras Fuentes, Miguel.
Tesis de Graduación Ingeniero Topógrafo
Tipografía Nacional. 1941.
- (4) Publicación del Partido Liberal Progresista.
"VIAS DE COMUNICACION".
Tipografía Nacional, 1941.
- (5) Dobias R., Jonás Joaquín.
INFORME PRESENTADO POR LA D.G.C. DE GUA
TEMALA A LA REUNION REGIONAL SUDAMER
CANA DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DE
CARRETERAS "IRF".
Lima, Peru. Mayo de 1965.
- (6) Archivos Dirección General de Estadística.
- (7) Estudio elaborado por la Consultora Latinoamericana,
Asesora de la Unidad de Planeamiento de la
D.G.C.

- TRANSITO POR CARRETERAS DE GUATEMALA
1967. D.G.C. Guatemala.
Mayo 1968.
- (8) Escario J.L., y V. Escario
CAMINOS. 2a. Edición
Madrid: Tipografía Artística
1949.
- (9) Hewees, L.I. y C.H. Oglesby
INGENIERIA DE CARRETERAS
México, C.E.C.S.A. 1965.
- (10) Collins, H. J. y C.H. Hart
INGENIERIA DE CARRETERAS. Traducida del In-
glés por Juan de Arespacochaga.
Madrid: Ediciones Aguilar.
1953.
- (11) Publicación preparada por el B.P.R.
EL ARTE DEL TRAZADO DE CARRETERAS.
México. Litografía de Servicios Editoriales. 1965.
- (12) Guevara U., Francisco Luis.
ESTUDIO Y CALCULO DE LOS ELEMENTOS BASI
COS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS.
Tesis de Graduación. Editorial Martí. 1966.
- (13) Leonardo, Luis.
AUTOVIAS
Guatemala: Tipografía Nacional. 1938.
- (14) Sección de Estadística de la Unidad de Planeamien
to.
D.G.C. BOLETIN ESTADISTICO No. 1. Guatema
la.
Agosto 1967.

- (15) Rodríguez Jorge A.
ESTUDIO DE LAS VELOCIDADES EN LAS PRINCIPALES CARRETERAS ASFALTADAS DE GUATEMALA.
Tesis de Graduación. Editorial Martí. 1966.

José León Castillo y Castillo

Vo. Bo.

Ing. Jonás Joaquín Dobias R.
Asesor

Es conforme:

Ing. Carlos E. Quintero G.
Jefe del Departamento de
Topografía y Transportes

I M P R I M A S E:

Ing. Amando Vides Tobar
Decano