

1 ANTECEDENTES GENERALES

El trabajo abordado en esta memoria está relacionado con las normas de diseño y la topografía necesaria para la ejecución de un estudio de ingeniería de carreteras, aplicando al diseño geométrico el software topograph.

En la construcción de caminos la topografía juega un rol fundamental y dentro de ella el diseño geométrico, ya que este es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos.

Un camino queda geográficamente definido por la definición de su eje en planta, en altimetría y por el trazado de su sección transversal.

El diseño geométrico o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal del eje real o espacial del camino constituido por una serie de tramos rectos llamados tangentes enlazados entre sí por curvas circulares y espirales.

El diseño geométrico en altimetría o alineamiento vertical, es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía; a esta se la denomina rasante. Al igual que el diseño en planta el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas verticales.

Los estudios para trazados de caminos tienen las siguientes etapas:

1 Reconocimiento

2 Anteproyecto

3 Trazado preliminar

4 Proyecto definitivo

5 Materialización en terreno de la planta determinada por el proyecto.

La mejor alternativa de diseño será aquella que de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética.

2 JUSTIFICACION

El mismo surge como una inquietud de analizar y el de diseñar además el de seguir los procesos paso a paso del diseño geométrico de una carretera aplicados al software **topoGRAPH 98 SE**.

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.

En ese sentido, la carretera que geográficamente está definida por el trazado de eje en planta y en perfil, y por el trazado de su sección transversal.

El diseño geométrico en planta, o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal del eje real o espacial de la carretera constituido por una serie de tramos rectos llamados tangentes enlazados entre si por curvas.

El diseño geométrico de una carretera, como una parte del diseño de una estructura de transporte carretero, responde al concepto de suministrar a la demanda una vía adecuada para satisfacer sus requerimientos, minimizando de manera compatible el costo total de transporte y los perjuicios que se puedan provocar al contorno sobre el cual se localiza el proyecto.

Para el diseño geométrico de una carretera, lo que más se emplea en nuestro medio son los ya conocidos software Eagle Point y el Autodesk Civil Desing.

Eagle Point.-Es un software que estuvo en el mercado de manera temprana, un software que permitiese que sus datos fluyan a través de los procesos para producir los resultados necesarios para completar sus proyectos.

Combinando el poder de la plataforma del CAD con la facilidad de su uso este presentaba incomparables ventajas de productividad.

Autodesk Civil Desing.-Era una nueva aplicación de Autodesk, desarrollada para profesionales de la Ingeniería Civil.

Autodesk Civil Desing es una aplicación que contempla a Autocad, a la cual utiliza como plataforma de trabajo, es decir, no funciona al igual que el Eagle Point sin la previa instalación de este programa.

Este es más aplicable, más fácil de usar posee menor herramienta de trabajo y mayores opciones de aplicación, pero aun así es moroso, porque para llegar a un objetivo se debe seguir innumerables pasos que hacen que el trabajo sea lento ocupando demasiado tiempo en la aplicación del mismo.

La elaboración de esta tesis contempla dos objetivos, el primero de ellos es poder dar al lector un conocimiento más amplio de las características, condiciones y métodos que se emplean en el Diseño Geométrico de una Carretera, así también todo y cada uno de los reglamentos, normas y restricciones que deberá tomar en cuenta para poder realizar el diseño del mismo.

El segundo objetivo es poder estudiar y comprender más a fondo tanto el diseño como la elaboración del mismo y así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en el diseño de vías de comunicación, aplicando un moderno y practico paquete civil que empleará en cada una de las fases del diseño geométrico de una carretera.

2.1 JUSTIFICACION DEL TEMA

Pero el principal objetivo en la realización del mismo es mostrar mediante el presente la innovación de la tecnología de hoy en día.

El **Sistema topoGRAPH** es un software para:

- Procesamiento de datos topográficos
- Cálculos de movimientos de tierras
- Proyectos viales y elaboración de notas de servicio

- Trabaja con cualquier versión CAD.

Destinado a las diversas áreas de la ingeniería y construcción que utilizan una base topográfica en el desarrollo de sus trabajos, como Edificaciones, Urbanizaciones, Regularización Fundaría, Forestación, Irrigación, Minería, Carreteras, Presas, etc.

Desarrollo basado en la experiencia real de campo, el paquete DESKTOP aumenta la productividad de los profesionales del área. Simple de utilizar, pues respeta la secuencia natural de trabajo de los profesionales. Con un sencillo clic del ratón, todo el proceso de trabajo, del cálculo de las poligonales al dibujo final, se hace de forma rápida e intuitiva. Compuesto por tres módulos, puede elegir la configuración que mejor se ajuste a sus necesidades.

Un paquete que posee una poderosa herramienta para un diseño práctico y versátil en cuestión de carreteras y de fácil uso.

El sistema topoGRAPH compuesto por tres módulos, cada cual destinado a un área específica.

- Modulo topografía, para cálculos de topografía y UTM, urbanización y elaboración de memorias descriptivas, visualización y edición de plantas e interpolación automática de curvas de nivel.
- Modulo volúmenes, para crear perfiles, secciones transversales, cálculos de volúmenes y modelo digital del terreno.
- Modulo Proyectos, cálculos de proyectos viarios con sección-tipo inteligente, definición de trazado horizontal, vertical, distribución de peraltes y sobrecargas.
- Se destina a las diversas áreas de la Ingeniería y construcción que utilizan una base topográfica en el desarrollo de sus trabajos, como:

Catastro.

Edificaciones.

División de Parcelas.

Regularización Urbanística.

Repoblación Forestal.

Agricultura.

Irrigación.

Minería.

CARRETERAS.

Pantanos.

Desarrollado con base en la experiencia real del terreno, el sistema topoGRAPH aumenta la productividad de los profesionales del área.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERAL

El objetivo general es dar a conocer los procedimientos de trabajo que se deben realizar en las distintas etapas de un proyecto vial en los que se involucra la topografía en el desarrollo del estudio de la ingeniería y en el diseño geométrico de la carretera (aplicando software "topoGRAPH"), desarrollando una guía práctica de soluciones de terreno mediante el uso del software.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Son definir los elementos que influyen en el diseño geométrico en planta de una obra vial, entregar una metodología práctica que permita dar soluciones a problemas específicos. Además de definir los parámetros que influyen en el trazado altimétrico de una carretera.

Los trabajos que se puedan abordar con este software como objetivos específicos son:

- Diseño de proyectos, como excavaciones, plataformas, terrazas, agricultura, etc.
- Diseño de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje (incluye diseño en planta, altimetría y perfiles tipo o de proyecto).
- Diseño avanzado de carreteras (peralte, sobreancho, taludes en terraplenes, etc.).
- Cubicación de estos proyectos.
- Otras aplicaciones.

Por lo tanto el Sistema topoGRAPH está desarrollado para profesionales del área de la Ingeniería Civil, Geomensura y Cartografía. Sus rutinas tienen como fuente su propia plataforma CAD.

Además tomando los parámetros, restricciones y normas de diseño, con características óptimas que permiten el libre diseño y aplicabilidad del mismo, durante todo el periodo de su uso, ello permitirá demostrar:

- Lo fácil.
- Lo rápido.
- Lo versátil.
- Menor tiempo de aplicación.
- Mayor productividad a corto tiempo.

Con todo esto se pretende como meta la de demostrar la fácil aplicación del software, minimizando costos, tiempo y obteniendo un resultado rápido, seguro y confiable ante otro paquete con objetivos similares.

4 APOORTE Y RESULTADO A OBTENER

Al realizar este trabajo se pretende aportar entregando información y elementos técnicos necesarios concernientes al uso y aplicación del software en cuestión, a las normas de diseño y en la ejecución de un estudio de un proyecto vial.

El producto a obtener es una guía de métodos prácticos y procedimientos de trabajo en las diferentes etapas que involucran a la topografía en la ejecución de un estudio de ingeniería vial, que sirva de apoyo a futuros estudiantes.

5 METODOLOGIA

Definición en terreno de los vértices de la poligonal que definen el alineamiento horizontal del camino o carretera a proyectar.

- Replanteo y estacado del eje del camino
- Toma de perfiles longitudinales y transversales
- Procesamiento de la información
- Diseño geométrico, en lo que respecta al alineamiento vertical (rasante)
- Levantamientos complementarios
- Confección de planos.

1.1 ASPECTOS GENERALES

El presente capítulo tiene el objeto de entregar los fundamentos teóricos y conceptos necesarios para facilitar la comprensión del tema central de esta memoria.

Estos conceptos se han abordado de manera extensa con el propósito de servir de guía de estudios y además entregar información para profesionales del área. Se hace mención que este capítulo está relacionado casi en su totalidad a las especificaciones que hace el "Manual de Diseño Geométrico" de la Administradora Boliviana de Carreteras en la ejecución de este tipo de estudios de proyectos viales. En la ejecución de estos estudios, hay que considerar la clasificación que hace la ABC, respecto a los proyectos y los diferentes niveles de estudio que estos contemplan. La Administradora Boliviana de Carreteras, tiene como misión institucional la Integración Nacional, a partir de una Planificación y la Gestión de la Red Vial fundamental (RVF), para lo que se desarrollan actividades de planificación, estudios y diseños, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo y de los lineamientos de la gestión pública nacional, con el fin de contribuir a contar con servicios de transporte terrestre eficientes, seguros y económicos.

1.2 INTRODUCCION

Uno de los elementos fundamentales y determinantes en el desarrollo de un país lo constituyen los llamados sistemas de transporte; entre los cuales se pueden mencionar: carreteras, ferrocarriles, transporte aéreo, transporte continuo por tuberías, transporte fluvial; etc.

Aunque solo se abordará en el presente todo lo concerniente al diseño geométrico de carreteras, es necesario destacar que en el desarrollo económico y social de un país hay que tener en cuenta todos los sistemas de transporte que lo integran, ya que un estudio por separado no suministra la red idónea que la economía del país exige; así por ejemplo, para el funcionamiento correcto de un puerto, no solo son necesarios los barcos capaces de transportar las mercancías que entran y salen del país, sino que también es de vital importancia un sistema de carreteras capaz de

garantizar, de forma rápida y segura, el flujo de transporte desde y hacia un punto del país. Las carreteras deben cumplir debido a consideraciones de tipo económico, características del terreno y objetivos del proyecto; que su trazado sea tan directo, entre los puntos extremos a enlazar, como sea posible; cumpliéndose en él todos los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos del conductor. Desde este punto de vista, una carretera puede ser definida como una curva alabeada en el espacio, cuya vista en perspectiva ofrezca una armónica sucesión de imágenes de la vía, con el objetivo de garantizar un recorrido espacial continuo; cumpliéndose en ella todos los principios y normas del arte de proyectar.

Precisamente el objetivo de esta tesis es estudiar todos los principios y normas de ingeniería vial, referentes al diseño geométrico de las carreteras; con el objetivo de garantizar la comodidad, seguridad y apariencia de las mismas.

1.3 NIVELES DE ESTUDIO

En la ejecución de estudios de ingeniería vial se contemplan diversas etapas en las cuales se deben realizar y seleccionar las alternativas más convenientes. Los niveles de estudio que se deben abordar ya sea en proyectos en trazados nuevos como en trazados existentes son los siguientes:

1.3.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Esta etapa se desarrolla en base de los análisis de los antecedentes existentes y al reconocimiento de terreno, por lo tanto, se debe recopilar toda la información que esté disponible. Los estudios preliminares constituyen un proceso de aproximaciones que deben dar respuesta a las interrogantes que el proyectista debe resolver a ese nivel, para ello, la recolección de análisis de antecedentes permiten formarse una primera impresión del problema la que será enriquecida durante el reconocimiento de terreno.

Las interrogantes fundamentales a que deben dar respuestas los estudios preliminares son básicamente tres y estas son:

- a) Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- b) Identificación de rutas posibles.
- c) Elección de la metodología a utilizar en los siguientes niveles de estudio.

1.3.2 ANTEPROYECTO

El estudio en el ámbito de anteproyecto permite establecer con una buena aproximación, las características finales de diversas alternativas de trazado y provee la información necesaria para seleccionar la mejor de ellas.

Las etapas que incluye el anteproyecto normalmente son:

- a) Estudios de Ingeniería Básica.
- b) Definición de parámetros de diseño.
- c) Estudio del trazado optimo en cada ruta.
- d) Selección de la mejor alternativa.

1.3.3 ESTUDIO DEFINITIVO

El estudio definitivo, comprende una etapa de terreno en que se replantea y afina el anteproyecto seleccionado, para luego ejecutar la nivelación longitudinal del terreno por el eje replanteado y levantar perfiles transversales perpendiculares a dicho eje, luego una etapa de gabinete en que se ejecuta el diseño y se elaboran los planos de todos los elementos con que debe contar el proyecto. El volumen contendrá, además los conceptos correspondientes al estudio definitivo con estacado total.

Básicamente los documentos de un estudio definitivo incluyen:

Planos de planta escala 1:1000 para la totalidad del camino y escala 1:500 para intersecciones, enlaces y obras similares; perfil longitudinal escalas 1:1000 horizontal y 1: 100 vertical; perfiles transversales en escala 1:100 o 1: 200 tanto en horizontal como vertical, según la rasante y taludes proyectados; Planos de detalles de las obras de drenaje transversal, longitudinal y saneamiento de la plataforma, obras cuya disposición general se ilustran en los planos de planimetría y altimetría.

La memoria del proyecto incluirá los procedimientos empleados y los resultados de los estudios de ingeniería básica, diseños de estructuras, dimensiones de obras hidráulicas, estabilidad de la obra básica y pavimentos superiores, si los hubiera. Cubicación detallada de las obras, específicas técnicas especiales, estudio de precios unitarios, disponibilidad de materiales, métodos constructivos especiales que se hubieran especificado, plazos de ejecución, etc., se preparan además, de acuerdo a las especificaciones, los planos y documentos que consignan las expropiaciones necesarias.

Todo lo anterior permitirá elaborar el presupuesto de construcción del proyecto.

1.4 SISTEMA DE CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO

En obras viales se diferencian tres tipos de clasificaciones, legal, administrativa, y en función para el diseño, en este trabajo la clasificación está orientada específicamente al diseño y esta consulta seis **categorías de vías** divididas en dos grupos y estas son:

Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias

Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto (V_p) consideradas al interior de la categoría. Las V_p más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias, en terrenos ondulados y las más bajas a terrenos montañosos cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado.

Autopistas: Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio asignados.

Generalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales, pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados.

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, a los que asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para

velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m. de ancho si esta previsto pasar 2 carriles iniciales por calzada de 3 carriles futuros. En este caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

En ellas se autoriza sólo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada.

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 120 Km/h
- Terreno Ondulado a Fuerte 100 Km/h
- Terreno Montañoso 80 Km/h

Autorrutas: Corresponde a una autorruta, son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos sobramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 Km/h
- Terreno Montañoso 80 Km/h

Carreteras Primarias: Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios altos, que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

Las Velocidades de Proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de Autorruta.

Calzadas	Terreno Llano y Ondulado Fuerte	Terreno Montañoso
- Unidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h
- Bidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h

Caminos Colectores: Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

Terreno Llano Ondulado Medio	Terreno Ondulado Fuerte	Terreno Montañoso
80 km/h	70 km/h	60 km/h

Caminos Locales: Son caminos Provinciales o Comunales que se conectan a Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

Terreno Llano Ondulado Medio	Terreno Ondulado Fuerte	Terreno Montañoso
70 km/h	60 km/h	50 y 40 km/h

Caminos de Desarrollo: Están destinados a conectar zonas aisladas, en ellos transitarán vehículos motorizados y de tracción animal. Sus características son las mínimas consultadas caminos públicos, su función principal es posibilitar tránsito

permanente aún cuando a velocidades reducidas, las velocidades de proyecto que se indican son niveles de referencia y pueden ser disminuidos en sectores conflictivos.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

Terreno Favorable

Terreno Difícil

50 y 40 km/h

30 km/h

TABLA N° 1
CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO
PARA CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

Categoría	Sección Transversal		Velocidades de Proyecto (Km/h)	Código Tipo
	N° pistas	N° calzadas		
Autopista	4 ó + UD	2	120-100-80	A(n) - xx
Autopista	4 ó + UD	2	100-90-80	AR(n) - xx
Primario	4 ó + UD	2(1)	100-90-80	P(n) - xx
	2 ó UD	1	100-90-80	P(2) - xx
Colector	4 ó + UD	2(1)	80-70-60	C(n) - xx
	2 ó UD	1	80-70-60	C(2) - xx
Local	2 ó UD	1	70-60-50-40	L(2) - xx
Desarrollo	2 ó UD	1	50-40-30*	D - xx

Fuente Manual de Diseño Geométrico de la ABC

UD: Unidireccionales

(n) Número total de pistas

BD: Bidireccionales

-xx Velocidad de Proyecto

* Menor que 30km/h en sectores puntuales conflictivos

1.5 NORMAS DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE OBRAS VIALES

1.5.1 INTRODUCCION

Las instrucciones de diseño que se presentan a continuación están relacionadas con los aspectos relativos al diseño de carreteras y caminos rurales. Se analizarán y detallarán los antecedentes y fundamentos principales de cada norma que logren dar respuesta a la complejidad del problema a resolver y permitan llegar a la solución adecuada, tanto desde el punto de vista técnico, operacional, económico y humano. Se debe tener presente que las normas establecidas están abiertas al buen criterio por parte del profesional que las aplica, por ello se recomienda superar los

valores establecidos para lograr un trazado más seguro que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la calidad de servicio que se pretende obtener de la carretera.

1.5.2 NORMAS MINIMAS

Los valores de diseño que se indicaran son mínimos, representan el límite inferior de tolerancia en el diseño. Constituyen una norma que no puede ser transgredida sin la autorización expresa de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Si el presupuesto lo permite se debe procurar usar valores más amplios que los mínimos de la norma, cuando ello signifique un aumento en la seguridad para el usuario, en la calidad del servicio a brindar o en la vida útil de la obra.

La tendencia a reducir costos de construcción usando elementos geométricos mínimos es una mala práctica. Pueda resultar más difícil y caro mejorar, posteriormente, los sectores conflictivos que resultan de implantar dichos elementos restrictivos.

Si existe una limitación de fondos para ejecutar una obra cuya categoría estén bien definidas, se debe analizar la posibilidad de construirla por etapas, antes de minimizar las características geométricas que le corresponden.

1.5.3 VEHICULOS TIPO

Los vehículos que circulan por las carreteras influyen en el diseño desde dos puntos de vista: velocidad que son capaces de desarrollar y dimensiones que les son propias.

Los vehículos livianos: automóviles y similares, determinan las velocidades máximas a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas que tienen relación con las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento.

Los vehículos pesados: camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos con pendientes. La necesidad de limitar estas reducciones determina longitudes y magnitudes aceptables de las pendientes.

1.5.3.1 DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS

Las dimensiones de los vehículos como: largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el galibo vertical bajo estructuras.

- a) **Dimensión de vehículos livianos:** La longitud y ancho de los vehículos livianos no controlan el diseño, salvo en vías en que no circulan camiones, situación poco probable en el diseño de caminos rurales. A modo de referencia se citan las dimensiones máximas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles.

Ancho: 2.1 m. y Largo: 5.8 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos livianos, que cubren las situaciones más desfavorables en cuanto a visibilidad.

Las alturas que se citan a continuación corresponden en general a vehículos pequeños cuya participación en el parque ya es significativa, pero excluye algunos modelos deportivos existentes en muy baja proporción en este medio.

- h = Altura focos delanteros: 0.6 m.
- h1 = Altura ojos del conductor: 1.10 m.
- h2 = Altura obstáculo fijo en carretera: 0.20 m.
- h3 = Altura ojos conductor de camión o bus (curvas cóncavas bajo estructuras 2.5 m.)
- h4 = Altura luces traseras del automóvil, menor altura perceptible de carrocerías: 0.45 m.
- h5 = Altura del techo de un automóvil: 1.2 m.

- b) **Dimensión de vehículos pesados:** Las dimensiones que se citan a continuación corresponden a las legales vigentes de acuerdo al Reglamento Técnico Andino sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera, de la Comunidad Andina, el cual nuestro país forma parte de ella.

Ancho máximo exterior: 2.6 m. (Con o sin carga)

Alto máximo sobre el nivel del suelo: 4.1 m. (con o sin carga).

Pero se debe tener presente que la luz libre o galibo vertical que se considera para el diseño de estructuras es de 5.0 m. y de 5.5 m. en el caso de las pasarelas.

Las dimensiones máximas de los vehículos pesados y de los elementos remolcables que los componen se muestran a continuación.

Dimensiones:

Longitud mínima:

Para todos los tipos de ómnibus o autobús	12,00 m
---	---------

Longitud máxima:

Convencional	13,30 m
--------------	---------

Semi-integral hasta 3 ejes	15,00 m
----------------------------	---------

Integral hasta 4 ejes direccionales	15,00 m
-------------------------------------	---------

Articulado	18,30 m
------------	---------

Ancho máximo:	2,60 m
---------------	--------

Altura máxima:	4,10 m
----------------	--------

Altura máxima del suelo al estribo	0,40 m
------------------------------------	--------

Dimensiones máximas del vehículo de carga

<u>Ancho</u>	2,60 m
--------------------	--------

<u>Altura</u>	4,10 m
---------------------	--------

Longitud:

Camión con 2 ejes..... 12,00 m

Camión con 3 y 4 ejes..... 12,20 m

Combinaciones de tracto-camión y semi-remolque

y de camión remolque, independiente del número

de ejes y su distribución..... 18,50 m

Combinaciones de tracto-camión y semi-remolque en el caso de Nodrizas de Colombia, Perú y Venezuela; y, con permiso especial para Bolivia y

Ecuador..... 21,00 m

Remolque (Carrocería)..... 10,00 m

Remolque balanceado

(Carrocería)..... 10,00 m

Semi-remolque (carrocería)..... 13,00 m

1.5.3.2 PESOS MAXIMOS DE VEHICULOS EN CARRETERA

Los pesos máximos por eje y el peso bruto total, para vehículos circulando por caminos públicos, no podrán sobrepasar los límites descritos en la siguiente tabla.

TABLA N° 2
PESOS MAXIMOS POR EJE Y SUS COMBINACIONES

TIPO DE	TIPO DE RODADO	TONELADA	TONELADA
Simple	Simple	7.0	0.35
Simple	Doble	11	0.60
Doble	Simple	14	0.70
Doble	Uno doble+uno	16	0.75
Doble	Dobles	18	0.90
Triple	Simples	19	0.95
Triple	Dos dobles+uno	23	1.10
Triple	Dobles	25	1.20

Fuente C.A.N.

Eje doble es un conjunto de dos ejes cuya distancia entre centros de ruedas es superior a 1.2 m. e inferior a 2.4 m.

Eje triple es un conjunto de tres ejes cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2.4 m. e inferior a 3.6 m.

Rodado simple es aquel que consta de dos ruedas por eje.

Rodado doble es aquel que consta de cuatro ruedas por eje.

Cualquiera subcombinacion de ejes del conjunto deberá respetar los límites máximos asignados a ella en forma individual.

El peso bruto total queda limitado a los siguientes valores según el tipo de vehículo.

Camión Semirremolque

a) Eje posterior Simple o doble

Distancia entre Centros Ruedas Extremas	Peso Bruto Total del Conjunto
Metros	Toneladas
$L < 13$	39
$13 < L < 15$	42
$L > 15$	45

b) Eje posterior Triple Independiente de L

45

Camión mas remolque

Uno o más remolques, cualquiera sea la distancia entre los ejes extremos, el peso bruto total máximo del conjunto será de 45 toneladas.

1.6 GIRO MINIMO DE VEHICULOS TIPOS

El espacio mínimo absoluto para realizar un giro de 200 grados en el sentido de los punteros del reloj. Queda definido por la trayectoria que sigue el extremo delantero izquierdo del parachoques del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda

trasera derecha (trayectoria interior). La trayectoria exterior, queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el parachoques delantero y el eje de la última rueda trasera, en los vehículos simples (Camión Bus) que se denomina “Lo” y de la distancia entre el parachoques delantero y el último eje del camión tractor “L1” y de la distancia entre el pivote de la masa de apoyo y el último eje del Semirremolque “L2” en los semitrailer.

La norma ASSHTO 1994 considera como un vehículo liviano de fabricación norteamericana, un bus de 12.1 m de largo, un camión con remolque de 19.9 m de largo y un camión tractor y semirremolque de 22.5 m de largo.

1.7 FACTORES QUE INCIDEN EN LA DEFINICION DE LAS CARACTERISTICAS DE UN CAMINO

1.7.1 CLASIFICACION DE LOS FACTORES

En la ejecución de un proyecto de ingeniería vial existen diversos factores que de una u otra manera influyen en el diseño y las características de una carretera, por ello se deberá examinar cuidadosamente el proyecto, para evaluar cuales factores revisten mayor relevancia y así aplicar los criterios que corresponden, para lograr un equilibrio entre ellos y conseguir los objetivos que se buscan “la materialización del proyecto”.

1.7.1.1 FACTORES OPERACIONALES

Se refiere en general para el cual se diseñara la carretera destacando entre ellos los siguientes:

- Función que debe cumplir la carretera.
- Volumen y Características del tránsito inicial y futuro.
- Velocidad de proyecto y velocidad de operación.

- Seguridad para el usuario y la comunidad circundante.
- Relación con otras vías y la propiedad adyacente.

1.7.1.2 FACTORES FISICOS

Se refiere a las condiciones impuestas por la naturaleza, estas generalmente imponen restricciones que la clasifican para el diseño debe considerar como ejemplo:

- Relieve, hidrología y geología en la zona del trazado.
- Clima de la zona.

1.7.1.3 FACTORES DE COSTO ASOCIADOS AL CAMINO

Los costos económicos asociados a una carretera están relacionados con la categoría de diseño seleccionada para esta. Estos se componen de tres ítems principales que son:

- Inversión inicial o costo de construcción.
- Costo de mantención a lo largo de la vida útil.
- Costo de operación de los usuarios.

1.7.1.4 FACTORES HUMANOS Y AMBIENTALES

Todas las decisiones tecnológicas adoptadas se relacionan con las características de la comunidad que se va servir y el medio ambiente en que esta se inserta.

Los factores de mayor influencia en las decisiones de un proyecto de carretera son:

- Idiosincrasia de los usuarios y peatones.
- Actividad de la zona de influencia.
- Uso de la tierra adyacente del eje vial.
- Impacto estético y ecológico.

1.7.2 PONDERACION CUALITATIVA DE LOS FACTORES MÁS RELEVANTES

Los factores mencionados anteriormente se influyen entre sí y adquieren mayor relevancia según sea la función asignada a la carretera y las características del entorno en que esta se localiza (físico, humano, económico y ambiental).

No hay criterios que consideren simultáneamente la importancia de cada uno de los factores mencionados. A continuación se destacan los aspectos más relevantes que influyen en mayor grado las decisiones a adoptar en un proyecto específico.

- El tipo y calidad de servicio que la carretera ofrece a los usuarios y a la comunidad, ya sea nacional, regional o comunal, según corresponda, debe definirse en forma clara y objetiva, ya que de ello dependerá la categoría asignada al proyecto y las eventuales restricciones que deberán imponerse al usuario y a los habitantes y centros de actividad económica de la zona de influencia.
- La seguridad para el usuario y para aquellos que de algún modo se relacionen con la carretera, constituye un factor fundamental que no puede ser omitido por consideraciones de otro orden.
- La inversión inicial en una carretera es solo uno de los factores de costo y debe ser siempre ponderado conjuntamente con los costos de conservación y operación a lo largo de la vida de la obra.

La acertada selección de la categoría que le corresponde a un proyecto específico así como la correcta aplicación de las técnicas de diseño, permiten mediante un tratamiento cuidadoso de los sectores conflictivos, obtener el equilibrio óptimo entre seguridad deseable, calidad de servicio rentabilidad y costo social del proyecto.

- La oportuna consideración del impacto de un proyecto sobre el medio ambiente permite evitar o minimizar daños que en otras circunstancias se vuelven irreparables.

Por otra parte la compatibilización de los aspectos técnicos con los aspectos estéticos esta normalmente asociada a una más alta calidad final del proyecto.

1.8 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE UN CAMINO

1.8.1 INTRODUCCION

En los enunciados siguientes se presentan los principales criterios y políticas consideradas para definir las Características de diseño de una carretera o camino, alguna de las características como velocidad de proyecto, sección transversal, tipo de carpeta de rodado, accesibilidad entre otras, dependen exclusivamente de la función asignada a la carretera, para ello hay que hacer mención a la clasificación funcional de diseño, donde divide a las vías en seis categorías agrupadas en dos grupos “CARRETERAS” agrupa las **Autopistas, Autorrutas y Primarios**, las características de diseño son alta, por ellas transitan grandes volúmenes de transito de paso circulando a velocidades elevadas .

Este debe tener pavimento de tipo superior “CAMINOS” agrupa a **Colectores, Locales y Desarrollo**, las características geométricas son moderadas o mínimas, sirven para dar servicios a pequeños volúmenes de transito y su función principal es dar acceso a la propiedad colindante. La velocidad de circulación corresponde a valores bajos dentro del rango consultado en la clasificación para diseño.

1.8.2 FUNCION DE LA CARRETERA O CAMINO

Las vías de transporte están destinadas a servir al tránsito de paso o dar acceso a la propiedad colindante, o dar un servicio que sea la combinación de ambas posibilidades.

En el primer caso tratará que las velocidades de desplazamiento elevadas se mantengan a lo largo de toda la ruta, bajo condiciones seguras. Para justificar las inversiones de este tipo de servicio, se necesita que las demandas de transito sean elevadas, del orden de varios de miles de vehículos como promedio diario anual (TMDA).

Los elevados volúmenes de tránsito, obligan a pasar de carreteras de dos pistas a carreteras de cuatro o más pistas destinadas a tránsito unidireccional. Esto se realiza para evitar congestiones, permitiendo el tránsito ininterrumpido a altos volúmenes de demanda, donde transitan vehículos rápidos y lentos (automóviles y camiones) sin que unos restrinjan la libertad de maniobra y velocidad de los otros.

La clasificación en base a la funcionalidad tiene dos aspectos: movilidad y accesibilidad, según esto los caminos tienen como función principal, dar acceso a la propiedad colindante y permitir todos los movimientos necesarios, con la restricción consecuente, impuesta a los vehículos que transitan. Su zona de influencia es pequeña, y los volúmenes de tránsito que lo solicitan son algunos cientos, como promedio diario anual. (TMDA)

Los viajes en este tipo de caminos son cortos, ya que empalman con otras vías de categoría superior.

Las funciones que cumplen, obliga por razones económicas y de seguridad a usuarios y habitantes de la propiedad colindante, a transitar a velocidades de desplazamiento, moderadas o bajas. Si el TMDA no supera los 150 a 250 vehículos/día no se justifican los pavimentos, aunque estos sean económicos.

1.8.3 DEMANDAS Y CARACTERISTICAS DEL TRANSITO

La buena predicción de los volúmenes de demanda, su composición y evolución que las variables puedan presentar a lo largo de la vida de diseño, permiten definir la categoría que se le debe asignar a la vía. Las variables a definir son las siguientes:

1.8.3.1 TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL

Es el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía, Su conocimiento da una línea cuantitativa de la importancia de la ruta en la sección considerada y permite hacer cálculos de factibilidad económica.

1.8.3.2 CLASIFICACION POR TIPO DE VEHICULO

Es la participación en porcentaje en el TMDA de las diversas categorías de vehículos, distinguiéndose al menos las siguientes:

- Vehículos livianos: Automóviles, Camionetas, hasta 1500 Kg.
- Locomoción colectiva: Buses rurales, Interurbanos, y taxi buses.
- Camiones: Unidad Simple para Transporte de Carga.
- Semirremolques y Remolque: Unidad Compuesta para Transporte de Carga.

1.9 CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL

1.9.1 VELOCIDAD DE PROYECTO (VP)

La velocidad de proyecto seleccionada para una carretera o camino dependerá de la función que deba cumplir la carretera, del volumen y composición del tránsito, de la topografía de la zona y del costo que conlleva seleccionar una u otra velocidad, dentro del rango considerado para una categoría. Una velocidad de proyecto no óptima se reflejará en una disminución de la rentabilidad del proyecto.

La velocidad de proyecto influye en el diseño geométrico de una carretera o camino, principalmente en su alineamiento horizontal y vertical. Características de la sección transversal como los anchos mínimos de pavimentos y bermas, dependen del volumen de tránsito y tipo de vehículo que circularan por la carretera.

En el rango de velocidades para cada categoría de carretera o camino, se justifican las más altas en terrenos planos o levemente ondulados y las más bajas a relieves montañosos o escarpados.

1.9.2 VELOCIDAD ESPECÍFICA (Ve)

Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado, considerando individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad, encontrándose el pavimento húmedo, los neumáticos en buen estado y sin que existan

condiciones meteorológicas, del tránsito, del estado del pavimento o del entorno de la vía, que impongan limitaciones a la velocidad.

1.9.3 VELOCIDAD DE OPERACION (VOP)

Es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en un tramo de carretera a una velocidad de proyecto dada, bajo condiciones prevalecientes del tránsito, del estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de esta con otras vías y con la propiedad adyacente. La velocidad de operación es similar a la de proyecto, si el tránsito y la interferencia es bajo. Si el tránsito crece la interferencia entre vehículos aumenta, tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto posibilita evaluar la calidad de servicio que otorga una carretera.

1.9.4 VELOCIDAD PERCENTIL 85 (V85%)

Es la velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo condiciones de tránsito prevalecientes, buen estado del pavimento, buen tiempo y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. El 85% de los usuarios circula a la V85% o menor y el 15% restante supera dicha velocidad.

1.9.5 VELOCIDAD* (V*)

Es la velocidad considerada para verificar la existencia de distancia de parada en curvas horizontales con obstáculos laterales que limitan la visibilidad y para el diseño de curvas verticales convexas, también dependientes de distancias de parada (DP). Los valores adoptados para V* son mayores o iguales que Vp, pero en general menores que la V85% del tramo.

1.10 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por la Transportación Research Board, (TBR), de EE.UU. edición 1997, sirve de lineamiento para analizar la calidad de servicio que es recomendable esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas.

Para caminos rurales se aplica a carreteras o secciones de ellas que presenten tránsito ininterrumpida, libre de semáforos, cruces a nivel de mayor prioridad, etc.

La carretera debe tener pavimento superior en buen estado de conservación, esto significa que la teoría no es aplicable a caminos con carpeta de ripio o tierra que introducen variables no cuantificadas por el método.

Para una mejor comprensión se debe tener en claro los conceptos de PISTA Y VELOCIDAD DE OPERACIÓN.

La capacidad de una carretera o camino, es el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que pueden pasar por una sección del camino, bajo las condiciones existentes del tránsito y del camino. Se expresa como VOLUMEN HORARIO, cuyo valor no se puede sobrepasar a menos que cambien las condiciones existentes.

La unidireccionalidad del tránsito, evita compartir pistas para los adelantamientos y tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera.

1.10.1 NIVELES DE SERVICIO

Cuando el volumen de tránsito es del orden del correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aun si el tránsito y el camino presentan características ideales. Si estas condiciones de operación son deficientes afectan a la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo es inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero durante el periodo de detención. Cuando se pierde la situación de equilibrio límite, que implica operar a capacidad, y se suceden las interrupciones del flujo, se habla de un flujo forzado que corresponde a lo que el usuario describe como "taco en la carretera".

Por ello es necesario que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta brinde al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda Máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio se define como Volumen de Servicio.

1.11 DISEÑO GEOMETRICO

1.11.1.1 EL TRAZADO

El diseño geométrico de los alineamientos consiste en correlacionar elementos físicos del camino, (pendientes, curvas, etc.), con las características de operación de los vehículos (distancia de frenado, aceleración, etc.) Estas características más las ambientales, relieves, etc., se combinan para obtener las restricciones en la construcción de un camino.

El elemento básico para la definición del trazado del camino es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación constituyen los alineamientos horizontal y vertical, respectivamente. Estos alineamientos, o “ejes” en planta y alzado”, deben cumplir una serie de normas. Estas normas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posible al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de los vehículos, a una cierta velocidad de Proyecto.

La elección y definición de los alineamientos y de sus combinaciones, reguladas y normalizadas según una instrucción de diseño, constituye el trazado del eje y, por extensión, la carretera.

Una variable fundamental, con la cual se inicia el diseño geométrico lo constituye la velocidad de proyecto. La elección de una velocidad límite, la cual teóricamente no debería ser sobrepasada por los vehículos, determinan los parámetros máximos y mínimos recomendables, que determinan las alineaciones en planta y elevación de una carretera o camino.

1.11.2 CRITERIOS BASICOS

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante normas y recomendaciones que el proyectista deberá respetar y en lo posible, dentro de los límites económicos razonables, superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la calidad de servicio que se pretende obtener de la carretera o camino según sea la categoría asignada.

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de la norma de los límites normativos que por lo general representan valores mínimos. Por el contrario requiere de buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y alzado.

El trazado debe ser homogéneo: sectores de éste que permitan velocidades superiores a las de proyecto no deben ser seguidos de otros en que las características geométricas se reducen bruscamente. Las transiciones de una a otra situación, si ellas existen, deberán darse en longitudes suficientes como para ir reduciendo las características del trazado a lo largo de varios elementos, hasta llegar a los mínimos absolutos permitidos, requeridos en un sector dado.

En general, las tablas normativas que fijan los valores mínimos absolutos para los diversos elementos, se darán para el rango de velocidades de diseño comprendido entre 30 y 120 km/h. variando cada 10 km/h.

Valores mínimos deseables pueden considerarse aquéllos que corresponden a una velocidad 10 km/h superior a la velocidad de proyecto de la carretera o camino que se está proyectando.

En caminos existen tres conceptos fundamentales en la seguridad estos son:

- La visibilidad
- El sobreancho
- La estabilidad en curvas horizontales (Peralte)

La velocidad de proyecto determina las distancias mínimas de visibilidad, que son factores fundamentales del diseño geométrico.

1.11.3 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

Una carretera o camino debe ser diseñada de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente para ejecutar en forma segura las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar sin riesgo de accidentes.

Se conocen para el diseño cinco tipos de visibilidad, bajo distintas circunstancias impuestas por el trazado de la carretera o la maniobra que se desea ejecutar.

- Visibilidad de parada
- Visibilidad de adelantamiento (camino bidireccionales)
- Visibilidad al Punto de Atención
- Visibilidad en Intersecciones
- Visibilidad para cruzar una Carretera o Camino

Las dos primeras situaciones influyen en el diseño de carreteras en campo abierto por lo tanto solo estas serán tratadas en esta memoria.

La visibilidad es la longitud continua de camino que es visible para el conductor que transita por ella. La seguridad impone que en un camino bidireccional dos vehículos puedan divisarse y alcanzar a detenerse.

1.11.3.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

En todo punto de la carretera, cualquiera sea su categoría, un conductor que se desplace a la velocidad de proyecto, por el centro de su pista de tránsito debe disponer al menos de la visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil, situado en el centro de dicha pista.

Se considera obstáculo fijo aquél de una altura igual o mayor a 0.20 m., estando situados los ojos del conductor a 1.10 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

También podemos definir la Distancia de Parada como la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como sea posible, medida desde el momento de aparecer el objeto que motiva la detención.

La distancia de parada se compone de dos distancias parciales:

a) Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción = $(V \cdot t_p) / (3.6)$

b) Distancia recorrida durante el frenado = $[V^2] / [254 \cdot (f \pm i)]$

Tiempo de Percepción: Tiempo desde que se ve el objeto y se analiza que decisión se va a tomar a veces esto es instantáneo y en otros casos no, dependiendo de la velocidad del vehículo, condiciones atmosféricas etc. La ABC estima este tiempo en 2 segundos.

Tiempo de Reacción: Es el tiempo que se requiere para que el conductor accione los frenos una vez que ha tomado la decisión.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente formula.

$$DP = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

D_p = Distancia de Parada (m.).

V = Velocidad (Km/h) empleada para verificar la existencia de D_p

t_p = Tiempo de percepción y reacción (seg.).

f = Coeficiente de Roce Rodante. Pavimento Húmedo

i = Pendiente longitudinal de la rasante (m/m)

$+i$ = Subidas respecto sentido de circulación

$-i$ = Bajadas respecto sentido de circulación

TABLA N° 3
DISTANCIA MINIMA VISIBILIDAD DE PARADA EN HORIZONTAL "Dp"
 $DP = 0,555V + 0,00394 V^2/r$

V	TP	f1	Dtp	Df	Dp		V
Km/h	Seg		m	m	Dtp+df	Adopt.	Km/h
30	2	0.42	16.7	8.4	25.1	25	30
35						31	35
40	2	0.415	22.2	15.2	37.4	38	40
45						44	45
50	2	0.41	27.8	24	51.8	52	50
55						60	55
60	2	0.46	33.3	35.5	68.8	70	60
65						80	65
70	2	0.38	38.9	50.8	89.7	90	70
75						102	75
80	2	0.36	44.4	70	114.4	115	80
85						130	85
90	2	0.34	50	93.9	143.8	145	90
95						166	95
100	2	0.33	55.5	119	174.9	175	100
105						192	105
110	2	0.32	61.1	149	210	210	110
115						230	115
120	2	0.31	66.6	183	249.6	250	120
125						275	125
130	2	0.295	72.2	225.7	297.9	300	130

V=Vp o V* Fuente ABC

1.11.3.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

La distancia de visibilidad de adelantamiento "Da" es la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto; esto es, para abandonar su pista, sobrepasar al vehículo adelantado y retornar a su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

La Visibilidad de Adelantamiento se requiere sólo en caminos con pistas para tránsito bidireccional. En carreteras con pistas unidireccionales no será necesario considerar en el diseño de distancia de adelantamiento, bastando solo diseñarlos con visibilidad de parada.

La línea de visual considerada en este caso será aquella determinada por la altura de los ojos de uno de los conductores (1.10 m) en un extremo y la altura de un vehículo (1.20 m) en el otro. Para simplificar la verificación se considerará que al iniciarse la maniobra todos los vehículos que intervienen se sitúan en ese instante en el eje de la pista de circulación que les corresponde, según el sentido de avance.

Al calcular la longitud mínima de visibilidad de adelantamiento en carreteras bidireccionales, es necesario hacer algunas hipótesis acerca del comportamiento de los conductores; éstas deben representar la práctica de un apreciable porcentaje de usuarios de la vía y no un promedio general.

Tales hipótesis son las siguientes:

- El vehículo lento que se va a pasar, durante la maniobra viaja a velocidad uniforme.
- El vehículo que está tratando de pasar es forzado a llevar la velocidad del vehículo de adelante en todo el trecho donde la visibilidad de adelantamiento es insuficiente.
- Al llegar al tramo de adelantamiento seguro y observar buena visibilidad, el conductor de atrás decide pasar.
- El vehículo que pasa es acelerado y la velocidad promedio mientras se ocupa la pista de adelantamiento es 15 Km/h mayor que la del vehículo que es sobrepasado.
- Cuando el vehículo que pasa regresa a su pista, hay suficiente distancia entre él y el vehículo que viene por el carril adelantamiento en sentido contrario.

Aplicando estas cinco hipótesis, la longitud de visibilidad de adelantamiento mínima, para carreteras de dos pistas, queda determinada por la suma de las siguientes distancias.

d_1 = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción – reacción durante la aceleración inicial.

d_2 = Distancia recorrida durante la operación de adelantamiento.

d_3 = Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto, medido desde el momento que se inicia la maniobra.

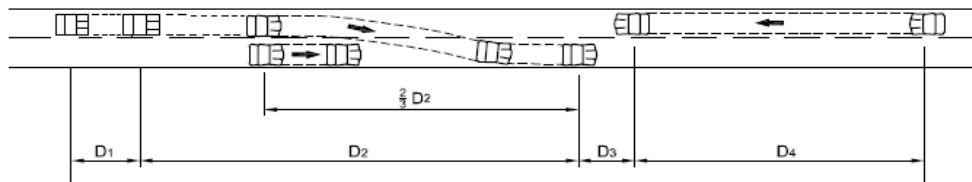


Fig N° 1

Esquema de la operación de adelantamiento

La distancia D_1 .- Esta distancia depende de los siguientes factores: tiempo de percepción – reacción, y tiempo para llevar el vehículo desde su velocidad forzada a la posición de adelantamiento.

La distancia recorrida durante este tiempo es:

a) Durante el tiempo percepción – reacción

$$d = (v-m) * t_1$$

Donde:

v = Velocidad promedio del vehículo que pasa.

m = Diferencia de velocidad entre el vehículo que pasa y el que se pasa.

t_1 = Tiempo en recorrer la distancia d_1 .

b) = Durante el tiempo de aceleración

$$d = ((a * t_1) / (2)) * ((t_1))$$

Donde:

A = aceleración promedio.

Combinando estas expresiones, se obtiene que la distancia recorrida en este lapso sea:

$$d_1 = t_1 * [(v - m) + ((a * t_1) / (2))]$$

Utilizando el sistema métrico y expresando en k/h y metros por segundo la anterior expresión se transforma en:

$$d_1 = [(t_1/3.6)] * ((v - m + (a * t_1) / (2)))$$

Distancia d2.- Es la distancia recorrida durante la operación de adelantamiento se calcula con la expresión.

$$d_2 = v * t_2$$

Resultando: $d_2 = ((v * t_2) / (3.6))$

Con las mismas unidades métricas indicadas anteriormente. En estas ecuaciones, t_2 es el tiempo, en segundos, durante el cual el vehículo que pasa está en el carril de adelantamiento y v es la velocidad promedio del vehículo que pasa.

Distancia d3.- Es la separación entre el vehículo que pasa y el que viaja en sentido opuesto, al fin de la maniobra, debe estar entre 30 y 90 m, a fin de que la operación se realice en forma segura.

Distancia d4.- Es la distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto, el cual se supone que viaja a la misma velocidad que el vehículo que pasa, se ha estimado 2/3 de d_2 .

La siguiente tabla entrega los valores mínimos absolutos a considerar en el diseño como distancias adecuadas para adelantar.

TABLA N° 4
DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO

Velocidad de Proyecto km/h	Distancia Mínima de Adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente ABC

1.11.3.3 EFECTOS DE LAS PENDIENTES SOBRE LA DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

El análisis de la distribución de velocidades indica que los vehículos livianos sólo ven afectada su velocidad en subidas de muy fuerte pendiente. Las distintas normas analizadas no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores que + 6%, según se señala a continuación.

En pendientes > 6% usar D_a correspondiente a $V_p + 10$ km/h

Si $V_p = 100$ km/h considerar en estos casos $D_a \geq 650$ m

Es decir se adopta para estas situaciones como valor mínimo de D_a , el correspondiente a una velocidad de Proyecto 10 km/h superior a la del camino en estudio. Si en la zona que se analiza no se dan las condiciones para adelantar requeridas por el D_a corregido por pendiente, se debe considerar la posibilidad de reducir las características del elemento vertical que limita el adelantamiento, a fin de hacer evidente que no se dispone de visibilidad para esta maniobra, quedando ello señalizado.

1.11.3.4 FRECUENCIA DE ZONAS ADECUADAS PARA ADELANTAR

La distancia de visibilidad de adelantamiento es muy superior a la de parada. Tratar de construir un camino conservando en la totalidad de su trazado la distancia de visibilidad de adelantamiento, resulta antieconómico, lo que se acentúa en terrenos de topografía accidentada.

Por otra parte, la poca frecuencia de zonas con visibilidad de adelantamiento reduce la capacidad de los caminos bidireccionales, provoca impaciencia en los conductores aumenta el peligro de las maniobras de adelantamiento arriesgadas.

Por lo siguiente todo camino bidireccional debe tener el máximo de zonas con visibilidad adecuadas para adelantar, debe ser compatible con la función y la rentabilidad del proyecto. Se deberá evitar sectores sin visibilidad de adelantamiento de longitudes a los que se indican en la tabla siguiente.

TABLA N° 5
LONGITUD MAXIMA SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO EN SECTORES
CONFLICTIVOS

Categoría	Longitud (m)
Primarios	1500
Colectores	2000
Locales y Desarrollo	2500

Fuente ABC

Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En tramos de carretera de longitud superior a 5 Km., emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican en la siguiente tabla.

TABLA N° 6
PORCENTAJE DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR

Tipo de Terreno	% Mínimo	% Deseable
Plano	45	≥ 65
Ondulado	30	≥ 50
Montañoso	20	≥ 30

Fuente ABC

1.11.4 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

1.11.4.1 CONTROLES DE ALINEAMIENTO

El alineamiento horizontal deberá permitir una operación segura y continúa a la velocidad de proyecto, cuando los volúmenes de tránsito no controlan la velocidad de operación. En sectores en que por excepción deba limitarse la velocidad de proyecto, ello deberá quedar claramente especificado en los planos y señalizado en el terreno.

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

- | | |
|--|---|
| a) Categoría de la Ruta | e) V^* para verificar Visibilidad de Parada |
| b) Topografía del Área | f) Coordinación con Alzado |
| c) Velocidad de Proyecto | g) Costos de Construcción, Operación y |
| d) $V_{85\%}$ para diseñar curvas horizontales | mantención. |

Todos estos elementos deben conjugarse de tal manera que el alineamiento resultante sea el más seguro y económico, en armonía con los contornos naturales y al mismo tiempo adecuados a la categoría según clasificación funcional de diseño.

1.11.4.2 CRITERIOS PARA ESTABLECER EL ALINEAMIENTO

1) Elementos del Alineamiento Horizontal

La planta de una carretera o camino queda definida, en lo general, por una sucesión de alineamientos rectas (tangentes) enlazados por curvas.

Las curvas podrán ser:

- a) Circulares
- b) De parte central circular y dos arcos de enlace
- c) Otras combinaciones de arco circular y arco de enlace

Podrá también suprimirse la alineación recta y el trazado quedará reducido a una sucesión de curvas.

2) Tendencia actual

En la actualidad el diseño de carreteras de cierto nivel se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adapten a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas. Esta forma de trazado se prefiere debido a que los largos tramos rectos inducen a velocidades $V_{85\%}$ muy sobre la velocidad de Proyecto, aumentan el peligro de deslumbramiento por las luces del vehículo que avanzan en sentido opuesto, y en el día inducen a una menor concentración del conductor, lo que en muchas oportunidades es motivo de accidentes. Una sucesión de curvas de radios adecuados limitan la $V_{85\%}$ y mantienen al conductor atento al desarrollo del trazado. Por otra parte, las curvas armonizan en mejor forma con las sinuosidades del terreno, proporcionando claras ventajas desde los puntos de vista estéticos y económicos.

Hay zonas en nuestro país en que los trazados con curvas se producen naturalmente y otras en las cuales la topografía sugiere largos tramos rectos que deberán ser evitados premeditadamente.

La curvatura no deberá ser excesiva porque genera accidentes, limita la capacidad del camino, eleva los costos de operación y rebaja los valores estéticos. Se preferirán los radios amplios compatibles a la topografía, asociados a desarrollos importantes.

Los alineamientos sinuosos compuestos de curvas cortas, deben evitarse en trazados de velocidad de proyecto sobre 70 km/h, pues induce a una conducción errática.

3) El Problema de Visibilidad

Si bien el alineamiento curvo tiene muchas bondades también tiene algunas desventajas en cuanto a la visibilidad, en caminos bidireccionales la obtención de visibilidad de adelantamiento exige tramos rectos o de curvatura muy suave, que permitan adelantar en el mayor porcentaje de su longitud. Las curvas del orden del mínimo admisible disminuyen la confianza del conductor para adelantar, aunque ofrezcan visibilidad adecuada. Las rectas largas que se impongan para facilitar el adelantamiento deben terminar en curvas horizontales cuyo radio asegure una velocidad específica mayor o igual que $V_{85\%}$ definida en la tabla 2.1-2 del Manual de Diseño Geométrico de la ABC.

4) Elemento de Curvatura Variable

Como elemento de curvatura variable entre recta y curva circular, o bien como elemento de trazado propiamente tal, se utilizará la Clotoide, cuyas propiedades y campo de aplicación ofrece varias ventajas.

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, quien sólo requiere ejercer una presión creciente sobre el volante manteniendo inalterada la velocidad, sin abandonar el eje de su pista.
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse limitando su incremento a una magnitud que no produzca molestias a los ocupantes del vehículo. Al mismo tiempo, aparece en forma progresiva, sin los inconvenientes de los cambios bruscos.
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada, para cada punto, sea exactamente la que corresponde al respectivo radio de curvatura.

- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, lo que permite mejorar la armonía y apariencia de la carretera.
- e) Las múltiples combinaciones de desarrollo, versus curvatura facilitan la adaptación del trazado a las características del terreno, lo que en oportunidades permite disminuir el movimiento de tierra logrando trazados más económicos.

1.11.4.3 ALINEAMIENTO RECTO

Salvo en zonas desérticas o estepas, los grandes alineamientos rectos no se dan en forma natural. Pretender incorporarlos al trazado implica, por lo general movimientos de tierra innecesarios, además ellos producen inconvenientes operativos.

En muchos casos puede reemplazarse con ventaja un alineamiento recto por curvas entre radios comprendidos entre 5000 y 7500 m.

1.11.4.3.1 LONGITUDES MAXIMAS EN RECTA

Se deben evitar longitudes en rectas superiores a $LR = 20 V_p$ (km/h)

Donde:

LR = Largo en metros de la alineación recta

V_p = Velocidad de proyecto de la carretera.

En caminos bidireccionales de dos pistas a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones de visibilidad adecuada para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes, rectas de longitud comprendida entre $8V_p$ y $10V_p$ enlazada con curvas cuya V_e sea mayor o igual que la V_{85} determinada en la tabla 2.1-2 (Diseño Geométrico de Carreteras de la ABC,) cubren adecuadamente la necesidad.

1.11.4.3.2 LONGITUDES MINIMAS EN RECTA

Se deben distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curvas en “S” de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido.

1.11.4.4 CURVAS EN "S"

- a) En Nuevos Trazados: deberá existir coincidencia entre el término de la clotoide de la primera curva y el inicio de la clotoide de la segunda curva.
- b) En las repercusiones o Cambio de Estándar: Si lo anteriormente expuesto no se puede lograr se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que: $L_{rs\text{ máx.}} = 0.08 * (A1 + A2)$

Siendo $A1 + A2$ los parámetros de las clotoides respectivas.

- c) Tramos Rectos Intermedios de Mayor Longitud: Deberán alcanzar o superar los mínimos establecidos en la tabla adjunta. Los que responden a una mejor definición óptica del conjunto ya que no opera como una curva en "S" propiamente tal, están dados por $L_r = 1.4V_p$

TABLA N° 7
Lr min ENTRE DOS CURVAS DE DISTINTO SENTIDO

V (Km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente ABC

1.11.4.1 TRAMO RECTO ENTRE CURVAS EN EL MISMO SENTIDO

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas entre curvas en el mismo sentido, en especial en terreno llano ondulado suave con velocidad de Proyecto medias altas.

TABLA N° 8
Lr min ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO

Vp (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	100-55	140-70	170-85	195-98	220-110	250-125	280-150	305-190	320-250
Terreno Montañoso	25	55-30	70-40	85-50	98-65	110-90	-	-	-	-

Fuente ABC

Los valores indicados corresponden a deseables mínimos

Para longitudes de la recta intermedia menores o iguales que los mínimos deseables se mantendrá en la recta un peralte mínimo igual al bombeo que le corresponde a la carretera o camino (2; 2.5; o 3%)

1.11.5 CURVAS CIRCULARES

Las curvas circulares son segmentos de circunferencia. Cada curva circular se singulariza por su radio de curvatura o simplemente radio, que es constante a todo lo largo de la curva.

Al seleccionar una cierta curva circular para enlazar dos alineaciones, el peralte y el desarrollo quedan establecidos. Este peralte, en combinación con la pendiente longitudinal del sector, determina la línea de máxima pendiente. Las normas y recomendaciones que se dan a continuación cubren estos diferentes aspectos.

1.11.5.1 RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

$$R_m = \frac{V_p^2}{127 \cdot (p_{\text{máx}} + t_{\text{máx}})}$$

R_m: Radio Mínimo Absoluto (m)

V_p: Velocidad de Proyecto (km/h)

P_{máx}: Peralte Máximo correspondiente a la carretera o el camino (m/m)

T_{máx}: Coeficiente de fricción transversal Máximo correspondiente a V_p.

TABLA N° 9
VALORES MAXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCION TRANSVERSAL

Categoría	Vp (Km/h)	Pmáx	Tmáx
Caminos	30 - 80	7%	$0.265 - V/602.4$
Carreteras	80 - 120	8%	$0.193 - V/1134$

Fuente ABC

TABLA N° 10
RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS CIRCULARES

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
Vp Km/h	Pmáx %	Tmáx	Rm (m)
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250
Carreteras - Autopistas - Autorrutas - Primarios			
80	8	0.122	250
90	8	0.114	330
100	8	0.105	425
110	8	0.096	540
120	8	0.087	700

Fuente ABC

Los radios mínimos sólo podrán ser empleados al interior de una secuencia de curvas horizontales, cuando estén comprendidos dentro del rango aceptable para curvas horizontales consecutivas que establece la tabla n° 9 para Carreteras y la tabla n° 10 para Caminos.

1.11.5.2 MODIFICACION DEL PERALTE MAXIMO

Para caminos con peralte máximo de un 7%, se podrá, en casos calificados autorizados por la Administradora Boliviana de Carreteras, subir el peralte a un 8% siempre que la línea de máxima pendiente no supere el 11%. El nuevo cálculo del

radio mínimo se hará usando la fricción transversal correspondiente. Esto solo se hará en trazado crítico en casos extremos.

1.11.5.3 PERALTE EN FUNCION DEL RADIO DE CURVATURA

Elegido un radio adecuado a la situación a resolver el peralte a utilizar se obtendrá de la figura 2.3-2 del Manual de Diseño Geométrico de la ABC que entrega el valor de los peraltes a utilizar, en Carreteras y Caminos, los que están dados en función del radio seleccionado. En ella se entregan las definiciones analíticas y la expresión grafica que les corresponde.

Para Carreteras:

$250 \leq R \leq 700$	$P = 8 \%$
$700 \leq R \leq 5500$	$P = 8 \% - 7.3 * (1-700/R)^3$
$500 \leq R \leq 7500$	$P = 2 \%$
$7500 \leq R$	$P = \text{Bombeo}$

Para Caminos:

$25 \leq R \leq 350$	$P = 7 \%$
$350 \leq R \leq 2500$	$P = 7 \% - 6.08 * (1-350/R)^3$
$2500 \leq R \leq 3500$	$P = 2 \%$
$3500 \leq R$	$P = \text{Bombeo}$

Los valores de p (%) obtenidos de las formulas se aproximarán a un decimal.

1.11.5.4 RADIO-PERALTE-VELOCIDAD ESPECIFICA-COEFICIENTE DE FRICCION TRANSVERSAL

$$R_m = \frac{Vp^2}{127*(p_{m\acute{a}x} + t_{m\acute{a}x})}$$

Esta ecuación puede escribirse como: $V^2 - 127*R*(p+t) = 0$

Si se reemplaza el valor de t por la expresión analítica dada en la tabla 2.3-3 del Manual de Diseño Geométrico de la ABC para cada uno de los rangos de velocidad ahí indicados, la variable V pasa a denominarse Ve, se tiene:

$$\text{Para Caminos con } V_p \leq 80 \text{ km/h} \quad V_e^2 + (0.211 * R) * V_e - 127 * R * (p + 0.265) = 0$$

$$\text{Para Caminos con } V_p \geq 80 \text{ km/h} \quad V_e^2 + (0.112 * R) * V_e - 127 * R * (p + 0.193) = 0$$

Resolviendo las expresiones cuadráticas para cada par de valores de R (m) y p (m/m), obtenidos de la Figura 2.3-2 del manual de la ABC, mediante iteración computacional para valores crecientes de Ve, hasta que el resultado tienda a cero, se obtiene el valor de Ve que satisface la expresión. En las tablas nº 11a y nº 11b se muestran los valores de R- p-ve- y t.

TABLA N° 11 a CARRETERAS
AUTOPISTAS-AUTORRUTAS-PRIMARIOS

R (m)	P %	Ve km/h	T
250.0	8.0	80.1	0.122
300.0	8.0	86.6	0.117
330.0	8.0	90.1	0.114
350.0	8.0	92.3	0.112
400.0	8.0	97.5	0.107
425.0	8.0	99.9	0.105
450.0	8.0	102.2	0.103
500.0	8.0	106.6	0.099
540.0	8.0	109.9	0.096
550.0	8.0	110.7	0.095
600.0	8.0	114.5	0.092
650.0	8.0	118.1	0.089
700.0	8.0	121.4	0.086
720.0	7.9	122.5	0.085
750.0	7.8	124.4	0.084
800.0	7.5	126.2	0.082
850.0	7.2	128.1	0.080
900.0	7.0	130.2	0.078
950.0	6.7	> 130	0.077
1000.0	6.5	> 130	0.075
1200.0	5.7	> 130	0.070
1500.0	4.8	> 130	0.064
1800.0	4.2	> 130	0.059
2000.0	3.8	> 130	0.056
2200.0	3.6	> 130	0.054
2500.0	3.2	> 130	0.050
2800.0	3.0	> 130	0.047
3000.0	2.8	> 130	0.045
3500.0	2.5	> 130	0.041
4000.0	2.3	> 130	0.038
4500.0	2.1	> 130	0.035
5000.0	2.0	> 130	0.032
7000.0	2.0	> 130	0.022

Fuente ABC

TABLA N° 11 b CAMINOS
COLECTORES-LOCALES-DESARROLLO

R	P %	Ve km/h	T
25	7.0	30.1	0.215
30	7.0	32.7	0.211
40	7.0	37.2	0.203
50	7.0	41.1	0.197
60	7.0	44.6	0.191
70	7.0	47.7	0.186
80	7.0	50.5	0.181
90	7.0	53.1	0.177
100	7.0	55.5	0.173
120	7.0	59.9	0.166
150	7.0	65.6	0.156
180	7.0	70.6	0.148
200	7.0	73.5	0.143
220	7.0	76.3	0.138
250	7.0	80.1	0.132
300	7.0	84.7	0.118
350	7.0	90.3	0.113
400	6.6	94.5	0.110
450	6.1	97.9	0.107
500	5.7	101.1	0.104
550	5.4	104.1	0.101
600	5.1	106.8	0.099
700	4.5	> 110	0.095
800	4.1	> 110	0.091
900	3.8	> 110	0.087
1000	3.5	> 110	0.084
1200	3.1	> 110	0.079
1500	2.7	> 110	0.072
1800	2.4	> 110	0.066
2000	2.3	> 110	0.063
2500	2.0	> 110	0.056
3000	2.0	> 110	0.050
3200	2.0	> 110	0.047

Fuente ABC

Para la tabla n° 11b se emplea la expresión para $V_e \leq 80$ km/h para radios hasta 250 m y $V_e \geq 80$ km/h para los radios sobre 250 m. Para radios intermedios el valor V_e se puede obtener con suficiente aproximación interpolando linealmente.

Para $R \geq 900\text{m}$ en Carreteras se considera $V_e = 130 \text{ km/h}$, para $R \geq 700\text{m}$ en Caminos se considera que $V_e = 110 \text{ km/h}$.

1.11.5.5 RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE – RL

Cuando el radio sobrepasa ciertos valores, es posible mantener el bombeo normal de la calzada resultando una curva que presenta, en una o en todas sus pistas, un contraperalte con relación al sentido de giro de la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es ≥ 3.500 en caminos ≥ 7.500 en Carreteras, su valor máximo podrá igualar al del bombeo o inclinación transversal de la calzada en alineamientos rectos pero sin superar el 2.5%

En sectores singulares de trazado, tales como transiciones de dos calzadas a una calzada, o bien, donde se desea modificar el ancho de la Mediana para crear Pistas Auxiliares de Tránsito Rápido, se podrán diseñar curvas en contraperalte con radios iguales o mayores que los especificados en la tabla n° 12

$$R_{\text{limite-contraperalte}} = \frac{V_p^2}{127 * (f_{\text{máx}}/2) - (b)}$$

TABLA N° 12
RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE EN TRAMOS CIRCULARES

Vs	Radio Mínimo en Contraperalte	
	p= -2.0 %	p= -2.5 %
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100

Fuente ABC

$V_s = V$ señalizada, con $V_s = V_p - 10\text{km/h}$

Para velocidades menores que 60 km/h en calzadas sin pavimento no se diseñarán curvas en contraperalte.

1.11.5.6 DESARROLLO DE CURVAS CIRCULARES

Al seleccionar el radio de una curva circular, se deberá evitar desarrollos demasiado cortos, que resultan antiestéticos y molestos para el usuario.

Como el desarrollo de la curva circular es directamente proporcional al producto de la deflexión asociada a la curva circular (ωc) por el radio de la misma, para radios en el orden del mínimo y/o deflexiones pequeñas, resultan desarrollos demasiados cortos que conviene evitar en razón de la adecuada percepción de la curva.

- a) En general se aceptarán desarrollos mínimos asociados a una variación de azimuth entre el PC y el FC de la Curva Circular $\omega c \geq 9g$, siendo deseables aquellos $\geq 20g$.

La siguiente tabla entrega los desarrollos mínimos para cada V_p , en función de R_m y ωc

TABLA N° 13
DESARROLLO MINIMO PARA CURVAS CIRCULARES DE RADIO MINIMO

$V_p(Km/h)$	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\omega c = 9g$	7	12	17	26	35	47	60	76	100
$\omega c = 20g$	16	26	38	57	78	104	134	170	220

Fuente ABC

- b) Deflexiones con $\omega < 6g$ En estos casos se deben usar curvas circulares de radios muy amplios, que aseguren desarrollos mínimos del orden de los indicados en la tabla N° 14 No se podrán usar curvas de transición pues el termino $(\omega - 2\tau)$ se hace negativo y no existe solución para el conjunto clotoide – arco circular.

TABLA N° 14
DESARROLLOS MINIMOS PARA DEFLEXIONES $\omega \leq 6$

$V_p(Km/h)$	2g	3g	4g	5g	6g
40 - 60	140	125	115	100	90
70 - 90	205	190	170	150	130
100 - 120	275	250	225	200	175

Fuente ABC

En trazados nuevos no se aceptaran deflexiones menores a 2g.

- c) Deflexiones con $7g < \omega < 15g$, Esta situación es conflictiva, si se diseña con clotoides respetando $\tau > 3.1g$, es decir A/3.2 el ω_c disponible es muy pequeño para valores de ω cercanos a 7g, con lo que para lograr desarrollos mínimos aceptables, como los de la primera línea de la tabla n° 13 se requiere usar radios muy grandes, que obligan a usar clotoides también grandes. Resulta en esos casos preferible emplear curvas circulares que no requieren clotoide ($R \geq 1500$ m para $V \leq 80$ km/h o $R \geq 3000$ para $V \geq 80$ km/h) a medida que ω crece acercándose a 15g la solución en base a clotoides y curvas circulares razonablemente grandes es adecuada, salvo que no existan limitaciones de espacio para usar curvas circulares sin clotoide. Para valores de ω en el orden de 10g se deberá analizar ambas soluciones y elegir la que más se adecue a la situación.

1.11.5.7 LINEA DE MAXIMA PENDIENTE

En curvas horizontales la combinación del peralte con la pendiente longitudinal da origen a una línea de máxima pendiente, equivalente a:

$$q\% = (1\% + p\%) / \sqrt{2}$$

En caminos el valor de “q” no debe sobrepasar un 11% y en carreteras un 10%

Cuando “q” supere los valores admisibles se deberá bajar la pendiente longitudinal.

1.11.6 DESARROLLO DEL PERALTE

1.11.6.1 DESARROLLO DE PERALTE EN CURVAS CIRCULARES

Las normas descritas a continuación son válidas para el desarrollo de peralte solo para curvas circulares donde no existe arco de enlace de curvatura variable (clotoides) entre la alineación recta y la curva circular. Los casos particulares en que no se consulta el empleo de clotoides, son:

- Caminos de Desarrollo con Vp 30 km/h
- Curvas cuya deflexión (ω) está comprendida entre 2g y 6g en las que no se emplearán clotoides de enlace.

1.11.6.1.1 EJE DE GIRO DEL PERALTE

En caminos bidireccionales en condiciones normales el giro se dará en torno al eje en planta de la calzada. En casos justificados, tales como intersecciones a nivel de zonas de enlace, el eje de giro podrá desplazarse hacia alguno de los bordes de la calzada. En todos estos casos deberá examinarse con atención los problemas de drenaje que pueda acarrear una u otra solución. La adopción de un eje de giro distinto del eje de la calzada requerirá de la autorización previa del Departamento Técnico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

En carreteras unidireccionales con mediana, el eje de giro del peralte se localiza normalmente en el borde interior del pavimento de cada calzada.

1.11.6.1.2 LONGITUD DEL DESARROLLO DEL PERALTE

La longitud necesaria para lograr el desarrollo del máximo requerido por la curva circular, queda dado por:

a) Caso Normal – Giro Eje de la Calzada:

Tanto en calzadas bidireccionales o unidireccionales la longitud requerida para la transición desde el bombeo (-b) al peralte total (+p) o (-p), queda dada por:

$$l = \frac{n * a * \Delta p}{\Delta}$$

l = Longitud del desarrollo del peralte (m)

n = Número de pistas entre eje de giro del peralte y borde de calzada

a = Ancho normal de una pista (m). Se prescinde de los posibles ensanches.

Δ_p = Variación total de pendiente transversal para el borde que debe transitar entre (-b) y (+p) en caminos bidireccionales o entre -b y (+p) o (-p) para el borde exterior en carreteras unidireccionales.

Δ = Pendiente Relativa de Borde de la Calzada, respecto a la pendiente longitudinal del eje de la carretera (%) cuyos valores se dan en la tabla n° 15

TABLA N° 15
VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE $\Delta\%$

$V_p(\text{Km/h})$	30 - 50	60 - 70	80 - 90	100 - 120
Δ Normal	0.7	0.6	0.5	0.35
Δ Máx $n = 1$	1.5	1.3	0.9	0.8
Δ Máx $n > 1$	1.5	1.3	0.9	0.8

Fuente ABC

Δ mínimo en zona $-b\%$ a $+b = 0.35\%$ para todo V_p

El número de pistas mencionado se mide a partir del eje de giro de peraltes.

Los valores Δ normal deben interpretarse como un Δ deseable, pudiendo emplearse valores menores con las limitaciones expuestas.

Los valores Δ máx. se usarán cuando el espacio disponible para la transición de peralte es limitado, o bien, cuando la pendiente longitudinal del camino en el tramo de transición es del orden de la pendiente relativa de borde, lo que tendera a crear una zona con pendiente nula en todos los sentidos, cuando p transita en el entorno de cero, situación en que conviene limitar la longitud del tramo entre $-b\%$, 0% y $+b\%$ para no agudizar el problema de drenaje de la calzada.

Tasa de Giro “tg”: Es la longitud necesaria, expresada en metros, para lograr un giro de un 1% en torno al eje.

$$Tg = n * a / \Delta$$

b) Casos Especiales – Giro en los Bordos de la Calzada Bidireccional

1) Calzadas con doble bombeo: cuando el peralte se desea dar en torno al borde interior de la curva, es necesario primero lograr el bombeo único girando en torno al eje, para posteriormente cambiar el punto de giro al borde interior.

Si el peralte se desea dar en torno al borde exterior de la curva, se girara en torno a dicho borde, manteniendo constante el valor del bombeo de la pista interior hasta que se consiga el bombeo único. De allí en adelante, la calzada gira solidariamente hasta adquirir el peralte indicado.

En ambos casos:
$$l = \frac{(2n * a * p)}{\Delta}$$

Donde:

n = Número de pistas entre eje y borde de calzada. En caso de asimetría manda el lado más ancho. Si el número de pistas es simétrico respecto al eje de la calzada $n1 = 2n$

2) Calzadas con Bombeo Único: En estos casos el giro se ejecuta desde el comienzo en torno al borde deseado.

El desarrollo del peralte se calcula a partir de:

$$l = \frac{n * a * \Delta p}{\Delta}$$

Nota: para los casos analizados 1 y 2 la pendiente relativa de borde se mantiene constante respecto al eje en torno al cual se efectúa el giro.

1.11.6.1.3 CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE PERALTE

a) Proporción del Peralte a Desarrollar en Recta: Cuando no existe curva de enlace de radio variable entre recta y curva circular, el conductor sigue en la mayoría de los casos una trayectoria similar a una de estas curvas que se describe parcialmente en una u otra alineación. Lo anterior permite desarrollar una parte del peralte en la recta y otra en la curva.

Esto porque en la parte de la recta vecina a la curva el conductor recorre una trayectoria circular que no hace demasiado incómoda una inclinación transversal mayor que el 2 %. y porque en la parte de la curva vecina a la recta, el vehículo describe un círculo de radio mayor que el de diseño. En ciertas oportunidades, sin embargo, el tránsito en sentido contrario puede restringir la libertad para desarrollar

esta maniobra y por lo tanto el peralte a desarrollar en recta, debe alcanzar a un mínimo que no incremente peligrosamente el coeficiente de fricción transversal a utilizar en el sector inicial de la curva.

TABLA N° 16
PROPORCION DEL PERALTE A DESARROLLAR EN RECTA

Mínimo	Normal	Máximo
$P < 4.5 \%$	$P = \text{todos}$	$P \leq$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

Fuente ABC

Las situaciones mínima y máxima se permiten en aquellos casos en que por proximidad de dos curvas existe dificultad para cumplir con algunas de las condiciones del desarrollo del peralte.

b) Longitud en Curva con Peralte Total: En caminos y carreteras con $V_p \geq 60$ km/h, el diseño de curvas de escaso desarrollo se deberá verificar de modo que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a $V_p / 3.6(m)$, y en lo posible $V \geq 85\%$ km/h en al menos 30 m.

1.11.6.1.4 DESARROLLO DE PERALTE ENTRE CURVAS SUCESIVAS

Entre dos curvas de distinto sentido, separadas por una recta corta, se autorizará, en casos extremos, el uso de los valores máximos para Δ , y de los mínimos para la parte del peralte que se ha de desarrollar en la recta.

El caso límite lo constituirá aquella situación en que no existe tramo en recta con bombeo normal, existiendo en dicho tramo un punto de inclinación transversal nula, a partir del cual se desarrollan los peraltes en uno y otro sentido.

Entre dos curvas del mismo sentido deberá existir, por condiciones de guiado óptico, un tramo en recta mínimo de acuerdo a lo establecido en la tabla n° 8, si la distancia disponible entre el FC y el PC de las curvas sucesivas es menor o igual que el mínimo deseable, se mantendrá en la recta un peralte mínimo de igual sentido que el de las curvas y de una magnitud al menos igual a la del bombeo de la carretera.

1.11.7 SOBREENCHO

1.11.7.1 SOBREENCHO EN CURVAS CIRCULARES

En curvas de radio pequeño, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (huelgas), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas.

El sobreancho equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más huelgas teóricas adoptadas, (valores medios).

El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma o el SAP correspondiente a la categoría de la ruta.

TABLA N° 17
Huelgas Teóricas consideradas para vehículos comerciales de 2.6 m de ancho
En recta y en curva, según el ancho de una calzada de 2 pistas.

Calzada de 7.0 m		Calzada de 7.0 m	
En Recta	En Curva Ensanchada	En Recta	En Curva Ensanchada
h1 0.5 m	0.6 m	0.3 m	0.45 m
h2 0.4 m	0.4 m	0.1 m	0.05 m
h2 ext 0.4 m	0.0 m	0.1 m	0.0 m

Fuente ABC

Donde:

h1 = Huelga entre cada vehículo y el eje demarcado

h2 = Huelga entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior de la pista por la que circula en recta o de la última rueda del vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

h2 ext = Huelga entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h2\ ext \approx h2$ en recta y $h2\ Ext. = 0$ en curvas ensanchadas.

Las huelgas en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7 m respecto a la de 6 m, debido al mayor ancho de la calzada, las mayores velocidades de

circulación y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

El cálculo del sobreancho en curvas se hará para dos vehículos comerciales del mismo tipo que se cruzan en calzadas bidireccionales o para el caso de adelantamiento en las unidireccionales.

El vehículo tipo se seleccionará considerando el mayor vehículo comercial para el cual se prevea un flujo mayor o igual que el indicado a continuación, en cualquier época del año a la puesta en servicio de la obra. Se considerará el flujo del vehículo (i) más el de aquellos de mayor tamaño que no superen el límite.

Calzada Bidireccional: Flujo ≥ 15 Vehículo Tipo i/día en ambas direcciones

Calzada Unidireccionales: Flujo ≥ 40 Vehículo Tipo i/día en cada dirección

Como mínimo se considerarán ensanches para dos vehículos tipos con $L_o = 9.5m$, según se define en la tabla n° 17, Según sean las características del trazado y función que preste la ruta, la Administradora Boliviana de Carreteras podrá definir el Vehículo Tipo a considerar, independientemente de la clasificación según flujos estipulados precedentemente, así como para dimensiones diferentes de las señaladas en la tabla n° 18 y que se acompaña.

El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada y las huelgas definidas en la tabla n° 17, los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones simplificadas que se presentan en la tabla n° 18 columna E(m), las que permiten calcular el ensanche total requerido en la calzada de dos pistas (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7.0 y 6.0 m, empleando los parámetros de cálculo “ L_o ” para unidades simples (Camiones y Buses); L_1 y L_2 para unidades articuladas (Semitrailer) y el Radio R. de la curva.

Como ya se había dicho el sobreancho está asociado a curvas de radio pequeño o mediano en estas circunstancias se debe efectuar la transición del ensanche en 40 m lo que resulta un desarrollo adecuado cualquiera sea la magnitud del ensanche.

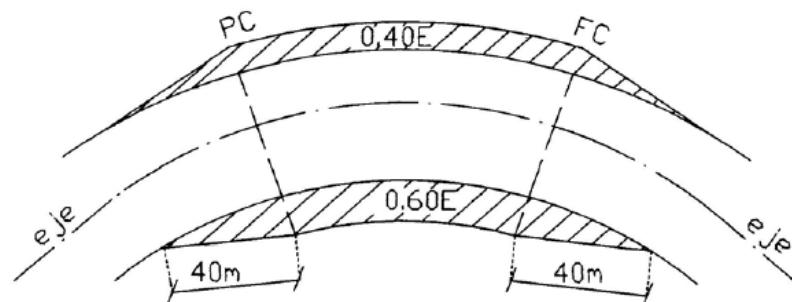


Fig. N° 2

Esquema del Sobreancho

Para determinar la magnitud del sobreancho se debe recurrir a un vehículo tipo considerando que el giro o el radio que describe las ruedas delanteras son distintos al radio que describen las ruedas traseras en una trayectoria en curva.

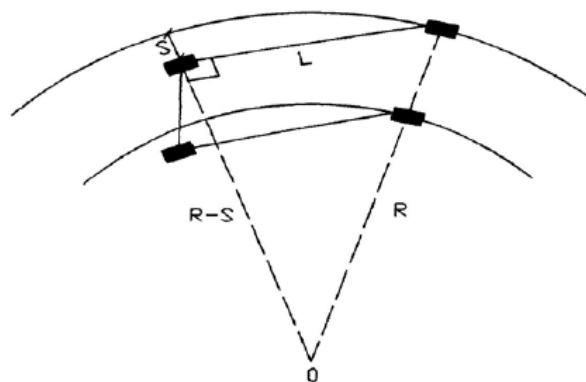


Fig. N° 3

Trayectoria que describen las ruedas de un vehículo en una curva circular

$$R^2 = L^2 + (R-S)^2$$

Resolviendo el cuadrado del binomio

$$R^2 = L^2 + R^2 - 2RS + S^2$$

Simplificando se elimina R^2 quedando

$$L^2 = 2RS + S^2$$

S^2 tiende a 0

$$L^2 = 2RS$$

despejando S

$$\boxed{S = (L^2 / 2R)}$$

$$S = n * \frac{L^2}{2R}$$

n = número de pistas

Para n = 2 pistas

$$S = 2 * \frac{L^2}{2R}$$

Simplificando queda: $\boxed{S = (L^2 / R)}$

Para el caso de Vehículos Articulados, Camiones semitrailer queda:

$$\boxed{S = (L1^2 + L^2) / (R)}$$

Las expresiones para calcular el sobreancho están dadas por los siguientes valores.

TABLA N° 18
Ensanche de la calzada E (m)

Permite el cruce de 2 vehículos del mismo sentido manteniendo huelgas h1 y h2

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n = 2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m E = e.int + e.ext h1 = 0,6 m h2 = 0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$30 \leq R \leq 130$
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Bus de Turismo Lt = 14,0*					
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$	0,70 E	0,30 E	$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2				$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5				$85 \leq R \leq 380$

Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

CALZADA EN RECTA 6,0 m (n = 2) 0,35 m ≤ E ≤ 3,20 m h1 = 0,45 m h2 = 0,05 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$
Bus de Turismo Lt = 14,0*					
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$45 \leq R \leq 650$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$65 \leq R \leq 850$
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5	No corresponde a Caminos con Calzada 6,0 m			

Si e.int, calculado ≤ 0,35 m, se adopta e. ext. = 0 y se da todo el ensanche E en e.int,

Fuente ABC

Lt = Largo total del vehículo * Indica largo máximo legal

Unidades Simples (Camiones y Buses): Lo = Distancia entre parachoques

delanteros y ultimo eje trasero.

Semitrailer: L1 = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión

tractor

L2 = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del Tadeo trasero.

Camión con Acoplado: El conjunto con $L_t = 20.50$ m (máx legal) puede operar en los ensanches diseñados para Semitrailer con $L = 18.6$ m y cualquier conjunto con $L_t \leq 19.5$ m, puede hacerlo en los diseños para él para el semitrailer con $L_t = 16.4$ m.

TABLA N° 19
 Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ Km/h
 Alternativa con calzada en recta en $7.0\text{m}(n = 2)$ y $h_1 = 0.45\text{m}$; $h_2 = 0.05$

TIPO DE VEHÍCULO (L_t en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
Camión Unid. Simple $L_t = 11.0^*$ Bus Corriente $L_t = 12.0$	$L_o = 9.5$	$(L_o^2/R) - 0.85$	$0.55 E$	$0.45 E$	$25 \leq R \leq 75$
Bus de Turismo $L_t = 13.2^*$ Bus de Turismo $L_t = 14.0^*$	$L_o = 10.5$ $L_o = 10.6$	$(L_o^2/R) - 0.85$	$0.55 E$	$0.45 E$	$30 \leq R \leq 95$
Semitrailer $L_t = 16.4$ Semitrailer $L_t = 18.6^*$	$L_1 = 5.6$ $L_2 = 10.0$ $L_1 = 5.6$ $L_2 = 12.2$	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0.80$ $((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0.80$	$0.55 E$ $0.55 E$	$0.45 E$ $0.45 E$	$35 \leq R \leq 115$ $50 \leq R \leq 155$
Semitrailer $L_t = 22.4^*$	No corresponde a Caminos con $V_p \leq 60$ Km/h				

Fuente ABC

Adicionalmente la tabla indica la proporción del ensanche total que se debe dar a la pista interior “e.int” y a la pista exterior “e.ext”.

El Ensanche total “E (m)” se limitará a un máximo de 3 m y un mínimo de 0.5 m en calzadas de 7 m y a un máximo de 3.2 m y un mínimo de 0.35 m en calzadas de 6 m La columna “Radios Límite” indica que radios menores o mayores que los allí indicados requieren ensanches mayores o menores que los límites antes definidos.

En caminos Locales y de Desarrollo con calzada de 6 m. de ancho, pueden existir curvas con radios $\leq$ a 65 m. los que según sea el vehículo tipo considerado, requerirán ensanches mayores de los máximos establecidos, no siendo posible entonces el cruce de 2 vehículos tipo dentro de la curva; en estos casos solo se podrán cruzar dentro de la curva un vehículo comercial tipo y un vehículo liviano, debiendo los vehículos comerciales que requieren ensanches mayores hacerlo en los tramos rectos. Si no hay tramos rectos de longitud suficiente y se da una sucesión de curvas restrictivas respecto de los ensanches requeridos por el vehículo tipo considerado, se

deberá estudiar uno o más ensanches especiales al interior de dicho tramo. Simultáneamente, el rango de radios que requerirán ensanche crece significativamente para los vehículos tipo de mayor tamaño. Considerando lo expuesto anteriormente, en caminos en que se consulte una calzada normal de 6 m de ancho,

$V_p \leq 60$ km/h, si existen tramos de trazado sinuoso con curvas cuyos radios estén en el orden de los mínimos correspondientes a la velocidad de proyecto (Trazados en Montaña o similares), se analizará la conveniencia y se propondrá a la Administradora Boliviana de Carreteras, ensanchar la calzada del tramo de 7 m de ancho y considerar en curvas huelgas iguales a las previstas para las calzadas de 6 m.

Si la Administradora Boliviana de Carreteras acepta la proposición, el ensanche de las curvas se calculará mediante las expresiones descritas en la tabla n° 19

a) Sobreancho en Calzadas de menos o más de 2 pistas

Las calzadas de una Pista ($n = 1$) se asocian a los ramales de intersecciones y enlaces o dispositivos similares y, en consecuencia, el ancho total de la calzada de una pista se obtendrá de la tabla 6.4-13 del Capítulo 6 "Intersecciones" del Manual del Diseño Geométrico de la ABC, considerando las situaciones descritas en caso I ó II y el vehículo tipo que corresponda al radio de la curva en cuestión. En el caso III corresponde a $n = 2$, se empleará sólo en caso de ramales, abordándose los ensanches en carreteras y caminos.

En carreteras y caminos unidireccionales con ensanche de pistas de 3.5 m, se pueden dar casos con $n = 3$ ó más. En estos casos los vehículos comerciales circularán habitualmente por las dos pistas exteriores de cada calzada y el radio a considerar para el ensanche de estas dos pistas será el radio efectivo según la arista común a ambas pistas, que correspondería a la calzada sin ensanchar, calculándose para ellas los ensanches como si se tratara de una calzada de dos pistas. La tercera pista para la cual no circulan vehículos comerciales en zonas de curvas restrictivas, se

ensanchará en un 40% del ensanche que se calculó para la pista adyacente y ello con el objeto de crear una huelga respecto del extremo del parachoques delantero del vehículo comercial que podría estar describiendo una trayectoria coincidente con la línea que separa ambas pistas. Si el ensanche resultante es menor a 0.25 m, no se hará el ensanche. Para una eventual cuarta pista no se consideraran ensanches.

b) Desarrollo del Sobreancho en Caminos de Desarrollo

Las curvas que requerirán sobreanchos en los caminos de Desarrollo se asocian a velocidades de proyecto ≤ 50 km/h, velocidades de operación moderadas. En estos casos un desarrollo de 40 m en la recta precedente resulta adecuado cualquiera que sea la magnitud del ensanche y, si el tramo recto es de menor longitud, el ensanche deberá desarrollarse en la longitud existente, la que se procurara no sea inferior a 30 m.

Cuando dos curvas sucesivas en el mismo sentido, requieren sobreancho, y la recta existente entre ambas curvas es menor a 80m la transición del sobreancho se realizará linealmente desde E a E'', utilizando la siguiente expresión:

$$en = \frac{E - (E - E'') * ln}{l}$$

en = Sobreancho correspondiente al punto de abscisa ln (m)

E = Sobreancho total de la primera curva.

E'' = Sobreancho total de la segunda curva.

ln =Abscisa de un punto entre el origen y el final del desarrollo, medido desde el origen.

l = Distancia entre el FC y el PC de las curvas sucesivas.

c) Aspectos Constructivos

Cuando la calzada posea pavimento de hormigón cualquiera sea la categoría de la Carretera o camino, el sobreancho se iniciará con 0.5 m manteniéndose este

ancho constante hasta que la ordenada correspondiente alcance dicho valor, para allí seguir con la variación hasta alcanzar su valor máximo en el PC y FC.

1.11.7.2 SOBREALCHO EN CURVAS CON ARCO DE ENLACE

La longitud normal para desarrollar el sobrealcho será de 40 m. Si el arco de enlace es ≥ 40 m el inicio de la transición se ubicará 40 m antes del principio de curva circular. Si el arco de enlace es < 40 m el desarrollo del sobrealcho se ejecutará en la longitud del arco de enlace disponible.

El sobrealcho se generará mediante una variación lineal:

$$en = (E/L) * In$$

E = Ensanche total calculado

en = Ensanche parcial correspondiente a un punto distante In metros desde el origen.

L = Longitud total del desarrollo del sobrealcho dentro de la curva de enlace.

La ordenada “en” se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa In y el borde interior distará del eje (a+en) siendo “a” el ancho normal de la recta.

1. Aspectos Constructivos

Son validas las mismas recomendaciones enunciadas para curvas circulares en el párrafo c página anterior.

1.11.8 ALINEAMIENTO VERTICAL

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie de pavimento o carpeta de rodado, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. A la representación gráfica de la rasante se le denomina perfil longitudinal.

La rasante condiciona las características del alzado de la carretera y está constituido por tramos que presentan pendientes de distinta magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que generalmente serán parábolas de segundo grado.

El sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas la que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El buen diseño de ellas debe asegurar en todo punto del camino la distancia de visibilidad de parada.

El alineamiento vertical está controlado principalmente por los siguientes factores.

- | | |
|--|------------------------------------|
| a) Categoría del camino | e) Drenaje |
| b) Topografía del área | f) Valores Estéticos y Ambientales |
| c) Trazado en horizontal y V^* correspondiente | g) Costos de construcción |
| d) Distancias de Visibilidad | |

1.11.8.1 UBICACIÓN DE LA RASANTE RESPECTO AL PERFIL LONGITUDINAL

El plano vertical que contiene la rasante coincidirá con el eje en planta de la carretera o camino.

Cuando el proyecto consulta calzada única, en la mayoría de los casos, el eje en planta será eje de simetría de la calzada. En carreteras unidireccionales con calzadas separadas pueden ser necesarias dos rasantes, cada una de ellas asociadas al respectivo eje en planta.

1.11.8.2 INCLINACION DE LAS RASANTES

1.11.8.2.1 PENDIENTES MAXIMAS

Las pendientes máximas admisibles van a depender de la categoría del camino, se deben usar las menores pendientes compatibles con la topografía en que se emplaza el trazado. Carreteras con alto volumen de tránsito justifican económicamente el uso de pendientes moderadas, pues el ahorro en costo de operación y la mayor capacidad de la vía compensan los mayores costos de construcción.

En carreteras con calzadas independientes, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% las máximas establecidas.

En caminos de alta montaña sobre los 2500 m. se debe limitar la pendiente máxima.

Si bien las pendientes máximas están limitadas las pendientes mínimas también están restringidas.

TABLA N° 20
PENDIENTES MAXIMAS ESTABLECIDAS

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO Km/h									
	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10_12	10_9	9	-	-	-	-	-	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
<u>Autorrutas</u>	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4.5	-	4

Fuente ABC

TABLA N° 21

CAMINO DE ALTA MONTAÑA PENDIENTES MAXIMAS (%) SEGÚN ALTURA S.N.M.M

ALTURAS S.N.M.M.	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)					
	30	40	50	60	70	80
2500 - 3000 m	9	8	8	7	7	7_5
3100 - 3500 m	8	7	7	6.5	6.5	6_5
Sobre 3500 m	7	7	7	6	6.5	5 - 4.5

Fuente ABC

1.11.8.2.2 PENDIENTES MINIMAS

Es necesario proveer una pendiente longitudinal del orden del 0.5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se distinguen los siguientes casos:

- a) Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal superior a un 2% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales de hasta 0.2%. Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.
- b) Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0.5% y mínima absoluta de 0.35%.
- c) En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal sea nula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0.5% y en lo posible mayor.

Si los casos señalizados anteriormente se dan en cortes, el diseño de las pendientes de las cunetas deberá permitir una rápida evacuación de las aguas, pudiendo ser necesario revestirlas para facilitar el escurrimiento.

1.11.8.2.3 LONGITUD EN PENDIENTE Y VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Pendientes menores a 6% afectan en poca medida la velocidad de operación de la mayoría de los automóviles cualquiera sea la longitud de la pendiente.

En caso de camiones pendientes mayores a un 3% causan reducciones significativas a la velocidad de operación a medida que aumenta la longitud en pendiente, la cual se hace más crítica en caminos bidireccionales con alto volumen de tránsito. Se deberá lograr un proyecto equilibrado, la norma AASHTO recomienda en casos normales no superar los 15 km/h de caída de velocidad para caminos con pendiente. Para las condiciones imperantes en el país se eleva dicho valor a 24 km/h en túneles y 40 km/h en campo abierto, para una velocidad de 90 km/h se podrán aceptar velocidades de 66 km/h y 50 km/h, respectivamente. Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores, en especial en

caminos bidireccionales sin visibilidad para adelantar, se debe hacer un análisis técnico económico y ver la factibilidad de proyectar pistas adicionales para el tránsito lento.

TABLA N° 22
LONGITUD CRITICA EN PENDIENTES PARA $\Delta V < 24$ Km/h y $\Delta V = 40$ Km/h

1%	LONGITUD CRITICA (m)	
2	$\Delta V < 24$ Km/h para todo L	$\Delta V < 40$ Km/h para todo L
3	1100	
4	590	1800
5	380	700
6	310	510
7	260	420
8	210	360

Fuente ABC

1.11.8.3 ENLACE DE RASANTES

El Angulo de deflexión de dos rasantes que se cortan queda, definido por la expresión: $\emptyset$ radianes y esto es igual a $(i_1 - i_2)$, es decir, $\emptyset$ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresada en tanto por uno. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición.

+i pendiente de subida según avance del kilometraje.

-i pendiente de bajada según avance del kilometraje.

Toda vez que la deflexión $\emptyset$ es igual o mayor a $0.5\% = 0.005$ en tanto por uno, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se deberá prescindir de la curva de enlace, ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

Para el diseño de curvas verticales se ocupará la parábola de segundo grado de eje vertical simétrico. Su forma se ajusta a la trayectoria de los vehículos. Además se caracteriza por presentar una variación constante de la pendiente a lo largo del desarrollo, también permite una serie de simplificaciones en sus características geométricas que la hacen muy práctica para el cálculo y replanteo. La deflexión $\emptyset$ se

repite como ángulo en el centro para una curva circular de Radio R que sea tangente a las rasantes; en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. La parábola y el círculo son en la realidad muy parecidos, tanto que el cálculo teórico de la curva de enlace requerido por el concepto de visibilidad se hace en base a una curva circular, en tanto que el proyecto y replanteo se ejecuta en base a la parábola.

Bajo estas circunstancias descritas el desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por:

$$L_v = R * \theta = R * (i_1 - i_2)$$

Adoptando la nomenclatura correspondiente a la parábola de segundo grado, el radio R pasa a llamarse “K”, que corresponde al parámetro de esta curva de modo que:

$$L_v = K * i_1 - i_2$$

Finalmente el desarrollo de la curva vertical de enlace se identifica con:

$$L_v = 2T$$

Siendo 2T la proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

1.11.8.3.1 POSIBILIDAD DE CURVAS VERTICALES

Existen curvas verticales cóncavas y convexas, las cuales al ser diseñadas en forma adecuada deben proporcionar seguridad en la conducción, ser comfortable, buen drenaje y agradable apariencia.

Diferencias:

Curva vertical cóncava (V)

- a) Presenta menos dificultad de trazado o proyección
- b) Tiene problema de drenaje.
- c) No tiene problema de visibilidad

Curva vertical convexa (Λ)

- a) Presenta mayor dificultad de trazado o proyección
- b) No tiene problema drenaje
- c) El concepto de visibilidad es importante

e) La cota del vértice es menor que la cota de terreno.

e) La cota del vértice es mayor que la cota de terreno

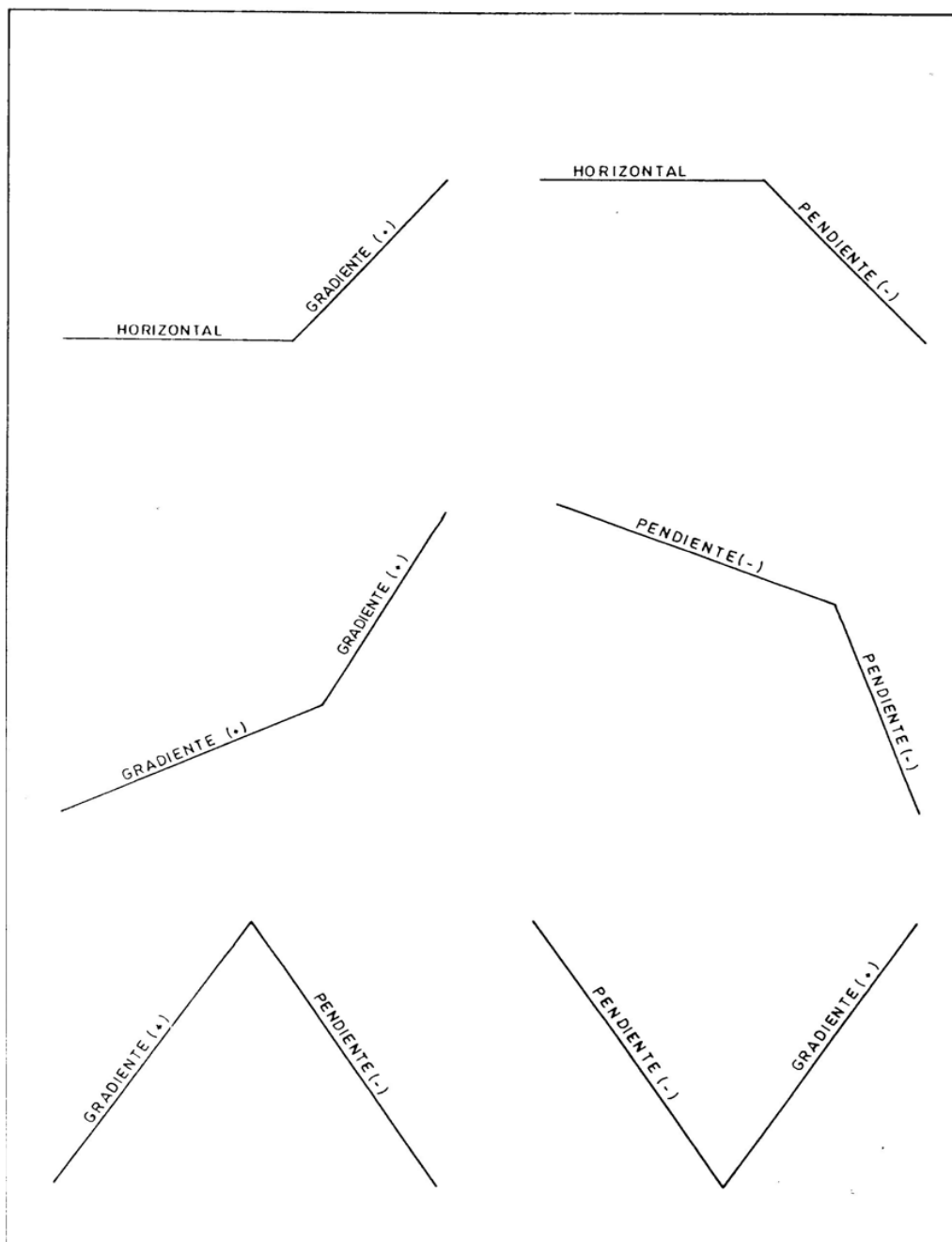


Figura N° 4
Situaciones más comunes en curva vertical

Dentro de las propiedades que tiene la parábola, está aquella que dice que la razón de variación de la pendiente, es una constante y el punto de intersección de las tangentes está a media distancia entre las proyecciones de los puntos de tangencia. La distancia que hay desde el vértice hasta el medio de la curva se designa f y corresponde a la ordenada máxima que tendrá la curva vertical. Los elementos verticales medidos desde la tangencia a la curva son proporcionales a los cuadrados de las proyecciones horizontales medidas desde el punto de tangencia hasta el elemento vertical.

$$\frac{Y}{X^2} = \frac{f}{T^2}$$

$$Y = \left(\frac{f}{T^2}\right) * X^2 \quad \frac{f}{T^2} = \text{cte.}$$

Para parámetros iguales, la DH y el cociente de los cambios de pendientes en puntos sucesivos de una parábola es una cantidad constante. Dicha razón de cambio es igual a la diferencia algebraica de las pendientes dividida por la longitud de la curva.

Por cada metro de la parábola va a sufrir una variación de pendiente constante.

$$2T = 100 \quad Q = +3.5 \quad P = -3.5 \quad \Delta = 3.5 - (-3.5) = 7 \quad \Delta = \frac{\Delta}{2T} \quad \Delta = \frac{7}{100}$$

En el primer metro vamos a tener $3.5 - (0.07 * 1) = 3.43\%$

En el segundo metro vamos a tener $3.5 - (0.07 * 2) = 3.36\%$

Al llegar al valor de T es decir 50m $3.5 - (0.07 * 2) = 0\%$

Al empezar a restar la pendiente se va a llegar a un punto donde tendrá un valor de 0 y desde ese punto va empezar a descender hasta llegar a su valor máximo.

Esto puede ocurrir en el medio de la curva, pero esto es posible siempre y cuando las pendientes de entrada y salida sean iguales.

$$\frac{\Delta}{2T} \quad \frac{1}{\Delta} \quad K = \frac{2T}{\Delta}$$

K representa la cantidad de metros necesarios para tener una variación de un 1%,

Esto nos permite conocer en que punto o a que distancia se va a tener el 0%

$X_0 = K \cdot i_1$ Distancia desde el principio de curva vertical hasta el valor de pendiente 0%

$X_0 = K \cdot i_2$ Distancia desde el final de curva vertical hasta el valor de pendiente 0%

Esto nos da a entender que K representa la amplitud que va a tener la parábola.

En el caso de curvas verticales su longitud mínima está fijada atendiendo a la dinámica de los vehículos, a los requerimientos de visibilidad y drenaje. La longitud mínima de las parábolas convexas establecidas en base al criterio de visibilidad resulta igualmente satisfactoria. Para el caso de las curvas cóncavas no existe un criterio uniforme para fijar la longitud mínima. Algunos de los criterios usados se basan en:

- Exigencia de la visibilidad nocturna.
- Confort del conductor.
- Buen drenaje.

Por condición de comodidad y estética la longitud mínima de las curvas verticales está dada por el módulo de la velocidad expresada en metros. $2T \geq \text{Velocidad Proyecto (m)}$

Esto indica a modo de ejemplo que si la velocidad de diseño es de 80 km/h el 2T mínimo debe ser 80 m ya tenemos un valor mínimo para diseñar curvas vertical.

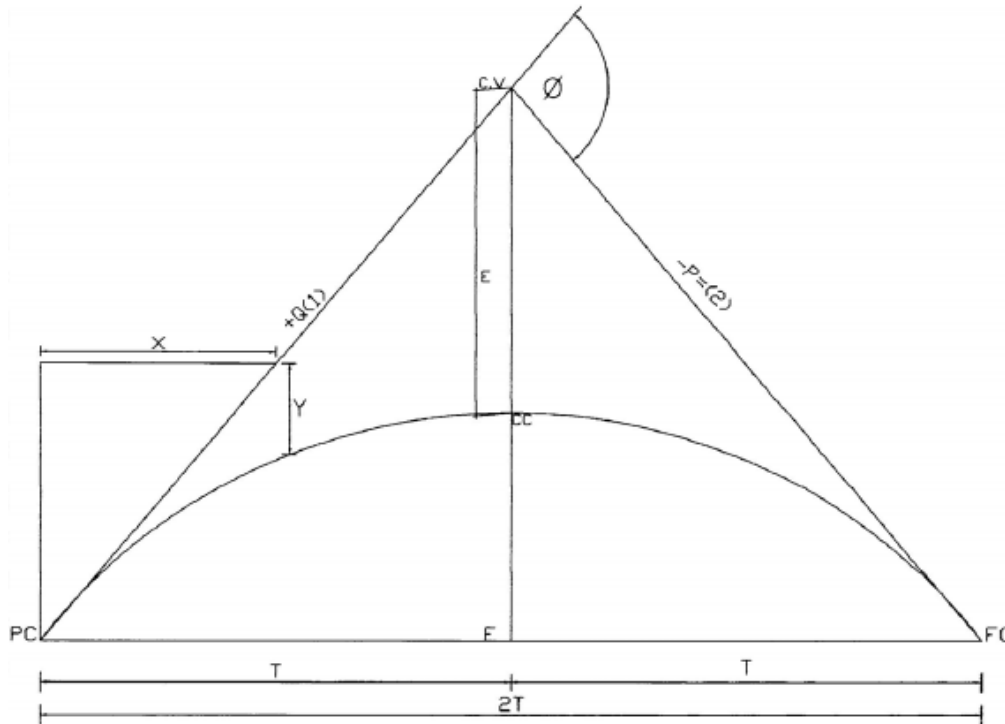


Figura N° 5
Esquema de una Curva Vertical

1.11.8.3.2 CRITERIOS DE DISEÑO PARA CURVAS VERTICALES

- Las curvas verticales deben asegurar en todo punto del camino la visibilidad de parada, ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.
- En caso de caminos bidireccionales si las condiciones lo permiten se podrá diseñar curvas por criterio de adelantamiento con lo que se asegura la visibilidad de parada.
- El cálculo de curvas verticales presenta dos situaciones posibles, a saber:

$$(D_v > 2T) \text{ y } (D_v < 2T).$$

La presente norma considera el segundo caso, es decir que la distancia de visibilidad sea menor que $2T$, ya que representa el caso más conveniente, implica

diseños mas seguros y la longitud de la curva determinada $D_v > 2T$ normalmente debe ser aumentada por comodidad y estética.

- En curvas verticales convexas o en curvas verticales cóncavas casos I y II



Figura N° 6a

Curvas Verticales con Pendientes a dos Aguas

La visibilidad de parada a considerar en el cálculo del parámetro corresponde a la distancia de parada de un vehículo circulando a velocidad V^* en rasante horizontal.

Esto en razón de que el recorrido real durante la eventual maniobra de detención se ejecuta parte en subida y parte en bajada, con lo que existe compensación del efecto de las pendientes.

- En curvas verticales del tipo III y IV



Figura N° 6b

Curvas verticales con pendientes en un solo sentido

El tránsito de bajada requiere una mayor distancia de visibilidad de parada que resulta significativa para pendientes mayores a -6% en velocidades $\leq$ que 60 km/h y -4%, para velocidades $\geq$ 70 km/h. En estos casos el parámetro de la curva vertical puede calcularse adoptando la distancia de visibilidad corregida de la tabla n° 3, o

bien eligiendo el parámetro correspondiente a V^* aumentada en 5 km/h, que da un margen de seguridad adecuado.

1.11.8.3.3 PARAMETROS MINIMOS POR VISIBILIDAD DE PARADA

1) Curvas Verticales Convexas

Se considera la visibilidad de parada sobre un obstáculo fijo situado sobre la pista de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de esta pista. El parámetro queda dado por:

$$K_v = \frac{DP^2}{2 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Donde:

K_v = Parámetros curva vertical convexa (m)

D_p = Distancia de parada f (V^*) (m)

h_1 = Altura ojos del conductor = 1.10 m

h_2 = Altura obstáculo fijo = 0.20 m

Luego: $K_v = \frac{D_p^2}{4.48}$

2) Curvas Verticales Concavas

Se considera la visibilidad de parada nocturna sobre obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los focos del vehículo.

El parámetro queda dado por:

$$K_c = \frac{DP^2}{2(h + D_p * \text{sen}\beta)}$$

K_c = Parámetro curva cóncava (m)

D_p = Distancia de parada V_p (m) Se considera que de noche los usuarios no superen V_p

h = Altura focos del vehículo = 0.6 m

β = Angulo de abertura haz luminoso respecto de su eje = 1°

Luego:
$$K_c = \frac{DP^2}{(1.2 + 0.035 * D_p)}$$

TABLA N° 23
PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES
POR CRITERIOS DE VISIBILIDAD DE PARADA

Velocidad de Proyecto	Curvas Convexas Kc			Curvas Cóncavas Kc
Vp (Km/h)	V*= Vp Km/h	V*= Vp + 5 Km/h	V*= Vp + 10 Km/h	V*= Vp Km/h
30	300	300	320	400
40	400	500	600	500
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
90	4700	5100	6000	3400
100	6850	7400	8200	4200
110	9850	10600	11000	5200
120	14000	15100	16000	6300

Fuente ABC

1.11.8.3.4 PARAMETROS MINIMOS POR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

En caminos bidireccionales, tienen relevancia en las curvas verticales convexas, ya que en las cóncavas las luces del vehículo en sentido contrario son suficientes para indicar su posición y no existe obstáculo a la visual durante el día a causa de la curva.

El parámetro mínimo en curvas convexas por condición de adelantamiento está dado por:

$$K_a = \frac{Da^2}{2 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

K_a = Parámetro mínimo para visibilidad de adelantamiento (m)

D_a = Distancia de adelantamiento f (v) (m)

h_1 = Altura ojos del conductor 1.10 m

h_2 = Altura vehículo en sentido contrario 1.20 m

Luego: $K_a = \frac{D_a^2}{9.2}$

TABLA N° 24
PARAMETRO MINIMO EN CURVAS VERTICALES CONVEXAS
POR CRITERIO DE VIDIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

V (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
K_a (m)	3500	630	980	14900	21000	27200	33900	39100	45900

Fuente ABC

Los valores de K_a que figuran en la tabla anterior están calculados para $D_a < 2T$, que será el caso real toda vez que se tenga $V \geq 60\text{km/h}$ y $\emptyset \geq 0.025$. De hecho, para las visibilidades de adelantamiento adoptadas los parámetros K_a resultan prohibidos para $V > 60\text{ km/h}$. Eventualmente, para velocidades muy bajas y $\emptyset$ moderadas se cumplirá que $D_a > 2T$ y calculando con la expresión correspondiente, se logra reducir el parámetro requerido para asegurar D_a .

Situaciones en que se puede aceptar valores de $2T < V_p$, tanto para K_a como para K_v , correspondería en rigor calcular el parámetro mediante la fórmula asociada al caso $D_v > 2T$ cuando:

$$\frac{4.6}{D_a} \leq \emptyset \leq \frac{9.2}{D_a} \quad \text{Para Adelantamiento}$$

$$\frac{2.24}{D_p} \leq \emptyset \leq \frac{4.48}{D_p} \quad \text{Para distancia de parada}$$

Y las expresiones para K_a y K_v , si $D_a > 2T$, son:

$$K_a = \frac{2D_a}{\emptyset} = \frac{9.2}{\emptyset^2}$$

$$K_v = \frac{2D_p}{\emptyset} = \frac{4.48}{\emptyset^2}$$

Siendo $\emptyset = |i_1 - i_2|$

Esto es el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes i_1 e i_2 expresada en tanto por uno.

Para $\emptyset$ menor que el primer termino de la desigualdad, el valor K_a y K_v se hace negativo, lo que implica que la visual pasa por sobre el vértice definido por las dos alineaciones o sea no se requiere curva vertical por concepto de visibilidad.

En curvas verticales por visibilidad de parada, si $\emptyset < 2.24/D_p$ se aceptará que $2T$ mínimo pueda reducirse hasta $0.6 V_p$, lo cual creará una transición entre el caso $\emptyset \leq 0.005$, que no lleva curva vertical y el caso $\emptyset \leq 2.24/D_p$, en que se podrá emplear curva vertical con parámetro $0.6 V_p/\emptyset \leq K_v \leq V_p/\emptyset$. Ello evita tener que usar parámetros más grandes que los de la norma, para el caso $D_v < 2T$. En todo caso los $2T$ resultantes son adecuados para lograr un enlace suave entre las rasantes, dado el moderado valor de $\emptyset$

1.11.8.3.5 LONGITUD MINIMA DE CURVAS VERTICALES

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por: $2T \text{ (m)} \geq V \text{ (KPH)}/$

El desarrollo mínimo de la curva vertical será correspondiente al número de metros que corresponda la velocidad de Proyecto de la carretera expresada en km/h.

En casos en que la combinación parámetro mínimo, ángulo de deflexión $\emptyset$ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determina el parámetro mínimo admisible a partir de:

$$K = \frac{2T_{\text{mínimo}}}{\emptyset} = \frac{V}{\emptyset}$$

1.12 SECCIONES TRANSVERSALES

1.12.1 INTRODUCCION

La sección transversal de una carretera describe las características geométricas de esta, quedando definida por la calzada, las bermas, y los sobreanchos de plataforma (SAP) y los taludes laterales. Ocasionalmente con el fin de mejorar las condiciones de operación de la vía se incluye en la sección transversal elementos tales como barandas, defensas, fajas separadas y los dispositivos para la señalización de la vía. En las proximidades de zonas urbanas, se proyectan pistas especialmente acondicionadas para el desplazamiento de peatones y bicicletas.

1.12.2 LA PLATAFORMA

Se denomina “Plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su (s) calzada (s), sus bermas, sus (SAP) y su mediana, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.

El ancho de la plataforma será la suma de los anchos de sus elementos constitutivos.

La plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación y señalización.

1.12.3 LAS CALZADAS

Una calzada es una banda de material geométricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

Una calzada está formada por dos o más pistas. Una pista es cada una de las divisiones de la calzada por donde transita una fila de vehículos en un mismo sentido.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos pistas, cada una de ellas podrá ser utilizada ocasionalmente por vehículos que marchan en sentido opuesto, en el momento en que estos adelanten a otros más lentos.

Las calzadas pueden ser pavimentadas o no. Si son pavimentadas, quedarán comprendidas entre las bermas. La demarcación de ejes y bordes que ayuda a definir las pistas y el ancho total de la calzada se ejecutará en conformidad con las disposiciones vigentes de la Administradora Boliviana de Carreteras, teniendo presente el Volumen 3 de "Dispositivos de Control de Transito", capítulo 2 "Señalización del Transito Horizontal".

Si no existe pavimento, calzada y berma se confunden y prestan el mismo servicio; sin embargo, desde el punto de vista de la definición transversal, ellas quedaran limitadas por los sobreanchos de la plataforma, cuyas especificaciones técnicas serán distintas a las del resto de la plataforma.

1.12.3.1 ANCHOS DE CALZADAS

El ancho de una calzada depende de la función, asignada al proyecto, del tipo de terreno en que esta se emplaza, del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), del Volumen Horario de Diseño (VHD) a lo largo del tiempo, y en particular al año horizonte de diseño. Las características geométricas propuestas permitirán calcular las características geométricas del trazado propuesto, velocidad de proyecto, capacidad de la vía y los Volúmenes y Niveles de Servicio.

Salvo en casos de Caminos Locales y de Desarrollo con velocidades de proyecto menores que 60 km/h, en que la Administradora Boliviana de Carreteras podrá autorizar anchos de pistas de menos de 3.5 m para las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de pistas será de 3.5 m.

1.12.4 BOMBEOS

El bombeo o inclinación transversal se hará en todos los tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permita el contraperalte, con el fin de evacuar las aguas superficiales, dependiendo del tipo de superficie de rodado y de los niveles de precipitación de la zona.

La tabla n° 25 especifica un rango de valores de bombeo según tipo de superficie y clima.

TABLA N° 25
BOMBEOS DE LA CALZADA

TIPO DE SUPERFICIE	PENDIENTE TRANSVERSAL	
	$(I^{110}) \leq 15 \text{ mm/h}^1$	$(I^{110}) \leq 15 \text{ mm/h}^1$
Pav. De Hormigón o Asfalto	2.0	2.5
Tratamiento Superficial	3.0 ²	3.5
Tierra, Grava, Chancado	3.0 - 3.5 ²	3.5 - 4.0

Fuente ABC

(1) se determina mediante estudio hidrológico

(2) En climas definidamente desérticos, se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2.5%.

El bombeo se puede dar de varias maneras, dependiendo del tipo de plataforma y de las conveniencias específicas del proyecto en una zona dada.

a) Bombeo en calzadas bidireccionales: Se da de dos maneras. La primera contempla el punto más alto en el centro de la calzada .y una sección transversal con vertiente a dos aguas. Esta sección es la más conveniente desde el punto de vista del drenaje, minimiza las cantidades de agua que llegan a cada uno de los bordes de la calzada.

La segunda es el uso de bombeos a una sola agua con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta manera de resolver las pendientes transversales mínimas puede ser muy útil en tramos rectos de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido, que resulta engorroso ejecutar el doble cambio desde el peralte hasta el bombeo a dos aguas y viceversa. En bombeo único también es obligatorio donde se prevean ampliaciones a dos calzadas unidireccionales.

b) Bombeo en calzadas unidireccionales: Si existen dos calzadas y el eje de giro de los peraltes se ubica en el centro de la calzada o en los bordes interiores de los pavimentos.

En trazados clotoidales sin rectas, no existe bombeo propiamente tal, ya que de una alineación a otra se producen peraltes constantemente cambiantes. En estos casos se pueden presentar pequeños tramos rectos (enlaces, áreas especiales), se

pueden definir bombeos con ambas calzadas vertiendo hacia un mismo lado, con ejes de giro de peralte en los centros de las calzadas o en sus bordes interiores. Esta forma también es válida para trazados corrientes con bombeos normales a dos aguas, cuando el tramo que los presenta es corto y está entre alineaciones de igual sentido de curvatura.

1.12.5 LAS BERMAS

Son las secciones laterales de la calzada, pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capa asfáltica tratamiento superficial o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

En carreteras de una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales. En caso de tratarse de una carretera unidireccional con calzadas separadas, existirán bermas interiores y exteriores en cada calzada siendo las primeras de un ancho inferior.

Las bermas tienen la función de proteger al pavimento y sus capas inferiores, proveer espacio para el estacionamiento de vehículos, asegurar una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, ofrecer espacio adicional para maniobras de emergencia, mejorar la visibilidad en tramos en curva, etc.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben tener un ancho constante, estar libre de obstáculos y estar compactadas homogéneamente en toda su sección, previendo los sobrecanchos de plataforma necesario para facilitar esto último.

1.12.5.1 ANCHOS DE LAS BERMAS

El ancho normal en Caminos Locales con $V_p=40$ km/h es de 0.5 m el que en conjunto con el SAP proveen una plataforma de 8 m. En Caminos de desarrollo que no poseen pavimento superior, se podrá prescindir de las bermas, existiendo sólo SAP como complemento para asegurar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

A medida que la velocidad y los volúmenes de diseño crecen, también deberán hacerlo las bermas exteriores, hasta contemplar un ancho máximo de 2.5 m, que permite la detención de los vehículos en caso de emergencia sin afectar el tránsito de paso.

Cuando existan pistas auxiliares para el tránsito lento, o de cambio de velocidad, la berma derecha puede reducirse a 1.5 m si el TMDA ≥ 750 a 1 m para TMDA ≤ 750 . En los casos se mantendrá inalterado el SAP especificado para la categoría y Vp de la ruta.

1.12.5.2 PENDIENTES TRANSVERSALES DE LAS BERMAS

En caminos y Carreteras con calzada pavimentada ya sea de Hormigón, asfalto o Tratamiento superficial, las bermas tendrán la misma pendiente transversal que la calzada, ya sea que esta se desarrolle en recta o en curva. Para tramos en recta la pendiente transversal o bombeo corresponde a la indicada en la tabla n° 25.

En caminos sin pavimentos, de las Categorías Locales y de Desarrollo, a los que se asocian bermas de un ancho máximo de 1.5 m y menores en la práctica, no se distingue la zona correspondiente a la calzada de las bermas, consecuentemente en ellas se mantendrá la pendiente transversal de la calzada con los mínimos indicados en la tabla anteriormente mencionada, para tramos en recta.

1.12.5.3 LOS SOBREANCHOS DE LA PLATAFORMA (S.A.P.)

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0.5 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. En los 0.5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida para el resto falta de confinamiento y riesgo por pérdida de estabilidad del equipo de compactación.

Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0.5 m el ancho adicional adyacente a la berma debe compactarse con las mismas exigencias especificadas para las bermas.

En plataformas en corte, con cuneta revestida, se podrá prescindir del SAP pero si al extender las capas de subbase y base se colocará inicialmente un sobreancho de 0.5 m para compactar adecuadamente el borde exterior de las bermas, este material se retira posteriormente para conformar la cuneta. En cunetas sin revestir se debe considerar un SAP de 0.5m para separar las capas estructurales de las aguas que escurren por la cuneta.

Si la plataforma en terraplén consulta la instalación de barreras de seguridad salvo en caminos Locales o de Desarrollo con $V_p \leq 50$ km/h, el ancho mínimo del SAP será de 0.8 m con el objeto de anclar el poste a 0.2 m del extremo exterior del SAP y no invadir la berma con la barrera.

En Carreteras con $V_p \geq 90$ km/h el SAP será mayor que el mínimo para aumentar el espacio disponible para la señalización vertical, ya que el tamaño de las señales aumenta con la velocidad de proyecto.

1.12.6 LA MEDIANA

Es el espacio libre existente entre los bordes interiores de los pavimentos de dos calzadas unidireccionales, se debe consultar siempre en Proyectos de Trazados Nuevos y en los de cambio de Estándar, aun cuando el ancho de ella puede variar según la Categoría, Velocidad de Proyecto y ampliación futura del número de pistas por calzada.

La mediana debe consultarse por razones de seguridad, al permitir controlar la invasión premeditada o accidental a las pistas de la calzada de tránsito en sentido contrario. Si se cuenta con un ancho suficiente, al menos 9 m y el clima de la zona lo permite, la plantación de especies arbustivas ayuda a controlar el encandilamiento.

En caminos sin control de acceso en que se permitan las intersecciones y giros a la izquierda, brindara los espacios indispensables para crear pistas centrales para giros a la izquierda, debiendo en esas zonas tener un ancho mínimo absoluto de 4.5 m. (Giro a la izquierda sin giro en U). En este último caso, cualquiera sea el ancho de la mediana, no se deben plantar arbustos que puedan obstaculizar la visibilidad en la

zona del cruce. El diseño de una mediana entre calzadas no asegura la imposibilidad de maniobras de invasión de la opuesta, ni de accidentes por esa razón. Por esto tampoco sirve para refugio de peatones o protección contra encandilamientos si dicho espacio no tiene un ancho suficiente.

TABLA N° 26
ANCHOS DE MEDIANA (m)

CATEGORIA	Vp (Km/h)	Inicial 4 Pistas Ampliable a 6	Final 6 Pistas	Final = Inicial 4 Pistas
Autopista	120	13	6	6
	100	13	6	6
	80	11	4	4
Autorruta Y Primarios	100	13	6	6
	90	12	5	5
	80	10	3	3
Colectores	80	10	3	3
	70	9	2	2
	30	9	2	2

Fuente ABC

1.12.7 LOS TALUDES

El talud es otro de los elementos adyacentes a la plataforma a considerar dentro de la sección transversal de la carretera.

Estudios sobre las causas de los accidentes de tránsito, demuestran que un gran número de vehículos se sale de la calzada por alguna mala maniobra, evitar algún obstáculo o se pérdida del control del vehículo etc.

La respuesta dinámica de un vehículo que se sale de la calzada depende de varios parámetros, entre ellos; velocidad del vehículo, su posición antes de salirse de la vía y el ángulo de esviaje, el efecto aislado de las pendientes de los taludes adyacentes a la calzada y la forma de la zanja que sirve de transición entre los taludes frontal y dorsal.

Los taludes laterales en los terraplenes y en los cortes constituyen una oportunidad para la recuperación del control del vehículo que se ha salido de la calzada.

Los taludes de pendientes suaves, libres de obstáculos fijos, contribuyen a la seguridad de circulación por una vía, aunque esto resulta costoso.

Desde el punto de vista de seguridad, la sección adyacente a una vía, hay tres elementos importantes: El punto donde se produce el cambio de pendiente entre la berma y el talud, la pendiente del talud frontal y la distancia que se encuentra el pie de este talud.

El punto de cambio de las pendientes contribuye a la pérdida total del control del vehículo, pues al cruzarlo el vehículo tiende a quedar en el aire.

El talud frontal es importante, especialmente en de terraplenes altos, ya que aquí el conductor puede intentar recuperar el control del vehículo y reducir la velocidad.

1.12.7.1 OBRAS DE PROTECCION DE LOS TALUDES

Los taludes de terraplén como de corte, se ven afectados por los agentes erosivos naturales, como el viento el agua. El agua cae directamente sobre su superficie o sobre los terrenos adyacentes que vierten hacia ellos. La velocidad con que escurre el agua por los taludes los dañará, lo que elevará el costo de mantenimiento de la obra.

Los elementos destinados a evitar daños en los taludes son los bordillos, cunetas de pie de terraplén, cunetas de banquina y las plantaciones arbóreas que confieren protección adicional.

1.12.8 LOS BORDILLOS

Las soleras son elementos que presentan una dimensión vertical, y son colocadas en lugares de la sección transversal de la plataforma con distintos propósitos.

En zonas urbanas o suburbanas su finalidad es el embellecimiento, la demarcación de la vía y la canalización de los vehículos.

En zonas rurales su finalidad es evitar la caída de aguas por los taludes de terraplenes altos conduciéndolas hasta bajadas de agua a una obra de arte.

1.12.9 CUNETAS DE PIE DE TERRAPLEN

Son canales laterales que corren paralelos al pie de los terraplenes y reciben las aguas que vierten del camino y protegen a los terraplenes de las aguas que escurren superficialmente hacia ellos, ya sea desde la carretera o desde el terreno adyacente.

Una cuneta puede estar próximo al pie del terraplén, si es necesario por exigencias de espacio y si no hay peligro de socavamientos y derrumbes del mismo pero normalmente se dejara un espacio libre de 1.0 m entre el pie del terraplén y el talud adyacente a la cuneta. En terraplenes bajos, una sección circular amplia para el foso puede añadir a la seguridad de los vehículos accidentalmente salidos de la plataforma.

Las secciones de estas cunetas pueden ser circulares, trapezoidales y rectangulares si tienen alguna finalidad que las recomendaran. Pueden ser revestidas o no, dependiendo del tipo de suelo, pendiente, caudales etc.

Las cunetas de pie de terraplén deben tener una profundidad al menos de 0.5 m por debajo del extremo más próximo de la subrasante, y con mayor razón si se prevén inundaciones.

1.12.10 CUNETAS DE BANQUINA

Son canales que se ubican por sobre la cota de coronamiento del corte, tienen la función de evitar la llegada de aguas hacia los taludes de corte y por consecuencia a la calzada a veces en grandes cantidades con arrastres de materiales, provenientes de superficies adyacentes que vierten hacia ella. Esto produce erosión en los taludes de corte y daños de diversa magnitud en las calzadas.

La sección transversal de las cunetas de banquina se ajustará a los volúmenes de agua esperados y a la disponibilidad y tamaño de los equipos de excavación.

Las banquetas pueden influir en los límites de obra. Debido a que la Topografía generalmente obliga a alejarlos del coronamiento del corte o por que éste alejamiento es necesario para evitar posibles derrumbes por infiltración.

Dependiendo de sus pendientes y calidad de los suelos, las banquetas y sus bajadas pueden requerir revestimientos.

2.1 INTRODUCCION

El Sistema topoGRAPH 98 SE es un software para procesamiento de datos topográficos, cálculos de movimientos de tierras, proyectos viales y elaboración de notas de servicio. Destinado a las diversas áreas de la ingeniería y construcción que utilizan una base topográfica en el desarrollo de sus trabajos, como Edificaciones, Urbanización, Regularización Fundaría, Forestación, Irrigación, Minería, carreteras, Presas, etc.

Desarrollado basado en la experiencia real del campo, el paquete DESKTOP aumenta la productividad de los profesionales del área. Simple de utilizar, pues respeta la secuencia natural de trabajo de los profesionales. Con un sencillo clic del ratón, todo el proceso de trabajo, del cálculo de las poligonales al dibujo final, se hace de forma rápida e intuitiva. Compuesto por tres módulos, puede elegir la configuración que mejor se ajuste a sus necesidades.

El sistema topoGRAPH 98 SE, se rige estrictamente bajo las NORMAS de la AASTHO 94, empleando el lenguaje Español y el Portugués.

Este sistema se empleó en Bolivia dentro de las obras más destacadas:

- Tarija – bermejo
- Tarija – Potosí
- Cotagaita – Tupiza
- Potosí – Uyuni
- Villa Tunari – San Ignacio de Moxos
- Actualmente empleado en el Proyecto Bermejo – San Antonio.

2.1.1 QUIENES SOMOS:

2.1.1.1 MISION:

Ofrecer soluciones de alta precisión para el mercado de topografía y de ingeniería civil, que incluyen la venta y el alquiler de equipos de última generación, servicios especializados y el desarrollo de software.

2.1.1.2 VISION:

Situarse como una referencia global en el provenimiento de soluciones para la Ingeniería de Medición.

Valores:

- Compromiso.
- Investigación.
- Conocimiento.
- Honestidad.
- Innovación.

2.1.1.3 MEMORIA:

En constante sintonía con las innovaciones tecnológicas, buscamos la perfección de nuestros procesos de servicios y de nuestras técnicas de desarrollo a través de la investigación de nuevos recursos.

Esta búsqueda continua del conocimiento se traslada a nuestros clientes, permitiendo un control más eficaz de sus procesos, lo que les permite destacar en sus áreas actuación.

Nos hace destacar un equipo humano formado por profesionales expertos en diversas áreas como la tecnología de la información, ingeniería civil, infraestructuras, e ingeniería industrial, capaz de entender las necesidades de nuestros clientes, lo que permite proponerse soluciones óptimas para cada necesidad específica.

Char *Pointer Tecnología nace en 1998 constituida por profesionales expertos en las áreas de la ingeniería, cartografía y desarrollo de soluciones de software. **Char *Pointer** es la creadora del **Sistema topoGRAPH**, ampliamente utilizado en América y España, líder en el mercado de soluciones para topografía, movimientos de tierras, catastro y proyectos de carreteras y ferrocarriles en el mercado brasileño, desde hace más de 23 años.

En 2009 se crea **Char *Pointer Internacional**, sita en Madrid, España, para actuar en el mercado europeo. También en este año, **Char *Pointer** ha pasado a ser la distribuidora exclusiva de los productos de la empresa suiza Amberg Technologies, que proporciona soluciones de topografía y documentación para ferrocarriles y obras subterráneas.

Amber lleva 25 años trabajando en el área de la ingeniería y tiene presencia en más de 40 países de todo el mundo. Su solución Amberg Raíl proporciona una plataforma de referencia para topografía de infraestructuras ferroviarias.

Char *Pointer proporciona servicios de medición específicos en aplicaciones críticas, como monitorización y control de deformación de alta precisión de estructuras, soluciones de documentación de plantas industriales y estructuras complejas con tecnología 3D, y topografía de apoyo para infraestructuras ferroviarias y obras subterráneas.

2.1.2 QUE HACEMOS:

Char *Pointer tiene diferentes líneas de negocio y ofrece al mercado de ingeniería todas las soluciones para medición:

2.1.2.1 VENTA DE EQUIPOS

Trolley para topografía de líneas férreas.

2.1.2.2 INGENIERIA CIVIL

Obras subterráneas

Control de deformaciones

Construcción y mantenimiento de líneas férreas

Servicios de medición avanzada

2.1.2.3 INGENIERIA INDUSTRIAL

Proyectos de eléctrica

Instrumentación

Estructura metálica

Control de procesos

As-built

2.1.2.4 ARQUITECTURA

Documentación As-built

Control de calidad

Monitorización

2.1.2.5 PATRIMONIO HISTORICO

Restauración

Visitas virtuales

Modelo 3D

Documentación

2.1.2.6 DESARROLLO

Software de topografía

Software para ganado

Customizacion

Integración de Sistemas

2.1.3 TOPOGRAFIA HDS

Los avances en la tecnología de Láser Scanner permiten hoy en día la realización de levantamientos topográficos de un área con precisión y rapidez. El resultado del trabajo es una nube, con miles de puntos. En la mayoría de los casos, la obtención de datos topográficos con métodos tradicionales se ve limitada por el tráfico de vehículos y personas. El trabajo de campo de Char *Pointer con el Laser Scanner 3D muestra que es posible obtener datos de alta calidad, independientemente de la densidad del tráfico en la estructura vial y su entorno, cumpliendo los plazos establecidos. La mejora más evidente en comparación con los métodos tradicionales es la flexibilidad y velocidad de operación. El levantamiento de un ambiente complejo se realiza sin interrupciones ni interferencias, sea cual sea el tipo de actividad que se esté desarrollando en el lugar analizado. Desde el modelo de datos se puede extraer toda la información necesaria para un examen detallado tanto del objeto en estudio como de su entorno. La facilidad de obtener secciones, perfiles y modelos 3D garantiza completamente el procedimiento de levantamiento topográfico mediante el Laser Escáner. La cantidad y la calidad de la información captada permiten el análisis de un número de parámetros posibles, con una sola intervención sobre el terreno.

2.1.4 CLIENTES:

Algunas de las Empresas son las constructoras, minerías y empresas de topografía más importantes, destacamos:

Bandeirantes de Topografia Ltda.

Construtora Andrade Gutierrez S/A

Construtora OAS Ltda.

Construtora Queiroz Galvão S/A

Construções e Comércio Camargo Correa S/A

PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S/A

Entre otras varias empresas más.

2.2 DISEÑO DEL EJE EN PLANTA.

Si el proyecto considera calzada única, en la mayoría de los casos el eje en planta será el eje de simetría de la calzada de sección normal, prescindiendo de los posibles ensanches o carriles auxiliares que puedan existir en ciertos sectores.

El eje de simetría será también el eje de giro para desarrollar los peraltes.

2.2.1 DISEÑO DEL EJE

El estaquillado o “Eje” en su forma final se constituirá de puntos en sucesión, calculados a intervalos determinados, sobre el trazado continuo. A cada punto calculado se asociará un nombre que lo ubicará individualmente a lo largo del trazado.

Esta identidad constituida por el punto y el nombre se llama estaca.

El nombre de la estaca puede reflejar solamente la posición que el punto ocupa en el trazado o puede reflejar y/o ser ella misma la distancia contada a partir de una referencia fijada en algún punto del trazado. En primer caso esta posición se llama simplemente **Estaca** y en segundo caso **Pk** (abreviación para punto kilométrico).

2.2.2 COMO GENERAR UN TRAZADO HORIZONTAL

El trazado horizontal empieza con la definición de los puntos extremos del trazado, es decir, el punto de partida y llegada de la vía que se proyectará. Esto debe hacerse sobre el dibujo del terreno sobre el que discurrirá la vía. A continuación se deben definir los puntos de paso de la vía y de las varias rectas y curvas necesarias para alcanzarlos o para desviarse de accidentes topográficos desfavorables a las diferentes directrices y especificaciones del proyecto.

Se sigue la definición de los puntos de intersección de los tramos en rectas (llamados tramos en tangente, en oposición al termino tramos en curva), estos puntos serán los **Vértices Horizontales** del proyecto y se representaran por coordenadas planas rectangulares.

A continuación se deben definir las características de la curva o curvas que se encajaran en los vértices horizontales. El paso entre dos tramos en tangente se hace

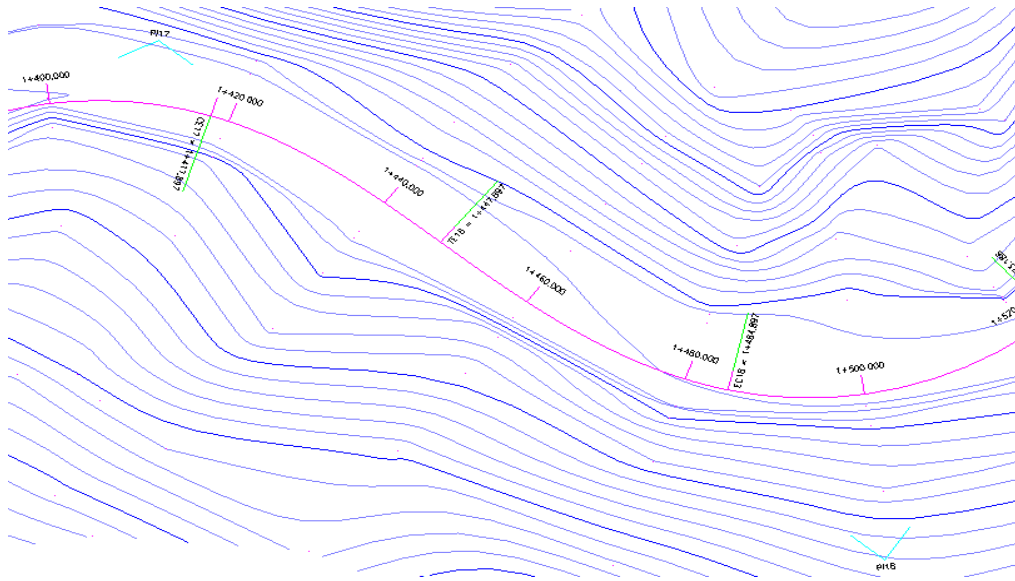
utilizando elementos geométricos matemáticamente definidos. Se puede utilizar desde una simple curva circular hasta asociaciones complejas de curvas circulares y clo-toídes (curvas en espiral).

Los pasos hasta aquí pueden ejecutarse en el Trazado Horizontal, tecleando todos los datos manualmente, o por el Modulo Grafico, que automatiza el proceso de cálculo.

Este procesamiento soluciona completamente las curvas calculando los elementos ausentes a partir de los datos impuestos para cada uno de los vértices. Note que, en general, las curvas no avanzan por todo el tramo en tangente, en estos casos habrá tramos en tangentes en la entrada y en la salida de la(s) curva(s). Note también que un vértice puede generar una o varias curvas. Después de este procesamiento, cada elemento, tangente o curva puede ser indicado individualmente. Estos elementos forman las **Curvas Horizontales**.

El siguiente paso es la definición del **Estaquillado**, que es el conjunto de puntos calculados a intervalo regular sobre la alineación constituida por la sucesión de las Curvas Horizontales. Cada punto del estaquillado se definirá por un nombre y por sus coordenadas. Para cada punto así definido, se asociara un azimuth y como regla general, una sección transversal se asocia a estos puntos, el azimuth se llamara de **Azimuth de la Sección**.

El conjunto de todos los elementos vistos en este resumen se llama en el **Sistema topoGRAPH 98** Trazado Horizontal y el conjunto formado por los elementos geométricos (rectas, arcos y espirales) se llamará **Alineación Horizontal**.



Trazado Horizontal.

2.2.3 TRAZADO DE CURVAS HORIZONTALES

En el trazado de las curvas horizontales, se presenta tres tipos de cálculos que se resume de la siguiente manera:

Por vértice:

Calculo de los vértices horizontales.

Calculo de las curvas.

Por curvas individualizadas:

Calculo de las curvas.

Por el modulo grafico:

Se calcula automáticamente.

Procedimientos dentro del software, presenta una caja de dialogo de los elementos del trazado individualizado. Se presentan los datos más relevantes para cada tipo de elemento (tramo en tangente o tramo en curva).

Curvas Horizontales Geradas por Vértices

Curva: 2 Elemento: Circular

Punto Inicial
 Km: 0+36.200
 Nombre: EC1
 Norte: 7,750,082.4959
 Este: 276,722.1919

Punto Final
 Km: 0+56.404
 Nombre: CE1
 Norte: 7,750,063.1679
 Este: 276,728.0695

Datos de la Curva
 Comprimento: 20.2035 m Radio: 467.4000 m
 Ângulo Central: 2°28'35.86" Cuerda: 20.2019 m
 Dist. Externa: 0.1092 m XC: 276,278.0550
 Tangente: 10.1033 m YC: 7,749,936.875
 Deflexión/m: 0.06129202 m
 Grado: 0.12258404

Intervalo: 20.0000 m
 Estaca Inteira

Progreso:

Botones: Cerrar, Cancelar, ?, Calcular, Inserir..., Borrar..., Nuevo..., Imprimir elementos..., Imprimir proyecto...

Los datos comunes a todos los elementos son un número de secuencia, que indica su posición en el trazado, el tipo de elemento, las estacas del punto inicial y final del tramo, el nombre del punto inicial, final y las respectivas coordenadas.

Las curvas generadas por definición de vértices horizontales no pueden alterarse. Si fuera este el caso, todos los campos estarán protegidos contra cualquier modificación. Para modificar la curva, se debe alterar la definición de la curva en el vértice que el género.

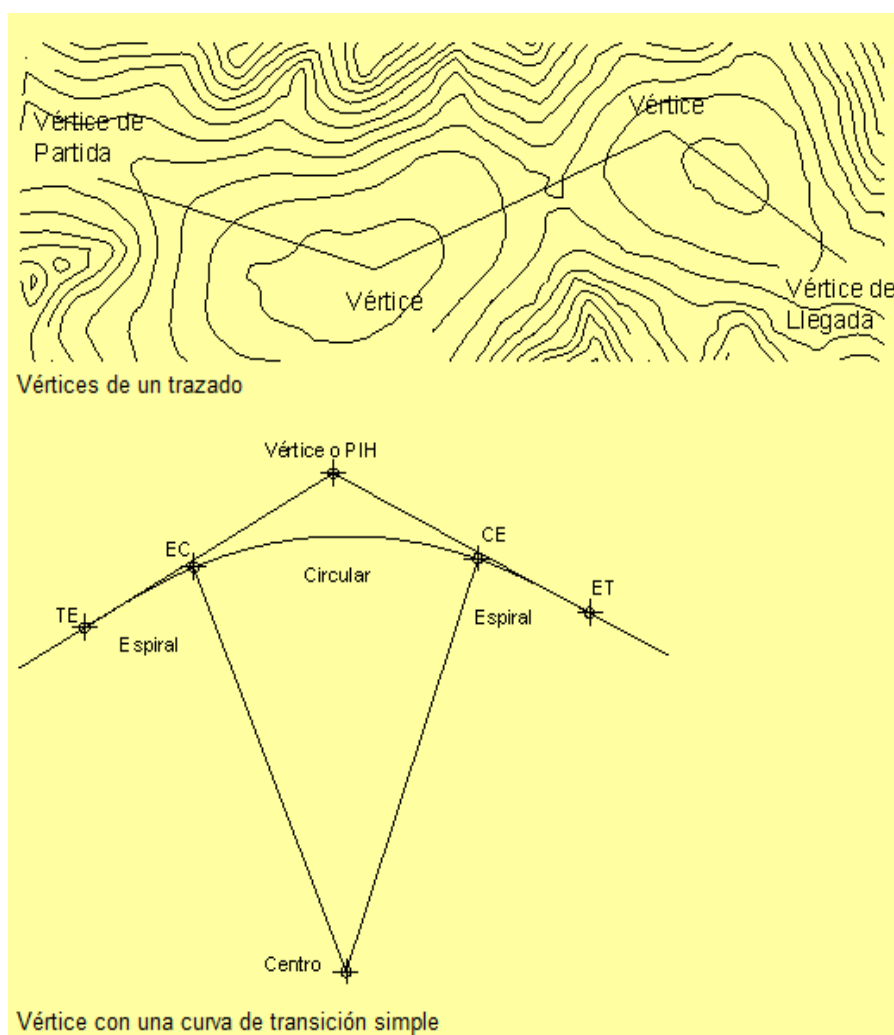
2.2.4 DEFINICION DEL EJE COMO ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El primer paso para la definición del trazado es la obtención de la alineación horizontal. Existen varios modos para obtener la alineación horizontal:

2.2.4.1 POR LA DEFINICION DE LOS VERTICES

En este modo son fijados los vértices (Punto de Intersección Horizontal o PIH) del trazado, el tipo de curva que se encajará en cada vértice y los datos necesarios a la definición geométrica de la(s) curva(s).

Los vértices horizontales (PIHs) son los vértices formados por la intersección de dos líneas no coloniales. Es en estos vértices que las curvas horizontales se encajarán.



Definir manualmente un vértice significa informar todos los datos para su completa definición, para ello son necesarios los siguientes pasos:

1.- En el panel derecho de la ventana de proyectos sitúe y seleccione trazados horizontales y cree una nueva tabla con un doble clic o pulsando el botón **Nueva**. Esta tabla es destinada a contener los datos del estaquillado que será asociado al trazado.

2.- Pulse en el botón **Vértices**, que abre la caja que da acceso a las operaciones con los vértices.

3.- Pulse el botón **Nuevo** para iniciar la inclusión de los vértices.

4.- Para definir el vértice informe los siguientes datos, para todos los vértices y en la secuencia en que ellos aparecen en el trazado. El vértice inicial y el final deben representar respectivamente el punto de partida y llegada y deben ser **obligatoriamente del tipo PI** (Punto de intersección, en la lista de los predefinidos).

Vértices intermedios pueden ser de cualquier tipo, incluso PI, si se desea un vértice sin curva.

5.- Seleccione la estaca inicial del trazado de acuerdo con la información.

6.- Determine el intervalo entre las estacas.

Estas dos últimas informaciones se repiten en todos los vértices, por lo tanto, solo se tiene que suministrarlas para el primer vértice.

7.- Después de terminar la definición de un vértice, pulse **Nuevo** para incluir un nuevo vértice. Se hará una verificación para probar la consistencia de los datos informados y se emitirá un mensaje en caso que se encuentre alguna irregularidad.

8.- Repetir estas operaciones hasta incluir todos los vértices.

Note que mientras la caja de dialogo esté activa, todos los datos de todos los vértices están en disposición para alterarse o incluso excluirse. Para hacer alteraciones en los datos, en cualquier momento, pulse en el campo Vértice y elija el vértice que se alterará y entonces proceda con las operaciones de edición necesarias. No hay necesidad de finalizar esta operación, simplemente pase a otro vértice o entonces si-gue introduciendo vértices.

9.- Después de revisar todos los vértices, pulse el botón **Calcular** para procesar los datos introducidos. En este proceso se calcularán y se resolverán todos los elementos componentes, de modo que posibilite el acceso individual a cada una de las curvas o rectas del trazado.

10.- Cierre la caja de dialogo y en la tabla de Curvas Horizontales pulse el botón **Curvas**, que abre la caja que da acceso a las operaciones con las curvas individualizadas. Como las curvas fueron generadas a partir del cálculo del vértice, todos los campos están inhabilitados, es decir no se puede editar.

11.- El próximo paso se calculará el estaquillado. Certifíquese del intervalo entre las estacas y el modo como este intervalo se utilizará y entonces pulse el botón Calcular. Note que la tabla aparece completa al final de la operación.

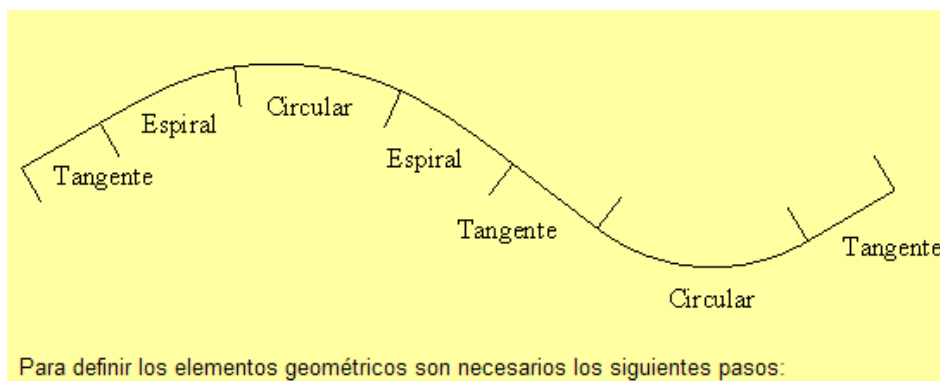
12.- Esta creada la alineación horizontal. Cierre la caja y guarde la tabla

2.2.4.2 POR LA DEFINICION DE LAS CURVAS

En este modo se teclea cada elemento del trazado en la secuencia y los datos necesarios a la definición geométrica del elemento.

Definir manualmente las curvas significa informar los elementos geométricos del trazado uno por uno junto con los datos necesarios a su definición. Por ejemplo: Un tramo de recta (o tramo en tangente) será definido por la estaca inicial y final del tramo y sus coordenadas.

La figura abajo representa una alineación compuesta por los elementos (o curvas): Tangente, Espiral de Entrada, Circular, Espiral de Salida, Tangente, Circular y Tangente. Para definir esta alineación será necesario informar cada uno de estos elementos y en este orden.



- 1.- En el panel derecho de la ventana de proyecto seleccione Trazados Horizontales y cree una nueva tabla pulsando el botón **Nueva**. Esta tabla es destinada a contener los datos del clavado de estacas que se asociara al trazado.
- 2.- Pulse el botón **Curvas**, que abre la caja que da acceso a las operaciones con las curvas.
- 3.- Pulse el botón **Nuevo** para iniciar la inclusión de las curvas.
- 4.- Informe el valor del intervalo del estaquillado y el modo como este intervalo se utilizará.
- 5.- Informe el tipo de elemento que se incluirá en la caja **Elementos**.
- 6.- Informe los datos para el punto inicial del elemento. El punto inicial aquí se trata del inicio de cada elemento, no del trazado. Se pedirán estas informaciones para cada elemento, sin importar su tipo. Note que el final de un elemento es el inicio del elemento siguiente, de esta forma se le pedirán solamente los datos iniciales, evitando informaciones redundantes.

Estaca: Estaca del punto inicial.

El formato debe estar de acuerdo a la configuración dada.

Nombre: Nombre del Punto Inicial. Por ejem: PC1, EC3, etc.

Norte: Coordenada Norte del punto inicial del elemento.

Este: Coordenada Este del punto inicial del elemento.

7.- Informe los datos adicionales necesarios para definir cada elemento.

Tangente: Ningún dato adicional además de la definición del próximo elemento.

Espiral de Entrada: Informe el Radio o el Parámetro.

Espiral Intermedia: Informe ambos, el valor del Radio y del Parámetro.

Espiral de Salida: El mismo que el espiral de entrada.

Circular: Informe el Radio para curvas consecutivas, si la circular estuviera entre dos tangentes no es necesario información adicional.

Punto Final: Por definición, no es necesario ningún dato adicional.

8.- Pulse **Nuevo** para informar el próximo elemento y repita las operaciones hasta informar todos los elementos.

9.- El último elemento siempre debe ser un **Punto Final**. En el trazado representado por la figura arriba, se debe adicionar un Punto Final después de la última tangente.

10.- El próximo paso se calculará el clavado de estacas. Para ello pulse el botón **Calcular**. Note que la tabla aparece completa al final de la operación.

11.- Se crea la alineación horizontal. Cierre la caja y guarde la tabla.

2.2.4.3 POR LA DEFINICION GRAFICA DE LOS ELEMENTOS

En este modo se crean o se transforman elementos gráficos existentes en alineación. Es el modo más práctico y rápido para obtener una alineación. Rectas, arcos y espirales pueden dibujarse directamente sobre el dibujo del terreno natural y convertido a un trazado sin la necesidad de digitalización.

En el lado derecho de la tabla de **Curvas Horizontales** existen cuatro botones:

Vértices: Posibilita el acceso a los datos y operaciones sobre los vértices horizontales.

Curvas: Posibilita el acceso a los datos y operaciones sobre las curvas horizontales individualizadas.

Estaca: Posibilita la inserción de nuevas estacas en el trazado.

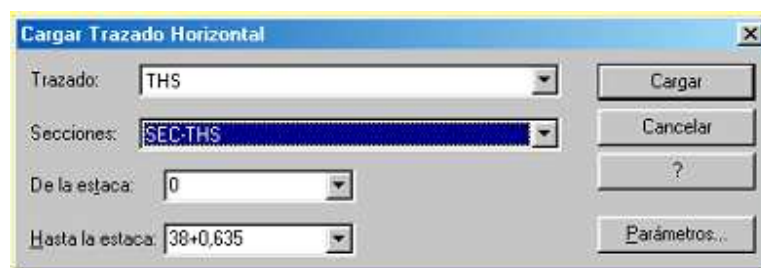
Subdividir: Posibilita estaquillar un tramo del trazado en intervalos menores.

2.3 COMO VISUALIZAR EL TRAZADO HORIZONTAL

El trazado horizontal puede visualizarse sobre el dibujo que fue proyectado o en un nuevo dibujo. El trazado se vuelve parte del dibujo sobre el cual fue cargado, siendo que sus elementos son agregados a la capa actual del dibujo, por lo tanto, se recomienda crear una nueva capa, actualizarla y entonces proceder al cargamento.

Selecciones las opciones de Menú **Archivo – Cargar – Trazado**.

Complete las informaciones en la caja de dialogo **Cargar Trazado Horizontal**.



Pulse **OK** para iniciar el cargamento del trazado.

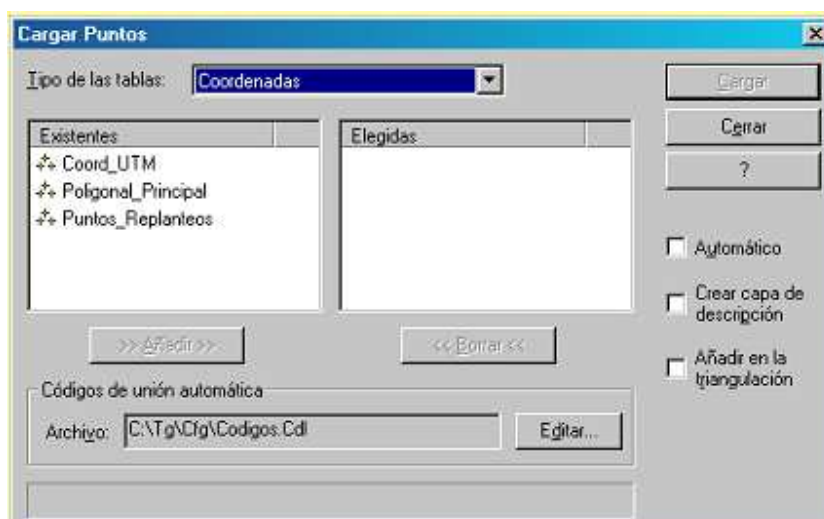
2.4 PERFIL LONGITUDINAL

Cuando se trata de representar una parte del terreno, con el fin de proyectar, replantar y construir una carretera, o cualquier otra obra lineal, se utiliza un sistema de representación específico especialmente adecuado a este fin que consiste en representar, por medios gráficos y analíticos.

2.4.1 OBTENCION DE LAS COTAS DE TERRENO

Esta caja permite añadir puntos de Coordenadas, Poligonales, Irradiaciones y estaquillados del proyecto actual al dibujo actual. Los puntos (cotas del terreno), se crearan con el estilo de punto actual y en la capa actual. Con esta opción, las cotas para generar el perfil, se obtienen del modelo de terreno, al seleccionar esta opción, se despliega el cuadro de dialogo que se muestra.

Es posible cargar varias tablas de los varios tipos disponibles en una única operación, bastando seleccionarlas.



Tipos de Tablas: Los tipos pueden ser: Coordenadas, Poligonales, Irradiaciones o estaquillados.

Existentes: Lista de las tablas existentes del tipo seleccionado en el campo arriba en el proyecto actual. Escoja las tablas que desea cargar y pulse el botón **>>Añadir>>**.

Elegidas: Lista de las tablas escogidas que se cargaran. Para borrar alguna tabla de la lista, la seleccione y pulse el botón **<<Borrar<<**.

>>Añadir>>: Pulse este botón para incluir las tablas seleccionadas en la lista de tablas existentes en la lista de tablas.

<<Borrar<<: pulse este botón para borrar las tablas seleccionadas de la lista de las tablas que se cargaran.

Archivo: nombre del archivo de códigos de línea que se utilizará si el campo Automático está marcado.

Editar...: pulse este botón para editar o cambiar el archivo de códigos de línea.

Automático: use este campo para activar o desactivar la variable Automático.

Insertar en la triangulación: marque este campo para insertar los puntos con cota en la triangulación. Solo los puntos que estén sobre el reticulado triangular se incluirán. Este campo sólo estará visible si el dibujo tiene el reticulado triangular.

Crear Capa por la Descripción: marque este campo para insertar los puntos en las capas determinadas por su descripción. Si la capa no existe, ésta se creará.

2.4.2 OBTENCION DE LAS CURVAS DE NIVEL

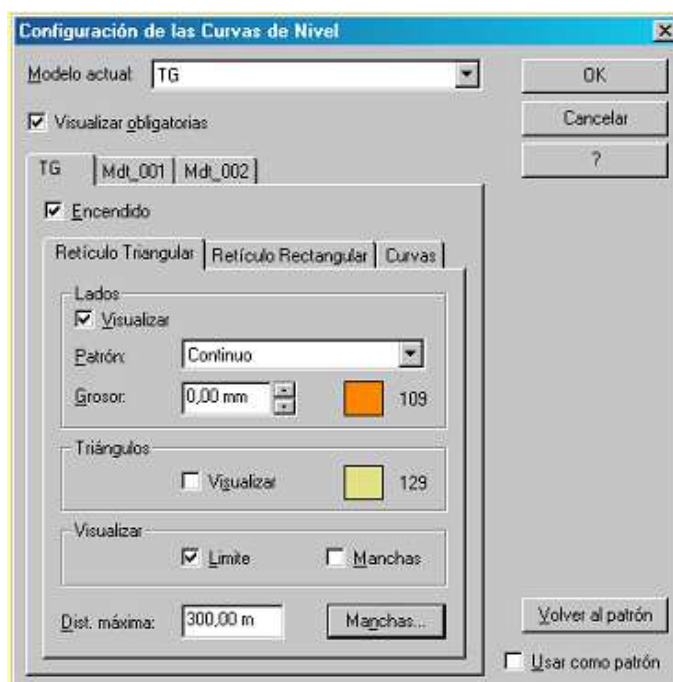
Para generar un dibujo con curvas de nivel, se debe seguir los siguientes pasos:

- Obtener la base de datos, o sea, los puntos que se interpolaran. Esto se puede hacer a través de cálculos, catastros, importación o inserción de puntos con cotas.
- Cargar la base de datos.
- Triangular los puntos y obtener el Reticulado Triangular.
- Editar los puntos y lados de los triángulos, si es necesario.
- Incluir las líneas: de fronteras, rupturas y obligatorias, para definir los límites de las curvas de nivel.
- Generar el Reticulado Rectangular (opcional).
- Interpolan las Curvas de Nivel sobre el Reticulado triangular o sobre el Reticulado rectangular.

En el dibujo que se generará, además de los elementos de planimetría, estarán almacenados los datos del Modelo Digital del Terreno (MDT). El usuario podrá im-

primir éste dibujo o utilizarlo para generar perfiles longitudinales y secciones transversales en el menú MDT.

Esta ventana presenta una guía para cada MDT definido, posibilitando la alteración de los parámetros para generar el reticulado Triangular, el reticulado Rectangular y de las Curvas de Niveles del modelo elegido.



Los parámetros para generar la Curva de Nivel:



Visualizar: marque este campo para visualizar las curvas de nivel.

Método: escoja el método de interpolación deseada.

Tipo: escoja el tipo de spline que se utilizará en el dibujo de las curvas de nivel.

Suavización: informe el factor de suavización de las curvas de nivel. Los valores informados deberán estar en el intervalo de 0 a 10.

Los parámetros que definen el estándar, el color y espesor de las curvas se pueden definir de modo que distinga las curvas maestras del resto.

2.4.3 INTERPOLACION DE LAS CURVAS DE NIVEL

Después del proceso de triangulación se puede pasar a la interpolación de los puntos para generar las curvas de nivel. Para generar las curvas de nivel, escoja la opción “Interpolación...” en el menú **Curvas de Nivel** y aparecerá una ventana.

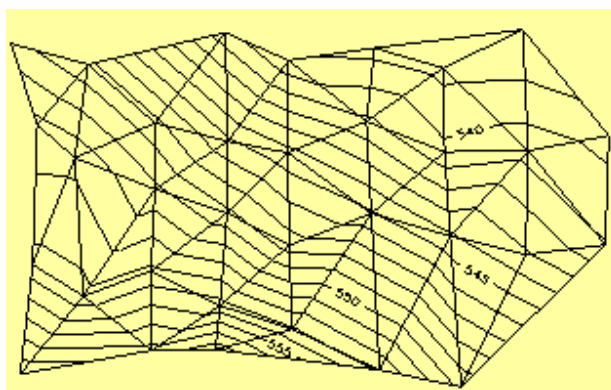


Las curvas generadas se mostraran en la pantalla con los colores definidos para las maestras y no maestras.

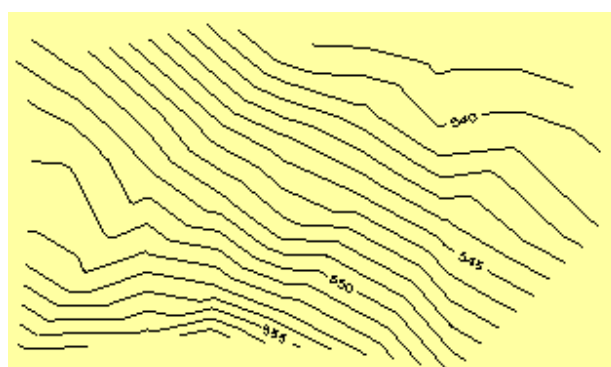
La generación de las curvas de nivel en la opción dependerá del método de interpolación seleccionado:

Si el método es normal, la interpolación se hará en dos etapas. En la primera etapa, las curvas son calculadas y ordenadas para ser después exhibidas.

Después de interpolar todos los triángulos. Los puntos se organizaran para que cada línea que represente la curva de nivel sea dibujada del comienzo al fin.



Curvas de nivel con reticulado triangular.



Curvas de nivel sin reticulado triangular.

Si el método escogido es el Rápido, la interpolación se hará triángulo por triángulo.

En las regiones dentro de las líneas de rupturas no se generaran curvas, al igual que en los triángulos cuyos lados o vértices fueron eliminados.

Las opciones de alteración y exclusión de lados, al igual que las de inclusión, alteración y exclusión de puntos estarán disponibles al usuario aún después que se efectúe la interpolación sobre el reticulado triangular.

La elección entre interpolación por triángulos o por rectángulos se debe hacer con criterio para que el resultado final sea satisfactorio.

Si el espacio del reticulado rectangular es pequeño, las curvas tienden a ser más suaves que las curvas generadas sobre los triángulos. Por otro lado, el tiempo de

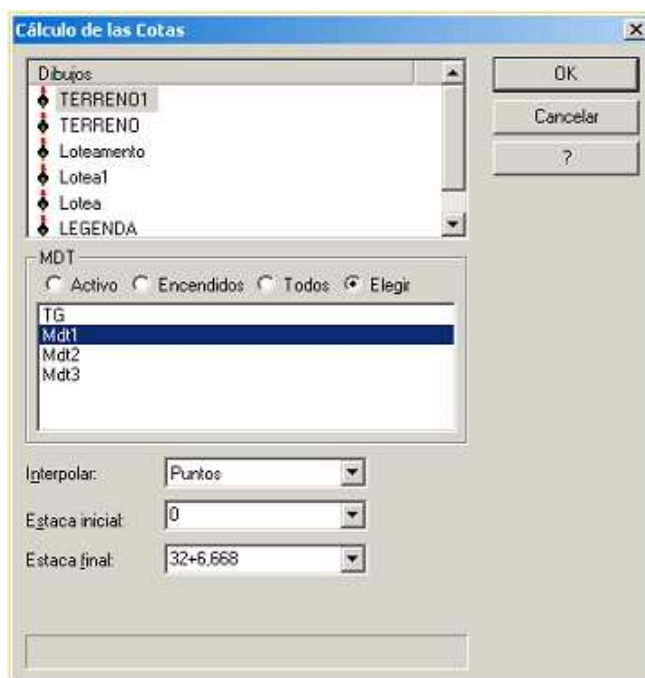
proceso aumenta en función del intervalo. Como la interpolación de las curvas sobre el reticulado rectangular, solo son tomados en cuenta los puntos que tengan cota. En los límites del dibujo, cuando uno de los extremos de un lado del reticulado no tiene cota, ninguna curva pasará por este lado. Este hecho puede causar una irregularidad inaceptable en los límites del dibujo.

Una vez generadas las curvas de nivel por el método normal, están podrán ser transformadas en dibujo o tener la posición de los textos de las cotas de las curvas maestras alteradas.

Si los textos de las curvas, maestras o no, no se encuentran en la posición deseada, utilice la opciones Curvas de Nivel/Añadir Texto para añadir nuevos textos en las curvas o Curvas de Nivel/Borrar Texto para borrar un texto que ya existe.

2.4.4 OBTENCION DEL PERFIL LONGITUDINAL

En esta opción, se interpolaran las cotas de un archivo de estaquillado densificando el archivo con puntos calculados por la intersección de la línea del eje con los lados de triángulos del modelo digital del terreno o con las curvas de nivel.



La aplicación interpolará las cotas de los puntos existentes en el archivo, aunque éstos ya contengan valores. La caja de dialogo presenta los siguientes campos:

Dibujo: Seleccione aquí el nombre del dibujo del terreno.

MDT: Seleccione el nombre del MDT que deberá utilizarse.

Activo: Utiliza el MDT activo.

Encendidos: Utiliza todos los MDTs que tengan la triangulación visible.

Todos: Utiliza todos los MDTs.

Elegir: Posibilita elegir que MDTs se utilizarán.

Interpolar: escoja aquí la opción de densificación.

Estaca Inicial: informe aquí la estaca/Pk del inicio del perfil longitudinal.

Estaca Final: informe aquí la estaca/Pk del final del perfil longitudinal.

Si se hacen dos o más cálculos con un mismo archivo de estaquillado, el último resultado sobrescribirá a los anteriores.

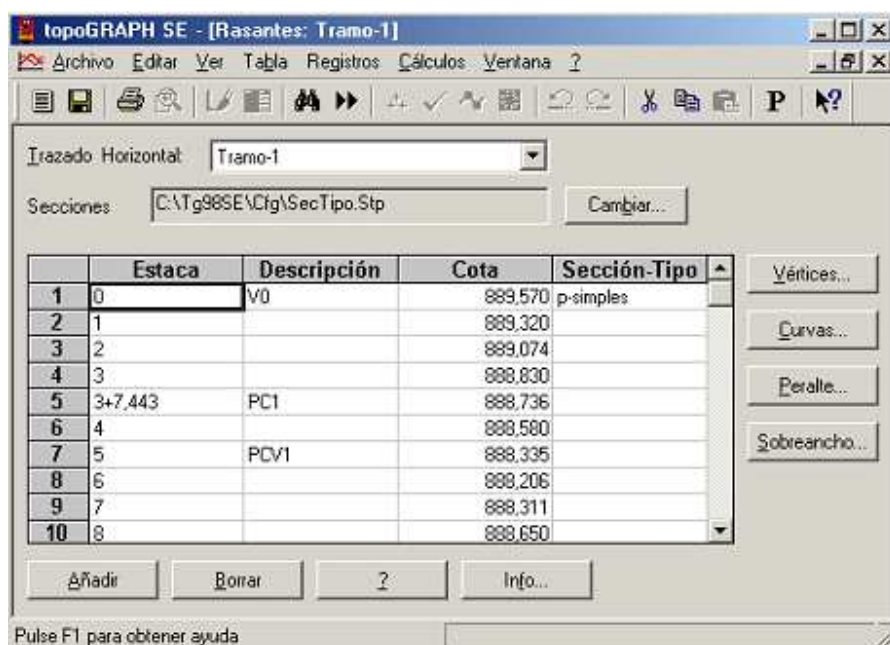
Si un punto existe en el archivo del eje se situó dentro de una región donde no hay triángulos o curvas de nivel (Líneas de quiebre o fuera de la frontera), la cota no se determinará

Para visualizar el perfil generado es necesario acceder al menú **Vista Grafica-Perfil Longitudinal** de la Tabla del Trazado Horizontal.

2.5 DISEÑO DE LA RASANTE

La rasante es la sucesión de elementos verticales como rampas y parábolas definidos sobre la alineación horizontal o eje de proyecto. En el sistema topoGRAPH el eje de proyecto se representa por el estaquillado y la “rasante” final es la tabla presentada como **Rasante**. Considere que el valor de la cota para esta tabla es la cota del proyecto (la cota que aparece en la tabla de estaquillado es la cota del terreno, natural o no). La cota de proyecto se obtiene calculándose el valor para cada estaca del traza-

do de acuerdo con el tipo de elemento vertical definido para el tramo que contiene dicha estaca.



2.5.1 COMO GENERAR UN TRAZADO VERTICAL

El primer paso en el trazado vertical es definir su vinculación con un trazado horizontal. No puede haber trazado vertical sin su correspondiente geométrico en la horizontal.

El trazado puede ser de **Calzada Simple** o de **Calzada Doble**. Para proyectos de Calzada doble se necesitará crear dos trazados verticales distintos, uno para la **Calzada Izquierda** y otro para la **Calzada Derecha**, ambos vinculados al mismo trazado horizontal. Todas las tablas (rasante, peraltes, etc.) referentes a los proyectos de Calzada doble presentan datos para vía izquierda y derecha.

El trazado vertical empieza con la definición de los puntos extremos de la rasante, o sea, el punto de partida y llegada de la alineación vertical. A continuación deben definirse los puntos de pasaje de la alineación y de las rampas y curvas verticales necesarias para alcanzarlos o para desviarse de accidentes topográficos desfavorables a las directrices y especificaciones del proyecto.

Sigue la definición de los puntos de intersección de los tramos en pendientes, y estos puntos serán los Vértices Verticales del proyecto y se representarán por la estaca y cota.

A continuación deben definirse las características de la curva o curvas que se encajaron en los vértices verticales. El pasaje entre dos tramos en pendiente es hecho utilizándose elementos geométricos matemáticamente definidos. Pueden utilizarse parábolas y curvas circulares.

Los pasos hasta aquí pueden ejecutarse en el Trazado Vertical, informando los datos manualmente, o por el Modulo Grafico, de forma automática. Los datos que se introducirán manualmente son aquellos referentes a los vértices. Entonces pueden informarse los datos de las propias curvas verticales, individualmente.

A continuación viene el procesamiento, o sea, el cálculo de los vértices y curvas verticales o solamente de las curvas, dependiendo de cómo hayan sido definidos.

Resumiendo:

Por Vértices:

Calculo de los vértices verticales.

Calculo de las curvas verticales.

Por Curvas individualizadas:

Cálculo de las curvas verticales.

Por Módulo Grafico:

Ya viene calculado.

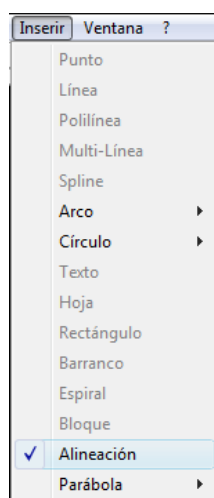
Este procesamiento soluciona completamente las curvas, calculando los elementos ausentes a partir de los datos introducidos para cada uno de los vértices. Note que, en general, las curvas no avanzan por todo el tramo de la pendiente, en estos casos habrá tramos en tangentes en la entrada y en la salida de la(s) curva(s). Si el vértice es definido como una curva compuesta, el cálculo va a generar dos curvas

consecutivas. Después de este procesamiento cada elemento pendiente o curva puede ser referido individualmente. Estos elementos forman las Curvas Verticales.

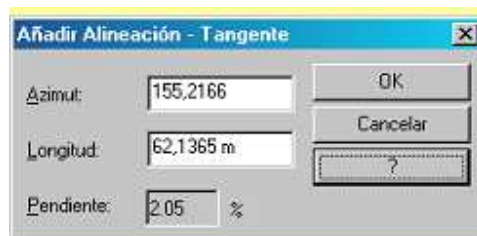
2.5.2 TRAZADO EN TRAMOS RECTOS

Para el dibujo de la rasante, primero es necesario diseñar los tramos rectos.

Luego se le incluyen las curvas verticales.



El comando “Alineación” define el azimuth y la longitud de la tangente que se insertará en la alineación.

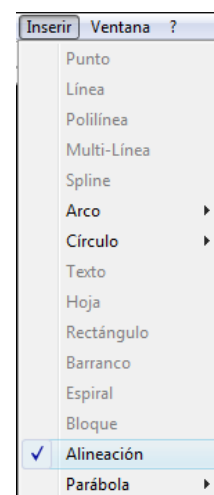


Azimut: azimuth de la tangente.

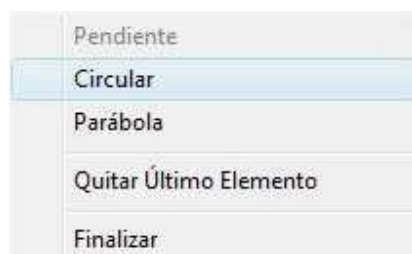
Distancia: longitud de la tangente.

Pendiente: si el ensayo se hace en el MDT, exhibe la pendiente entre el punto inicial y el final de la tangente.

2.5.3 TRAZADO DE CURVAS VERTICALES



El comando “Alineación” despliega un cuadro de dialogo que a través de la selección de íconos, permite elegir un método para crear curvas verticales.



El tipo de la curva se identifica por los siguientes nombres:

Punto de Intersección.

Parábola (Radio Vertical).

Parábola (Longitud).

Parábola Compuesta.

Cota Máxima.

Cota Mínima.

Punto Obligatorio.

Circular.

Punto de Intersección: Marca el inicio y fin del trazado vertical y es un tipo

presente obligatoriamente en los inicios y finales del trazado. Puede utilizarse para definir un Vértice sin curva.

Parábola (Radio Vertical): La parábola se define tecleando el valor del radio vertical.

Parábola (Longitud): La parábola se define tecleando la longitud de la curva. La longitud está referida a la horizontal y debe ser el mismo valor que se obtiene de la diferencia entre la estaca inicial y final de la parábola.

Parábola Compuesta: Las parábolas se definen tecleando las longitudes (horizontales) de cada parábola.

Cota Máxima: La parábola se define por su cota máxima. Solo si existe cota máxima si la pendiente de entrada es positiva y el de salida, negativa. Las pendientes se definen a través de las cotas de proyecto asignadas a los vértices.

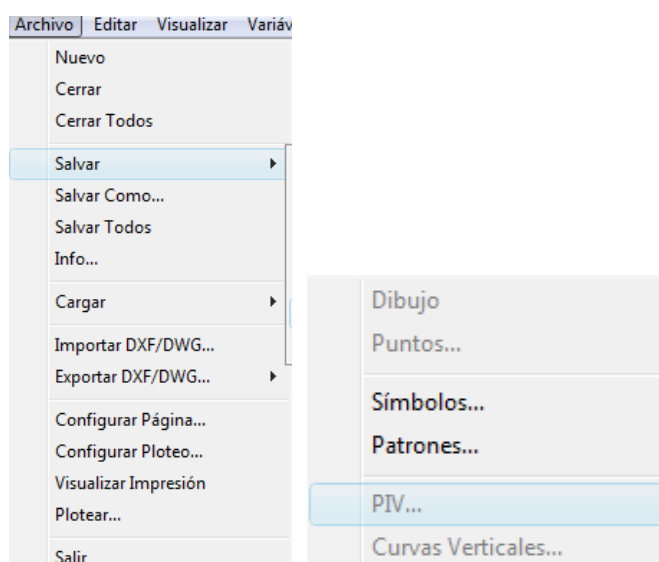
Cota Mínima: La parábola se define por su cota mínima. Solo si existe cota mínima si la pendiente de entrada es negativa y el de salida, positiva. Las pendientes se definen a través de las cotas de proyecto asignadas a los vértices.

Punto Obligatorio: La parábola se define por un punto de paso obligatorio. El punto de pasaje se define por la estaca y la cota de proyecto.

Circular: La curva vertical es una circular que puede definirse introduciendo el radio vertical y el desarrollo en curva o su longitud (en la horizontal, o sea, la longitud obtenida por la proyección de la curva circular o de la cuerda en el plano horizontal, como en las parábolas).

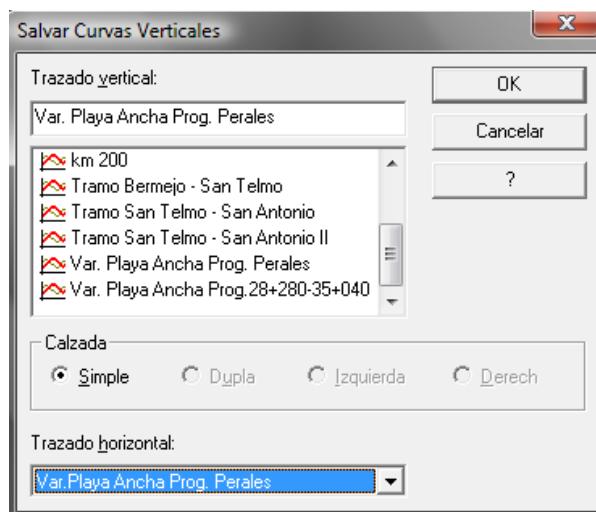
2.6 DEFINICION DE LA RASANTE COMO ALINEAMIENTO VERTICAL

Para definir la rasante como alineamiento vertical, hay que usar el comando



“Salvar”, “Curvas Verticales”. La información vertical del camino es asociada al alineamiento horizontal. Por lo tanto no se crea una base de datos. Solo existe una, en el cual los alineamientos tienen información horizontal y vertical.

Guarda la alineación vertical seleccionada como curvas verticales en una tabla de Trazado Vertical. Si la tabla escogida ya existe, su contenido se borrará y se guardarán las curvas. Junto a las curvas, los PIV's se calcularán y guardarán.



Nombre: nombre de la tabla de Trazado Vertical donde se guardarán las curvas verticales. La lista presentará las tablas existentes en el proyecto actual.

Simple: escoja esta opción si los PIV's pertenecen a un trazado de calzada simple.

Izquierda: escoja esta opción si los PIV's pertenecen a la calzada izquierda de un trazado de calzada doble.

Derecha: escoja esta opción si los PIV's pertenecen a la calzada derecha de un trazado de calzada doble.

Trazado Horizontal: introduzca el nombre de un Trazado Horizontal al cual las curvas que se guardarán se relacionan.

2.7 SECCIONES TRANSVERSALES

La sección transversal de una carretera describe las características geométricas de estas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

Esta opción posibilita, generar secciones transversales en un modelo digital del terreno. Para generar las secciones transversales, es necesario que el reticulado triangular se haya generado anteriormente por las **Curvas de Nivel** y posea un archivo de coordenadas referente al estaquillado.

Los puntos de la sección se pueden levantar dentro de un intervalo de distancia arbitraria por el usuario y estos puntos pueden calcularse a un intervalo de distancia fija y por las intersecciones con lados de triángulos o curvas de nivel, combinando las dos opciones.

2.8 OBTENCION DE PERFILES TRANSVERSALES DEL TERRENO

Las secciones transversales se pueden obtener o generar por las cotas altimétricas del punto calculado o por el desnivel del punto calculado en relación al eje del proyecto de la sección.

Esta caja de diálogo presenta:

MDT: Seleccione el nombre del MDT que deberá utilizarse.

Activo: Utiliza el MDT activo.

Encendidos: Utiliza todos los MDTs que tengan la triangulación visible.

Todos: Utiliza todos los MDTs.

Elegir: Permite elegir que MDTs. Se utilizaran.

Estaquillado: Señale aquí el nombre del archivo que contiene el estaquillado.

Secciones: Elija aquí un nombre para la tabla de secciones transversales que se generará.

Desnivel: Crea sección por el desnivel del punto generado en relación al eje.

Cotas: Crea la sección con la cota del punto generado.

Tipo: Informe aquí la forma como los puntos de la sección son levantados, la idea es similar a la densificación vista en el Perfil Longitudinal.

Distancia

Lado derecho: Fije aquí el límite para la franja derecha.

Lado Izquierdo: Indique aquí el límite para la franja izquierda.

Las dos franjas determinan el ancho ocupado por la sección transversal. Las referencias son el eje y el sentido del estaquillado.

Intervalo

Sección Inicial: informe aquí la estaca/Pk de la primera sección que se generará.

Sección Final: informe aquí la estaca/Pk de la última sección que se generará.

Perfil: informe aquí el tipo de sección a levantar. Si el perfil escogido es Nivel, deberá rellenar dos campos más:

Nombre del nivel: informe el nombre del nivel.

Categoría: escoja la categoría del nivel.

Si el perfil escogido es Certificación, deberá rellenar campos adicionales:

Fecha: fecha de certificación.

Certificación: número de certificación.

La aplicación respetará el límite de la franja definida por el usuario en cualquier opción escogida y los puntos calculados que se sitúen en regiones de quiebre o fuera de la frontera no se incluirán en las secciones.

Si el Perfil Longitudinal fue generado en el MDT con intersecciones de Puntos o Curvas, no se generarán las secciones transversales en los puntos de esta forma interpolados.

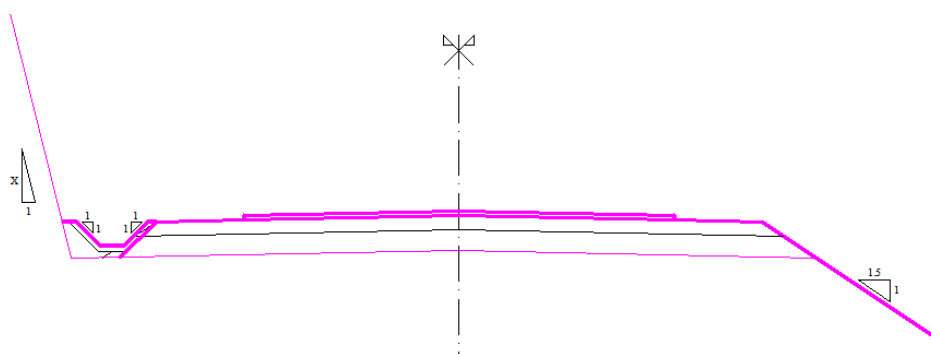
Las secciones generadas podrán consultarse y editarse utilizando la aplicación Secciones y podrán visualizarse accediendo la opción **Archivo-Cargar-Secciones Transversales**.

2.9 OBTENCION Y DEFINICION DE LA SECCION TIPO DEL CAMINO

En este paso, se deberá dibujar todas las plantillas tipos, que serán usadas en el camino, que se está generando.

Después de dibujarlas, se deberán definir, para que queden guardadas en una librería de plantillas. De tal forma, se podrán usar en proyectos futuros.

Para adecuar el terreno natural a las especificaciones del proyecto definido, es necesario crear secciones-tipo de proyecto. En las secciones-tipo se especifican las características del pavimento de la carretera, los elementos de drenaje, y también las pendientes de los taludes que se determinarán por el tipo de material encontrado.



El Sistema TopoGRAPH permite que se creen varias librerías de secciones-tipo.

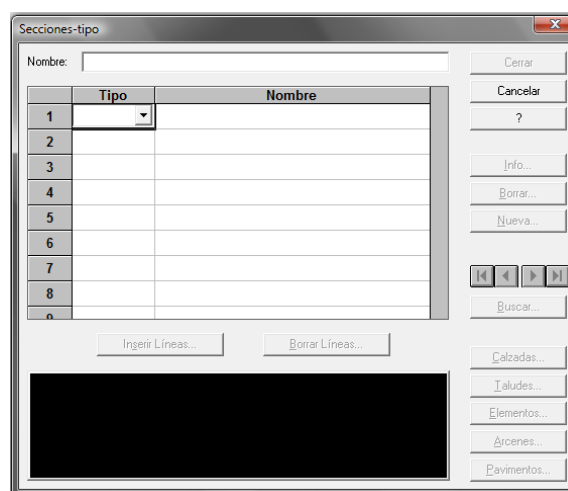
Se podrá separar esas librerías por proyecto o aún por tabla. Cada librería puede tener un mismo nombre y estar ubicada en una carpeta diferente, o pueden es-

tar en una misma carpeta con nombres diferentes y usarse cuando sea necesario, dependiendo del tipo de proyecto que se esté realizando. Para crear y editar las secciones-tipo, entre en el menú Configuración y elija la opción **Secciones-Tipo**.

2.9.1 DEFINICION DE LA SECCION TIPO

La sección tipo se define de la siguiente manera:

1.- Vaya hasta el menú Proyecto, escoja la opción **Configuración-Secciones Tipo**, aparecerá la caja de dialogo abajo.



2.- En el recuadro **Sección-Tipo**, digite **Tramo** o cualquier nombre suyo.

3.- Cliqueé en el botón de calzada, para cargar la caja de dialogo de creación de la calzada.

4.- Rellene los campos con los datos mostrados abajo.

Calzada

Nombre:

Ancho: Pendiente:

Número de los puntos
Izquierda: Centro: Derecha:

Giro
☐ Bordes
☒ Referencia del Grade

Bombeo
☐ Simple
☒ Doble

Distancia para Línea Base:

Altura en relación Rasante:

Arcén Izquierdo
 Largura:
 Usar:
 Número:

Arcén Derecho
 Largura:
 Usar:
 Número:

☐ Pavimento

Cerrar
 Cancelar
 ?
 Borrar...
 Nueva...
 Buscar...

5.- Para salir haga clic en el botón cerrar.

6.- Haga clic en el botón **Pavimentos**, informe los datos de acuerdo a la caja de dialogo abajo.

Pavimento

Nombre:

Fórmula de Pendientes
☒ Paralelo calzada
 Calzada <= Expla. =
 Calzada > Expla. = %Calzada
☒ Punto E móvil

Concordancia

	Izquierda	Derecha
Pendiente:		
Ancho 1:		
Ancho 2:		
Altura:		

Capas...

Cerrar
 Cancelar
 ?
 Borrar...
 Nuevo...
 Buscar...

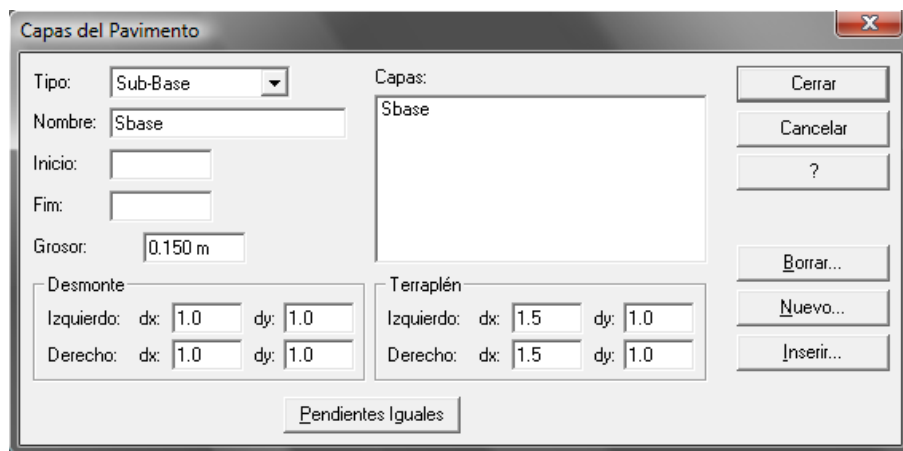
7.- Haga clic en el botón **Capas** para informar los nombres y los espesores de las capas utilizadas en el pavimento. Rellene los campos de acuerdo con la caja de dialogo abajo.

The screenshot shows the 'Capas del Pavimento' dialog box. The 'Tipo' dropdown is set to 'Revestimiento'. The 'Nombre' field contains 'Rodadura'. The 'Grosor' field is set to '0.200 m'. The 'Desmante' section has 'Izquierdo' and 'Derecho' both with 'dx: 0.0' and 'dy: 1.0'. The 'Terraplén' section also has 'Izquierdo' and 'Derecho' both with 'dx: 0.0' and 'dy: 1.0'. The 'Capas' list contains 'Rodadura'. On the right, there are buttons for 'Cerrar', 'Cancelar', '?', 'Borrar...', 'Nuevo...', and 'Insertir...'. At the bottom, there is a 'Pendientes Iguales' button.

8.- En el recuadro **Tipo**, seleccione **Acostamento**, rellene los campos de acuerdo con la caja de dialogo abajo.

The screenshot shows the 'Capas del Pavimento' dialog box with 'Acostamento' selected in the 'Tipo' dropdown. The 'Nombre' field contains 'Arcen'. The 'Grosor' field is set to '0.200 m'. The 'Desmante' section has 'Izquierdo' and 'Derecho' both with 'dx: 1.0' and 'dy: 1.0'. The 'Terraplén' section has 'Izquierdo' and 'Derecho' both with 'dx: 1.5' and 'dy: 1.0'. The 'Capas' list contains 'Arcen'. On the right, there are buttons for 'Cerrar', 'Cancelar', '?', 'Borrar...', 'Nuevo...', and 'Insertir...'. At the bottom, there is a 'Pendientes Iguales' button.

9.- En el recuadro **Tipo**, seleccione **Sub-Base**, rellene los campos de acuerdo con la caja de dialogo abajo.



Capas del Pavimento

Tipo: Sub-Base

Nombre: Sbase

Inicio:

Fin:

Grosor: 0.150 m

Desmonte

Izquierdo: dx: 1.0 dy: 1.0

Derecho: dx: 1.0 dy: 1.0

Terraplén

Izquierdo: dx: 1.5 dy: 1.0

Derecho: dx: 1.5 dy: 1.0

Pendientes Iguales

Cerrar

Cancelar

?

Borrar...

Nuevo...

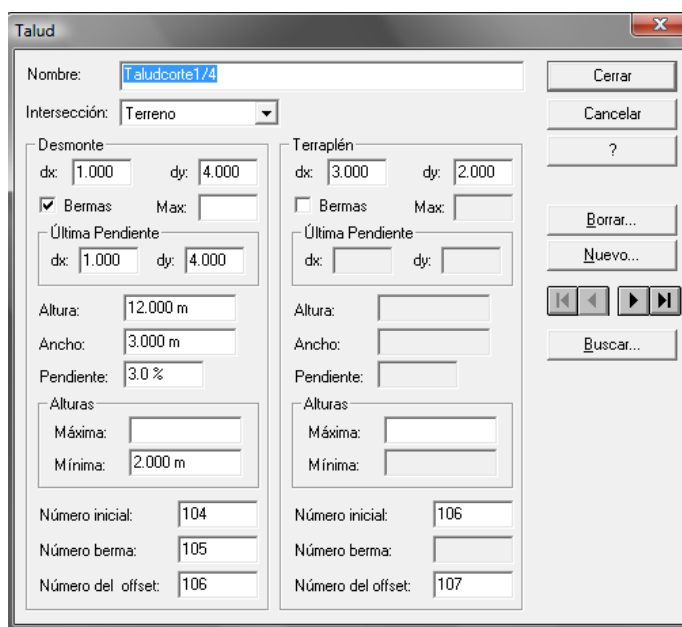
Insertar...

10.- Clic en el botón Cerrar, hasta volver a la caja de dialogo principal.

11.- Para crear un talud, haga click en la opción **Taludes**.

12.- Rellene los campos de la caja de dialogo conforme se muestra abajo.

13.- Está siendo creados dos taludes iguales donde solamente los campos **Numero Inicial**, **Numero de Berma** y **Numero de Offset** son diferentes, en función a la nota de servicio del usuario, que necesita de identificadores diferentes para cada lado.



Talud

Nombre: Taludcorte1/4

Intersección: Terreno

Desmonte

dx: 1.000 dy: 4.000

☒ Bermas Max:

Última Pendiente

dx: 1.000 dy: 4.000

Altura: 12.000 m

Ancho: 3.000 m

Pendiente: 3.0 %

Alturas

Máxima:

Mínima: 2.000 m

Número inicial: 104

Número berma: 105

Número del offset: 106

Terraplén

dx: 3.000 dy: 2.000

☐ Bermas Max:

Última Pendiente

dx: dy:

Altura:

Ancho:

Pendiente:

Alturas

Máxima:

Mínima:

Número inicial: 106

Número berma:

Número del offset: 107

Cerrar

Cancelar

?

Borrar...

Nuevo...

Buscar...

14.- Haga clic en el botón **Nuevo** y crea otro talud conforme a lo mostrado.

15.- Para salir hacer clic en el botón cerrar.

16.- Para crear una cuneta tipo, cliquee en el botón elementos.

17.- Para crear un elemento rellene la caja de dialogo con los elementos abajo mostrados. Las columnas DX y DY son los desplazamientos en metros relativos siempre de izquierda a derecha. Marque el cuadro **Sigue Pavimento**, en el cuadro **Dependencia**, escogemos **Corte**. Esto significa que este elemento solo aparecerá cuando habrá corte, después del rellenado cliquee el botón cerrar.

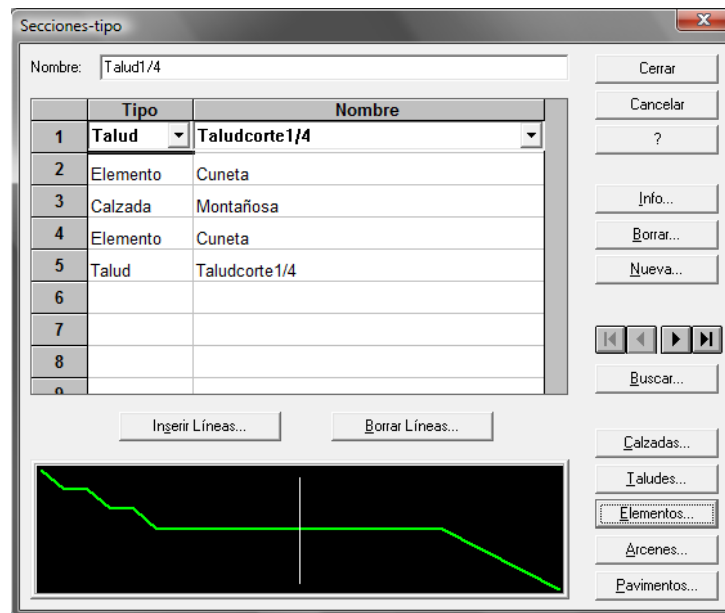
	dX	dY	Número
1	0.00	0.00	110
2	1.00	-0.25	111
3	0.25	0.25	112
4	0.25	0.00	113
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

18.- En la columna tipo cliquee en el pequeño triángulo para abrir la lista de tipos de elementos. Seleccione **Taludes**. En el nombre de la columna aparecerán los nombres de los taludes ya creados, Repita las operaciones para los demás elementos conforme a caja de abajo.

19.- Para crear la Sección tipo, informe los datos de acuerdo con la caja de dialogo abajo. Recuerde que la sección tipo debe ser creada de izquierda a derecha.

20.- Retorne a la caja de dialogo principal y marque el campo de Pavimentos. La lista de pavimentos será liberada para que usted seleccione el pavimento del Tramo I. Cie-

re la caja de dialogo del pavimento y después cliqueé en el botón cerrar de la sección tipo.



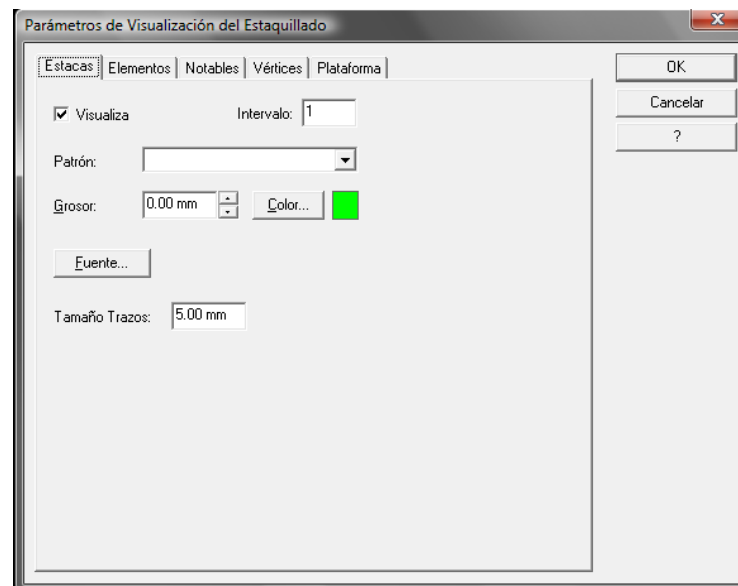
2.10 CONFIGURACION DE PARAMETROS PARA EL CONTROL DE DISEÑO

En este paso, se debe definir cuál es el procedimiento a seguir para el control de diseño de los elementos a mostrar.

2.10.1 PARAMETROS DE VISUALIZACION DEL TRAZADO HORIZONTAL

Define los elementos que visualizarán en la vista gráfica del Trazado Horizontal, en la opción **Planta** y al cargar el trazado en el Modulo Grafico.

Estacas: define los parámetros de visualización de los trazos de las estacas



Visualiza: señale este campo para visualizar los trazos de las estacas.

Intervalo: intervalo, en estacas, entre los trazos de las estacas.

Patrón: patrón de los trazos de las estacas.

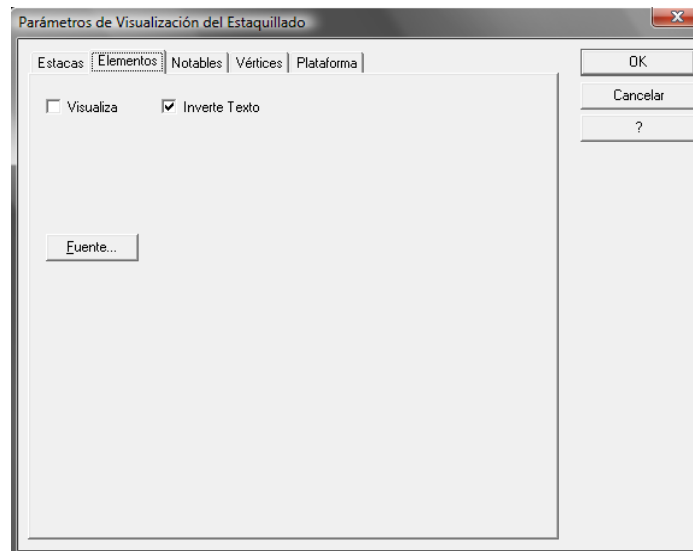
Grosor: grosor, en milímetros, de los trazos de las estacas.

Color: pulse sobre color para modificar el color de los trazos de las estacas.

Fuente: modifica las características de los textos de los nombres de las estacas.

Tamaños trazos: tamaño, en milímetros, de los trazos de las estacas.

Elementos: define los parámetros de visualización de los elementos del trazado.

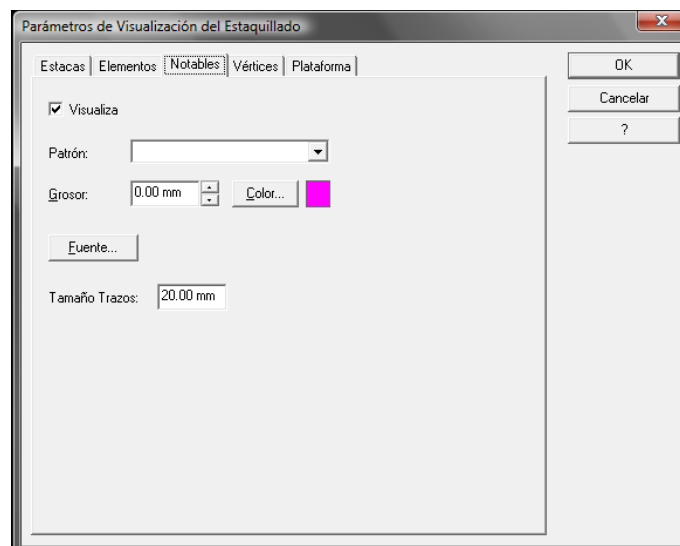


Visualiza: señale este campo para visualizar los elementos del trazado.

Invierte texto: señale este campo para invertir los textos y facilitar su lectura en la pantalla.

Fuente: modifica las características de los textos de los elementos.

Notables: define los parámetros de visualización de los puntos singulares del trazado.



Visualiza: señale este campo para visualizar los trazos de los puntos notables.

Patrón: patrón de los trazos indicativos de los puntos notables.

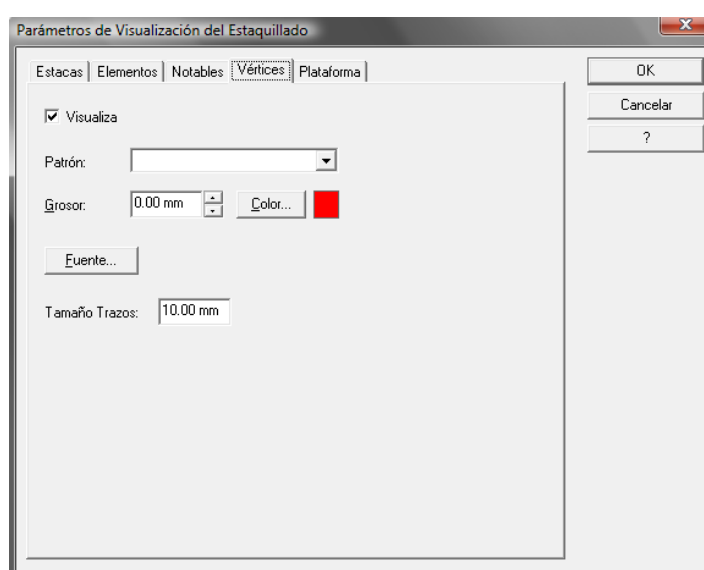
Grosor: grosor, en milímetros, de los trazos de los puntos notables.

Color: pulse sobre el color para modificar el color de los trazos de los puntos notables.

Fuente: modifica las características de los textos de los puntos notables.

Tamaño trazos: largo, en milímetros, de los puntos notables.

Vértices: Define los parámetros de visualización de los PIH's



Visualiza: señale este campo para visualizar los PIH's.

Patrón: patrón de los trazos indicativos de los PIH's.

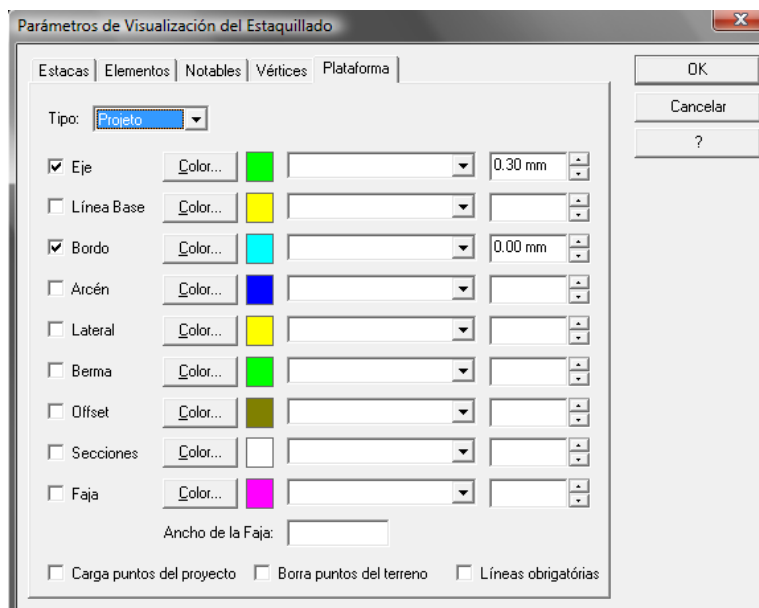
Grosor: grosor en milímetros, de los trazos de los PIH's.

Color: pulse sobre color para modificar el color de los trazos de los PIH's.

Fuente: modifica las características de los textos de los PIH's.

Tamaño trazos: largo, en milímetros, de los PIH's.

Plataforma: define los parámetros de visualización de los elementos del proyecto de trazado.



Tipo: Elija el tipo de plataforma.

Para cada elemento del proyecto, elija aquellos que se visualizarán y las características graficas de cada elemento.

Anchura de la faja: anchura, en metros, de la faja del dominio.

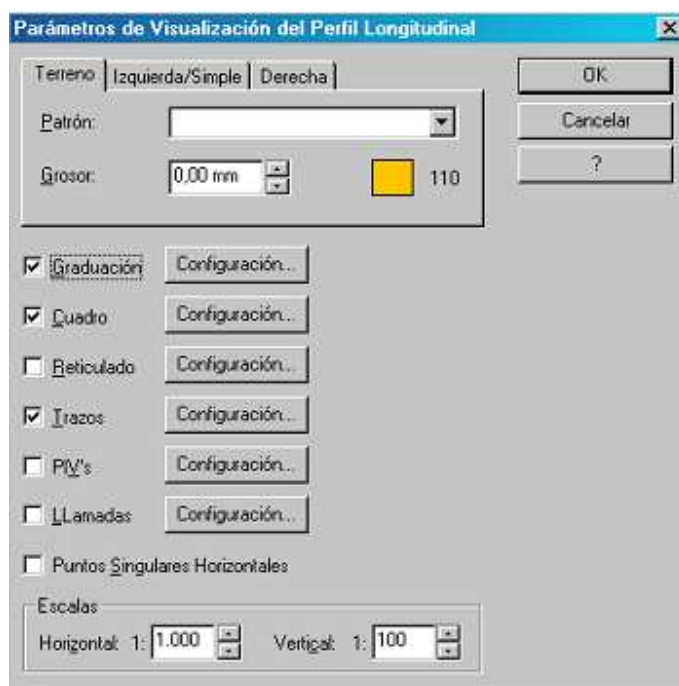
Carga puntos del proyecto: señale este campo para cargar los puntos del proyecto de trazado.

Borra puntos del terreno: señale este campo para borrar los puntos del terreno que se ubican dentro del área del proyecto.

Líneas obligatorias: señale este campo para crear líneas obligatorias a lo largo de los elementos del proyecto. Las líneas obligatorias se crearan en una capa separada llamada **Oblig.**

2.10.2 PARAMETROS DE VISUALIZACION DEL TRAZADO VERTICAL

Define los elementos que se visualizarán en la vista gráfica del Trazado Horizontal, en la opción **Perfil Longitudinal** o al cargar el Perfil Longitudinal en el Modulo Grafico.



Las guías de la carpeta indican el perfil cuyos parámetros siguientes se modificarán.

Patrón: patrón del trazo del perfil.

Grosor: grosor, en milímetros, del trazo del perfil.

Color: pulse sobre color para modificar el color del trazo del perfil.

Los demás campos se refieren al diseño del perfil longitudinal.

Graduación: señale esta opción si desea visualizar la graduación del perfil.

Configuración: modifica las características de los trazos de la graduación.

Cuadro: señale esta opción si desea visualizar el cuadro del perfil.

Configuración: modifica las características del cuadro.

Reticulado: señale esta opción si desea visualizar lo reticulado.

Configuración: modifica las características de los trazos del reticulado.

Trazos: señale esta opción si desea visualizar los trazos verticales del perfil.

Configuración: modifica las características de los trazos verticales del perfil.

PIV's: señale esta opción si desea visualizar los PIV's.

Configuración: modifica las características de los trazos indicadores de la dirección de los PIV's.

Llamadas: señale esta opción si desea visualizar las líneas de llamadas.

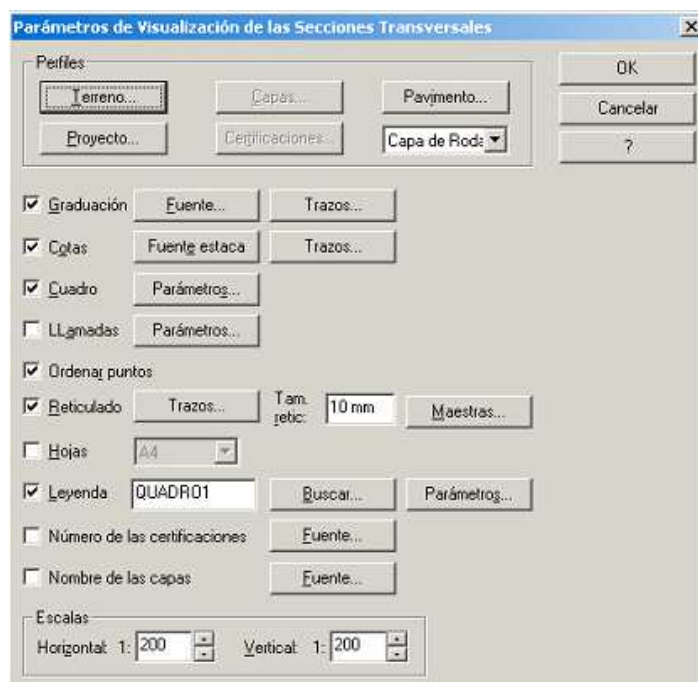
Configuración: modifica las características de las líneas de llamadas.

Singulares horizontales: señale esta opción si desea visualizar los puntos singulares horizontales.

Escalas: informe la escala horizontal y vertical de la vista gráfica del perfil longitudinal.

2.10.3 PARAMETROS DE VISUALIZACION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES*

Define los elementos que se visualizarán en la vista gráfica de secciones.



Perfiles: pulse sobre uno de los botones de los siguientes tipos de perfiles:

Terreno, Capas, Pavimento, Proyecto y Certificaciones para llamar a la caja de Parámetros del Perfil Transversal y definir las características gráficas de cada tipo de perfil de la sección transversal.

Señalando o no los siguientes campos, el usuario podrá elegir que informaciones aparecerán en el plano de la sección transversal.

Graduación: señale esta opción si desea visualizar la graduación de la sección.

Fuente: modifica las características de los tipos de la graduación.

Trazos: modifica las características de los trazos de la graduación.

Cotas: señale esta opción si desea visualizar el nombre de la estaca y las cotas.

Fuente: modifica las características de los tipos del nombre de la estaca y cotas

Trazos: modifica las características de los trazos del eje de la sección.

Cuadro: señale esta opción si desea visualizar el cuadro de la sección.

Parámetros: modifica las características del cuadro.

Llamadas: señale esta opción si desea visualizar las llamadas de los puntos de la sección.

Parámetros: modifica el tipo y las características gráficas de las llamadas.

Ordenar puntos: señale esta opción si desea ordenar los puntos de la sección de acuerdo con la distancia.

Reticulado: señale esta opción si desea visualizar la retícula.

Trazos: modifica las características de los trazos de la cuadrícula.

Tamaño del reticulado: define el tamaño de la cuadrícula.

Maestras: Define las características de las líneas maestras de la cuadrícula para la opción de carga con leyenda.

Hojas: señale esta opción si desea poner una hoja a la vez con la sección.

Leyenda: Marque esta opción si desea que las secciones se carguen dentro de un bloque de leyenda.

Parámetros: Define los parámetros para la leyenda.

Numero de certificaciones: señale esta opción para colocar el número de la certificación sobre el perfil correspondiente.

Fuente: modifica las características de los tipos del número de la certificación.

Nombre de las capas: señale esta opción para informar el nombre de la capa sobre el perfil correspondiente.

Fuente: modifica las características de los caracteres del nombre de la capa.

Escalas: informe la escala horizontal y vertical de la vista grafica de secciones.

2.11 OBTENCION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales son cortes realizados en el terreno de forma ortogonal a la línea base del proyecto, en las estacas o Pk del estaquillado.

Los datos de una tabla de Secciones permiten los cálculos de volúmenes y de ubicación de puntos, expedir listados de servicio de terraplén, pavimentación y visualización grafica de las secciones transversales de un trazado horizontal.

2.11.1 DEFINICION DE PARAMETROS PARA LAS SECCIONES TRANSVERSALES

La definición de los parámetros para las secciones transversales. Ver “*”

2.11.2 OBTENCION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Se puede visualizar las secciones transversales de una Tabla de Secciones en el módulo gráfico de tres modos.

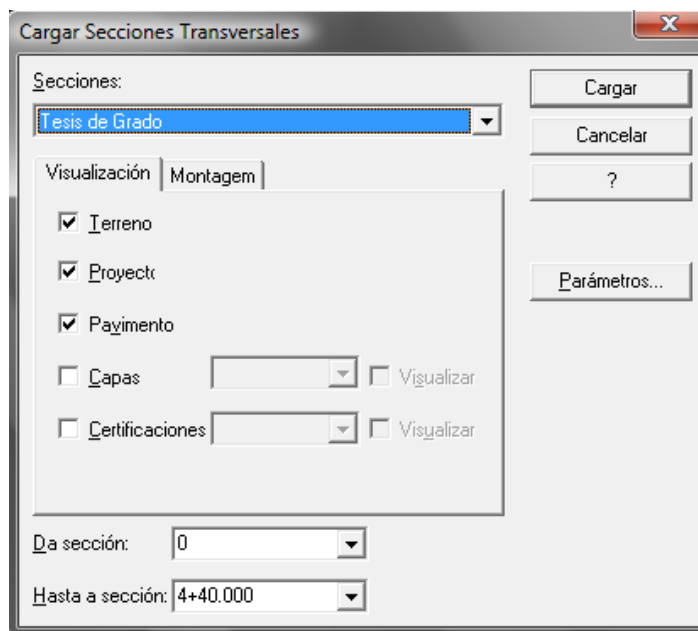
Todas: las secciones elegidas se cargaran en una única capa.

Por capa: se pondrá cada sección en una capa.

N secciones por hoja: cargan n secciones en cada hoja, que se pondrán en una capa.

Para la obtención de secciones escoja la opción **Archivo / Cargar / Secciones Transversales...** e introduzca los parámetros que se usarán en la carga de las Secciones en la caja **Cargar Secciones Transversales**.

Carga las secciones transversales contenidas en una tabla de secciones.



Secciones: escoja la tabla de secciones que se cargará.

Visualización: define los parámetros de visualización de los perfiles de las Secciones transversales.

Terreno: marque esta opción si desea visualizar el perfil del terreno natural.

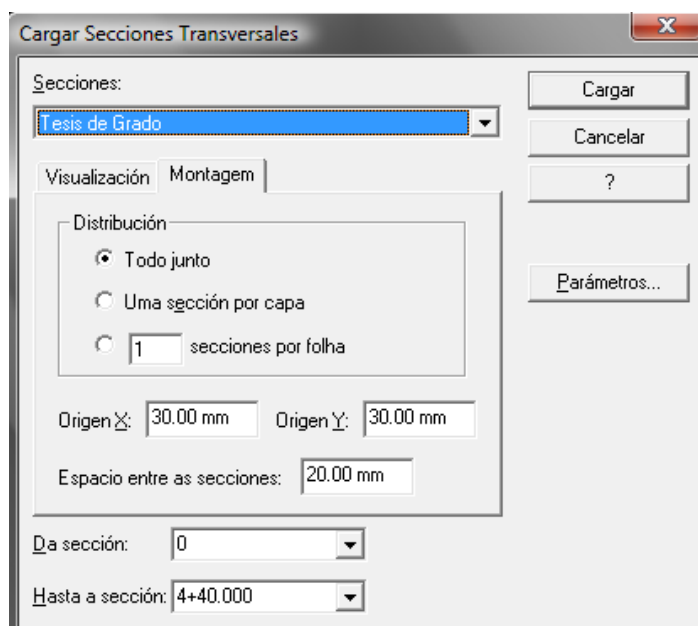
Proyecto: marque esta opción si desea visualizar el perfil del proyecto.

Pavimento: marque esta opción si desea visualizar las capas del pavimento.

Capas: marque esta opción si desea escoger cuales capas geológicas se visualizarán. Si se deja esta opción en blanco, ninguna capa geológica se visualizará.

Certificaciones: marque esta opción si desea escoger cuales certificaciones se visualizarán.

Montaje: define como se exhibirán las secciones en la vista secciones del Módulo Grafico.



Todo: escoja esta opción para que todas las secciones se carguen en una misma capa. La capa TG.

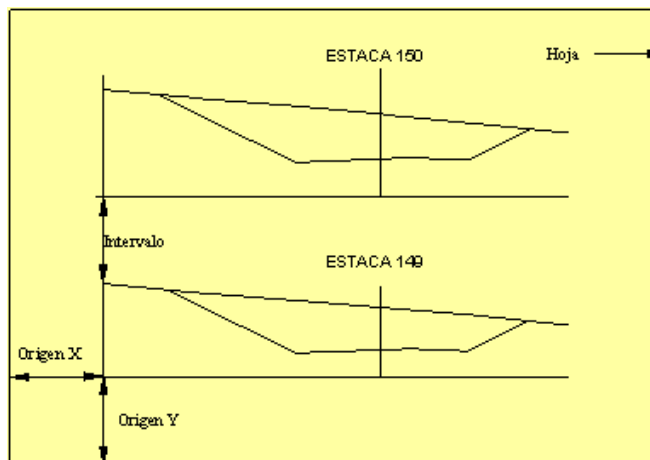
Una Sección por Capa: escoja esta opción para que cada sección se vea en una capa distinta.

N Secciones por Hoja: escoja esta opción e indique cuantas secciones desea cargar en cada hoja y sus respectivas secciones se pondrán en capas distintas.

Origen X: introduzca la distancia horizontal, en milímetros, entre el borde izquierdo inferior de la hoja y el inicio de la primera sección.

Origen Y: introduzca la distancia vertical, en milímetros, entre el borde izquierdo inferior de la hoja y el inicio de la primera sección.

Espacio Entre las Secciones: introduzca el espacio, en milímetros, entre dos secciones.



Desde la Sección: escoja la primera sección que se cargará. Este campo exhibirá, inicialmente, el nombre de la primera sección de la tabla.

Hasta la Sección: introduzca la última sección que se cargará. Este campo exhibirá, inicialmente, el nombre de última sección de la tabla.

2.12 CALCULO DE VOLUMEN

Existen dos tipos de volúmenes para el Reticulado Triangular y tres tipos para el Reticulado Rectangular que pueden ser calculados:

TerrenoXPlano: Calcula el volumen existente entre la superficie del terreno y un plano horizontal.

PlanoXPlano: Calcula el volumen existente entre dos planos paralelos.

TerrenoXTerreno: Esta opción está disponible solamente para el Reticulado Rectangular y calcula los volúmenes de Desmonte y Terraplén entre dos superficies de terrenos. La primera será la superficie del dibujo actual. La segunda se informará a través del nombre de un archivo dibujo. En los dos dibujos el reticulado rectangular deberá generarse anteriormente.

La tabla de volumen muestra el volumen calculado a partir de las secciones transversales. Esta tabla no puede crearse manualmente o editarse, pues los valores se calculan automáticamente en la opción de Cálculo de Volúmenes disponible en la Tabla de Secciones.

topoGRAPH SE - [Volúmenes: Volumen-002]

Terreno X Proyecto

Volumen Total de Desmonte: 4.744.947 m3

Volumen Total Terraplén: 14.271.641 m3

	Estaca	Área Desmonte	A.D. Acum.	Área Terraplén	Semi-Dis.	Vol.Desmonte	Vol.Terraplén
1	0	12,817	12,817	0,000			
2					10,000	258,500	0,000
3	1	13,033	25,850	0,000			
4					10,000	263,470	0,000
5	2	13,314	39,164	0,000			
6					10,000	261,220	0,000
7	3	12,808	51,972	0,000			
8					10,000	251,760	0,000
9	4	12,368	64,340	0,000			
10					10,000	236,450	0,000
11	5	11,277	75,617	0,000			
12					10,000	213,510	0,000
13	6	10,074	85,691	0,000			

Pulse F1 para obtener ayuda

En la parte superior de la tabla, aparecen algunos datos que varían de acuerdo al tipo de cálculo realizado. Las informaciones principales mostradas en la parte superior de la tabla son:

Tipo de cálculo: indica el tipo de cálculo del volumen realizado. Puede ser una comparación de dos perfiles, categorías, capa vegetal o pavimento. Si es un cálculo de comparación de perfiles, el texto muestra qué perfiles se utilizaron, por ejemplo, Terreno X Proyecto, Terreno X Certificación, Terreno X Capa Roca, etc.

Volúmenes totales y acumulados: estos valores pueden mostrar los volúmenes de desmonte y de terraplén, cuando es una comparación entre perfiles; el volumen total de la capa vegetal o de la capa del pavimento o, sino, los volúmenes de las tres categorías.

Las columnas de la tabla muestran:

Estaca o Pk: nombre de la estaca o Pk. La secuencia sigue el Trazado Horizontal correspondiente.

Área: área parcial de desmonte y terraplén en la sección de la estaca.

Área Acum.: áreas acumuladas de desmonte y terraplén hasta la estaca- sección.

Semi-Dis.: semi-distancia entre las secciones.

Volumen: volumen parcial de desmonte y terraplén en la sección de la estaca entre dos secciones.

Volumen Acum.: volúmenes acumulados de desmonte y terraplén hasta la estaca sección.

Añadir: no habilitado en esta tabla.

Borrar: no habilitado en esta tabla.

Info... presenta la ventana con informaciones sobre el archivo.

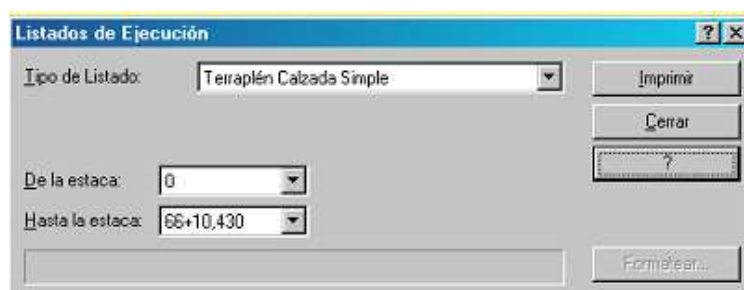
2.13 GENERACION DE NOTAS DE SERVICIO

El sistema TopoGRAPH 98 SE expide, además de los listados de las tablas en forma secuencial, los siguientes listados de **Listados de Servicio:**

Plataforma: Listado de Servicio de plataforma terminada.

Offset: Coordenadas de las cabezas/pies de talud calculados. Puede ser de calzada simple, de la calzada izquierda o de la calzada derecha.

Terraplén: Listado de Servicio de terraplén. Puede ser de calzada simple, de calzada izquierda o de la calzada derecha.



Al entrar en esta caja, elija el tipo de Listado de Servicio que desea imprimir y el intervalo de estacas del listado. Si es un Listado de Servicio del usuario, comuni-

que también el formato de este listado, eligiendo uno de los tipos existentes registrados.

2.13.1 LISTADOS DE SERVICIO DE CABEZAS/PIES DE TALUD

Offset es el punto de intersección del talud de la sección del proyecto con el terreno natural, determinando de este modo, el punto inicial del trabajo de excavación o terraplén en cada estaca o Pk.

Este listado lista las coordenadas de las cabezas de talud y del eje para cada estaca.

Estaca	Lado Izquierdo		Eje		Lado Derecho	
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
0	7,750,118.369	276,714.821	7,750,116.590	276,710.030	7,750,114.194	276,703.578
0+20.000	7,750,099.537	276,721.732	7,750,097.814	276,716.918	7,750,096.066	276,712.036
0+36.200	7,750,084.164	276,727.280	7,750,082.496	276,722.192	7,750,080.569	276,716.316
0+40.000	7,750,080.517	276,728.493	7,750,078.880	276,723.361	7,750,076.993	276,717.444
0+56.404	7,750,064.566	276,733.050	7,750,063.168	276,728.070	7,750,061.331	276,721.524
0+60.000	7,750,061.083	276,734.093	7,750,059.702	276,729.028	7,750,057.888	276,722.377
0+80.000	7,750,041.671	276,739.530	7,750,040.326	276,733.983	7,750,038.598	276,726.861
0+96.404	7,750,025.651	276,743.242	7,750,024.366	276,737.774	7,750,023.125	276,732.491
0+100.000	7,750,022.205	276,744.297	7,750,020.865	276,738.597	7,750,019.661	276,733.471
0+120.000	7,750,002.565	276,748.147	7,750,001.396	276,743.172	7,749,999.659	276,735.783
0+140.000	7,749,983.422	276,754.113	7,749,981.926	276,747.747	7,749,980.666	276,742.386
0+160.000	7,749,964.926	276,762.833	7,749,962.456	276,752.323	7,749,960.721	276,744.938
0+172.798	7,749,952.831	276,767.306	7,749,949.998	276,755.251	7,749,948.001	276,746.753
0+180.000	7,749,946.701	276,769.701	7,749,943.017	276,757.019	7,749,940.340	276,747.803
0+192.798	7,749,939.710	276,773.642	7,749,931.441	276,762.320	7,749,925.341	276,753.968
0+200.000	7,749,937.567	276,775.930	7,749,926.312	276,767.341	7,749,919.857	276,762.415

2.13.2 LISTADOS DE SERVICIO DE TERRAPLEN

Terraplén es todo trabajo de excavación, transporte, terraplén y compactación de tierras, destinado a la construcción de obras de ingeniería. El sistema **topoGRAPH 98 SE** auxilia al usuario en el análisis de datos relativos al movimiento de tierras a través de los listados de Listados de Servicio de terraplén, que junto con los listados de cabezas y pies de talud y plataforma, contienen todas las informaciones para ubicar y construir la obra.

En el listado de Servicio estándar **topoGRAPH 98 SE**, el listado posee las siguientes informaciones:

	Lado Izquierdo									Eje			Lado Derecho								
	Aristas de Explanación			Arista Rasante			Borde			Cota	Cota	Cota	Borde			Arista Rasante			Aristas de Explanación		
Estaca	Distancia	Cota	Altura	Distancia	Cota	Distancia	Cota	%	Terreno	Proyecto	Roja	Distancia	Cota	%	Distancia	Cota	Distancia	Cota	Altura		
0	5.110	426.295	0.276	5.041	426.019	3.650	426.397	-2.00	426.470	426.470	0.000	3.650	426.397	-2.00	5.906	426.002	6.882	429.909	3.907		
0+20.00	5.113	425.681	0.101	5.087	425.580	3.705	425.943	-0.90	425.726	425.976	-0.250	3.705	425.902	-2.00	5.097	425.524	5.185	425.880	0.356		
0+36.20	5.354	425.073	-0.153	5.125	425.226	3.750	425.576	0.00	425.310	425.576	-0.266	3.750	425.501	-2.00	6.006	425.106	6.184	425.819	0.713		
0+40.00	5.387	424.974	-0.169	5.134	425.143	3.760	425.490	0.21	425.216	425.482	-0.266	3.760	425.407	-2.00	6.016	425.012	6.210	425.789	0.777		
0+56.40	5.173	424.788	0.003	5.172	424.785	3.806	425.119	1.12	424.649	425.077	-0.428	3.806	425.001	-2.00	6.061	424.606	6.798	427.553	2.947		
0+60.00	5.250	424.660	-0.046	5.181	424.706	3.816	425.038	1.31	424.521	424.988	-0.467	3.816	424.912	-2.00	6.071	424.517	6.894	427.810	3.293		
0+80.00	5.708	423.960	-0.332	5.210	424.292	3.850	424.615	2.00	423.912	424.538	-0.626	3.850	424.461	-2.00	6.106	424.066	7.329	428.960	4.894		
0+96.40	5.617	423.699	-0.281	5.195	423.980	3.834	424.305	1.84	423.788	424.234	-0.446	3.834	424.164	-1.84	5.224	423.788	5.427	424.598	0.810		
0+100.00	5.855	423.464	-0.449	5.181	423.913	3.819	424.240	1.69	423.760	424.176	-0.416	3.819	424.111	-1.69	5.208	423.737	5.265	423.965	0.228		
0+120.00	5.111	423.621	0.026	5.104	423.595	3.736	423.933	0.86	423.626	423.901	-0.275	3.736	423.869	-0.86	5.118	423.507	7.591	421.858	1.649		
0+140.00	6.539	422.358	-1.008	5.027	423.366	3.653	423.715	0.03	423.425	423.714	-0.289	3.653	423.713	-0.03	5.028	423.363	5.507	423.044	0.319		
0+160.00	10.796	419.903	-3.138	6.089	423.041	4.689	423.432	-2.97	423.320	423.571	-0.251	4.689	423.711	2.97	6.962	423.428	7.586	425.922	2.494		
0+172.75	12.384	419.068	-3.727	6.793	422.795	5.376	423.215	-4.93	423.187	423.480	-0.293	5.376	423.745	4.93	7.656	423.508	8.729	427.797	4.289		
0+180.00	13.206	418.633	-4.011	7.190	422.644	5.763	423.081	-6.04	423.115	423.429	-0.314	5.763	423.776	6.04	8.047	423.564	9.597	429.763	6.199		
0+192.75	14.021	418.272	-4.083	7.897	422.355	6.450	422.821	-8.00	423.767	423.337	0.430	6.450	423.853	8.00	8.741	423.686	10.342	430.088	6.402		
0+200.00	14.158	418.130	-4.174	7.897	422.304	6.450	422.770	-8.00	422.487	423.286	-0.799	6.450	423.802	8.00	7.769	423.557	8.120	424.962	1.405		

Los puntos incluidos en este listado son:

Offset: punto de intersección entre el talud y el terreno natural.

Lateral: punto inicial del talud. La columna con el título ALT presenta la diferencia de cotas entre el punto de la lateral y la cabeza/pie.

Borde: punto extremo de la calzada, considerándose el sobreancho.

Eje: punto central de la calzada. Aparecen las pendientes desde este punto hasta los bordes en porcentaje, y también las cotas del terreno natural, cota del proyecto en el punto del eje y la cota roja, diferencia de cotas del proyecto y del terreno.

Si la calzada tiene pavimento, los puntos listados se refieren a la plataforma.

Este listado puede emitirse para calzada simple y calzada doble. En este último caso, deben emitirse los datos de la calzada izquierda a parte de los datos de la calzada derecha.

2.13.3 LISTADOS DE SERVICIO DE PLATAFORMA TERMINADA

El Listado de Servicio de plataforma terminada muestra todos los puntos del proyecto de cada sección calculada, además de los puntos notable tanto en horizontal como en vertical, de las coordenadas de cada punto, la cota del terreno y la del proyecto, el ángulo de orientación o el azimut, además de los peraltes y sobreanchos.

Estas planillas son usadas netamente en obras de ejecución, especialmente por las brigadas topográficas, para las diferentes etapas de construcción de la carretera.

Estaca	PNH	PNV	Norte	Este	Cota	Ac. Sección	Grade	Peraltes		Sobre-Ancho	
								Izq.	Der.	Izq.	Der.
0	TE1	VO	7,750,116.590	276,710.030	3,426.470	69°37'42"	3,426.470	-2.000	-2.000	0.000	0.000
0+20.000			7,750,097.814	276,716.918	3,425.726	70°18'20"	3,425.976	-0.895	-2.000	0.055	0.055
0+36.200	EC1		7,750,082.496	276,722.192	3,425.310	71°50'50"	3,425.576	0.000	-2.000	0.100	0.100
0+40.000			7,750,078.880	276,723.361	3,425.216	72°18'47"	3,425.482	0.210	-2.000	0.110	0.110
0+56.404	CE1		7,750,063.168	276,728.070	3,424.649	74°19'25"	3,425.077	1.116	-2.000	0.156	0.156
0+60.000			7,750,059.702	276,729.028	3,424.521	74°44'41"	3,424.988	1.315	-2.000	0.166	0.166
0+80.000			7,750,040.326	276,733.983	3,423.912	76°21'47"	3,424.538	2.000	-2.000	0.200	0.200
0+96.404	ET1		7,750,024.366	276,737.774	3,423.788	76°46'32"	3,424.234	1.842	-1.842	0.184	0.184
0+100.000			7,750,020.865	276,738.597	3,423.760	76°46'32"	3,424.176	1.692	-1.692	0.169	0.169
0+120.000			7,750,001.396	276,743.172	3,423.626	76°46'32"	3,423.901	0.859	-0.859	0.086	0.086
0+140.000			7,749,981.926	276,747.747	3,423.425	76°46'32"	3,423.714	0.027	-0.027	0.003	0.003
0+160.000			7,749,962.456	276,752.323	3,423.320	76°46'32"	3,423.571	-2.969	2.969	1.039	1.039
0+172.798	TE2		7,749,949.998	276,755.251	3,423.187	76°46'32"	3,423.480	-4.932	4.932	1.726	1.726
0+180.000			7,749,943.017	276,757.019	3,423.115	73°48'12"	3,423.429	-6.037	6.037	2.113	2.113
0+192.798	EC2		7,749,931.441	276,762.320	3,423.767	53°51'26"	3,423.337	-8.000	8.000	2.800	2.800
0+200.000			7,749,926.312	276,767.341	3,422.487	37°21'03"	3,423.286	-8.000	8.000	2.800	2.800

3.1 UBICACIÓN

La carretera a ser objeto de nuestro diseño (Bermejo – San Antonio), está ubicada en el departamento de Tarija, en la primera y segunda sección de la Provincia Arce, el mismo que según Ley 3960 de fecha 07 de Noviembre de 2008, forma parte de la Nueva Red Departamental 621. Y estará conectado con el corredor de exportación que vincula las costas del Pacífico mediante los puertos de Iquique y Antofagasta, con los puertos de del sur de Brasil, mediante la carretera fundamental que une a Yacuiba – Santa Cruz.

El camino se encuentra dentro del área tropical de la zonas de Bermejo y Padcaya y se desarrolla a lo largo de zonas topográficas onduladas y montañosas.

El proyecto se inicia en la localidad de Bermejo, distante a 209 Km. De la ciudad de Tarija a una altura promedio de 401 m.s.n.m desarrollándose la primera parte del proyecto sobre una zona relativamente plana, para continuar en forma paralela al recorrido del río grande de Tarija, sobre las serranías San Telmo hasta llegar a la Comunidad de San Antonio, donde se debe cruzar el río Tarija.

En la figura se muestra la localización del proyecto.

LOCALIZACION DEL PROYECTO
DEPARTAMENTO DE TARIJA



Figura N° 7

3.1.1 TOPOGRAFIA: TRAMO EL VOLCAN – SAN TELMO

La topografía del terreno, es un factor determinante en la elección de los valores de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño de una vía.

Este sector de terreno donde es emplazado nuestra carretera es bastante ondulado, con una longitud aproximada de 4.0 Km., desde El Volcán hasta el rio San Telmo.

La topografía juega un rol fundamental, de comienzo hasta el final, en el desarrollo del estudio, ya que es la base en la cual se sustenta el proyecto. Los trabajos topográficos más relevantes corresponden a, monografías, monumentación, levantamientos de precisión, transporte de coordenadas, diseño de planta y alzado, confección de planos y notas de servicio.

Todos estos trabajos se deben ejecutar con mucha precisión, ya que un error en uno de ellos conlleva a un error en el proyecto en general.

De un buen trabajo topográfico de un buen criterio, para decidir en terreno la aplicación de las normas de diseño para caminos, de la aplicación de conceptos profesionales del área del diseño geométrico dependerá la seguridad de la vía y de que los costos de construcción se ajusten a la realidad.

3.2 CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO

3.2.1 INTRODUCCION

Según Términos de referencia, Las características geométricas y técnicas del Diseño Geométrico de Carreteras de las Normas de la **ABC** y de la **AASHTO**, en función al requerimiento del diseño:

- Se planteará criterios de diseño para la carretera en función de las características topográficas y ambientales de las diferentes zonas.
- Se considerará la definición de los criterios de tipo geométrico para la elaboración del proyecto de trazado de la vía, tales como la velocidad de diseño, radio mínimo, pendiente longitudinal y longitud máxima de pendiente en zona montañosa, pendiente mínima en zona llana, peralte máximo, anchos de calzada y berma, pendientes transversales de calzada y berma, etc.

3.2.2 CATEGORIA DE CAMINO

Para determinar la Categoría del Camino, según la cual resultan las Características Básicas del Diseño Geométrico para la Construcción de Carreteras Nuevas, tanto las Normas de la **ABC**, como las de **AASHTO 1994 (A'94)** se basan en

dos factores, uno funcional: Volumen de Transito Diario (VTD probable a 20 años) y otro económico: topografía.

Por lo expuesto de manera resumida resulta una Carretera del Tipo: **Camino Local** según Normas de la ABC y la de AASTHO.

3.3 VELOCIDAD DIRECTRIZ

Para la Categoría de la Carretera: Camino Local, las Normas de la ABC indican las siguientes VDs.

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70 Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 60 Km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40 Km/h

Tomando como parámetro una velocidad de 60 Km/h.

3.4 ANCHO DE PLATAFORMA

Según las definiciones de AASHTO, A'94.

Plataforma: Parte de una carretera, bermas inclusive, para el uso vehicular.

Calzada: Parte de la plataforma para el movimiento de los vehículos, bermas inclusive.

Berma: Parte de la plataforma contigua a la calzada para el acomodo de vehículos detenidos, para emergencia y para soporte lateral de la subbase, base y capas superficiales del pavimento.

Carril: Franja de la calzada destinada a la circulación en un sentido de una sola fila de vehículos.

3.4.1 ANCHO DE CALZADA

Normas **ABC**: Para: Categoría Camino Local, el ancho de carril será de 3.5 a 3.0 m.

Norma **A'94**: Para caminos arteriales rurales con TPD entre 400-1500 y VD entre 60 y 90 Km/h, el ancho de carril será de 3.3 m. Tabla VII-3.

Por analogía con otras carreteras similares del sistema boliviano se propone un carril de 3.65 m, por lo que resulta una calzada simple de 2 carriles de 7.30 m de ancho.

3.4.2 ANCHO DE BERMA

Según Decreto Supremo N° 25134 del 21/08/98 sobre el Sistema Nacional de Carreteras (Título III, Artículo 10 – Derecho de Vía):

Todas las carreteras de la Red Fundamental comprenden las siguientes áreas:

- Berma: Faja longitudinal de terreno en la carretera o autopista de dos (2) metros de ancho (pavimentada o no) comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o entre el borde del arcén y el inicio del talud, medida en horizontal a cada lado de la vía.

Según Normas A'94, Tabla VII-3, para caminos arteriales rurales con TPD 400-1500, el ancho de berma utilizable pavimentada será de 1.80 m, independientemente de la topografía. Por razones económicas, pero sin descuidar la seguridad vial se adoptó:

- Ancho de Berma: 1.50 m.

3.5 PLANIMETRIA

3.5.1 PERALTE MAXIMO

Para todo el tramo se adopta $e_{\max} = 8 \%$

3.6 ALTIMETRIA

3.6.1 PENDIENTES MAXIMAS

Se adoptó las pendientes máximas indicadas en las Normas ABC.

3.6.2 PENDIENTES MINIMAS

Según Normas de la ABC la pendiente mínima deseable será por lo menos de 0.5%; de ser posible sería deseable un valor no menor que 1%.

4.1 CONCLUSIONES

Como conclusión de este trabajo se puede decir que en el diseño de un camino hay que conjugar varias etapas tales como: la topografía inicialmente, la verificación del mismo mediante un levantamiento en una aproximación al 100 %, el diseño en planta, diseño en altimetría, secciones, apegándose siempre a las especificaciones y a las normas vigentes, etc., los cuales involucran varios factores y de ello dependerán en buena parte los costos y la categoría asignada al diseño de este.

El estudio de Ingeniería es de mucha importancia, ya que del resultado de este se determinará la factibilidad de la ejecución del proyecto.

La topografía juega un rol fundamental, de comienzo hasta el final, en el desarrollo del estudio, ya que es la base en la cual se sustenta el proyecto. Los trabajos topográficos más relevantes corresponden a, monografías, monumentación, levantamientos de precisión, transporte de coordenadas, diseño de planta y altimetría, además de configuración de la sección tipo a emplearse en el diseño y por último la confección de planos.

Todos estos trabajos se deben ejecutar con mucha precisión, ya que un error en uno de ellos conlleva a un error en el proyecto en general.

De un buen trabajo topográfico y de un buen criterio, para decidir en terreno la aplicación de las normas de diseño para carreteras, de la aplicación de conceptos profesionales del área de la topografía dependerá la seguridad vial y de que los costos de construcción se ajusten a la realidad.

Finalmente, al finalizar este importante trabajo me he podido proyectar como profesional, teniendo presente la aplicación del Software **topoGRAPH 98 SE** al diseño geométrico de una carretera, con todos los parámetros introducidos que son ajustados a las normas y parámetros que este software emplea, además al complemento de lo que es la construcción de la carretera con todo sus componentes, generando planillas de replanteo, tanto en la marcación de offset en corte y en relleno,

además del replanteo en cualquier otro tipo de obras como ser alcantarillas, muros, gaviones, puentes, bancos de préstamo, acopios, etc.

Algo muy importante que mencionar es que este paquete, genera planillas de precisión tanto en niveles y distancias mediante coordenadas reales para la marcación y construcción de lo que es la subbase, base y la carpeta asfáltica, ya sea rígido o flexible.

Además de mencionar y no preocuparse es que este software tiene su propia plataforma CAD, y es compatible con cualquier versión CAD.

La elaboración de esta tesis contempló objetivos principales, el primero de ellos es poder dar al lector un conocimiento más amplio de las características, condiciones, uso y métodos que se emplean en el Diseño Geométrico de una carretera aplicados a un software, especialmente al ya mencionado, así también todo y cada uno de los parámetros que emplea este sistema para que el mismo fluya de manera:

- Fácil
- Rápida
- Versátil
- Menor tiempo de aplicación
- Mayor productividad a corto tiempo.

El segundo objetivo fue estudiar y comprender más a fondo tanto el diseño como la elaboración del mismo y así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en el diseño de vías de comunicación, aplicando el moderno y práctico paquete civil que se empleó en cada una de las fases del diseño no solo del geométrico, sino también todo lo que es la complementación y construcción de la carretera.

Un software hecho especialmente aplicado para la ejecución de una obra de carretera y todos sus afines como así también el paquete estructural.

En este punto planteó la elaboración de la tesis dando a conocer la aplicación de un nuevo programa que trabaja con cualquier versión CAD, que además tiene su propia plataforma de diseño CAD, este es el **“SISTEMA TOPOGRAPH”**.

4.2 RECOMENDACIONES

El buen diseño no resulta de una planificación mecánica de la norma de los límites normativos que por lo general representan valores mínimos. Por el contrario requiere de buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y en perfil.

El trazado debe ser homogéneo: sectores de este que permitan velocidades superiores a las de proyecto no deben ser seguidos de otros en que las características geométricas se reducen bruscamente.

Las transiciones de una a otra situación, si ellas existen, deberán darse en longitudes suficientes como para ir reduciendo las características del trazado a lo largo de varios elementos, hasta llegar a los mínimos absolutos permitidos, requeridos en un sector dado.

En lo referido a la aplicación del software debo recalcar una y otra vez lo moderno y eficaz que es la aplicación del mismo.

Desde la fácil introducción de los puntos levantados por la topografía, hasta la elaboración de planillas finales a ser emplazadas en obra, reflejando así la rapidez y lo versátil que es el mismo, donde ante cualquier circunstancia que implique una modificación sugerida u obligada, el mismo lo realiza en el menor tiempo posible, sin recurrir al tedioso tiempo de tener que revisar paso a paso los cambios realizados y ante el recálculo del mismo modificando uno u otro dato como lo son otros paquetes con similares características, pero con la diferencia de que este posee la versatilidad, rapidez y sobre todo facilidad para ajustar cualquier modificación, (ya sea en planimetría por cualquier imprevisto en obra, o por altimetría por razones similares, o en el caso ante un emplazamiento ya existente como por ejemplo un puente con niveles ya establecidos), es en un tiempo record.

Además de lo fácil que es en su aplicación el mismo posee herramientas netamente para el diseño y la configuración de parámetros de la carretera y todos sus afines, por esta y por muchas razones más, consideraría este software uno de los más importantes de hoy en día en la aplicación para la construcción de una carretera, tomando en cuentas las normas y parámetros que el mismo emplea en su resolución.