

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico de una carretera es la parte más importante en un proyecto vial ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, que compone el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente, por tal razón, se ha venido desarrollando hasta el día de hoy distintos métodos para el diseño y construcción de caminos, carreteras, etc.

La aplicación ISTRAM desarrollada en Asturias (España) desde 1991 ofrece un entorno de trabajo específicamente diseñado para abordar proyectos de infraestructuras lineales: carreteras, autovías, ferrocarriles, tuberías, gasoductos, etc. Teniendo como principal característica la optimización de resultados, manejo en la base de datos y asistencia para cumplir y comprobar las normativas de diseño en forma automatizada, permitiendo modificar los parámetros normativos de cada región dentro de su plataforma.

Como antecedente a nivel nacional se conoce que el programa más utilizado es Civil 3D para el diseño geométrico de carreteras, el presente trabajo consiste en establecer el uso de otra aplicación informática llamada ISTRAM, este software no es de uso consuetudinario por los ingenieros civiles en nuestro país, siendo muy utilizado en países de América, Europa, Oriente Medio y África

Lo que proponemos en el presente trabajo es el diseño geométrico del tramo cruce Corral Grande – Paicho Sud utilizando el software ISTRAM, de tal manera se pueda establecer la versatilidad de su aplicación y el equilibrio entre el tiempo y costo.

La aplicación práctica del diseño geométrico proyectado a los proyectos de infraestructura vial debe ser considerada de suma jerarquía, logrando el desarrollo del país, la integración de los pueblos y el desarrollo social, cultural y comercial. Estos proyectos son la mayor fuente de trascendencia o alcance para la movilización de personas o productos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Es importante la implementación de una nueva metodología de trabajo en el tramo: cruce Corral Grande – Paicho Sud para el sector social por la necesidad que tienen los pobladores, en la zona de Paicho Sud existe un gran potencial de cosecha de uva y durazno, por efecto sus derivados: la elaboración de vinos y singanis, esto beneficiará a las personas porque permitirá el libre comercio y de este modo obtener beneficios productivos para tener un mejor estilo de vida aportando al desarrollo de la comunidad y por tanto del departamento.

La elaboración de este proyecto aporta la habilitación y el poner en conocimiento, una nueva tecnología moderna para el diseño geométrico de carreteras específicamente con algunos parámetros que comparado a otros programas pretendemos demostrar que tendremos una nueva alternativa más óptima en costo y tiempo de manera real, además la creación de modelamientos tridimensionales de estructuras de manera precisa.

En nuestra Universidad no se cuenta con un abanico de posibilidades a la hora de escoger un software para el diseño geométrico de carreteras, principalmente se utiliza el programa Civil 3D. La alta competencia que existe a nivel departamental y nacional; además de que el manejo de programas de cómputo es ahora un requisito laboral indispensable en la mayoría de empresas, es menester mirar nuevas tendencias que se están utilizando en otros países.

Otro problema que me ha llamado la atención es el hecho de la ambigüedad que existe al realizar el diseño geométrico por el método convencional, carencia de técnicas para optimizar las inconsistencias entre el diseño y el dibujo, el método estaría quedando obsoleto.

El uso de Istram nos servirá para que tengamos la posibilidad de escoger entre varias, una alternativa de diseño que sea la más eficiente en costo y tiempo. Esto nos permitirá también definir las fases del proyecto, los recursos necesarios y el tiempo de duración. Además de realizar los modelamientos de las diferentes etapas en la construcción.

1.3. SITUACIÓN PROBLÉMICA

1.3.1 Conceptualización puntual del objeto de estudio.

ISTRAM es la aplicación para el diseño de proyectos lineales de ingeniería civil más completa y eficaz del mercado. Su potencia de cálculo y la concepción global del proyecto son dos de las características más valoradas.

A diferencia de otros programas, el entorno de trabajo está específicamente diseñado para permitir al ingeniero mecanizar los datos geométricos de los diferentes elementos del proyecto, obteniendo resultados gráficos e información de manera inmediata, sin necesidad de acudir a cuadros de diálogo complejos.

1.3.2 Descripción del fenómeno ocurrido.

La modernidad que vivimos en la época actual nos obliga a mirar nuevas tendencias, alternativas y formas de diseño para optimizar los costos y tiempos en nuestros proyectos de manera rápida y eficiente para no sufrir un retraso tecnológico y además nos permitirá ser competentes en el medio.

1.3.3 Breve explicación de la perspectiva de solución.

Será necesario buscar nuevas plataformas y herramientas para analizar el diseño geométrico de carreteras y verificar los resultados obtenidos en base a la metodología empleada, para esto se le quiere dar énfasis al uso del software ISTRAM, que es un programa que nos permite alcanzar resultados de manera asequible y constituye un avance tecnológico para el diseño geométrico de carreteras.

1.4. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema de investigación.

¿La Aplicación ISTRAM optimizará el diseño geométrico del tramo cruce Corral Grande – Paicho Sud?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general.

Diseñar geoméricamente el tramo: cruce Corral Grande – Paicho Sud utilizando el software ISTRAM, para establecer la versatilidad de su aplicación.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Habilitar el uso de la aplicación informática ISTRAM en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por medio de este trabajo para promover el interés de nuevas alternativas de diseño.
- Desarrollar las bondades que nos ofrece la herramienta ISTRAM, a través de su utilización en un trazado de 10 Km para minimizar los errores de diseño.
- Establecer de que forma el uso de ISTRAM reduce los volúmenes de movimiento de tierras (Desmonte y terraplén) para el tramo en estudio.
- Verificar las incompatibilidades en la revisión normativa (Norma ABC) inserta en la plataforma de ISTRAM para obtener un diseño geométrico optimizado.
- Obtener los reportes de diseño planimétrico, altimétrico, planos bimodales y de secciones transversales de la vía: cruce Corral Grande – Paicho Sud.

1.6 ALCANCE

Al realizar el diseño geométrico del proyecto cruce Corral Grande – Paicho Sud, se llevarán a cabo actividades de inspección y reconocimiento del sitio del proyecto para luego efectuar estudios que nos permitan conocer las características de la zona.

La parte técnica del proyecto se prepara desarrollando una revisión de la normativa vigente (Manual de diseño geométrico ABC) para el diseño de la vía, en esta sección fundamental del proyecto se establecerán los parámetros de diseño, se realizarán estudios topográficos del tramo tanto el trabajo de campo, como el trabajo de gabinete, con esta información se establecerá el diseño geométrico del tramo.

Realizados los estudios mencionados, se desarrolla el diseño geométrico de la vía, a través de la aplicación ISTRAM. obteniéndose: (Planimetría, altimetría) y también (Transversales), finalmente el cálculo de volúmenes de corte como de relleno. Para obtener un diseño ajustado, ISTRAM nos brinda los reportes de la revisión normativa donde podemos identificar las incompatibilidades de diseño.

Una vez subsanadas estas incompatibilidades obtenemos el diseño geométrico optimizado de la carretera cruce Corral Grande – Paicho Sud.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA ISTRAM EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

2.1 ISTRAM

Esta herramienta nos da la facilidad para realizar diseños de carreteras de la manera más asequible hasta la autopista más compleja, solucionando de manera práctica las relaciones entre los ejes, como es usual cuando se hace una plantilla de puntos.

El uso de este software contribuye en el cumplimiento y comprobación de las normativas de diseño en un proyecto vial, realizando uno de los beneficios más valiosos es que está definida por el motor de cálculo que permite la obtención de todo tipo de mediciones volumétricas, posibilitando la valoración económica de todas las unidades constructivas de su proyecto.

Fig. 1 Diseño de carreteras con ISTRAM.



Fuente: ISTRAM

Esta herramienta de diseño también nos posibilita tener mejor control en la ejecución de obras lineales basadas en el estudio comparativo del movimiento de tierras, de forma

cuantitativa (Cuanto se ha hecho); como cualitativa (De qué manera se siguió el proyecto original) de los ejes tan necesario en las certificaciones mensuales. El presente capítulo reúne los parámetros y herramientas necesarias para poder revisar y evaluar la propuesta de diseño geométrico de la carretera cruce Corral Grande – Paicho Sud, con el fin de garantizar la seguridad y conformidad de la misma, que son exigidas por el manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico de carreteras es la parte más importante del proyecto de una carretera estableciendo, en base a las condicionantes y factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto que supone, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su entorno, armonía o estética, economía y elasticidad, de la vía. Las distintas materias se tratan en términos de un instructivo que establece procedimientos y límites normativos. Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, límites normativos y recomendaciones que el volumen contiene. En el caso de materias aún poco difundidas en el ambiente vial, el texto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de estos conceptos a la práctica habitual de diseño de carreteras.

2.3 HERRAMIENTA ISTRAM COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN:

ISTRAM es un software BIM que permite contrastar información cartográfica disponible en sistemas GIS (Geographical Information System) que consideran infraestructura existente de manera geométrica e informativa versus los planteamientos preliminares de distintos escenarios que un profesional pueda bosquejar en un entorno donde dispondrá de información en estado bruto pero con campos informativos de juicio, como: nombre de las vías, trayectoria geométrica, altura de edificaciones, caudal de un cauce, topografía, etc.

Adicionalmente cumple una función de integración, ya que se puede también usar modelos digitales en dos y tres dimensiones, superficies digitales, imágenes satelitales entre otros recursos informáticos generados por software.

Para el prediseño de uno o varios escenarios de manera conceptual, se requieren conocer el alcance del proyecto, sus objetivos específicos y características principales, para que las métricas de diseño a plantearse permitan cumplir con dichos objetivos.

Esta etapa introduce al proyecto los lineamientos principales para buscar la alternativa más favorable dependiendo de varios factores tales como, factibilidad de ejecución, costo, tiempo, dificultad constructiva, etc.

Es necesario disponer de información base que alimente los modelos preliminares y así permita empezar los “trazos” de diseño geométrico; BIM plantea un esquema de información entrante (Inputs) que, al atravesar el proceso de ingeniería conceptual, permita obtener resultados (Outputs) con un nivel básico de elementos de juicio que permitan el análisis para una final elección de alternativa, la cual será la base para el diseño de detalle.

La familia de productos ISTRAM es y ha sido desarrollada en un entorno empresarial en el que participan diversos profesionales del mundo de la ingeniería civil y de las tecnologías de la información. Hoy en día, los procesos constructivos son desarrollados por un equipo multidisciplinario que tiene su reflejo en esta compañía, pues, los programas están hechos a la medida de los usuarios.

En la actualidad, una firme política de expansión internacional pretende trasladar esta experiencia de éxito y productividad a profesionales de todo el mundo. En la actualidad están presentes en España, Portugal, Rumanía, Polonia con representación propia y a través de colaboradores externos en Perú, Chile, México, El Salvador, Guatemala y otros países de Hispanoamérica.

La mayoría de los programas de ingeniería civil sólo contemplan los proyectos de obra lineal, sin embargo, ISTRAM ofrece un módulo con el que es posible diseñar, medir y construir cualquier tipo de superficie 3D.

ISTRAM ofrece un entorno de trabajo específicamente diseñado para abordar proyectos de infraestructuras lineales: carreteras, autovías, ferrocarriles, tuberías, gasoductos, etc. El usuario utiliza la misma estructura de trabajo, independientemente del tipo de proyecto o de la complejidad del mismo, lo que supone una gran ventaja competitiva.

La superficie definida con curvas de nivel o por medio de un modelo triangulado (TIN) es utilizada de manera óptima, generándose en tiempo real los perfiles transversales que se necesiten en cada momento para mecanizar la geometría del trazado que se esté diseñando. Toda la información cartográfica utilizada es visualizada y manipulada con funciones de edición específicamente adaptadas.

La velocidad de cálculo (Aún con bajos recursos de sistema) y las soluciones geométricas resueltas por potentes algoritmos le permiten diseñar un proyecto completo en poco tiempo. La evaluación de alternativas es muy rápida, pudiendo configurar el modo en que se procesan los diferentes ejes de un proyecto.

Normativas de distintos países, automatizaciones para el diseño de cruces, entronques y glorietas, secciones transversales complejas, decenas de conceptos de cubicación, exportación a aparatos de campo, control y seguimiento de obra, ensanche y mejora, interacciones entre ejes, todo queda contemplado en nuestro software. La publicación de resultados es totalmente automatizable y configurable, permitiendo que su equipo de trabajo sea más rentable y que no pierda tiempo en tareas que en todo momento deben de ser desatendidas.

2.3.1 Características del programa

2.3.1.1 Cartografía digital 3D

Fig. 2 Diseño de una urbanización con ISTRAM.



Fuente: ISTRAM

Permite la edición de la cartografía digital, proporcionando al usuario las herramientas de un editor CAD y otras específicamente diseñadas para proyectos de ingeniería civil. A diferencia de otras aplicaciones, ISTRAM trabaja 100% con entidades 3D. La aplicación

contempla la importación y exportación de datos de diversa procedencia, incluyendo estaciones de topografía, dispositivos GPS y formatos digitales de las aplicaciones más extendidas.

El sistema cuenta con un potente generador de modelos digitales y curvados, un gestor de imágenes ráster y un completo sistema de impresión, que dimensionan y permiten trabajar de manera fluida un proyecto vial, mejorando las características planimétricas.

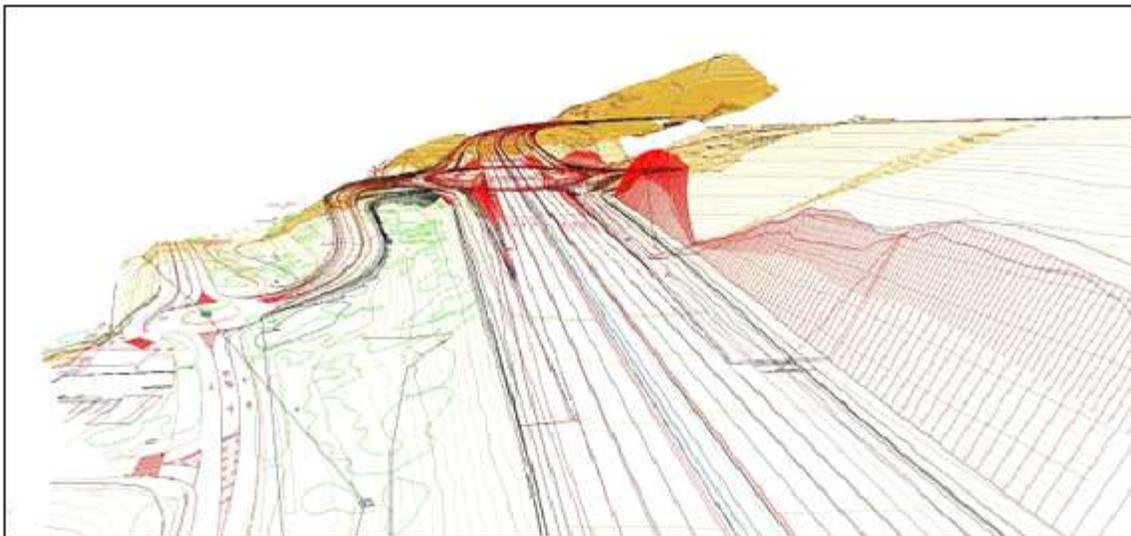
2.3.1.2 Proyectos de carreteras

ISTRAM permite diseñar desde la carretera más sencilla hasta la autopista más compleja, solucionando de manera automática las relaciones entre los ejes, como es habitual cuando se diseña un nudo.

La potencia de cálculo, el control sobre el proyecto y la filosofía de diseño basada en superficies y códigos permiten enfrentarse a cualquier tipo de singularidad constructiva. Destaca la facilidad y versatilidad con que es posible definir secciones típicas complejas y secciones analíticas y vectoriales de un túnel.

La aplicación proporciona asistencia para cumplir y comprobar las normativas de diseño (Perú DGC 2018/ 2014 / 2013 / 2001 / BVNP / BVP– AASHTO, norma Boliviana ABC) habituales en un trazado viario, realizando análisis de visibilidad, diagramas de velocidades y trayectorias de vehículos.

Fig. 3 Secciones típicas.



Fuente: ISTRAM

2.3.1.3 Mejora, ensanche y renovación

Resuelve todas las complejas relaciones y parámetros en proyectos de conservación y ensanche de carreteras y de ferrocarril.

Distribución georeferencial

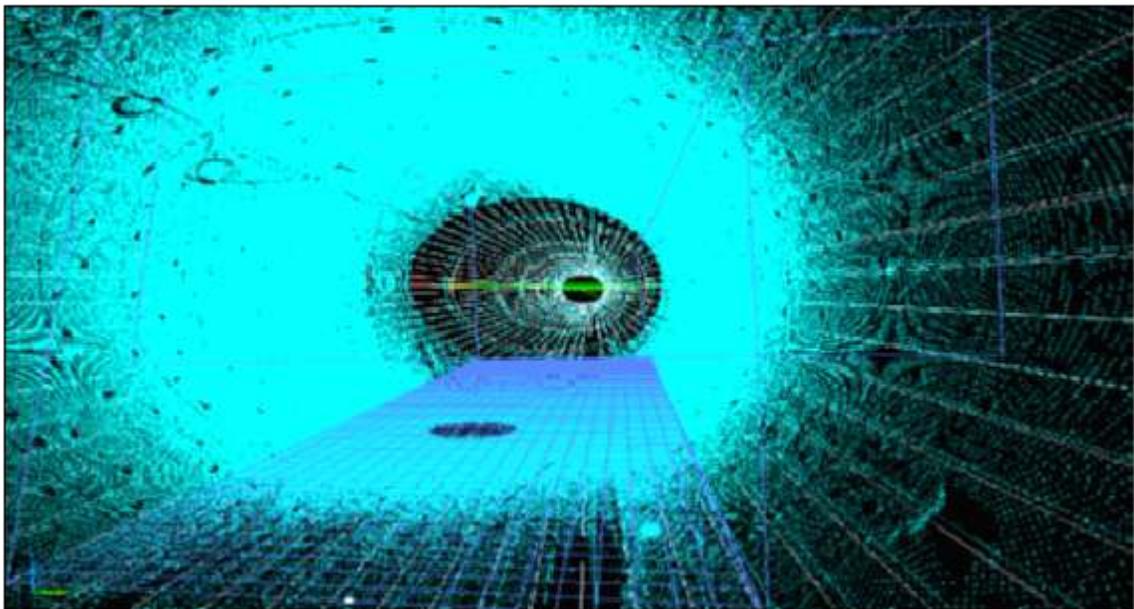
Fig. 4 Seguimiento y control de proyectos.



Fuente: ISTRAM

Gestiona el proceso constructivo, los datos de medición son integrados en el diseño para obtener los informes necesarios.

Fig. 5 Control de túneles.

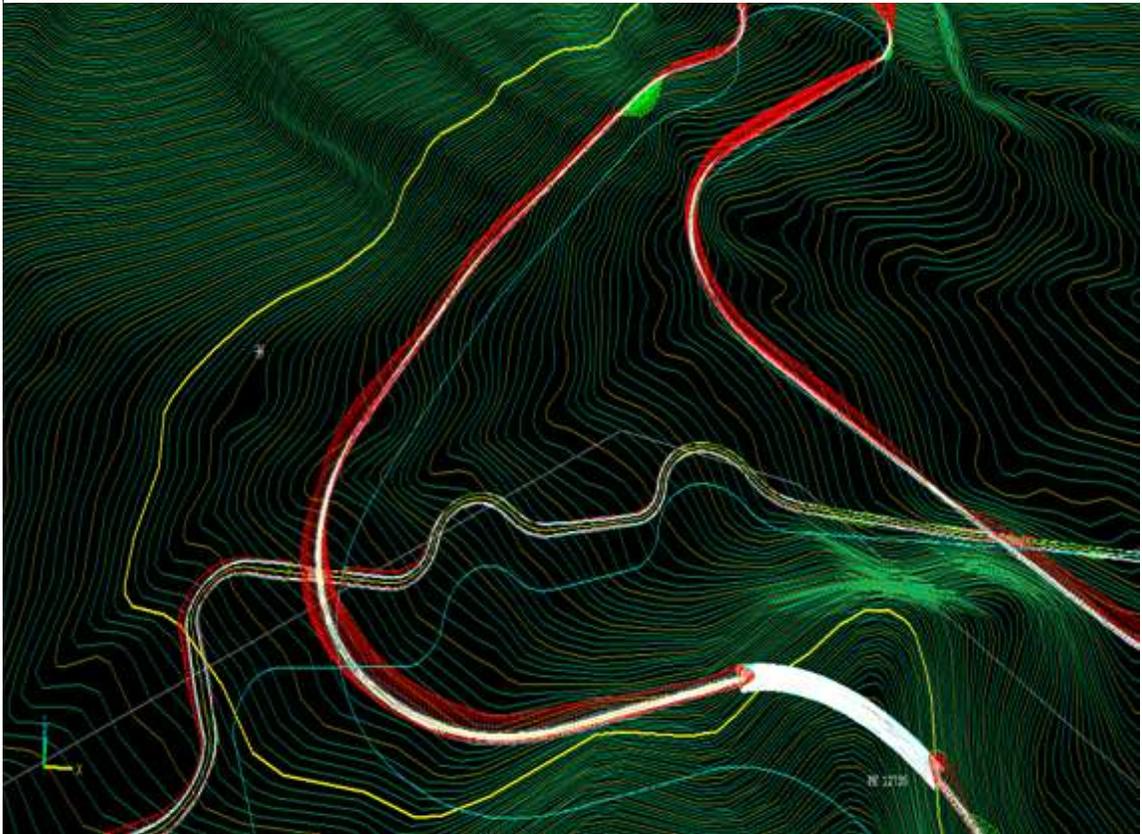


Fuente: ISTRAM

Control y análisis de datos medidos y proyectados. Las desviaciones detectadas pueden ser así corregidas de manera muy práctica y fácil.

2.3.1.4 Modelado de superficies

Fig. 6 Modelado de superficies.



Fuente: ISTRAM

Ofrece una variada lista de herramientas 3D que son aplicables al diseño de obra superficial y extracción de minerales.

Permite diseñar y controlar canteras, botaderos, escombreras y vertederos, y embalses de cualquier tamaño.

Permite trabajar con cartografía basada en curvas de nivel, rejillas 3D (Imágenes con cota) o con modelos digitales del terreno (TIN), los cuales pueden ser generados de manera automática.

2.3.1.5 Virtual 3D (Imágenes y paseos virtuales)

La presentación de un terreno, un proyecto de obra lineal o cualquier tipo de infraestructura civil que modifique el paisaje es mucho más comprensible si se puede contemplar en tres dimensiones, tal y como se vería a vista de pájaro.

El módulo ISTRAM virtual 3D es el responsable de permitir la representación virtual de cualquier geometría generada en cualquiera de sus módulos.

De manera particular, las funcionalidades más potentes están hechas para trabajar con proyectos de obra lineal (Carreteras, autovías, ferrocarriles, y tuberías).

En este aspecto, se han desarrollado funciones que automatizan la generación de geometría 3D, ofreciendo al usuario, casi al instante, un escenario con su proyecto ya preparado para obtener resultados.

En este punto, la novedad más importante que aporta el programa, es la posibilidad de actualizar continuamente el escenario con nuevos cálculos, ofreciendo así al usuario la posibilidad de valorar en 3D el diseño efectuado.

Fig. 7 Fases de diseño y visualización tridimensional.



Fuente: ISTRAM

2.4 DESARROLLO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO CON ISTRAM.

2.4.1 Introducción a ISTRAM.

En este apartado se describirá lo realizado con el software ISTRAM; con el desarrollaremos el proyecto de carretera: cruce Corral Grande - Paicho Sud desde la creación de la carpeta de proyecto hasta concluir con los entregables definitivos (Metrados, planos y modelo BIM) del proyecto de trazado.

Para ello primero se tuvo que realizar el curso de diseño y revisión de carreteras con ISTRAM bajo los parámetros de diseño con el manual de diseño geométrico de carreteras ABC. Luego se procedió a descargar e instalar el software Istram en su versión educacional y a su vez el software, demanda ciertos requisitos de sistema que tuvimos que cumplir para poder trabajar sin ningún inconveniente.

Una vez instalado el software procedimos a la creación del proyecto, ingresando los datos más relevantes para poder gestionar de manera eficiente y no tener inconveniente alguno durante el modelamiento.

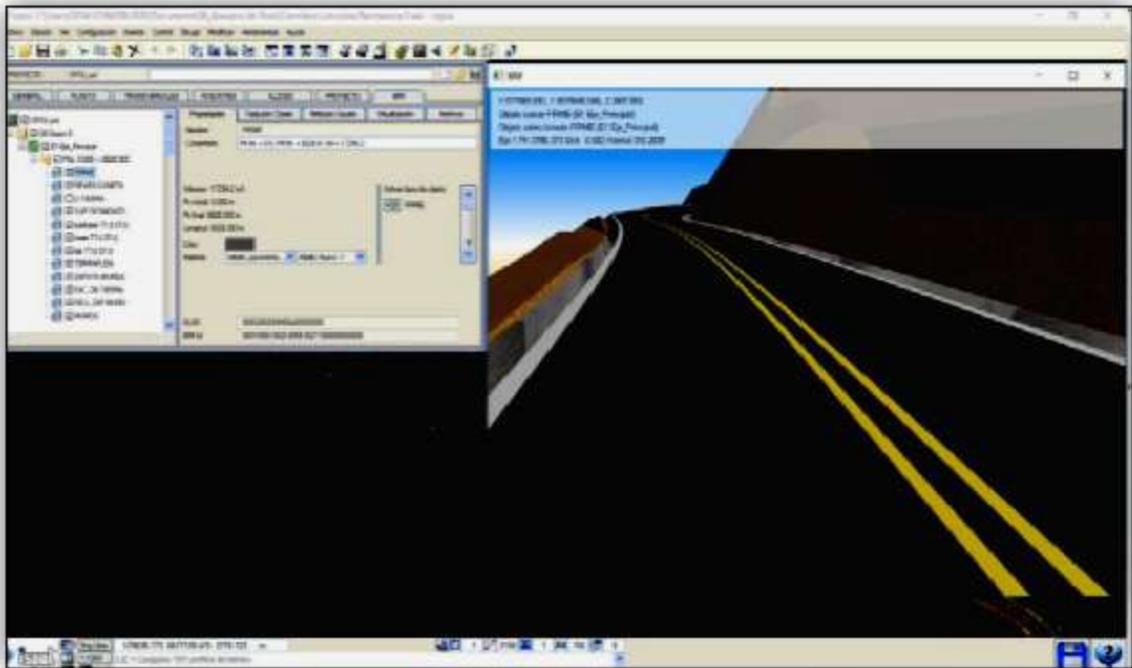
Ya definido los parámetros de diseño del tramo de estudio, a continuación, se detallarán el procedimiento de la creación del proyecto de diseño geométrico con el software ISTRAM, inicia desde la creación de la carpeta de trabajo hasta concluir con los entregables definitivos del proyecto de trazado.

ISTRAM corresponde a un software de diseño de proyectos de Ingeniería civil BIM desarrollado por la empresa española Buhodra Ingeniería S.A, especialmente dedicado al desarrollo de proyectos de diseño vial, trabajando completamente con entidades 3D. Sumado a esto contiene un motor de cálculo, que nos permite la obtención inmediata de las valoraciones volumétricas posibilitando la valoración económica de todas las unidades constructivas de nuestro proyecto.

2.4.2 Trazo y diseño geométrico con Istram

Definidos los parámetros de diseño de la carretera de estudio se detallará el procedimiento del desarrollo del trazo y diseño geométrico de la carretera cruce Corral Grande – Paicho

Fig. 8 Diseño vial con herramientas ISTRAM.



Fuente: ISTRAM

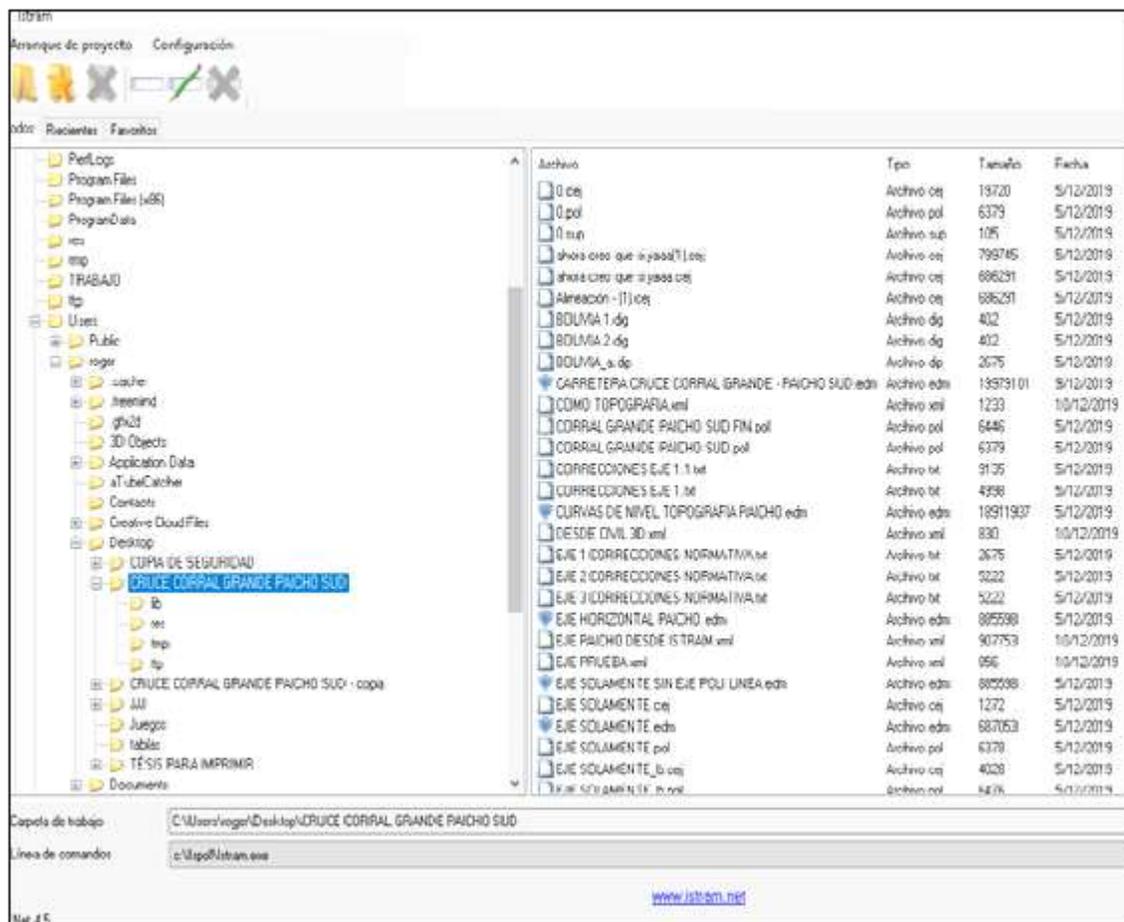
Sud en el software de diseño vial ISTRAM, la creación de la carpeta de trabajo hasta la obtención del modelo BIM (IFC), planos definitivos y metrados del diseño del trazado.

2.5 GENERALIDADES DEL PROGRAMA ISTRAM

2.5.1 Creación de carpeta de proyecto

Un proyecto en ISTRAM se entiende como un directorio y dependiendo del contenido del propio proyecto que estemos realizando tendrá diferentes archivos de contenido. Cualquier directorio de nuestro equipo o compartido en una red puede ser un proyecto. El programa va creando archivos ASCII a lo largo de todo el proceso de funcionamiento, por lo que es indispensable crear una carpeta de trabajo en donde se vayan guardando automáticamente los archivos generados.

Fig. 9 Creación de carpeta de proyecto: Corral Grande – Paicho Sud.



Fuente: ISTRAM

2.5.2 Arranque del programa ISTRAM

Una vez instalado el programa, aparecerá en el escritorio un icono como el mostrado en la figura. Al hacer doble clic sobre él, se abrirá una ventana que permite seleccionar la carpeta donde va a trabajar o a abrir un proyecto y ‘lanzar’ el programa, registrando además los accesos realizados.

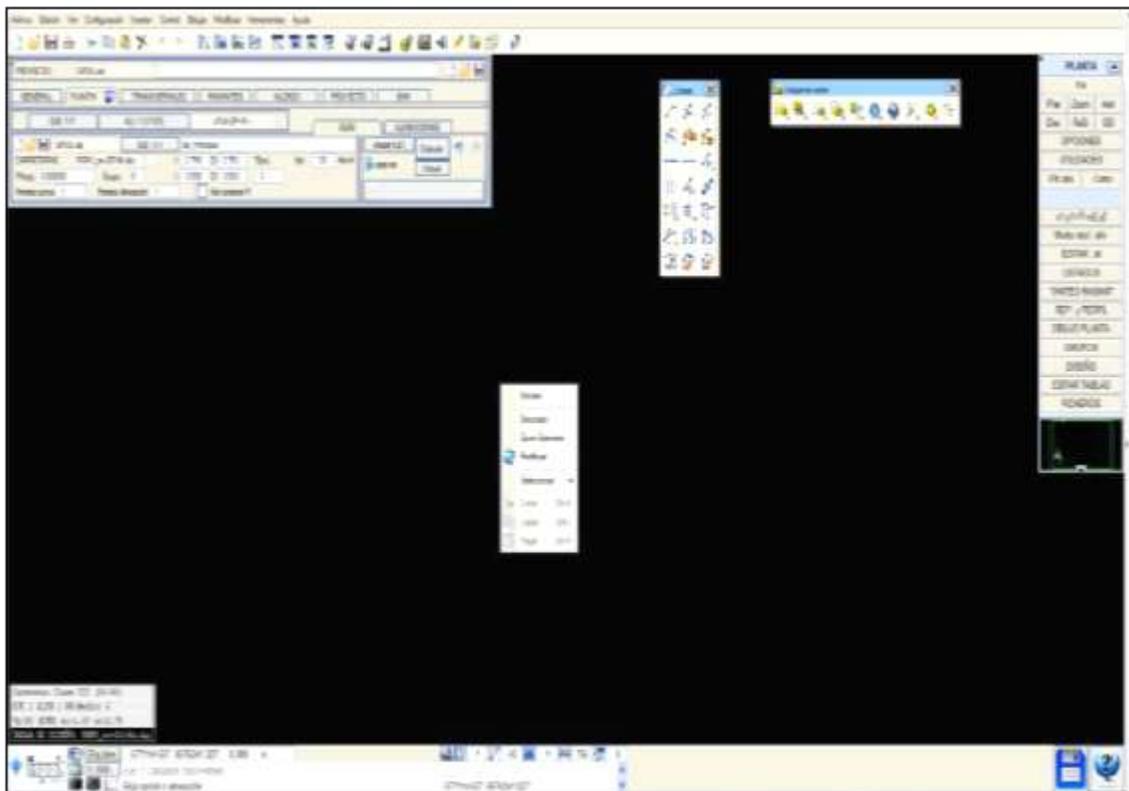
Al iniciar ISTRAM desde el arranque se debe seleccionar la carpeta de trabajo creada según punto anterior, luego damos click en iniciar en el icono de ISTRAM que está ubicado en la parte inferior derecha.

2.5.3 Interfaz de usuario general

Está constituida esencialmente por el área de trabajo y por menús y barras de herramientas cuyas opciones se seleccionan por un ratón o tableta y entradas por teclado.

La pantalla gráfica se encuentra dividida en varias zonas:

Fig. 10 Interfaz de ISTRAM.



Fuente: ISTRAM

Área de trabajo y menú principal

Barras de herramientas

Menús contextuales (Que se despliegan al pulsar con el botón secundario del ratón)

Ventanas flotantes o menús de datos.

Área de mensajes, información y otras funciones

Menús verticales y ventana resumen

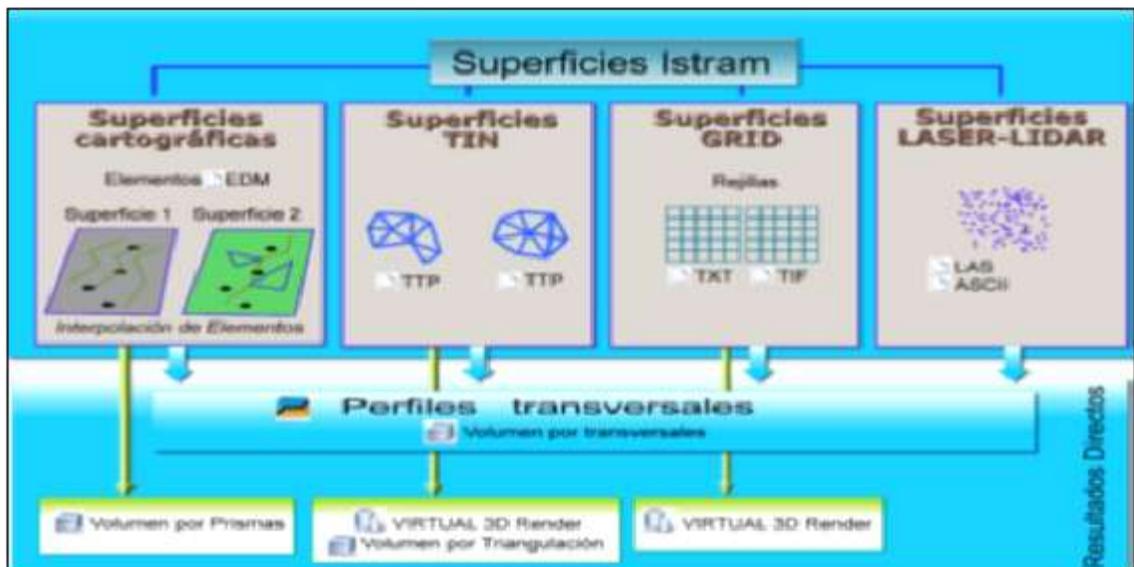
Disco de guardado de datos en proyectos de obra lineal

Acceso a la ayuda contextual del programa

2.5.4 Control de superficies

Existen entidades llamadas superficies que podremos gestionar para su uso en diferentes apartados del software.

Fig. 11 Superficies ISTRAM



Fuente: ISTRAM

Las superficies son el tipo de entidad compuesta más significativa del ISTRAM, pues a partir de ellas se obtendrán perfiles del terreno, se cubicará, se deducirán determinadas cotas, etc.

ISTRAM permite trabajar con diversas tipologías de superficies:

Superficies cartográficas, compuestas por objetos gráficos del EDM (Archivo de dibujo).

La superficie cartográfica es la tipología más antigua utilizada por el programa.

Triangulaciones topográficas: también es una tipología tradicional en el programa y la única usada por diversos programas del mercado. La gestión de triangulaciones se efectúa desde el control de TTP's.

Rejillas, procedentes de archivos ASCII-GRID o de imágenes GeoTIFF 3D, obtenidos por ejemplo a partir de archivos SRTM de la NASA o modelos de superficie de Google Earth.

Base de datos laser obtenida de la herramienta de tratamiento de datos láser obtenidos de escáner.

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con archivos CAD del expediente, por lo que se realizó la importación de este archivo con extensión *.dwg a un proyecto de obra lineal de ISTRAM.

Importación de cartografía base

Partimos nuestro diseño sobre una base cartográfica generada a partir de los planos del sector en estudio, esta cartografía la importamos a ISTRAM como archivo con extensión *.dwg. Para esto en el menú superior archivo cargamos nuestro archivo *.dwg en la opción importar/dwg o dxf.

Para una correcta importación manteniendo las capas, tipos de línea, textos, bloques y atributos se definen y activan algunas casillas necesarias en el botón opciones.

Original AutoCAD:

Al seleccionar esta forma, se activan las casillas necesarias para que, al finalizar la importación, el aspecto del dibujo resultante sea similar al original del DWG/DXF.

Asignar a las líneas su color DWG/DXF:

Si esta opción está marcada, las líneas que se generen a partir de los ficheros importados se muestran con el color que tienen en el dibujo DWG/DXF. Si por el contrario la opción no está marcada, las líneas se muestran con color por tipo.

Toda la información correspondiente al color de las líneas se puede manipular después de realizar la importación desde el dialogo de configuración de líneas, capas, tipos de línea, textos, bloques y atributos se guarda la cartografía con la extensión nativa de ISTRAM *.edm, este proceso se realiza con el botón de la barra de herramientas estándar.

2.5.5 Opciones de control de superficies cartográficas

La declaración y modificación de superficies se efectúa desde el menú control → control de superficies cartográficas a través del siguiente cuadro de diálogo:

En él se muestran las diferentes superficies cartográficas declaradas, su nombre y las entidades que componen cada una. Por una cuestión de claridad, sólo se muestra los tipos o modelos que pertenecen a cada superficie cartográfica según su clase.

Para añadir un tipo o un modelo a una superficie cartográfica, basta con pulsar sobre el botón [Añadir línea] / [Añadir símbolos] / [Añadir textos] / [Añadir modelos] (Según la pestaña activa) y teclear o hacer clic en pantalla sobre una entidad de ese tipo o modelo.

2.5.6 Fases de obra lineal

Un proyecto de obra lineal, se compone fundamentalmente de ejes. Cada uno de estos ejes tendrá una definición de diseño en planta, vertical, transversales y componentes de la sección.

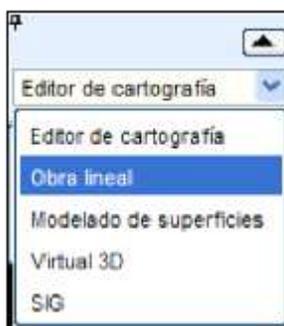
Fig. 12 Fases de un proyecto



Fuente: Istram

Para comenzar con el diseño geométrico del camino en estudio, ingresamos al módulo obra lineal de Istram.

Fig. 13 Ingreso al módulo de obra lineal, inicio de diseño geométrico.



Fuente: ISTRAM

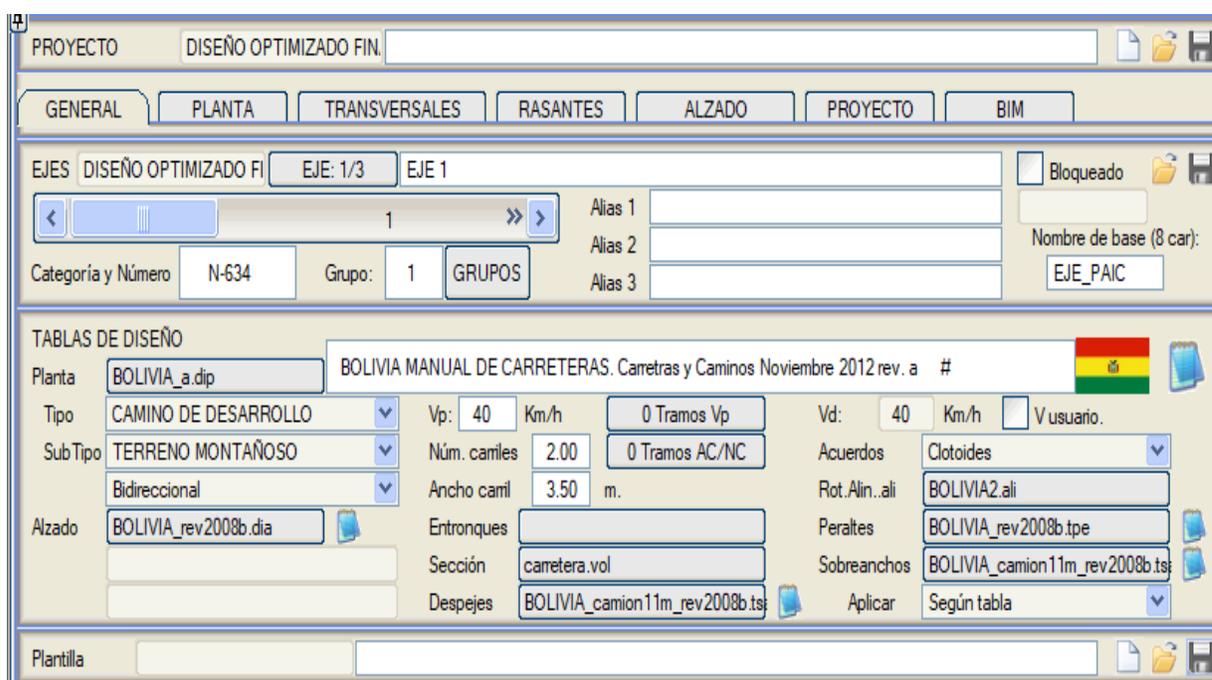
2.5.7 Parámetros de diseño

En esta fase se define el prediseño y selección de normas por cada eje del proyecto.

Para iniciar el trazado, se definen los parámetros de diseño del proyecto de carretera corral Grande – Paicho Sud en función del manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

Desde esta pestaña es posible asignar a cada eje las tablas de diseño, velocidad de proyecto y de diseño, ramificar velocidades de proyecto.

Fig. 14 Pre configuración de ejes con normativa Boliviana ABC.



Fuente: ISTRAM

Una vez proyectado el eje procedemos a guardarlo, con extensión. cej en la carpeta de trabajo.

2.6 CRITERIOS DE DISEÑO

Existen factores de distinta naturaleza que influyen en diversos grados el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una instrucción o recomendación de diseño en la justa proporción que les puede corresponder.

2.6.1 Factores funcionales.

Dicen relación con las condiciones impuestas por la naturaleza en la zona del trazado y suelen implicar restricciones que la clasificación para diseño debe considerar. Los principales son:

Relieve

Hidrografía

Geología

Clima

2.7 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO

El término “carretera” (Autopistas, autorutas y primarias) se empleará para designar una vía de características de diseño altas, adecuada para acomodar importantes volúmenes de tránsito de paso circulando a velocidades elevadas. Consecuentemente, deberá siempre contar con pavimento de tipo superior. El término “camino” (Colectores, locales y desarrollo) se empleará para designar una vía de características geométricas medias a mínimas, adecuadas para dar servicio a volúmenes moderados y bajos de tránsito, cuya función principal consiste en dar acceso a la propiedad adyacente.

Los criterios, políticas y conceptos considerados para definir las características de diseño son:

2.7.1 Conceptos relativos a velocidad en el diseño vial.

Se consideran distintos tipos de velocidades la definición de la categoría del diseño:

Velocidad de proyecto (V_p): Es la velocidad que permite definir las características mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (En ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalado. La velocidad de proyecto reemplaza a la denominada velocidad de diseño. El concepto de velocidad de proyecto se usará para efectos del sistema de clasificación funcional para diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera y para definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas.

Velocidad específica (V_e): 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. La velocidad específica se aplica a los elementos curvos de la planta. La velocidad específica debe entenderse como la velocidad a la que se puede recorrer una curva horizontal de radio y peralte dado, haciendo uso del máximo roce transversal especificado para dicha velocidad, en condiciones de pavimento húmedo, neumáticos en razonable buen estado y condiciones de flujo libre.

Velocidad de operación (Vop): La velocidad de operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en un tramo de carretera de una velocidad de proyecto dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, del estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. Si el tránsito y la interferencia son bajos, la velocidad de operación del usuario medio es del orden de la velocidad de proyecto y para un cierto grupo de usuarios superior a ésta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera.

Velocidad Percentil 85 (V85%): Es aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológica y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la V85% suele ser mayor que la velocidad de proyecto, independientemente de si la velocidad de proyecto está señalizada, corresponde a la máxima legal, etc. (Ello siempre que el tramo no tenga control policial habitual) en consecuencia, el 85% de los usuarios circula a la V85% o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad.

Velocidades de proyecto según categoría de la obra vial: La velocidad de proyecto fija el marco de referencia mínimo que define el diseño geométrico una carretera o camino, principalmente en lo relativo a su trazado horizontal y vertical. Algunas características de la sección transversal, como los anchos mínimos de pavimentos y bermas, dependen más bien del volumen de tránsito, tipo de vehículos y proporción de estos en el flujo. La velocidad de proyecto seleccionada para un proyecto de categoría dada dependerá fundamentalmente de la función asignada a la carretera, del volumen y composición del

tránsito previsto, de la topografía de la zona de emplazamiento y del diferencial de costo que implica seleccionar una u otra velocidad de proyecto dentro del rango posible considerando para la categoría. En definitiva, la elección de una velocidad de proyecto que se aparte de la óptima se reflejará en una disminución de la rentabilidad del proyecto. Dentro del rango de velocidades posibles para cada categoría de carretera ó camino, se justificarán las más altas en terrenos llanos o ligeramente ondulados y las más bajas para relieves montañosos o escarpados.

Control de acceso: Se define por control de acceso la acción de la autoridad por la cual se limita, parcial o totalmente, el derecho de los dueños ocupantes de la propiedad adyacente o de las personas en tránsito, a acceder a una carretera, y por la cual se regulan las modificaciones que pueda experimentar el goce de la luz, el aire y la vista existente antes de la construcción de la carretera.

Características de los vehículos: Los vehículos que circulan por las carreteras influyen en el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista: velocidad que son capaces de desarrollar y dimensiones que le son propias. Los vehículos livianos, automóviles y similares, determinan las velocidades máximas a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las distancias de visibilidad de frenado y adelantamiento. Los vehículos pesados, camiones de diversos tipos, y en mayor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes. Las dimensiones de estos vehículos: 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 gálibo vertical bajo estructuras. Las dimensiones consideradas para el diseño y los radios de giro mínimos se toman en cuenta para el diseño.

Facilidades para peatones: La institución administradora de carreteras es la responsable de la construcción y financiamiento de las veredas o aceras en algunos casos que se indican en la norma. En otros, la construcción de estas facilidades correrá por cuenta de las prefecturas (Ahora gobernaciones) o municipios respectivos, e incluso en algunos casos por cuenta de los particulares que hacen uso exclusivo de ellas. Si el flujo de peatones es

considerable se deberá estudiar la instalación de rejas o protecciones para aislar las aceras de la plataforma de la vía.

Valores estéticos y ecológicos: En el diseño de cualquier camino se tendrá en consideración no tan sólo su incorporación al paisaje, sino que también el aprovechamiento de las bellezas naturales. Los valores estéticos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y todos los demás factores que preocupan al planificador y al proyectista. Esta disposición adquiere mayor valor en el caso de carreteras que cruzan zonas de gran belleza natural. En todo caso, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ambientales. Siempre será de primordial importancia la economía de acuerdo con las necesidades del tránsito; no obstante, un mayor gasto puede justificarse si se trata de preservar los recursos naturales que poseen un valor económico en sí.

Capacidad y niveles de servicio: Cuando el volumen de tránsito es del orden de aquel correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aun cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. Estas condiciones de operación 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 período 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 “trancadera”. Es necesario por lo tanto que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como volumen de servicio.

2.7.2 Sistema de clasificación funcional para diseño

Categoría de las vías

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

Carreteras: Autopistas, autorrutas y primarias.

Caminos: Colectores, locales y de desarrollo.

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto 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 terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno Llano: Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre $\pm 3\%$.

Terreno ondulado: Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3% al 6%, según la categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un ondulado medio o uno franco o fuerte.

Terreno montañoso: Está constituido por cordones montañosos o “cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la categoría del camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, laderas de fuerte inclinación transversal, quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de curvas de retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.

La siguiente tabla presenta las características principales según categorías:

Tabla 1 Velocidad en función de la categoría de la carretera.

Categoría		Sección transversal		Velocidades de proyecto (km/h)	Código tipo
		Nº carriles	Nº calzadas		
Autopista	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
Autorruta	(IA)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2BD	1	80 - 10 - 60	C (2) - xx
Local	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo		2BD	1	50 - 40 - 30	D - xx

Fuente: Diseño geométrico de carreteras ABC

Unidireccionales: (UD)

Bidireccionales: (BD)

Número total de carriles: (n)

Velocidad de proyecto (km/hr): (-xx)

* Menor que 30 km/hr en sectores puntuales conflictivos.

La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes párrafos y un resumen integrado con la funcionalidad de la vía:

Autopista (O)

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea ciudades o poblados (Circunvalaciones).

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 metros de ancho, si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros.

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

Terreno llano a ondulado medio	120 km/h
Terreno ondulado fuerte	100 km/h
Terreno montañoso	80 km/h

Autorrutas (IA)

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.

La sección transversal deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada debiendo existir un cantero central entre ambas.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

Terreno llano a ondulado fuerte	100 y 90 km/h
Terreno montañoso	80 km/h

Carreteras primarias (IB)

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero central que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1.0 m libre desde ésta al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional.

Tabla 2 Velocidad en función de las calzadas

Tipos de calzadas	Terreno llano y ond. fuerte	Terreno montañoso
Calzadas unidireccionales	100 – 90 km/hr	80 km/hr
Calzadas bidireccionales	100 – 90 km/hr	80 km/hr

Fuente: Diseño geométrico de carreteras ABC

Caminos colectores (II)

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos 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. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclovías.

Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

Terreno llano a ondulado medio	80 km/h
Terreno ondulado fuerte	70 km/h
Terreno montañoso	60 km/h

Caminos locales (III)

Son caminos que se conectan a los caminos colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las ciclovías.

La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales y las velocidades de proyecto son:

Terreno llano a ondulado medio	70 km/h
Terreno ondulado fuerte	60 km/h
Terreno montañoso	50 y 40 km/h

Caminos de desarrollo

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho, las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

La sección transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/h y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

Terreno llano a ondulado medio	50 y 40 km/h
Terreno ondulado fuerte a montañoso	30 km/h

2.7.3 Códigos de clasificación

Los códigos de clasificación se emplean de acuerdo a lo siguiente:

La categoría de la carretera o camino se indica mediante, la inicial del nombre que le corresponde.

En paréntesis se indica el número total de carriles.

2.7.4 El trazado

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: planta, elevación y sección transversal.

El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el alineamiento vertical respectivamente.

Estos ejes en planta y elevación, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones. Estas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posible al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como velocidad de proyecto.

2.8 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL (PLANIMETRÍA)

El diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

En esta fase se realiza el diseño de un eje; se realiza suministrando al programa una serie de alineaciones, cuyos datos son coordenadas (X, Y), radio (R), longitud (L), azimuth (Az) y tipo. El menú de diseño planta permite definir los ejes en planta. Cada eje estará formado por alineaciones (Rectas y circulares) y acuerdos horizontales (Clotoides).

Fig. 15 Ficha de comandos para diseño en planta.



Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC

En lo referido al proyecto de carretera, se tomará la polilínea del eje CAD importado y se convertirá en eje de ISTRAM; se procederá a revisar los radios de curvatura y espirales tomando en cuenta el cuadro de elementos de curvas de los 10 kilómetros de estudio.

2.8.1 Trazado en planta

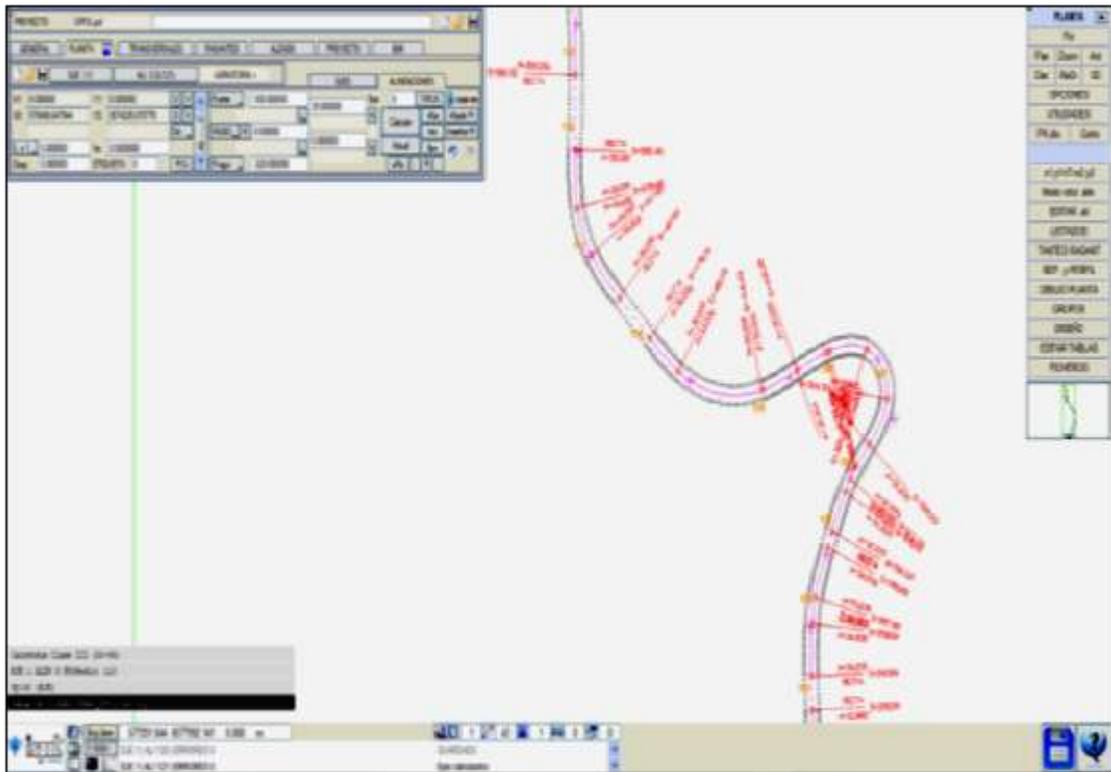
La planta de una carretera preferentemente deberá componerse de una sucesión de elementos curvos que cumplan las relaciones que se fijan más adelante y de aquellos tramos en recta que sean indispensables.

Fig. 16 Configuración de alineaciones



Fuente: ISTRAM

Fig. 17 Definición del eje en planta, incluido curvas y clotoides.



Fuente: ISTRAM

Los elementos curvos comprenden:

Curvas circulares

La parte central circular y dos arcos de enlace

Otras combinaciones de arco circular y arco de enlace

La tendencia actual en el diseño de carreteras de cierto nivel se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adaptan a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas. Esta forma de trazado se preferirá por cuanto los largos tramos rectos inducen velocidades $V_{85\%}$ muy por sobre la velocidad de proyecto, aumentan el peligro de deslumbramiento por las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto, y porque la monotonía en la conducción disminuye la concentración del conductor, lo que en oportunidades es motivo de accidentes. Una sucesión de curvas de radios adecuados limita 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 el punto de vista estético y económico.

En terrenos llanos y ondulados suaves los conductores esperan poder desarrollar velocidades relativamente altas y consecuentemente se deberán evitar los radios mínimos correspondientes a la categoría de la ruta, los que sólo podrán emplearse en sectores obligados, siempre que estén precedidos de elementos curvos que van disminuyendo paulatinamente.

En trazados sinuosos compuestos de curvas cortas, deberán evitarse en trazados de velocidad de proyecto sobre 70 km/h pues inducen a una conducción errática.

En terrenos ondulados fuertes y montañosos, los conductores están dispuestos a una mayor restricción pudiendo emplearse elementos en el orden de los mínimos de norma, siempre que ellos no aparezcan de forma sorpresiva.

2.8.2 Distancia de frenado

En todo punto de una carretera o camino, un conductor que se desplace a la velocidad V , por el centro de su carril de tránsito, debe disponer al menos visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil, situado en el centro de detenerse ante un obstáculo inmóvil, situado en el centro de dicho carril.

Se considera obstáculo aquel de una altura igual o mayor que 0.20 m (h_2), estando situados los ojos de conductor a 1.10 m (h_1), sobre la rasante del eje de su carril de circulación.

La distancia de frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$Df = \frac{V * t}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f_1 + i)}$$

Donde:

Df = Distancia de frenado (m)

V = V_p ó V^* según lo definido

t = Tiempo de percepción + reacción (s)

f_1 = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = Pendiente longitudinal (m/m)

Tabla 3 Distancias de frenado en función de la velocidad

V	1	fs	dt	Df	Df (m)		V
km/h	s	-	m	m	dt<df	Adopt.	km/h
30	2	0,420	16,70	8,40	25,10	25	30
35	2					31	35
40	2	0,415	22,20	15,20	37,40	38	40
45	2					44	45
50	2	0,410	27,80	24,00	51,80	52	50
55	2					60	55
60	2	0,460	33,30	35,50	68,80	70	60
65	2					80	65
70	2	0,380	38,90	5,08	89,70	90	70
75	2					102	75
80	2	0,360	44,40	70,00	114,40	115	80
85	2					130	85
90	2	0,340	50,00	83,90	143,80	145	90
95	2					166	95
100	2	0,330	55,50	149,40	174,90	175	100
105	2					192	105
110	2	0,320	61,10	149,0	210,00	210	110
115	2					230	115
120	2	0,310	66,60	183,00	249,60	250	120
125	2					275	125
130	2	0,295	72,20	225,70	297,90	300	130

Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

El primer término de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción + reacción (Dt) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (Df).

La siguiente tabla presenta los valores parciales calculados mediante la expresión citada y el valor redondeado adoptado para Df. Todo ello considerando que V* corresponde a la velocidad asignada al tramo y que los valores de “t” y “f₁” se han actualizado de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha.

Si en una sección de carretera o camino resulta prohibitivo lograr la distancia mínima de visibilidad de frenado correspondiente a V*, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso extremo a utilizar sólo en casos muy calificados y autorizados por la autoridad competente de caminos.

$$V = V_p$$

$$V = V *$$

2.8.3 Distancia de adelantamiento

La distancia de adelantamiento “Da”, equivale a 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 carril, sobrepasar el vehículo adelantado y retornar en sentido contrario por el carril utilizado para el adelantamiento.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de adelantamiento se requiere sólo en caminos con carriles para tránsito bidireccional. En carreteras con carriles unidireccionales no será necesario considerar en el diseño el concepto de distancia de adelantamiento, bastando con diseñar los elementos para que cuenten con la visibilidad de frenado.

Tabla 4 Distancia de adelantamiento en función de la velocidad

Velocidad de proyecto (Km/hr)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

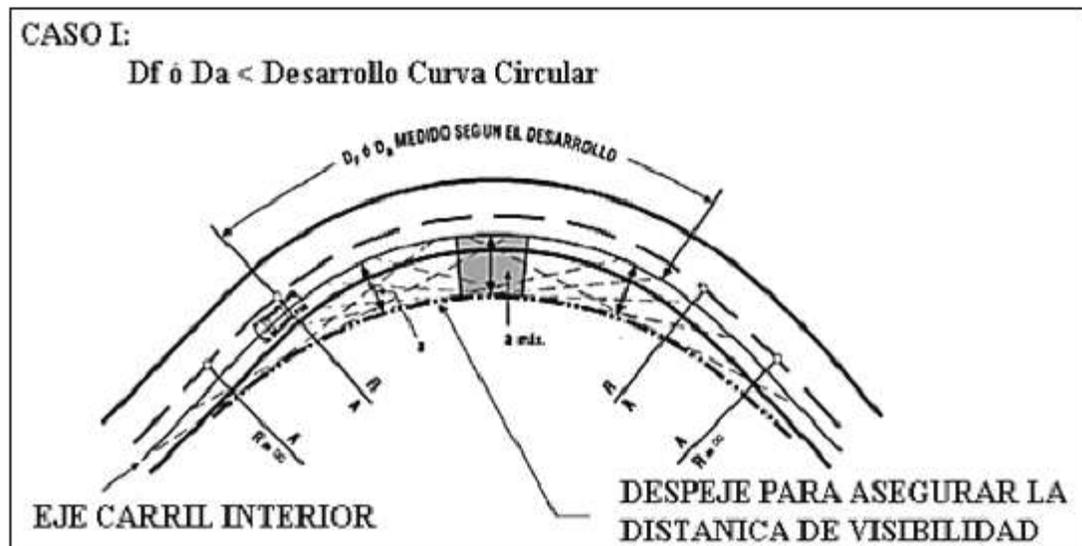
La línea visual considerada en este caso será aquella determinada por la altura de los ojos de uno de los conductores ($h_1 = 1,10$ m) en un extremo y la altura de un vehículo ($h_2 = 1,2$ m) en el otro. Para simplificar la verificación se considerará que al iniciarse la maniobra todos los vehículos que intervienen se sitúan en el eje del carril de circulación que les corresponde, según el sentido de avance.

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar. Las distancias de adelantamiento se dan en función de la velocidad de proyecto V_p , considerando que difícilmente se intentarán maniobras de adelantamiento respecto de vehículos que circulan a velocidades mayores.

2.8.4 Verificación de la visibilidad en planta

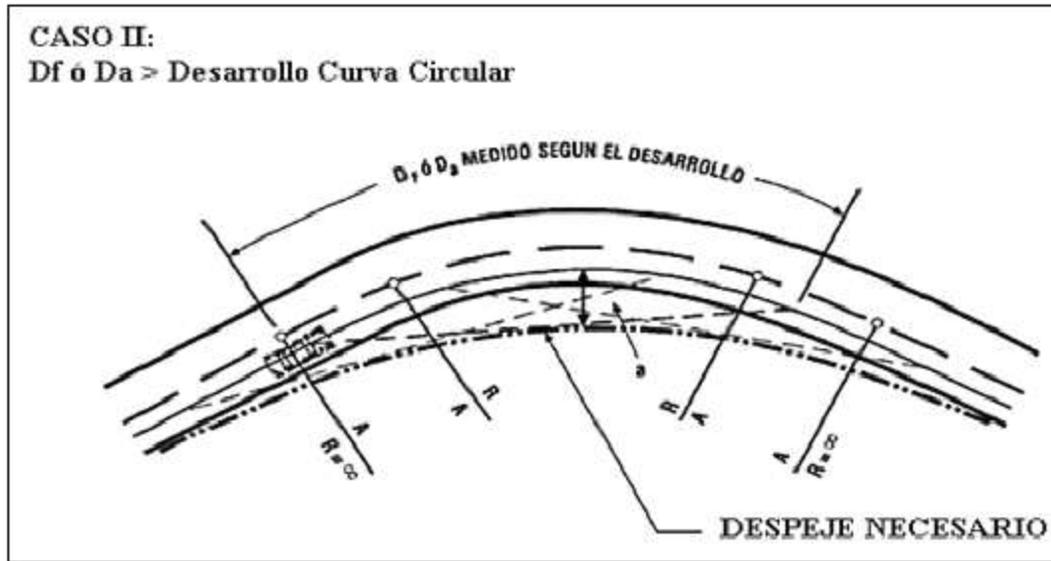
La visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La expresión analítica que se presenta a continuación permite calcular el despeje mínimo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta el despeje disminuye, dando origen a un huso. La anterior es especialmente válido cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La siguiente figura muestra como mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del radio que describe el conductor por el carril interior (Derecha) de la calzada, en el caso de curvas a la derecha. En carreteras unidireccionales se podrá usar el mismo procedimiento pudiendo en ese caso también ser crítico el carril adyacente al cantero central (Izquierdo), para curvas hacia la izquierda, si en el cantero central existen barreras camineras o arbustos.

Fig. 18 Verificación de la velocidad en planta caso I.



Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

Fig. 19 Verificación de la velocidad en planta caso II



Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

Para calcular el despeje lateral máximo requerido se deben considerar los dos casos que se ilustran.

I D_f o $D_a <$ Desarrollo de la curva circular

II D_f o $D_a >$ Desarrollo de la curva circular

En el caso I la zona sombreada ilustra el valor “ a_{max} ” requerido para lograr la visibilidad necesaria. Este valor puede ser calculado analíticamente a partir de la expresión:

$$a_{max} = R * \left[1 - \cos \left(\frac{100 * D_v}{\pi * R} \right) \right]$$

Donde:

$D_v = D_f$ o D_a según el caso bajo análisis y la función trigonométrica en grados centesimales.

La anterior expresión puede reemplazarse por: $a_{max} = D_v^2 / 8. R$ que da resultados suficientemente aproximados para todos los efectos, cuando se calcula a_{max} , por condición de frenado o cuando se calcula a_{max} , para $R < D_a$ en el caso de visibilidad de adelantamiento. El error que se comete está en todo caso por el lado de la seguridad.

La distancia entre el conductor y el borde del carril crítica de ancho normal, 3,5 o 3,0 m por la que éste circula, se indica en la siguiente tabla, para distintas situaciones. Considerando el sentido de circulación, son carriles críticos que requieren verificación, el

carril derecho en curvas a la derecha, en calzadas bidireccionales y unidireccionales, y el carril izquierdo para curvas a la izquierda en calzadas unidireccionales (Las adyacentes al cantero central).

Tabla 5 Trazados en campo abierto – terraplenes o cortes con talud $\geq 4v:1h$

Calzadas bidireccionales (n = 2)		Calzadas unidireccionales (n \geq 2)	
Carriles 3,5m	Carriles 3,0 m	Carriles 3,5 m	
2,0	1,75	2,0 c. Derecho	1,50 c. Izquierdo
Trazados en túneles adyacentes a muros de contención o cortes con talud $> 4v:1h$ (1) y (2)			
Calzadas bidireccionales (n = 2)		Calzadas unidireccionales (n \geq 2)	
Carriles 3,5m	Carriles 3,0 m	Carriles 3,5 m	
2,20	1,95	2,35 c. Derecho	1,65 c. Izquierdo

Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

La distancia libre entre el radio que describe el conductor y el obstáculo deberá ser tal que:

$D_c + \text{borde carril crítico al obstáculo} \geq a \text{ máx (m)}$.

El espacio entre el borde del carril crítico y el obstáculo se obtendrá sumando los anchos de los siguientes elementos, cuando ellos existan: sobreecho de carriles normales y aceras en túneles, sobreecho en curvas, bermas, SAP, cuneta y cualquier otro espacio libre de obstáculos, hasta alcanzar la posición del elemento que obstruye la visión.

2.8.5 Verificación de la visibilidad en alineamiento vertical

Salvo el caso de coincidencia de curvas verticales con horizontales antes descrito, la verificación de visibilidad en el alineamiento vertical se relaciona fundamentalmente con la determinación de zonas de adelantamiento prohibido, cuando resulta antieconómico proveer esta visibilidad. En efecto, el cálculo analítico de curvas verticales por visibilidad de frenado, que debe existir siempre, o por visibilidad de adelantamiento cuando el proyectista decide darlo, queda asegurado mediante el uso de los valores de la norma.

En cualquier caso el método gráfico que se ilustra anteriormente, permite verificar las distancias de visibilidad de frenado y adelantamiento en curvas verticales convexas y es indispensable para determinar la longitud de las zonas de adelantamiento prohibido y consecuentemente apreciar el efecto de éstas sobre la futura operación de la carretera.

El método aludido implica preparar una reglilla de material plástico transparente, suficientemente rígida, cuyas dimensiones dependerán de la escala del plano de perfil longitudinal.

Para escala 1:1000 (H); 1:100 (V) las dimensiones adecuadas serán:

Largo: 80 cms. Ancho: 3cm

Rayado de la reglilla:

Trazado segmentado a 2,00 mm del borde superior: representa 20 cm, a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo inmóvil.

Traza lleno a 11,00 mm del borde superior y de 10 cms de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla. Representa altura de los ojos del observador ($h_1 = 1,10$ m)

Traza lleno a 12 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla. Representa altura de vehículo ($h_5 = 1,20$ m)

2.8.6 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. En muchos casos puede reemplazarse con ventaja un alineamiento recto de radios comprendidos entre 5000 y 7500 metros.

2.8.7 Longitudes máximas en recta

Se procurará evitar longitudes en recta superiores a:

$$L_r = 20 V_p$$

L_r = Largo en m de la alineación recta (m)

V_p = Velocidad de proyecto de la carretera (km/h)

En caminos bidireccionales de dos carriles, a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones con visibilidad para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes. Sin embargo, rectas de longitud comprendida entre $8V_p$ y $10 V_p$, enlazadas por curvas cuya V_e sea mayor o igual que la V_{85} , cubren adecuadamente esta necesidad.

2.8.8 Longitudes mínimas en recta

Se debe distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curvas en "S" de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido.

Curvas en "S"

En nuevos trazados deberá existir coincidencia entre el término de la clotoide de la primera curva y el inicio de la segunda curva.

En las recuperaciones o cambios de estándar, se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que:

$$L_{rs\ max} = 0,08 * (A_1 + A_2)$$

Donde:

A_1 y A_2 = Parámetros de las clotoides respectivas.

Tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto que ya no opera como una curva en S propiamente tal, y están dados por:

$$L_r\ mín = 1,4V_p$$

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 y ondulado suave con velocidades de proyecto medias y altas.

La siguiente tabla muestra los valores deseables y mínimos según tipo de terreno y V_p .

Tabla 6 Longitudes mínimas en función del terreno y la velocidad.

V_p (km/hr)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno llano y ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Fuente: Manual geométrico de carreteras ABC

Los valores indicados corresponden a deseables y 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 ó 3%)

El empleo de valores bajo los deseables sólo se aceptará si no es posible reemplazar las dos curvas por una sola de radio mayor, o bien, enlazar ambas curvas mediante una

clotoide intermedia formando una ovoide, o dos clotoides y una circular intermedia (Ovoide doble).

Curvas circulares

En la siguiente figura se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular.

Donde:

Vértice = (Vn) Punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.

Angulo = (α) Entre dos alineaciones, medido a partir de la alineación de entrada, en el sentido de los punteros del reloj, hasta la alineación de salida.

Angulo = (ω) De deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.

Radio = (R) De curvatura del arco de círculo (m)

Tangentes = (T) Distancias iguales entre el vértice y los puntos de tangencia del arco de círculo con las alineaciones de entrada y salida (m). Determinan el principio de curva PC y fin de curva FC.

Bisectriz = (S) Distancias desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m).

Desarrollo = (D) Longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m)

Peralte: (e) Valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Ensanche = (E) Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.

Radio mínimos absolutos

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

$$R_{mín} = \frac{V_p^2}{127 * (e_{max} + f)}$$

Donde:

Rmín = Radio mínimo absoluto (m)

Vp = Velocidad de proyecto (km/h)

emax = Peralte máximo correspondiente a la carretera o el camino (m/m)

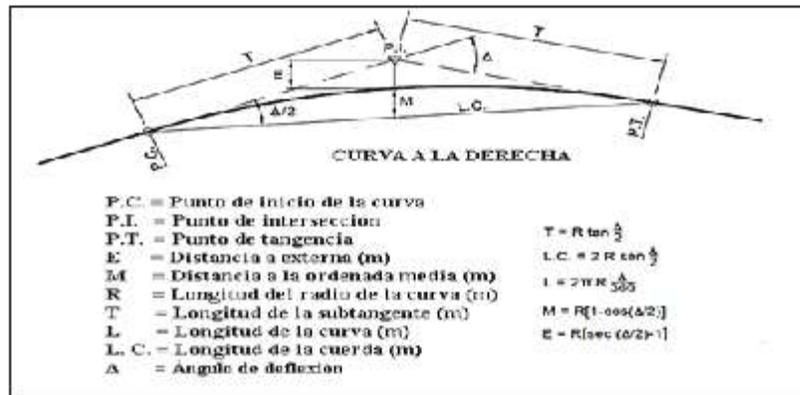
f = Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp.

Tabla 7 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal

	emax	f
Caminos Vp 30 a 80 km/h	7%	$0,265 - V/602,4$
Carreteras Vp 80 a 120 km/h	8%	$0,193 - V/1134$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

Fig. 20 Elementos curva circular.



Fuente: Manual de

diseño geométrico de carreteras ABC

Tabla 8 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos colectores – locales – desarrollo			
Vp	emax	f	Rmín
Km/h	(%)		(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	0,098	540
120	8	0,087	700

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

2.8.9 Peraltes en curvas circulares

Con el peralte tipo I, el pavimento rota alrededor del eje central. Alrededor de una curva de lado izquierdo, el borde derecho del pavimento comienza a moverse hacia arriba. Al comenzar el peralte, se mueve a un ritmo de cambio continuo a través de corona eliminada, corona reversa hasta llegar a la máxima peralte. El borde izquierdo del pavimento no se mueve hacia abajo hasta que el borde derecho no alcanza la corona reversa. Entonces el borde izquierdo se mueve hacia abajo al mismo ritmo en que el borde derecho se mueve hacia arriba hasta llegar a la máxima peralte. El eje central (El punto de rotación) no cambia el perfil.

El peralte utiliza los procedimientos del método 5 de ASSHTO para determinar las distancias de transición de peralte y la velocidad de peralte máximo (AASHTO geometric design of Highways and Streets, pp 152-164, 1990 and pp 153-166, 1994). Con este procedimiento se obtiene tres soluciones posibles para la distancia de flujo de peralte.

Los resultados de esta tabla fueron redondeados en 5 metros para proyectos del sistema métrico.

Este valor se puede calcular aproximadamente con las siguientes expresiones:

Métrico

Para velocidades ≤ 50 KPH

$$SR = \frac{V_D^3}{(28) * (R)}$$

Para velocidades > 50 KPH

$$SR = (V_D) * (2Seg) * \left(\frac{100 \frac{m}{km}}{60 \frac{min}{hr} * 60 \frac{seg}{min}} \right)$$

$$SR = w * e * MRS$$

Donde:

SR = Distancia de flujo de peralte

VD = Velocidad de diseño

w = Ancho de senda horizontal

e = Ritmo de peralte calculado

MRS = Pendiente relativa máxima

El valor de SR mínimo es el más grande de los tres valores SR calculados a partir del valor SR calculado, se calculan las distancias X, Y y TR. Las distancias X e Y se calculan aunque no haya espirales. La distancia TR se calcula de manera diferente según haya o no espirales en el diseño.

El valor X se calcula con:

$$X = \frac{SR * C}{e}$$

Donde:

X = Distancia desde el comienzo del peralte hasta donde se elimina la corona adversa.

SR = Distancia de flujo de peralte

C = Pendiente transversal de pavimento

e = Ritmo de peralte calculado

El valor Y se calcula con:

$$Y = 2 * X$$

Donde:

Y = Distancia desde el comienzo del peralte hasta donde la senda exterior alcanza la corona reversa.

X = Distancia desde el comienzo del peralte hasta donde se elimina la corona adversa.

El valor TR se calcula de dos maneras:

$$TR = X + SE * SR$$

(Curvas sin espiral)

$$TR = X$$

(Curvas espiraladas)

Donde:

TR = Distancia de flujo de tangente calculada

X = Distancia desde el comienzo del peralte hasta donde se elimina la corona adversa

SE = Porcentaje de peralte aplicado antes de la curva circular.

SR = Distancia de flujo de peralte.

2.8.10 Sobreancho en curvas circulares

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino, 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 requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las huelgas teóricas adoptadas, (Valores medios).

Las huelgas teóricas consideradas para los vehículos comerciales de 2,6 m de ancho, en recta y en curva, según el ancho de una calzada de dos carriles, son:

Tabla 9 Sobreanchos en recta y curva para calzadas de 6,0 m. y 7,0 m.

Calzada de 7,0 m		Calzada de 6,0 m	
En recta	En curva ensanchada	En recta	En curva ensanchada
h1	0,5 m	0,3 m	0,45 m
h2	0,4m	0,1m	0,05 m
h2 ext.	0,4 m	0,1m	0,0 m

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras 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 del carril por la que circula (En recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

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

Calzada bidireccional = flujo ≥ 15 veh tipo i/día en ambas direcciones

Calzadas unidireccionales = flujo ≥ 40 veh tipo i/día en cada dirección

Como mínimo se considerarán ensanches para dos vehículos tipo con $L_0 = 9,5$ m. 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 estipuladas precedentemente, así como para dimensiones diferentes de las señaladas en la siguiente tabla.

Ensanche de la calzada E (m) (Permite el cruce de 2 vehículos del mismo tipo manteniendo huelgas H1 Y H2)

Tabla 10 Ensanche calzada en recta 7.0 m

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) $0,5 \text{ m} \leq E \leq 30 \text{ m}$ $E = e \text{ int} + e \text{ ext}$ $h1 = 0,6 \text{ m}$ $h2 = 0,4 \text{ m}$					
Camión unid. simple lt = 11,0* Bus corriente lt = 12,0	lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$3-0 \leq R \leq 130$
Bus de turismo Lt = 13,2* Bus de turismo lt = 14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Semitráiler lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) - 0,20$	0,7 0E	0,3-0 E	$45 \leq R \leq 190$
Semitráiler lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 ,122				$6-0 \leq R \leq 260$
Semitráiler lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5				$85 \leq R \leq 380$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC

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

Tabla 11 Ensanche calzada en recta 6.0 m

Tipo de vehículo (lt en m)	Parámetro de cálculo (m)	E (m)	E.int (m)	E.ext (m)	Radios límite (m)
Calzada en recta 6,0m (n = 2) $0,35 \text{ m} \leq E \leq 3,20 \text{ m}$ $h1 = 0,45 \text{ m}$ $h2 = 0,05 \text{ m}$					
Camión unid. simple lt=11,0* Bus corriente lt=12,0	o = 9,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus de turismo lt=13,2* Bus de turismo Lt-14,0*	lo = 10,5 lo = 10,6	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$
Semitráiler lt=16,4	L1 = 5,6 L2 =10,0	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$45 \leq R \leq 650$
Semitráiler Lt-18,6*	l1 = 5,6 L2 =12,2	$((L1^2 + L2^2)/R) + 0,20$	55 E	0,45 E	$65 \leq R \leq 850$
Semitráiler Lt-22,4*	l1 = 5,6 L2 = 15,5	No corresponde a caminos con calzada 6,0 m			

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC

Si $e_{int} \leq \text{calculado} \leq 0,35$ se adopta $e_{ext} = 0$ y se da todo el ensanche E en e_{int} .

Donde:

L_t = Largo total del vehículo * indica largo máximo legal

Unidades simples (Camiones y buses):

L_o = Distancia entre parachoques delantero y último eje trasero

Semitráiler:

L_1 = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión tractor

L_2 = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del tándem trasero

Camión con acoplado:

El conjunto con $L_t = 20,5$ m (Max legal) puede operar en los ensanches diseñados para el semitráiler con $L_t = 18,6$ m y cualquier conjunto con $L_t \leq 19,5$ m puede hacerlo en los diseños para el semitráiler con $L_t = 16,4$ m.

Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60$ km/h alternativa con calzada en recta 7,0 m ($n=2$) y $h_1 = 0,45$ m; h_2 0,05 0,35 m $\leq e \leq 3,0$ m

Tabla 12 Calzada en recta 7,0 m

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 $L_1 \cdot 11,0^*$ Bus corriente $L_t = 12,0$	$L_o \cdot 9,5$	$(L_o^2/R) - 0,85$	$0,55 E$	$0,45E$	$25 \leq R \leq 75$
Bus de turismo $t_1 \cdot 13,2^*$ Bus de turismo $L_t = 14,0^*$	$L_o \cdot 00,5$ $L_o \cdot 10,6$	$(L_o^2/R) - 0,85$	$0,55 E$	$0,45E$	$30 \leq R \leq 95$
Semitráiler $L_t = 16,4$ Semitráiler $L_t = 18,6^*$	$L_1 = 55,6$ $L_2 = 10,0$ $L_t = 5,6$ $L_2 = 12,2$	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$ $((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,80$	$0,55E$ $0,55E$	$0,45E$ $0,45E$	$35 \leq R \leq 115$ $50 \leq R \leq 155$
Semitráiler $L_t = 22,4^*$	No corresponde a caminos con $V_p \leq 60$ km / hr				

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC

Adicionalmente la tabla indica la proporción del ensanche total que se debe dar al carril interior “ e_{int} ” y al carril exterior “ e_{ext} ”.

El ensanche total “E (m)” se limitará a un máximo de 3,0 m y un mínimo de 0,5 m en calzadas de 7,0 m y a un máximo de 3,20 m y un mínimo de 0,35 m en calzadas de 6,0 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 6,0 m de ancho, pueden existir curvas con radios menores o iguales que 65 m, los que según sea el vehículo tipo considerado, requerirían ensanches mayores que los máximos establecidos, no siendo posible entonces el cruce de dos vehículos tipo dentro de la curva; en estos casos sólo 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 existen 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 requieren ensanche crece significativamente para los vehículos tipo de mayor tamaño.

2.8.11 Curvas con arcos de transición

La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética.

El uso de estos elementos permite que un vehículo circulando a la velocidad específica correspondiente a la curva circular, se mantenga en el centro de su carril. Esto no ocurre, por lo general, al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su carril e incluso lo puede hacer invadir la adyacente, con el peligro que ello implica.

En general, la espiral de Euler, que también se conoce como la clotoide, se utiliza en el diseño de curvas de transición espiral. El radio varía desde el infinito en el extremo de la tangente espiral al radio del arco circular en el extremo que linda el arco circular. Por definición, el radio de curvatura en cualquier punto de una espiral de Euler varía inversamente con la distancia medida a lo largo de la espiral.

La siguiente ecuación, desarrollado en 1909 por Shortt para la consecución gradual de la aceleración lateral en las curvas horizontales:

$$L = \frac{0,0214 * V^3}{RC}$$

Donde:

L = Longitud mínima de espiral, m.

V = Velocidad, km / h.

R = Radio de la curva, m.

C = Tasa de incremento de aceleración lateral, m/s³.

Fig. 21 Curvas con arcos de transición.



Fuente Cárdenas G, J. Diseño geométrico de carreteras

El factor C es un valor empírico que representa los niveles de confort y seguridad proporcionados por la curva espiral. El valor de C es una constante que van desde 0,3 hasta 0,9 m/s³ se han utilizado para las carreteras. A veces, esta fórmula se modifica para tomar en cuenta el efecto del peralte, lo cual resulta longitudes mucho más cortas. Las carreteras no parecen necesitar tanta precisión como se obtiene del cálculo de la longitud de la espiral por esta ecuación o sus modificaciones. Más práctico para la longitud de la espiral es el control que iguala la longitud para el desarrollo del peralte.

Radio máximo para el uso de una espiral, una revisión de orientación sobre el uso de la curva espiral de transición indica una falta de coherencia entre los organismos viales. En general, la mayor parte de esta orientación sugiere que un límite superior en radio de la

curva puede ser establecida de tal manera que sólo radios por debajo de este máximo es probable obtener beneficios de seguridad y de funcionamiento de la utilización de espiral curvas de transición. Este radio límite ha sido establecido por varios organismos sobre la base de una tasa de aceleración lateral mínima. Tales tipos mínimos se han encontrado para variar de 0,4 a 1,3 m/s². El extremo superior de este rango de tasas corresponde al máximo radio de la curva para el que también se ha observado una reducción en el potencial de accidentes. Por estas razones, se recomienda que el radio máximo para el uso de una espiral debe basarse en una mínima tasa de aceleración lateral de 1,3 m/s².

Tabla 13 Radio máximo en función de la velocidad

Sistema métrico		Sistema ingles	
V de diseño (km/h)	Radio máximo (m)	V de diseño (mph)	Radio máximo (ft)
20	24	15	114
30	54	20	203
40	95	25	317
50	148	30	456
60	213	35	620
70	290	40	810
80	379	45	1025
90	480	50	1265
100	592	55	1531
110	716	60	1822
120	852	65	2138
130	1000	70	2479
		75	2846
		80	3238

Fuente: AASHTO Geometric Design of Highways and Streets, pp 152-164, 1990 and pp 153-166, 1994

Longitud mínima de la espiral, varias agencias definen una longitud mínima de espiral sobre la base de la consideración de la comodidad del conductor y los cambios en la posición lateral de los vehículos. Criterios basados en los la comodidad del conductor están destinados a proporcionar una longitud de espiral que permite un aumento cómodo en aceleración lateral como un vehículo entra en una curva. Los criterios basados en el desplazamiento lateral están destinados a asegurarse de que una curva espiral sea suficientemente larga como para proporcionar un cambio en la posición lateral de un vehículo dentro de su carril que está en consonancia con la producida por la trayectoria en espiral natural del vehículo. Se recomienda que estos dos criterios se utilizarán conjuntamente para determinar la longitud mínima de la espiral. Por lo tanto, la longitud mínima de espiral se puede calcular como:

La L_s mín. debería ser el más grande de

$$S_{s\text{ mín}} = \sqrt{24 * (p_{\text{mín}})R}$$
$$L_{s\text{ mín}} = 0,0214 * \frac{V^3}{RC}$$

Donde:

L_s , min = Longitud mínima de espiral, m

p_{min} = Lateral mínimo entre la tangente y curva circular (0,20 m)

R = Radio de la curva circular, m

V = Velocidad de diseño, km / h

C = Velocidad máxima de cambio en aceleración lateral (1,2 m/s³)

Longitud máxima de espiral, la experiencia internacional indica que hay una necesidad de limitar la longitud de curvas espirales de transición. Se han encontrado problemas de seguridad que se produzca en las curvas espirales que son largas (En relación con la longitud de la curva circular). Tales problemas se producen cuando la espiral es tan larga como para confundir al conductor sobre la nitidez de la curva cuando se aproxima.

Longitud deseable de espiral, un estudio reciente de los efectos operativos de curvas con espiral de transición encontró que la longitud de la espiral es un importante control sobre el diseño. Específicamente, se observaron las condiciones de funcionamiento más deseables cuando la longitud de la curva espiral era aproximadamente igual a la longitud de la trayectoria en espiral natural, adoptada por los conductores. Las diferencias entre estas dos longitudes dieron lugar a problemas operacionales asociados con grandes velocidades laterales o cambios de posición lateral en el extremo de la curva de transición. Específicamente, una velocidad lateral grande en una dirección hacia fuera (Con relación a la curva) obliga al conductor a realizar una maniobra de dirección correctiva que se traduce en una ruta de acceso a un radio más agudo que el radio de la curva circular.

Tal radio crítico produce un aumento indeseable en la demanda pico de fricción lateral. Por otra parte, la magnitud de la velocidad lateral suficiente para cambiar de un vehículo dentro del carril adyacente también es indeseable por razones de seguridad. En base a estas consideraciones, deseables longitudes de espirales en curvas de transición

se muestran en el cuadro siguiente. Estas longitudes corresponden a 2,0 s de tiempo de viaje a la velocidad de diseño de la carretera.

Tabla 14 Longitud mínima de espiral deseable

Sistema métrico		Sistema ingles	
V de diseño (km/hr)	Longitud de espiral (m)	V de diseño (mph)	Longitud de espiral (ft)
20	11	15	44
30	17	20	59
40	22	25	74
50	28	30	88
60	33	35	103
70	39	40	117
80	44	45	132
90	50	50	147
100	56	55	161
110	61	60	176
120	67	65	191
130	72	70	205
		75	220
		80	235

Fuente: AASHTO Geometric Design of Highways and Streets, pp 152-164, 1990 and pp 153-166, 1994

Sobreechanco en curvas con arco de enlace

La longitud normal para desarrollar el sobreechanco será de 40 m. Si el arco de enlace es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m. antes del principio de la curva circular. Si el arco de enlace es menor de 40 m. el desarrollo del sobreechanco se ejecutará en la longitud de arco de enlace disponible.

El sobreechanco se generará mediante una variación lineal con el desarrollo:

$$e_n = (E * L) * ln$$

e_n = Ensanche hacia el interior de la curva correspondiente a un punto distante ln metros desde el origen

L = Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de enlace

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

2.9 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL (ALTIMETRÍA)

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o sub – rasante.

El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical deben ser consistentes y balanceados, en forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del segundo.

Por lo tanto, es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma velocidad específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio.

Lo ideal es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones del tránsito y a las características del terreno, generando un proyecto lo más económico posible tanto en su construcción como para su operación.

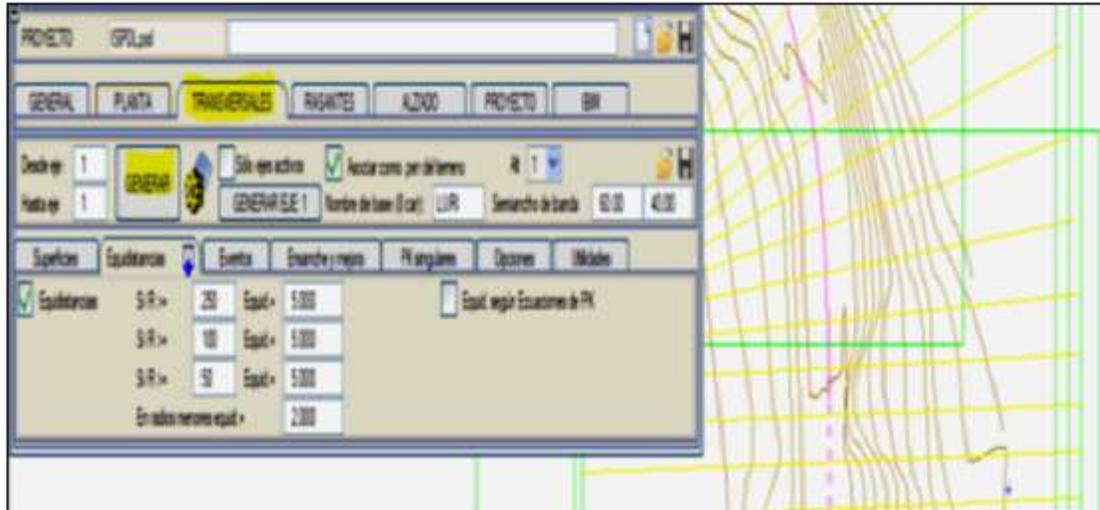
En esta fase se procede a extraer perfiles cuya misión inicial o primaria es la de servir de referencia para el diseño de la rasante, también será el apoyo para construcción de la sección tipo del alzado.

En esta fase puede repetirse las veces que sea necesario dentro del ciclo de diseño típico de un proyecto en el que a menudo es necesario ajustar trazados, modificar el radio de una curva, insertar un eje nuevo, etc.

En lo referente al proyecto de carretera, una vez proyectado el eje en planta corresponde la toma de perfiles transversales de terreno, en este estudio los generamos mediante la triangulación o malla TIN obtenida desde la topografía (Curvas de nivel), y respetando si es recta o curva, se procede a cortar terreno (Perfiles transversales) con el software.

Con estos perfiles generados se obtiene la rasante existente de terreno (Perfil longitudinal del camino existente en la posición coordinada donde se proyectó el eje en planta).

Fig. 22 Carga de malla TIN (Triangulación) generada por topografía.



Fuente: ISTRAM

2.9.1 Rasante

En esta fase BIM permite definir el eje en alzado, mediante rasantes y acuerdos verticales parabólicos o circulares. El entorno de trabajo muestra una vista del diseño en el plano XZ en magnitud real y con una relación de escalas V/H de 10 por defecto, adecuada para distinguir los elementos de diseño:

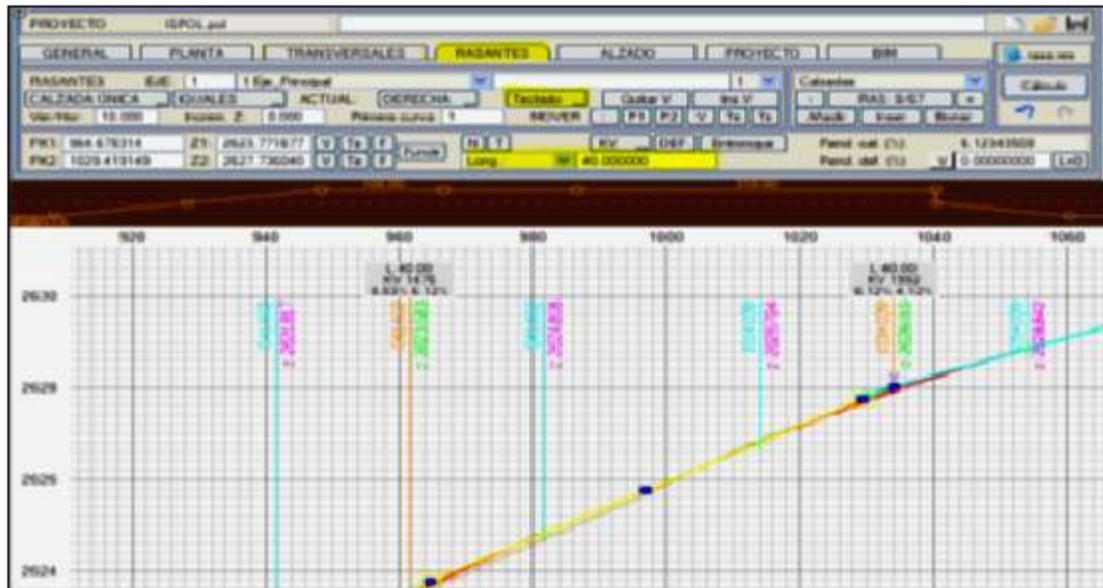
El entorno es muy similar al de las áreas de planta y alzado: Un cuadro de diálogo principal y un menú fijo lateral.

El sistema de coordenadas cambia de X, Y a PK y cota, permitiendo que las entradas de datos sean suministradas por gráfica o numéricamente, mostrándose en el visor el PK y cota de la posición del mismo.

Las medidas efectuadas sobre pantalla informan de la distancia medida, las componentes horizontal y vertical de la misma, la pendiente y el ángulo vertical.

En lo referido al proyecto de carretera, se han tomado los planos CAD del perfil longitudinal de los 10 kilómetros y se ha introducido por teclado los acuerdos verticales: vértices y curvas verticales con las longitudes indicadas en los planos.

Fig. 23 Generación de rasante con ingreso de datos con teclado.



Fuente: ISTRAM

2.9.2 Trazado en alineamiento vertical

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de perfil longitudinal del proyecto.

La rasante determina las características en el alineamiento vertical de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado.

Las curvas verticales de acuerdo entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. En todo punto de la carretera debe existir por lo menos la visibilidad de frenado que corresponda a la V^* del tramo.

El trazado en el alineamiento vertical está controlado principalmente por la:

Categoría del camino

Topografía del área

Trazado en horizontal y velocidad V* correspondiente

Distancias de visibilidad

Drenaje

Valores estéticos y ambientales

Costos de construcción

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los pilares de nivelación del Instituto Geográfico Militar.

2.9.2.1 Inclinación de las rasantes y pendientes máximas

La siguiente tabla establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Tabla 15 Pendientes máximas

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 – 12	10 – 9	9	-	-	-	-	-	-(1)	-
Local	-	9	8	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: Manual geométrico de carreteras ABC

(1) 110 km/h no está considerada dentro del rango de Vp asociadas a las categorías

En camino de alta montaña, cuando se superan los 2500 m sobre el nivel del mar.

La pendiente máxima deberá limitarse a la siguiente tabla:

Tabla 16 Pendiente máxima en función de la altura s.n.m.

Altura s.n.m.	Velocidad de proyecto (km/hr)					
	30	40	50	60	70	80(1)
2500 – 3000 m	9	8	8	7	7	7/5(1)
3100 – 3500 m	8	7	7	6,5	6,5	6/5
Sobre 3500 m	7	7	7	6	6	5/4,5

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC

Valor máx caminos / valor máx carreteras

2.9.3 Pendientes mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se distinguirán los siguientes casos particulares:

Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 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.

Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0,5% y mínima absoluta 0,35%.

En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal se anula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0,5% y en lo posible mayor.

Si los casos analizados precedentemente 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.

2.9.4 Enlaces de rasantes – curvas verticales de enlace

El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan, queda definido por la expresión:

$$\theta \text{ radianes} = i_1 - i_2$$

Es decir θ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición:

+ Pendiente de subida según el avance de Dm

- Pendiente de bajada según avance de Dm

Toda vez que la deflexión θ es igual o mayor que $0,5\% = 0,005$ m/m, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se podrá prescindir de la curva de enlace ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

La curva a utilizar en el enlace de rasantes será una parábola de segundo grado, que se caracteriza por presentar una variación constante de la tangente a lo largo del desarrollo, además de permitir una serie de simplificaciones en sus relaciones geométricas, que la hacen muy práctica para el cálculo y replanteo.

La siguiente figura ilustra el caso de curvas verticales convexas y cóncavas, e incluye las expresiones que permiten calcular sus diversos elementos.

La deflexión θ se repite como ángulo del centro para una curva circular de radio R , que sea tangente a las rasantes a enlazar, en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. La parábola y la curva circular mencionadas son en la práctica muy semejantes, tanto así que el cálculo teórico de la curva de enlace requerida por concepto de visibilidad se hace en base a la curva circular, en tanto que el proyecto y replanteo se ejecuta en base a la parábola.

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

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

Donde:

i_1 y i_2 están expresados en m/m

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

Finalmente, dentro del rango de aproximaciones aceptadas, el desarrollo de la curva de enlace se identifica con:

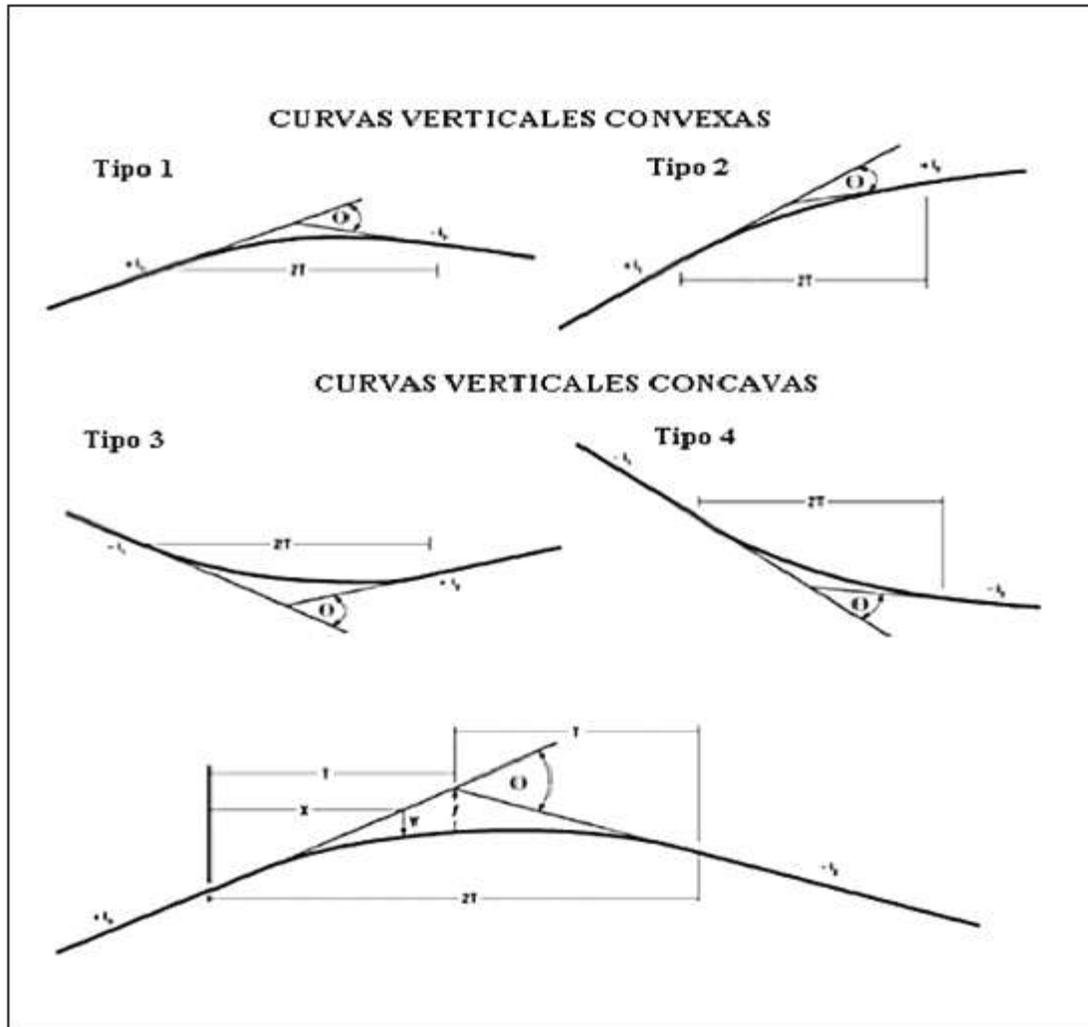
$$L_v = 2 * T$$

Donde:

$2T$ = Proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

En definitiva, para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas reducidas a la horizontal y vale:

Fig. 24 Tipos de curvas verticales.



Fuente: Manual de diseño geométrico ABC

$$2 * T = K * \theta = K * (i_1 - i_2)$$

2.9.5 Criterios de diseño para curvas verticales

Las curvas verticales deben asegurar en todo punto del camino la visibilidad de frenado, ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.

En calzadas bidireccionales, si las condiciones lo permiten, el proyectista podrá diseñar curvas de enlace por criterio de visibilidad de adelantamiento, con lo que se asegura sobradamente la visibilidad de frenado.

El cálculo de curvas verticales presenta dos situaciones posibles, a saber:

$$D_v < 2 * T$$

$$D_v > 2 * T$$

La presente norma considera como situación general el caso $D_v < 2T$ ya que: representa el caso más corriente, implica diseños más seguros y la longitud de curva de enlace resultante de $D_v > 2T$, normalmente debe ser aumentada por criterio de comodidad y estética.

En curvas verticales convexas o cóncavas del tipo 1 y 3, la visibilidad de frenado a considerar en el cálculo del parámetro corresponde a la distancia de frenado de un vehículo circulando a velocidad V^* en rasante horizontal. Ello 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 2 y 4 el tránsito de bajada requiere una mayor distancia de visibilidad de frenado, que resulta significativa para pendientes sobre -6% para 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, o bien eligiendo el parámetro correspondiente a $V^* + 5$ km/h, que da un margen de seguridad adecuado.

2.9.6 Parámetros mínimos por velocidad de frenado

Curvas verticales convexas: Se considera la distancia de frenado sobre un obstáculo fijo situado sobre el carril de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de este carril. El parámetro queda dado por:

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

Donde:

K_v = Parámetro curva vertical convexo (m)

D_f = Distancia de frenado $f(V^*)$ m

h_1 = Altura ojos del conductor 1,10 m

h_2 = Altura obstáculo fijo 0,20 m

Luego:

$$K_v = \frac{D_f^2}{4,48}$$

Curvas verticales cóncavas: Se considera la distancia de frenado nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. El parámetro queda dado por:

$$K_c = \frac{D_f^2}{2 * (h + D_f * \text{Sen}(\beta))}$$

Donde:

K_c = Parámetro curva vertical cóncavo (m)

D_f = Distancia de frenado $f(V_p)$ (m). (Se considera que de noche los usuarios no superan V_p)

h = Altura focos del vehículo = 0,6 m

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

Luego:

$$K_c = D_f^2 * (1,2 + 0,035 * D_f)$$

En la siguiente tabla se resumen los valores de K_v calculados según la expresión precedente considerando D_f para $V^* = V_p$ y los valores adoptados para K_v si $V^* = V_p + 5$ ó $V_p + 10$, los que están minorados dentro de límites de seguridad razonables. Los valores de K_c se calculan sólo en función de V_p . Para velocidades de 50 km/h y menores, los valores de la tabla se han incrementado respecto de los valores teóricos dados por las expresiones de cálculo.

Tabla 17 Curvas verticales convexas K_v y curvas verticales cóncavas K_c

Velocidad de proyecto V_p (km/h)	Curvas convexas K_v			Curvas cóncavas K_c
	$V^*=V_p$ km/h	$V^*=V_p + 5$ km/h	$V^*=V_p + 10$ km/h	V_p km/h
30	300	300	300	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: Diseño geométrico de carreteras ABC

2.9.7 Longitud mínima de curvas verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 * T(m) \geq \left| V_p * (Km/hr) \right|$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h.

En los casos en que la combinación parámetro mínimo ángulo de deflexión θ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determinará el parámetro mínimo admisible a partir de:

$$K = \frac{2 * T_{\text{mínimo}}}{\theta} = \frac{V_p}{\theta}$$

2.9.8 Parámetros mínimos por visibilidad de adelantamiento

En este caso, a considerar en caminos bidireccionales, tienen relevancia 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.

$$K_a = \frac{D_a^2}{2 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_5})^2}$$

Donde:

El parámetro mínimo para curvas convexas por condiciones de adelantamiento está dado por:

K_a = Parámetro mínimo para visibilidad adelantamiento (m)

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

h_1 = Altura ojos conductor 1,10 (m)

h_5 = Altura vehículo en sentido contrario 1,2 (m)

Luego:

$$K_a = \frac{D_a^2}{9,2}$$

Parámetro mínimo curvas verticales convexas para asegurar visibilidad de adelantamiento

Tabla 18 Ka mínimo curvas verticales

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

Fuente: Manual geométrico de carreteras ABC

Los valores de Ka que figuran en la anterior tabla, calculados para $Da < 2T$, que será el caso real toda vez que se tenga $V \geq 60$ km/h y $\theta \geq 0,025$. De hecho, para las visibilidades de adelantamiento adoptadas en este manual, los parámetros Ka resultan prohibitivos para $V > 60$ km/h. Eventualmente, para velocidades muy bajas y θ moderados se cumplirá que $Da > 2T$ y calculando con la expresión correspondiente, se logra reducir el parámetro requerido para asegurar Da.

2.10 LA SECCIÓN TRANSVERSAL

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

Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

2.10.1 Alzado

En esta fase se diseñará la sección transversal correspondiente al proyecto de carretera que se viene desarrollando. En lo referido al proyecto de carretera, se generó el corredor con sus correspondientes secciones típicas y estructuras.

2.10.1.1 Alzado - zona de cálculo

En este apartado se definirá el corredor del proyecto, del Km 0+000 al Km 10+000. Se controlarán las estructuras de los puentes y la sección típica general del tramo de estudio.

Fig. 25 Datos de Sondeo y definición de zonas de calculo

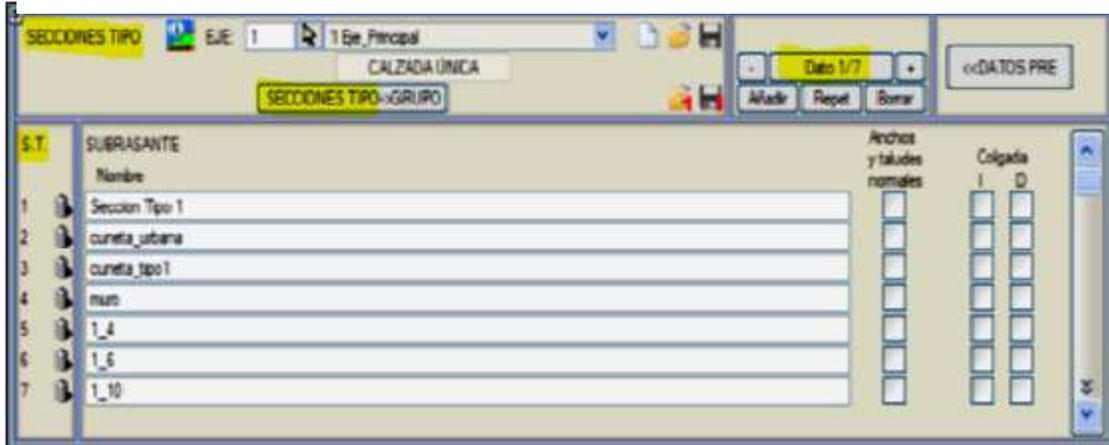
TRAMO	ST_J	ST_f	Vaducto	V	V+I	R	R2	R3	R4	R5	R6	Lados	P.K. INICIAL	P.K. FINAL
1	1	0	No (T-T)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	0.000	3910.500
2	1	0	Si (E-E)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	3910.500	3919.500
3	1	0	No (T-T)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	3919.500	4756.700
4	1	0	Si (E-E)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	4756.700	4762.000
5	1	0	No (T-T)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	4762.000	5716.500
6	1	0	Si (E-E)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	5716.500	5721.500
7	1	0	No (T-T)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2 Lados	5721.500	6028.383

Fuente: ISTRAM

2.10.1.2 Alzado - secciones tipo

En este apartado se definirán las secciones típicas que gobernarán el proyecto a desarrollar, por ejemplo, se tiene cuneta rectangular en zona urbana, cuneta triangular,

Fig. 26 Sección Tipo Alzado



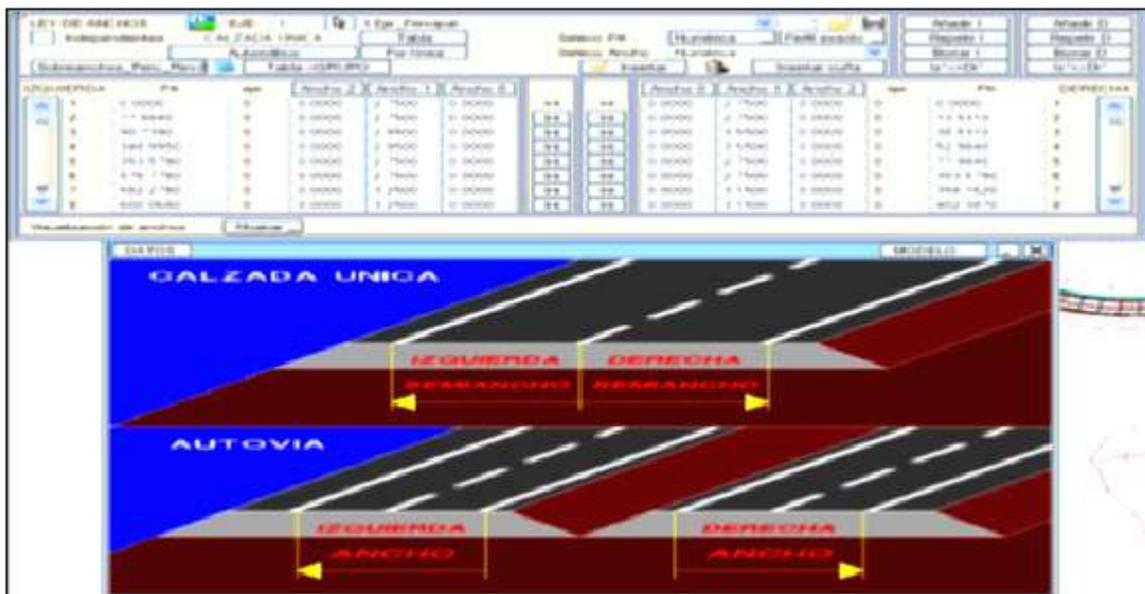
muros en terraplén y distintos taludes.

Fuente: ISTRAM

2.10.1.3 Alzado - definición de anchos de carril (Sobreanchos)

En este apartado definiremos el ancho del carril del proyecto en tangente y los correspondientes sobreanchos que se generen en cada curva en función del radio.

Fig. 27 Generación de anchos y sobreanchos en función de la normativa ABC.



Fuente: ISTRAM

2.10.1.4 Alzado – peraltes

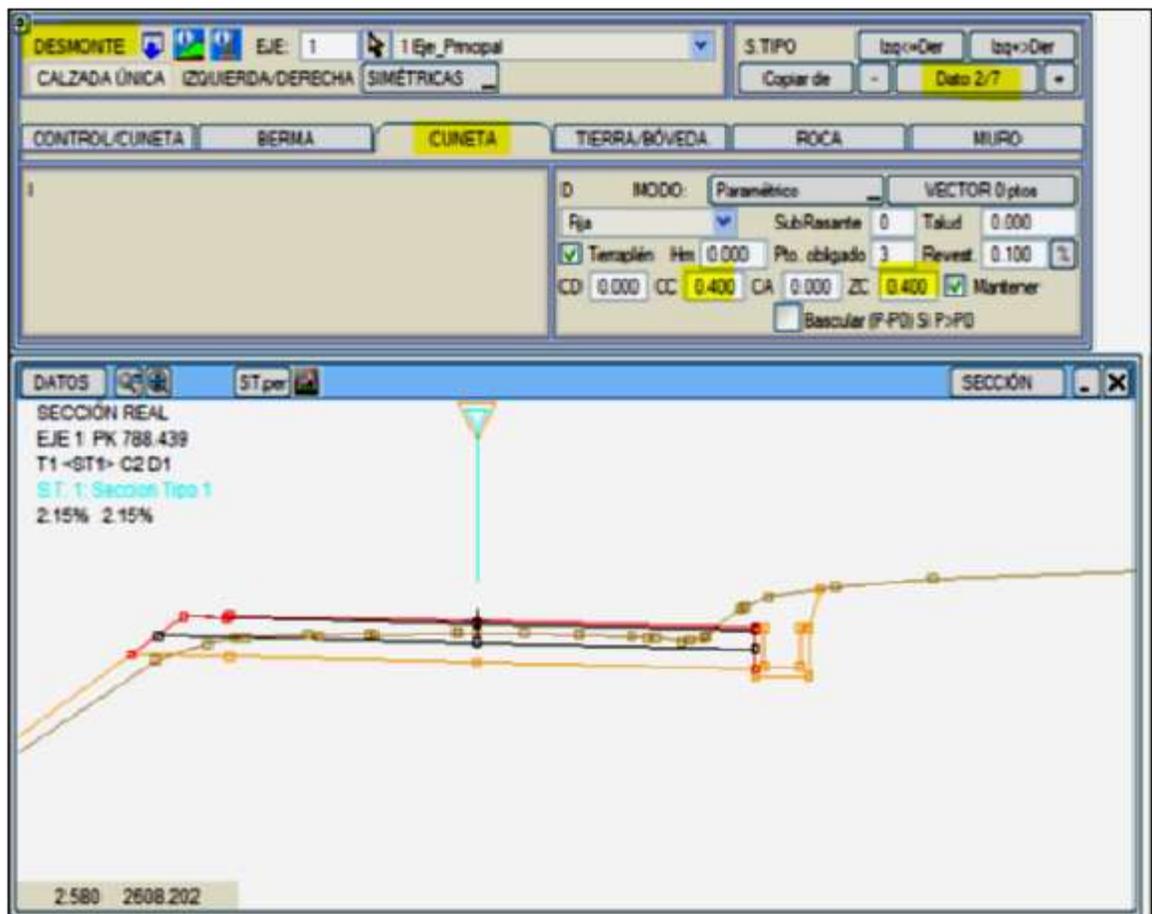
En este apartado el software definirá de manera interactiva los peraltes en las curvas del proyecto en función a las tablas de la normativa ABC; tomando en cuenta el peralte máximo y el bombeo en tangente.

2.10.1.5 Alzado – desmante (Corte)

En este apartado definiremos la zona de corte de la sección típica de nuestro corredor (Zona de cálculo).

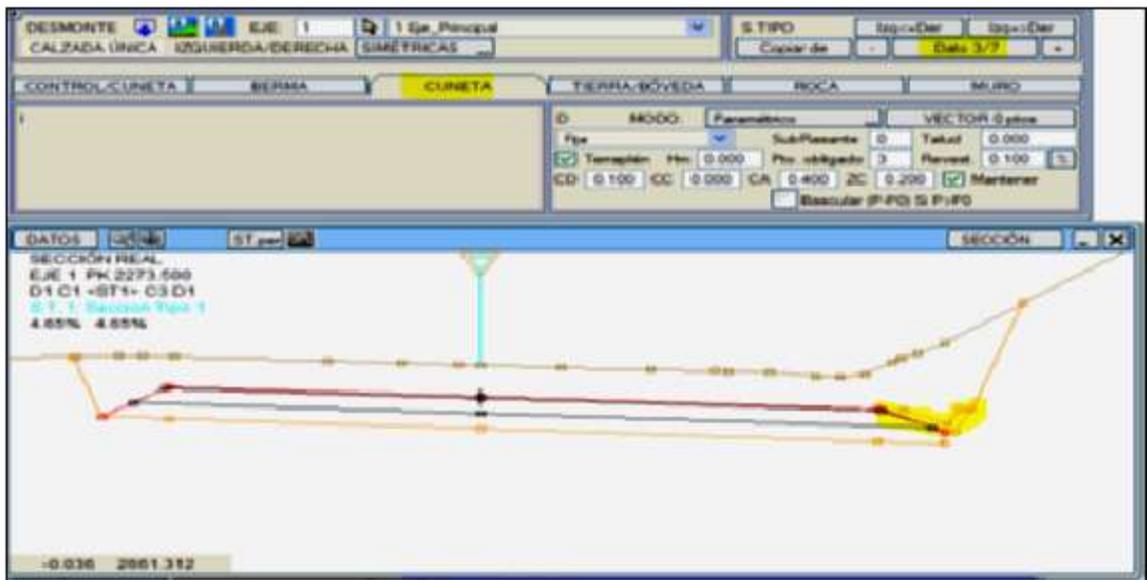
En el caso de las banquetas de corte, se definen la altura, ancho y la inclinación de estos; adicional a ellos se puede definir el exceso de altura permitido para el último talud y la pendiente de estas.

Fig. 28 Definición de cunetas



Fuente: ISTRAM

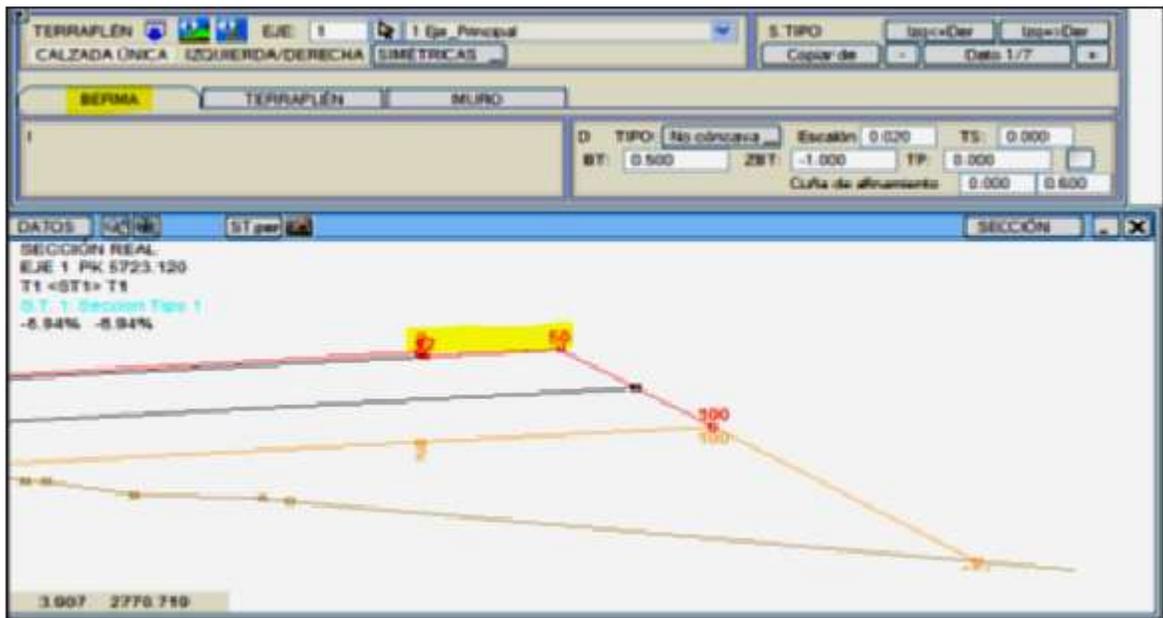
Fig. 29 Sección típica correspondiente a cuneta triangular.



Fuente: ISTRAM

2.10.1.6 Alzado – terraplén (Relleno)

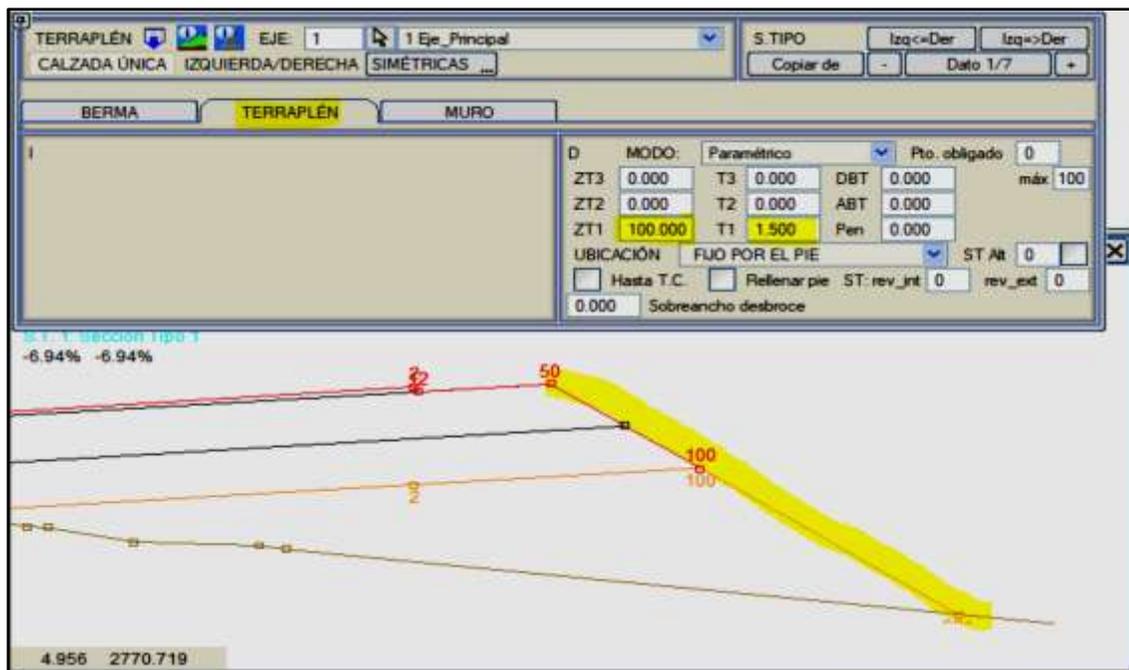
Fig. 30 Sección típica correspondiente al sobrecargo de compactación.



Fuente: ISTRAM

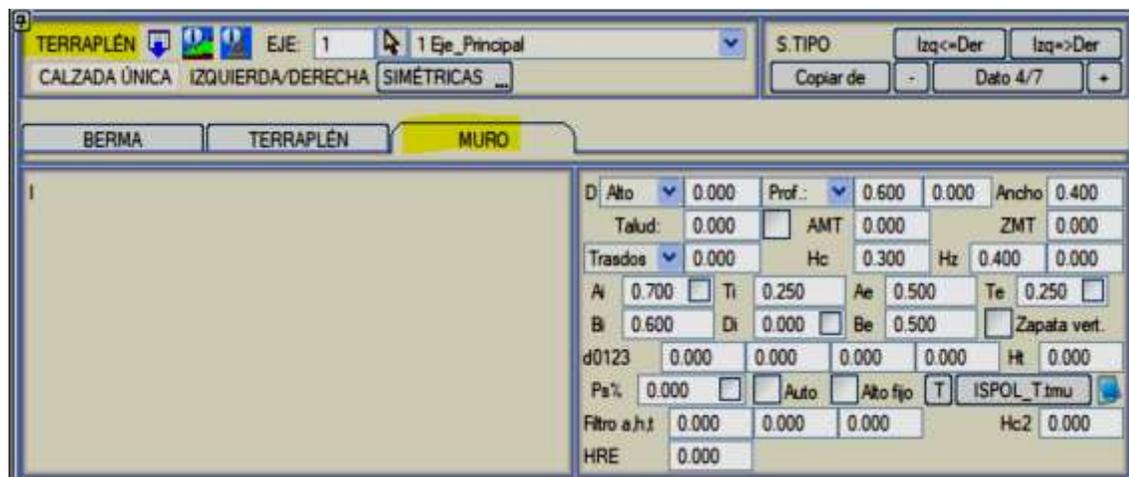
En este apartado se define la zona de relleno de la sección típica de nuestro corredor (Zona de cálculo). Usualmente se define la sección del talud de relleno, sobrecancho de

Fig. 31 Sección típica correspondiente al talud de relleno 1: 1.5



Fuente: ISTRAM

Fig. 32 Sección típica correspondiente a muros de sostenimiento



Fuente: ISTRAM

compactación y muros de sostenimiento.

2.10.1.7 Alzado – estructuras

En este apartado se define las 3 estructuras (Pontones) que contempla el expediente técnico de la carretera en estudio.

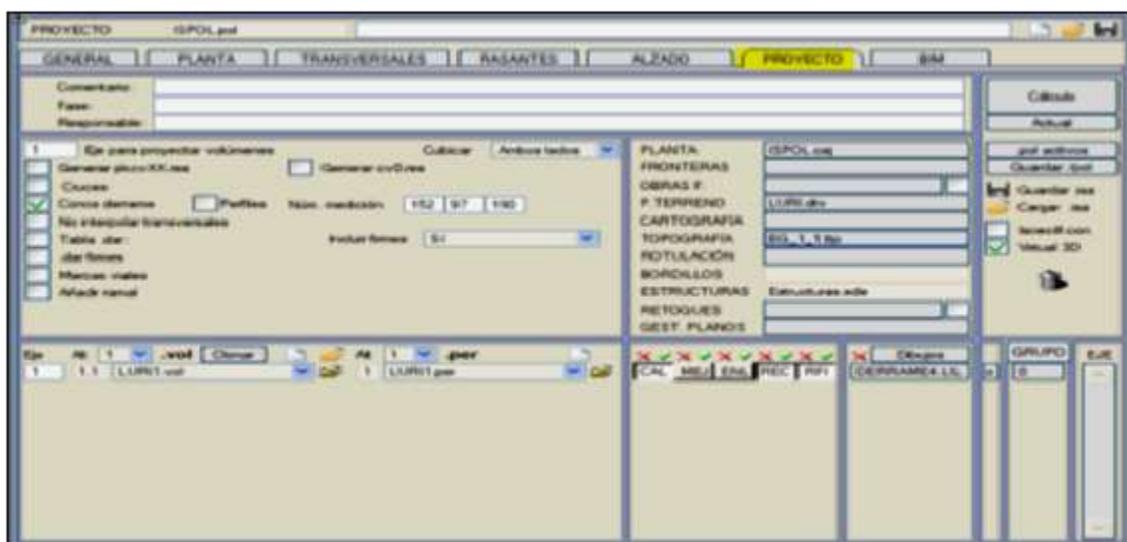
Al realizar los metrados correspondientes en estos sectores serán Área de Corte y Relleno = 0.00 m³. Estas estructuras se asocian para su representarlos tanto en planta (Utilizando por ejemplo el modo de dibujo derrame4.lil) como en alzado bajo la representación del perfil longitudinal, así como los correspondientes conos de derrame para su cubicación y dibujo en planta.

2.10.1.8 Fase BIM

En esta fase BIM también llamada tabla de proyecto, despliega el cuadro de diálogo que contiene la información sobre todos los ficheros de datos involucrados en la definición del proyecto. En lo referente al proyecto se tiene asociado el eje del proyecto, las curvas de nivel obtenidos del CAD y que serán al final como producto final un POL “Proyecto de Obra Lineal”; esta es la etapa final de cálculo para obtener los entregables: metrados y planos del proyecto (Secciones transversales y planta-perfil).

Además, se genera una presentación grafica del proyecto en planta; donde se representan los cortes, rellenos, estructuras, líneas de cunetas, muros, sobreeanchos, bordes de camino, etc.

Fig. 33 Configuración del proyecto.



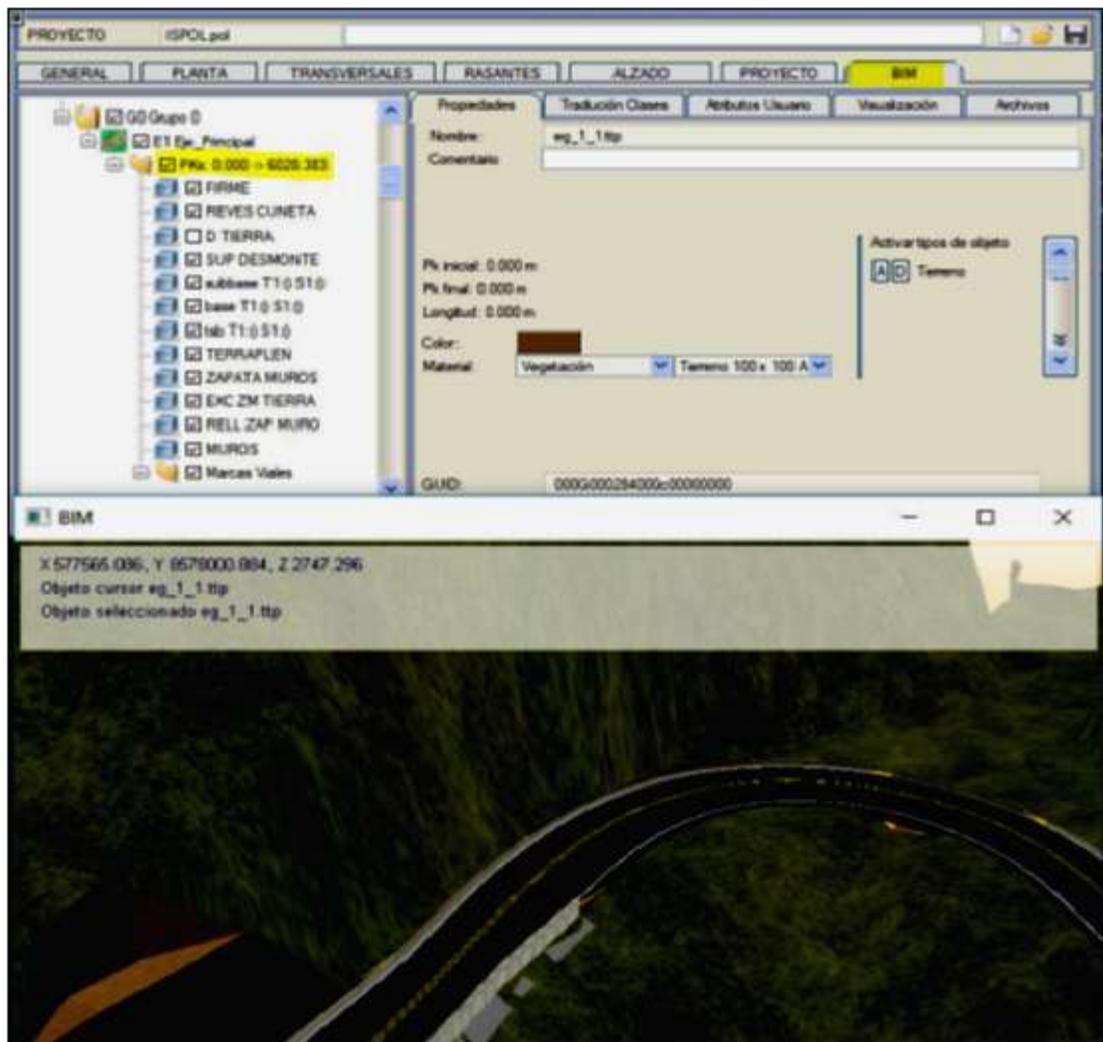
Fuente: ISTRAM

2.10.1.9 Generación de geometría

En esta fase el software genera la geometría BIM de los proyectos de obra lineal. A partir de la información de dichos proyectos se generan los volúmenes definidos en las tablas del programa y se asocian otros elementos 3D como marcas viales, estribos, derrames, pozos, obras de fábrica, entre otros.

Esta información puede guardarse en múltiples formatos. En lo referente al proyecto se generara el modelo BIM de los 10 kilómetros de estudio, este modelo nos permitirá ver la estructura de la información del proyecto.

Fig. 34 Proyección virtual en 3D.



Fuente: ISTRAM

2.10.2 La plataforma

Se llama “plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobrecanchos de plataforma (SAP) y su cantero central, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.

El ancho de la plataforma será entonces la suma de los anchos de sus elementos constitutivos, cuyas características se definen en esta sección.

Casos especiales de plataforma son aquéllas de las carreteras unidireccionales con calzadas independientes y las correspondientes a caminos sin pavimentar. En el primer caso, la vía tendrá dos plataformas independientes. En el segundo, calzadas, bermas y sobrecanchos configuran un todo único no diferenciable a simple vista.

2.10.3 La calzada

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

La calzada está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que éstos adelanten a otros más lentos.

Existen ciertos tipos de carriles especiales, con funciones específicas, que aumenta sólo localmente el ancho de una calzada. Estos son los carriles lentos y carriles rápidos, los carriles de trenzado y los carriles de cambio de velocidad. Todas ellas son estrictamente unidireccionales.

Las calzadas pueden ser pavimentada o no. Si son pavimentadas, quedarán comprendidas entre las bermas. La demarcación de ejes y bordes que ayuda a definir los carriles y el ancho total de la calzada.

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

2.10.4 Las bermas

Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la(s) calzadas(s). Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

En pavimentos de hormigón que consulten ensanches hacia la berma como parte del diseño estructural, la berma podrá contar con un sector en hormigón y el saldo para completar su ancho, se dará con una capa asfáltica de 0,05 m de espesor mínimo, apoyada sobre una base granular de CBR 80%, cuyo espesor será el existente entre la subbase y la cara inferior de la capa. Si el pavimento de hormigón no consulta un sobreancho estructural, la berma se construirá según se indica para los pavimentos asfálticos.

En pavimentos asfálticos multicapas, la berma constituirá una prolongación de la capa de rodadura del pavimento, la que deberá tener un espesor mínimo de 0,05 m el que se mantendrá en la berma. En los tratamientos superficiales la berma se revestirá prolongando el tratamiento de la calzada hacia la berma.

Si la carretera tiene 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 cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Para lograr dichos objetivos se consultan los sobreanchos de la plataforma "SAP", que confinan la estructura de las bermas y en los que se instalarán las barreras de seguridad y la señalización vertical.

2.10.5 La sección transversal de la infraestructura

Se incluirán en esta sección aquellos elementos de perfil transversal que delimitan las obras de tierra en su cuerpo principal: terraplenes y cortes, determinando la geometría de éstos y posteriormente sus volúmenes.

Estos elementos son: la plataforma de subrasante, los taludes de terraplén, las cunetas y los taludes de corte, las obras de contención de tierras y las obras que se realizan en el suelo de cimentación de la carretera o camino.

La competencia de esta sección se reduce a aquellos aspectos generales de dichos elementos que deben ser tomados en cuenta para la definición transversal de la vía en cuestión.

Se hace notar que las inclinaciones de los taludes, de corte o de terraplén, medidas como razón entre sus proyecciones horizontales y verticales, dependerán casi únicamente de la naturaleza de los materiales de la zona, pudiéndose presentar grandes variaciones según sean las calidades de éstos, fundamentalmente en el caso de los cortes.

Ello hace imprescindible el concurso de especialistas para programar y ejecutar los estudios que permitan afinar las variables en juego: toda atención prestada a estos asuntos se verá generosamente compensada desde los puntos de vista de la economía y la seguridad de la obra.

2.10.6 Taludes de terraplén desde el punto de vista de su estabilidad

Cuando una carretera o camino se emplaza en terraplén, los materiales de éste provendrán de las excavaciones hechas en otros puntos del trazado o de yacimientos. En cualquier caso, las características de dichos materiales serán relativamente previsibles y por lo general se podrá anticipar la inclinación máxima admisible de los taludes en función de la altura de los terraplenes.

El diseño de taludes de terraplén, desde el punto de vista estructural, se encuentra en función del tipo de material que lo constituye y de los suelos sobre los que se fundan.

Cuando los materiales lo permitan, los taludes de terraplén con alturas inferiores a 15 metros tendrán una inclinación máxima de 1:1,5 (H: V).

Los taludes de terraplenes de alturas mayores que 15 m deben ser objeto de un estudio especializado, del cual surgirá su adecuada inclinación.

Si un terraplén debe cimentarse sobre suelos que presenten inclinaciones superiores al 20% o que estén constituidos por materiales inadecuados, se deberán considerar obras especiales para minimizar los peligros de deslizamiento o de asentamientos diferenciales excesivos.

En el primer caso, de laderas con pendientes pronunciadas, éstas deberán escalonarse, en el sentido normal o paralelo al eje de la vía, según si ellas son aproximadamente perpendiculares o paralelas a dicho eje. Ejemplo de lo primero es el cruce de un barranco y de lo segundo un trazado en media ladera. La huella y contrahuella de los escalones será variable, pero la primera debe tener al menos un ancho que permita la operación de la maquinaria en uso, y la segunda debe ser, en lo posible, múltiplo del espesor de una capa compactable.

En el caso de suelos de fundación con alto contenido de materia orgánica o muy compresible, éstos deberán ser retirados o tratados según sea el problema que los afecte.

2.10.7 Taludes de terraplén desde el punto de vista de la seguridad vial

Taludes de terraplén con inclinaciones comprendidas entre 1:3 y 1:4 (V: H), se consideran “transitables”, es decir un vehículo que se salga de la plataforma puede en la mayoría de los casos descender por el talud sin volcarse, y si en dicho trayecto y al pie del terraplén no existen obstáculos, y el terreno presenta una inclinación menor o del orden de un 5%, en definitiva el vehículo podrá ser detenido minimizando la severidad del accidente.

Taludes de terraplén con inclinaciones menores que 1:4 (V: H) se consideran “recuperables”, es decir el conductor tiene la posibilidad de redirigir el vehículo hacia la plataforma del camino. Lo anterior será tanto más cierto cuanto más tendido sea el talud; por ejemplo 1:6 (V: H), sin embargo, el tendido de los taludes de los terraplenes tiene un costo importante por el mayor movimiento de tierras requerido.

La ocurrencia de accidentes que impliquen la salida de un vehículo fuera de la plataforma de la ruta, aumenta entre otros factores en función del tránsito de la carretera o camino y de si el sector bajo análisis se desarrolla en planta en recta o con curvas amplias, o si lo hace en curvas restrictivas cuyo radio esté comprendido entre el radio mínimo aceptable para la velocidad de proyecto de la ruta (V_p) y un radio correspondiente a V_p+10 km/h.

2.10.8 Taludes de corte

La inclinación de los taludes del corte variará a lo largo de la obra según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados. Dichas inclinaciones podrán ser únicas en un tramo del trazado, o bien presentar variaciones en un mismo perfil. Esto en el caso de comprobarse las ventajas técnicas y/o económicas, o de otro tipo, de tal geometría.

Un talud de corte con más de una inclinación se puede dar en dos casos básicos. El primero, cuando la inclinación con la cual él se inicia, a partir del borde exterior del fondo de la cuneta, debe ser disminuida más arriba, tendiéndolo, al existir terrenos de inferiores características estructurales.

El segundo caso se presenta cuando se elige diseñar un talud de corte con bancos intermedios, por ser esta solución, en el caso estudiado, preferible a un talud más tendido, ya sea único o quebrado.

Un talud de corte puede presentar uno o más bancos. El primer escalón, contado desde abajo, queda definido por su ancho, por su pendiente transversal y por la altura entre su borde exterior y el de la cuneta, o entre el primero y el eje de la carretera, según aconsejen las conveniencias estéticas e hidráulicas en cada caso. Los bancos pueden ser diseñados como permanentes, o transitorios si se prevé que ellos serán cubiertos con materiales desprendidos o derramados desde los siguientes. En ambos, los bancos deben tener un ancho mínimo que es función de las características geológicas del terreno y, en zonas de nevazones frecuentes, de la intensidad de éstas.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 ANTECEDENTES

El proyecto “Diseño geométrico de carreteras cruce Corral Grande – Paicho Sud” pertenece a la red departamental y se encuentra en la segunda sección de la provincia Méndez. Esta carretera tiene una longitud de diseño de 10,00 Km.

La necesidad de integración que tienen las provincias del departamento como son Méndez con la capital del departamento y las demás regiones.

Las restricciones y dificultades a las que se ve sometida la carretera, debido a las características actuales: ancho de la plataforma, radios de curvatura insuficientes, deficiencias en los sistemas de drenaje, etc. Con los consiguientes perjuicios para la economía de la región y de los usuarios, incrementando sustancialmente los costos de operación de los vehículos que transitan la carretera.

3.2 UBICACIÓN

Geográficamente el proyecto inicia en cruce a la comunidad Corral Grande en los $21^{\circ} 19'21,92''$ de latitud sur y $64^{\circ}57'20,93''$ y finaliza en la comunidad de Paicho Sud en los $21^{\circ}15'17,18''$ de latitud sur y $64^{\circ}57'49,10''$ de longitud oeste.

Políticamente el proyecto pertenece a la provincia Méndez del departamento de Tarija – Bolivia.

Fig. 35 Ubicación de la zona respecto al mapa de Tarija



Fuente: Atlas de potencialidades productivas de Bolivia.

Fig. 36 Vista del tramo cruce Corral Grande – Paicho Sud.



3.2.1 Estudio topográfico

Fig. 37 Camino actual hacia la población de Paicho



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Puntos topográficos

Puntos de control horizontal									
Punto	Latitud			Longitud			Coordenadas planas		Altura
	°	'	''	°	'	''	Este	Norte	
PB-0	21	18	58,11	64	56	58,70	297777,20	7641612,41	3508,30
PB - 1	21	18	47,80	64	57	6,86	297538,04	7641926,58	3502,98
PB-2	21	18	32,00	64	57	20,33	297143,91	7642407,75	3480,56
PB-3	21	18	20,01	64	57	26,76	296953,87	7642774,36	3485,14
PB-4	21	18	10,14	64	57	28,43	296902,15	7643077,15	3491,83
PB-5	21	18	1,99	64	57	27,54	296924,46	7643328,11	3478,89
PB-6	21	17	53,92	64	57	37,89	296623,00	7643572,71	3469,75
PB-7	21	17	45,11	64	57	33,75	296739,15	7643845,08	3424,15
PB-9	21	17	34,51	64	57	32,69	296765,54	7644171,43	3397,37
PB-10	21	17	33,07	64	57	39,01	296582,88	7644213,41	3369,00
PB-12	21	17	7,04	64	57	49,75	296263,23	7645010,37	3266,03
PB-13	21	16	56,03	64	57	49,57	296264,39	7645349,16	3200,86
PB-14	21	16	33,42	64	58	5,77	295788,75	7646038,47	3104,80
PB-15	21	16	19,89	64	58	10,55	295645,69	7646453,05	3067,44
PB-16	21	16	8,37	64	58	3,15	295854,57	7646809,92	3036,08
PB-18	21	15	54,38	64	58	1,69	295891,43	7647240,78	3026,24
PB-19	21	15	41,09	64	57	54,01	296107,52	7647652,37	3007,32
PB-20	21	15	16,44	64	57	48,57	296255,10	7648412,38	2935,94

Fuente: Sub Gobernación del Municipio El Puente

3.3 PARÁMETROS BÁSICOS

3.3.1 Categoría de la vía

Tabla 20 Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales.

Categoría	Sección transversal		Velocidades de proyecto (km/h)	Código tipo
	N° carriles	N° calzadas		
Desarrollo	2BD	1	50 – 40 – 30	D - xx

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

3.3.2 Velocidad de proyecto

El proyecto camino cruce Corral Grande – Paicho Sud se clasifica como camino de Desarrollo la cual permite definir la velocidad de proyecto

Tabla 21 Velocidad de proyecto

Categoría	Velocidades de proyecto
Desarrollo	50 – 40 – 30 (km/h)

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC

Por la topografía existente en el tramo (Ondulado y montañoso) se usará una velocidad de 40 Km/hr.

3.3.3 Código de clasificación

En nuestro caso el camino cruce Corral Grande – Paicho Sud tendrá un código D (2) - 40.

3.4 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.4.1 Distancia de frenado

Tabla 22 Distancia mínima de frenado en horizontal.

V	l	fs	dt	Df	Df (m)		V
km/h	s	-	m	m	dt<df	Adopt.	km/h
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38	40

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC

De acuerdo a la velocidad de proyecto de 40 km/h, podemos calcular la distancia mínima de frenado en horizontal que es de 38 metros.

3.4.2 Distancia de adelantamiento

Tabla 23 Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de proyecto (Km/hr)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
40	240

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

La distancia mínima de acuerdo a la velocidad de proyecto será de 240 metros

3.4.3 Radios mínimos

Tabla 24 Radios de curvatura.

Caminos locales			
Vp	e _{máx}	f	R _{mín}
Km/h	(%)		(m)
40	7	0,198	50

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

El radio mínimo utilizado para el diseño del tramo cruce Corral Grande – Paicho Sud, es de 50 metros para una velocidad de 40 Km/Hr.

4.3.4 Peraltes

Para el cálculo de peraltes se utilizó la relación radio – peralte para carreteras y caminos.

Tabla 25 Cálculo de peraltes

Radio (m)	Peralte (%)
$25 \leq R \leq 350$	7,0
$350 < R \leq 2500$	$7 - 6,08 \cdot \left(1 - \frac{350}{R}\right)^{1,3}$
$2500 < R \leq 3500$	2,0
$3500 < R$	Igual al bombeo

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

El peralte utilizado para todas las curvas horizontales, en el camino cruce Corral Grande – Paicho Sud, es de 8% consultando las normas del manual de diseño geométrico de la American Association Of State Highway and Transportation Officials AASHTO.

3.4.5 Elección del parámetro “A” de la clotoide

Criterio a. guiado óptico

Se establece la siguiente relación: Para el radio mínimo del proyecto, $R = 50$

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

$$R/3 = A = 16,66 \text{ m (L = 5,55 m)} \quad R = A = 50,00 \text{ m (L = 50,00 m)}$$

Criterio b. guiado óptico adicional

$$A \geq (12 \cdot R^3)^{0,25}$$

Los radios mayores o iguales a $1,20 R_{\min}$ tendrán el siguiente parámetro:

$$R_{\min} = 50 \text{ m; } R_{1,2\min} = 60 \text{ m; } A = 40,12 \text{ m (L = 26,83 m)}$$

Criterio c. Pendiente relativa al borde

$$A \geq \sqrt{\frac{n \cdot a \cdot e \cdot R}{\Delta}}$$

Tabla 26 Pendiente relativa de borde

Velocidad de proyecto (km/hr)	30 – 50	60 - 70
Δ Normal	0,70	0,6
Δ Máxima $n = 1$	1,50	1,30
Δ Máxima $n > 1$	1,50	1,30

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

Con la geometría del proyecto ($n = 1$; $a = 3,00 \text{ m}$; $e = 7,00 \%$ y $R_{\min} = 50 \text{ m}$) se obtienen los siguientes parámetros:

$$A = 38,72 \text{ m (L = 30 m)}$$

Criterio d. comodidad dinámica

$$A \geq \left[\frac{V_e \cdot R}{46,656 \cdot J} \cdot \left(\frac{V_e^2}{R} - 1,27 \cdot e \right) \right]^{1/2}$$

Cuando $R_{\min} \leq R \leq 1,20 R_{\min}$

Tabla 27 Tasa máxima de distribución de aceleración transversal

$V_e \approx V_p$ (km/hr)	40 – 60
J máxima (m/s^3)	1,50

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

Cuando $R > 1,20 R_{min}$ el valor de la tasa “J” es obtenido de la tabla

Tabla 28 Tasa normal de distribución de la aceleración transversal.

$V_e \approx V_p$ (km/hr)	$V < 80$
J Normal (m/s^3)	0,50

Fuente: Manual diseño geométrico de carreteras ABC.

Aplicar lo indicado y considerando las velocidades de proyecto y específicas, se obtienen los parámetros siguientes:

Para la curva de $R_{min} = 50,00$ m se tiene una velocidad específica igual a $V_e = 41,10$ km/hr, mientras que para $R_{1,2min} = 60,00$ m se tiene una $V_e = 44,60$ km/hr, con los datos anteriores se obtiene los parámetros buscados

$$A_{min} = 27,03 \text{ m (L} = 14,62 \text{ m)}$$

$$A_{normal} = 52,75 \text{ m (L} = 46,38 \text{ m)}$$

Parámetro de la clotoide A normal y A min adoptado

Siguiendo los criterios establecidos por la norma y ya calculados anteriormente, se adoptaron los parámetros “A” para la clotoide en situaciones normales y mínimas, los cuales son:

Para $V_p = 40$ km/hr

$$A_{min} \approx 26,00 \text{ m (L} = 13,00 \text{ m)}$$

$$A_{normal} \approx 43,00 \text{ m (L} = 37,00 \text{ m)}$$

Estos parámetros serán empleados en las situaciones límite (A min), y en situaciones comunes de diseño (A normal); sin embargo cuando sea posible y practicable se emplearan parámetros mayores al normal (sin superar los valores establecidos posteriormente).

Se eligió el criterio “C” porque nos proporciona la distancia mínima que permite la transición del peralte, esta longitud mínima es de 30 metros.

3.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En el proyecto camino cruce Corral Grande – Paicho Sud, se analizaron alternativas buscando sobre todo seguridad, economía y viabilidad técnica de trazo. Las alternativas son:

Alternativa 1 (Color celeste)

Alternativa 2 (Color amarillo)

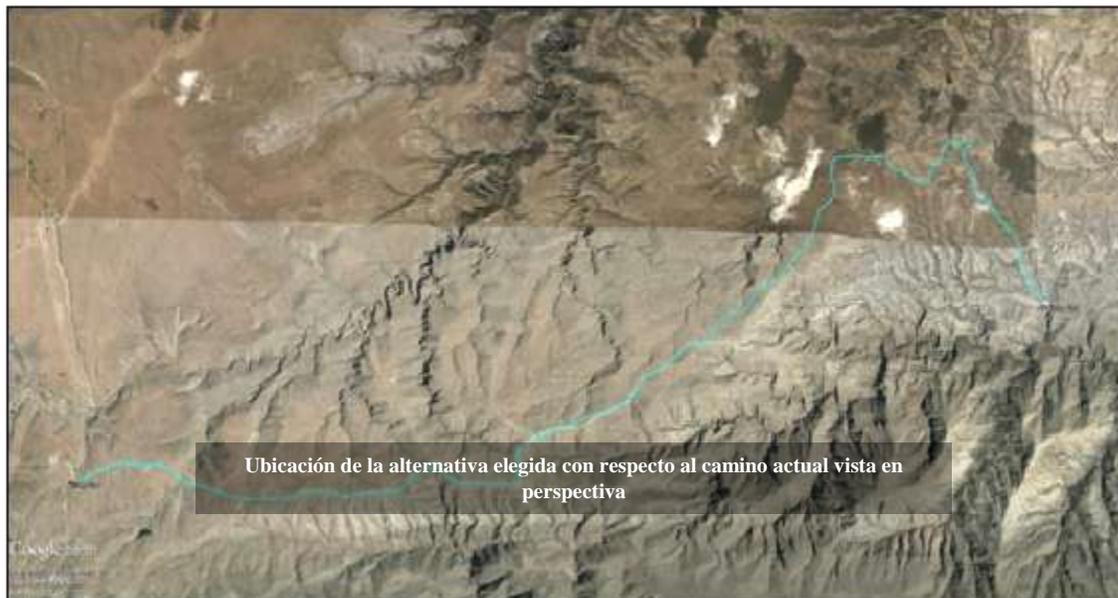
Alternativa 1 Elegida (Color rojo)

Del análisis realizado se definió como mejor alternativa técnica la alternativa de color rojo

De las alternativas estudiadas en el diseño geométrico, se puede decir:

Alternativa 1 (Color celeste): Alternativa que tendrá mayores movimientos de tierra con velocidades de diseño de 50 y 40 Km/Hr y pendientes máximas de 10,00 %.

Fig. 38 Primera alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 39 Perspectiva de la tercera alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 2 (Color amarillo):

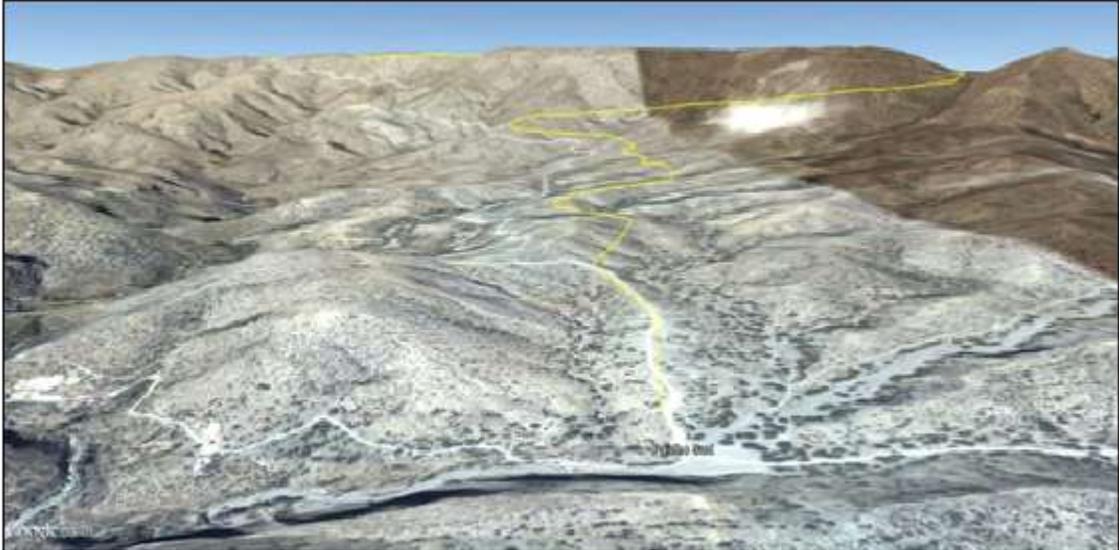
Fig. 40 Segunda alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa que nace de la derivación de la alternativa 1 con velocidad de diseño de 50 Km/Hr y pendientes máximas de 8%. De igual manera tiene mayor longitud y mayores movimientos de tierra.

Fig. 41 Perspectiva de la segunda alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 3 (Color Rojo):

Fig. 42 Tercera alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 43 Perspectiva de la tercera alternativa de diseño



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa que cumple todos los parámetros de diseño geométrico para una velocidad de diseño de 40 Km/Hr. según las normas ABC para caminos locales. Longitud menor desde cruce Corral Grande hasta la comunidad de Paicho Sud, por ende, menor movimiento de tierras con respecto a las otras alternativas analizadas.

3.5.2 Resumen diseño geométrico de la carretera

Resumen diseño carretera Corral Grande – Paicho Sud

Categoría:	Camino local
Calzada:	Bidireccional
Velocidad de proyecto:	40 km/hr
Peralte máximo:	7 %
Radio mínimo:	50 mts.
Pendiente long. máxima:	10 %
Ancho de los carriles:	3,5 m
Ancho de bermas:	1,0 m

Tabla 29 Resumen de alineación horizontal.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL										
Número	Tipo	P.K.	Longitud	Xt	Yt	Azimut	Xc/i	Yc/i	Radio	Parámetro
1	Recta	0,00	129,98	297.878,93	7.640.863,82	367,28				
2	Clotoide	129,98	72,25	297.815,02	7.640.977,00	367,28	297.815,02	297.815,02		170,00
3	Circulo	202,23	117,93	297.781,42	7.641.040,93	373,03	298.146,04	298.146,04	400,00	
4	Clotoide	320,16	72,25	297.749,36	7.641.153,98	397,54	297.744,40	297.744,40		170,00
5	Recta	392,41	238,27	297.744,40	7.641.226,03	397,54				
6	Clotoide	630,67	72,25	297.735,22	7.641.464,12	397,54	297.735,22	297.735,22		170,00
7	Circulo	702,92	86,82	297.730,26	7.641.536,18	391,79	297.333,58	297.333,58	-400,00	
8	Clotoide	789,75	72,25	297.709,88	7.641.620,40	372,23	297.681,34	297.681,34		170,00
9	Recta	862,00	500,91	297.681,34	7.641.686,75	372,23				
10	Clotoide	1.362,91	68,64	297.469,68	7.642.140,74	372,23	297.469,68	297.469,68		155,00
11	Circulo	1.431,55	154,24	297.438,67	7.642.201,95	365,98	297.137,46	297.137,46	-350,00	
12	Clotoide	1.585,79	68,64	297.333,87	7.642.313,40	331,69	297.274,68	297.274,68		155,00
13	Recta	1.654,43	68,26	297.274,68	7.642.348,11	331,69				
14	Clotoide	1.722,69	100,26	297.214,71	7.642.380,71	331,69	297.214,71	297.214,71		126,65
15	Circulo	1.822,94	1,27	297.132,44	7.642.437,24	351,63	297.248,44	297.248,44	160,00	
16	Clotoide	1.824,22	101,53	297.131,57	7.642.438,17	372,34	297.079,58	297.079,58		127,45
17	Recta	1.925,75	47,63	297.079,58	7.642.524,85	372,34				
18	Clotoide	1.973,38	57,60	297.059,53	7.642.568,06	372,34	297.059,53	297.059,53		120,00
19	Circulo	2.030,98	118,97	297.037,32	7.642.621,16	379,67	297.274,68	297.274,68	250,00	
20	Clotoide	2.149,94	57,60	297.027,74	7.642.738,62	17,30	297.041,05	297.041,05		120,00
21	Recta	2.207,54	134,74	297.041,05	7.642.794,62	17,30				
22	Clotoide	2.342,29	69,13	297.077,22	7.642.924,42	17,30	297.077,22	297.077,22		96,61
23	Circulo	2.411,42	5,03	297.089,99	7.642.992,16	1,00	296.955,01	296.955,01	-135,00	

24	Clotoide	2.416,45	107,98	297.089,98	7.642.997,19	373,17	297.059,49	297.059,49		120,73
25	Clotoide	2.524,43	80,32	297.059,49	7.643.099,98	373,17	297.059,49	297.059,49		138,84
26	Circulo	2.604,75	46,45	297.030,80	7.643.174,89	383,82	297.263,09	297.263,09	240,00	
27	Circulo	2.651,20	269,70	297.023,53	7.643.220,70	391,64	296.785,60	296.785,60	-240,00	
28	Circulo	2.957,34	151,60	296.860,12	7.643.417,41	310,68	296.885,18	296.885,18	150,00	
29	Recta	3.108,94	60,65	296.746,57	7.643.507,95	376,26				
30	Clotoide	3.169,58	77,67	296.724,48	7.643.564,43	376,26	296.724,48	296.724,48		96,54
31	Circulo	3.247,25	2,09	296.704,23	7.643.639,04	396,87	296.824,08	296.824,08	120,00	
32	Clotoide	3.249,34	74,91	296.704,14	7.643.641,12	17,84	296.717,23	296.717,23		94,81
33	Recta	3.324,25	40,97	296.717,23	7.643.714,55	17,84				
34	Circulo	3.365,22	67,36	296.728,56	7.643.753,92	9,63	296.847,19	296.847,19	120,00	
35	Circulo	3.432,58	146,17	296.756,39	7.643.814,30	44,64	296.565,37	296.565,37	-250,00	
36	Recta	3.578,75	163,49	296.813,68	7.643.946,52	3,58				
37	Circulo	3.742,24	48,31	296.822,87	7.644.109,75	3,58	296.603,22	296.603,22	-220,00	
38	Recta	3.790,55	39,17	296.820,29	7.644.157,89	389,60				
39	Clotoide	3.829,71	70,91	296.813,92	7.644.196,54	389,60	296.813,92	296.813,92		60,14
40	Circulo	3.900,62	11,65	296.787,28	7.644.260,62	345,35	296.753,95	296.753,95	-51,00	
41	Clotoide	3.912,27	68,70	296.777,68	7.644.267,16	287,93	296.710,39	296.710,39		59,19
42	Recta	3.980,97	198,69	296.710,39	7.644.269,45	287,93				
43	Clotoide	4.179,66	77,74	296.515,26	7.644.232,00	287,93	296.515,26	296.515,26		72,71
44	Circulo	4.257,40	36,85	296.438,64	7.644.232,04	324,32	296.463,99	296.463,99	68,00	
45	Clotoide	4.294,25	51,44	296.409,73	7.644.254,15	382,90	296.390,08	296.390,08		59,14
46	Clotoide	4.345,69	53,69	296.390,08	7.644.301,33	382,90	296.390,08	296.390,08		80,26
47	Circulo	4.399,37	10,96	296.372,06	7.644.351,78	368,66	296.266,31	296.266,31	-120,00	
48	Clotoide	4.410,34	72,37	296.366,44	7.644.361,19	343,64	296.315,50	296.315,50		93,19
49	Recta	4.482,71	131,99	296.315,50	7.644.412,19	343,64				
50	Circulo	4.614,69	120,76	296.213,34	7.644.495,75	332,64	296.360,51	296.360,51	300,00	

51	Recta	4.735,46	78,94	296.122,69	7.644.574,30	363,70				
52	Circulo	4.814,39	301,45	296.080,07	7.644.640,75	354,27	296.219,35	296.219,35	185,00	
53	Circulo	5.115,84	13,75	296.105,96	7.644.908,69	64,65	296.147,61	296.147,61	79,00	
54	Clotoide	5.129,59	52,73	296.118,22	7.644.914,88	96,97	296.170,02	296.170,02		64,54
55	Clotoide	5.182,32	54,10	296.170,02	7.644.923,17	96,97	296.170,02	296.170,02		64,54
56	Circulo	5.236,41	168,56	296.223,09	7.644.931,98	74,61	296.193,19	296.193,19	-77,00	
57	Clotoide	5.404,97	49,98	296.233,68	7.645.068,44	314,59	296.186,74	296.186,74		62,03
58	Recta	5.454,95	10,05	296.186,74	7.645.084,90	314,59				
59	Clotoide	5.465,00	68,33	296.176,95	7.645.087,18	314,59	296.176,95	296.176,95		69,16
60	Circulo	5.533,33	30,51	296.114,46	7.645.112,98	345,66	296.160,47	296.160,47	70,00	
61	Recta	5.563,83	164,20	296.096,49	7.645.137,33	383,08				
62	Recta	5.754,77	65,75	296.053,35	7.645.295,76	366,37				
63	Clotoide	5.820,52	66,40	296.020,21	7.645.352,54	366,37	296.020,21	296.020,21		58,19
64	Circulo	5.886,92	19,22	295.976,06	7.645.400,46	324,92	295.956,60	295.956,60	-51,00	
65	Clotoide	5.906,15	31,35	295.957,34	7.645.404,32	281,36	295.926,68	295.926,68		39,99
66	Clotoide	5.937,50	92,14	295.926,68	7.645.398,41	281,36	295.926,68	295.926,68		68,55
67	Circulo	6.029,64	6,45	295.837,84	7.645.398,95	338,87	295.867,08	295.867,08	51,00	
68	Clotoide	6.036,09	71,73	295.832,81	7.645.402,97	391,69	295.807,82	295.807,82		60,48
69	Recta	6.107,82	24,77	295.807,82	7.645.468,54	391,69				
70	Clotoide	6.132,59	57,00	295.804,60	7.645.493,10	391,69	295.804,60	295.804,60		79,18
71	Circulo	6.189,59	1,57	295.792,37	7.645.548,60	375,19	295.690,62	295.690,62	-110,00	
72	Clotoide	6.191,16	56,28	295.791,76	7.645.550,05	358,00	295.761,27	295.761,27		78,68
73	Clotoide	6.247,44	56,28	295.761,27	7.645.597,15	358,00	295.761,27	295.761,27		78,68
74	Circulo	6.303,72	12,42	295.730,77	7.645.644,26	374,28	295.831,92	295.831,92	110,00	
75	Clotoide	6.316,13	30,82	295.726,54	7.645.655,92	390,39	295.720,49	295.720,49		58,23
76	Clotoide	6.346,96	61,84	295.720,49	7.645.686,12	390,39	295.720,49	295.720,49		67,19
77	Circulo	6.408,80	26,63	295.702,84	7.645.744,87	363,42	295.641,56	295.641,56	-73,00	

78	Clotoide	6.435,42	64,27	295.684,65	7.645.764,12	312,18	295.624,54	295.624,54		68,50
79	Recta	6.499,69	101,96	295.624,54	7.645.785,24	312,18				
80	Clotoide	6.601,65	77,45	295.524,44	7.645.804,62	312,18	295.524,44	295.524,44		62,85
81	Circulo	6.679,10	3,33	295.456,25	7.645.836,98	360,51	295.497,75	295.497,75	51,00	
82	Clotoide	6.682,42	74,47	295.454,41	7.645.839,75	11,15	295.449,52	295.449,52		61,63
83	Recta	6.756,89	14,85	295.449,52	7.645.912,31	11,15				
84	Clotoide	6.771,74	64,82	295.452,11	7.645.926,93	11,15	295.452,11	295.452,11		57,50
85	Circulo	6.836,56	0,42	295.449,82	7.645.990,55	370,69	295.404,13	295.404,13	-51,00	
86	Clotoide	6.836,98	62,91	295.449,63	7.645.990,92	330,91	295.401,95	295.401,95		56,64
87	Recta	6.899,89	10,78	295.401,95	7.646.030,31	330,91				
88	Clotoide	6.910,67	79,92	295.392,41	7.646.035,35	330,91	295.392,41	295.392,41		63,84
89	Circulo	6.990,59	27,76	295.335,26	7.646.088,08	380,79	295.383,96	295.383,96	51,00	
90	Clotoide	7.018,35	77,12	295.334,45	7.646.115,49	63,58	295.385,58	295.385,58		62,72
91	Recta	7.095,48	74,55	295.385,58	7.646.170,61	63,58				
92	Clotoide	7.170,03	77,45	295.448,26	7.646.210,97	63,58	295.448,26	295.448,26		62,85
93	Circulo	7.247,48	23,55	295.499,54	7.646.266,36	15,24	295.450,00	295.450,00	-51,00	
94	Clotoide	7.271,03	74,79	295.499,74	7.646.289,70	339,16	295.452,02	295.452,02		61,76
95	Recta	7.345,82	1,33	295.452,02	7.646.344,97	339,16				
96	Clotoide	7.347,15	88,47	295.450,93	7.646.345,73	339,16	295.450,93	295.450,93		94,06
97	Circulo	7.435,62	14,52	295.387,50	7.646.406,31	367,32	295.474,62	295.474,62	100,00	
98	Clotoide	7.450,15	84,88	295.381,31	7.646.419,43	3,59	295.374,17	295.374,17		92,13
99	Recta	7.535,03	88,30	295.374,17	7.646.503,33	3,59				
100	Clotoide	7.623,33	23,88	295.379,15	7.646.591,49	3,59	295.379,15	295.379,15		40,00
101	Circulo	7.647,21	54,74	295.379,08	7.646.615,34	392,24	295.312,57	295.312,57	-67,00	
102	Clotoide	7.701,95	23,88	295.352,15	7.646.661,26	328,88	295.331,37	295.331,37		40,00
103	Circulo	7.725,83	106,71	295.331,37	7.646.672,97	328,88	295.375,20	295.375,20	100,00	
104	Recta	7.832,54	234,60	295.275,33	7.646.757,85	396,82				

105	Clotoide	8.067,14	49,79	295.263,60	7.646.992,15	396,82	295.263,60	295.263,60		99,79
106	Circulo	8.116,93	281,89	295.263,18	7.647.041,91	4,74	295.462,62	295.462,62	200,00	
107	Clotoide	8.398,82	112,48	295.445,27	7.647.226,27	112,37	295.556,78	295.556,78		149,98
108	Recta	8.511,29	66,59	295.556,78	7.647.215,01	112,37				
109	Circulo	8.577,88	424,51	295.622,12	7.647.202,15	112,37	295.680,05	295.680,05	-300,00	
110	Recta	9.002,39	397,93	295.961,85	7.647.393,62	22,29				
111	Circulo	9.400,32	41,28	296.098,33	7.647.767,41	22,29	295.923,61	295.923,61	-186,00	
112	Recta	9.441,60	245,88	296.108,09	7.647.807,44	8,16				
113	Circulo	9.687,48	20,04	296.139,51	7.648.051,30	8,16	296.260,51	296.260,51	122,00	
114	Recta	9.707,53	332,13	296.143,68	7.648.070,88	18,62				
115		10.039,65		296.239,42	7.648.388,91					

Fuente: Elaboración propia.

3.6 ALINEAMIENTO VERTICAL.

3.6.1 Longitud mínima de curvas verticales

La longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 * T(m) \geq |V_p(km/h)|$$

$$2 * T(m) \geq 40$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h.

3.6.2 Pendientes mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales

3.6.3 Pendientes máximas

En camino de alta montaña, cuando se superan los 2500 m sobre el nivel del mar, la pendiente máxima deberá limitarse según la siguiente tabla:

Tabla 30 Pendientes máximas.

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)
	40
Desarrollo	10 – 9

Fuente: Elaboración propia.

La pendiente longitudinal máxima adoptada para el diseño del camino cruce Corral Grande – Paicho Sud es de 10%.

3.6.4 Curvas verticales convexas y cóncavas

Tabla 31 Parámetros mínimos en curvas verticales (Visibilidad de frenado).

Velocidad de Proyecto V_p (km/h)	Curvas convexas K_v			Curvas cóncavas K_c
	$V' = V_p$ km/h	$V' = V_p + 5$ km/h	$V' = V_p + 10$ km/h	V_p km/h
40	400	500	600	500

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras ABC.

Para las curvas convexas el utiliza el parámetro de curva vertical Kv igual a 500, para curvas cóncavas Kc igual a 500

Tabla 32 Resumen de alineamiento vertical.

ALINEAMIENTO VERTICAL								
Rasante Única								
Punto	P.K.	Parcial	Cota Rasante	Cota Vértice	Pendiente %	Longitud	Parámetro	Bisectriz
	0+000.000	110,18	3.507,23		2,08			
TE	0+110.175	150,00	3.509,52		2,08			
V	0+260.175	150,00	3.511,03	3.512,64		300,00	-6.950,34	1,62
TS	0+410.175	261,54	3.509,29		-2,24			
TE	0+671.718	75,00	3.503,44		-2,24			
V	0+746.718	75,00	3.502,01	3.501,77		150,00	11.454,39	0,25
TS	0+821.718	228,28	3.501,07		-0,93			
TE	1+050.000	150,00	3.498,96		-0,93			
V	1+200.000	150,00	3.496,42	3.497,57		300,00	-9.793,70	1,15
TS	1+350.000	57,07	3.491,58		-3,99			
TE	1+407.072	100,00	3.489,31		-3,99			
V	1+507.072	100,00	3.485,91	3.485,32		200,00	8.477,01	0,59
TS	1+607.072	142,85	3.483,69		-1,63			
TE	1+749.926	75,00	3.481,36		-1,63			
V	1+824.926	75,00	3.480,61	3.480,13		150,00	5.951,84	0,47
TS	1+899.926	89,57	3.480,80		0,89			
TE	1+989.492	100,00	3.481,60		0,89			
V	2+089.492	100,00	3.482,09	3.482,49		200,00	-12.607,90	0,40
TS	2+189.492	136,51	3.481,79		-0,70			
TE	2+326.004	100,00	3.480,84		-0,70			
V	2+426.004	100,00	3.478,33	3.480,15		200,00	-2.755,09	1,82
TS	2+526.004	169,55	3.472,19		-7,96			
TE	2+695.553	4,45	3.458,70		-7,96			
V	2+700.000	4,45	3.458,37	3.458,35		8,90	500,00	0,02
TS	2+704.447	198,39	3.458,07		-6,18			
	2+902.835		3.445,82		-6,18			
	2+957.336	244,32	3.438,32		-5,61			
TE	3+201.651	50,00	3.424,62		-5,61			
V	3+251.651	50,00	3.421,30	3.421,81		100,00	-2.450,26	0,51
TS	3+301.651	177,69	3.416,97		-9,69			
TE	3+479.337	50,00	3.399,75		-9,69			
V	3+529.337	50,00	3.395,36	3.394,91		100,00	2.752,22	0,45
TS	3+579.337	282,71	3.391,88		-6,06			

TE	3+862.047	50,00	3.374,76		-6,06			
V	3+912.047	50,00	3.371,35	3.371,73		100,00	-3.218,02	0,39
TS	3+962.047	401,10	3.367,15		-9,16			
TE	4+363.145	50,00	3.330,40		-9,16			
V	4+413.145	50,00	3.326,03	3.325,82		100,00	5.894,23	0,21
TS	4+463.145	494,72	3.322,08		-7,47			
TE	4+957.867	100,00	3.285,15		-7,47			
V	5+057.867	100,00	3.277,16	3.277,68		200,00	-9.543,22	0,52
TS	5+157.867	502,13	3.268,12		-9,56			
	5+660.000		3.220,10		-9,56			
	5+754.772	419,30	3.219,91		-5,88			
TE	6+174.068	16,07	3.195,25		-5,88			
V	6+190.140	16,07	3.194,05	3.194,31		32,15	-500,00	0,26
TS	6+206.212	200,82	3.192,33		-12,31			
TE	6+407.032	15,81	3.167,61		-12,31			
V	6+422.837	15,81	3.165,91	3.165,66		31,61	500,00	0,25
TS	6+438.642	556,06	3.164,72		-5,99			
TE	6+994.705	8,98	3.131,42		-5,99			
V	7+003.681	8,98	3.130,80	3.130,88		17,95	-500,00	0,08
TS	7+012.657	409,73	3.130,02		-9,58			
TE	7+422.391	19,37	3.090,78		-9,58			
V	7+441.763	19,37	3.089,30	3.088,92		38,74	500,00	0,38
TS	7+461.135	313,68	3.088,57		-1,83			
TE	7+774.811	4,38	3.082,83		-1,83			
V	7+779.187	4,38	3.082,73	3.082,75		8,75	-500,00	0,02
TS	7+783.563	484,21	3.082,59		-3,58			
TE	8+267.769	6,59	3.065,26		-3,58			
V	8+274.361	6,59	3.064,98	3.065,02		13,19	-500,00	0,04
TS	8+280.953	503,96	3.064,61		-6,22			
TE	8+784.911	5,23	3.033,28		-6,22			
V	8+790.136	5,23	3.032,93	3.032,96		10,45	-500,00	0,03
TS	8+795.361	618,04	3.032,53		-8,31			
TE	9+413.402	7,56	2.981,19		-8,31			
V	9+420.960	7,56	2.980,62	2.980,56		15,12	500,00	0,06
TS	9+428.518	605,85	2.980,16		-5,28			
	10+034.365		2.948,15		-5,28			

Fuente: Elaboración propia

3.7 SECCIÓN TRANSVERSAL

Tabla 33 Parámetros de diseño de secciones transversales

Secciones transversales	
Ancho de calzada	3,5 m
Bermas	1,0 m
Sobre ancho	1,0 m
Talud en corte	1:3
Talud en terraplén	1:1.5

Fuente: Elaboración propia.

El talud de relleno utilizado en el diseño del camino cruce Corral Grande – Paicho Sud, es de 1,5:1 (H:V) de acuerdo al manual de normas de diseño ABC

3.7.1 Sobreanchos

Tabla 34 Planilla de sobreanchos.

ANCHOS DE LA PLATAFORMA					
EJE	ESTACION	BERMA IZ	CALZADA	CALZADA	BERMA DR
1,00	0+000.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+020.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+040.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+060.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+080.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+100.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+120.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+140.000	1,00	3,50	3,56	1,00
1,00	0+160.000	1,00	3,50	3,57	1,00
1,00	0+180.000	1,00	3,50	3,60	1,00
1,00	0+200.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+220.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+240.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+260.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+280.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+300.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+320.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	0+340.000	1,00	3,50	3,61	1,00
1,00	0+360.000	1,00	3,50	3,59	1,00
1,00	0+380.000	1,00	3,50	3,57	1,00
1,00	0+400.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+420.000	1,00	3,50	3,55	1,00

1,00	0+440.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+460.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+480.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+500.000	1,00	3,50	3,55	0,00
1,00	0+520.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+540.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+560.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+580.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+600.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+620.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+640.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+660.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+680.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+700.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+720.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+740.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+760.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+780.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+800.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+820.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+840.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+860.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+880.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+900.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+920.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+940.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+960.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	0+980.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+000.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+020.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+040.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+060.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+080.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+100.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+120.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+140.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+160.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+180.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+200.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+220.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+240.000	1,00	3,50	3,55	1,00

1,00	1+260.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+280.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+300.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+320.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+340.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+360.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+380.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+400.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+420.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+440.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+460.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+480.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+500.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+520.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+540.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+560.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+580.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+600.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+620.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+640.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+660.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+680.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+700.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+720.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+740.000	1,00	3,50	3,57	1,00
1,00	1+760.000	1,00	3,50	3,61	1,00
1,00	1+780.000	1,00	3,50	3,64	1,00
1,00	1+800.000	1,00	3,50	3,68	1,00
1,00	1+820.000	1,00	3,50	3,72	1,00
1,00	1+840.000	1,00	3,50	3,71	1,00
1,00	1+860.000	1,00	3,50	3,68	1,00
1,00	1+880.000	1,00	3,50	3,64	1,00
1,00	1+900.000	1,00	3,50	3,61	1,00
1,00	1+920.000	1,00	3,50	3,57	1,00
1,00	1+940.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+960.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	1+980.000	1,00	3,50	3,56	1,00
1,00	2+000.000	1,00	3,50	3,59	1,00
1,00	2+020.000	1,00	3,50	3,63	1,00
1,00	2+040.000	1,00	3,50	3,66	1,00
1,00	2+060.000	1,00	3,50	3,67	1,00

1,00	2+080.000	0,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+100.000	1,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+120.000	1,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+140.000	1,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+160.000	1,00	3,50	3,66	1,00
1,00	2+180.000	1,00	3,50	3,62	1,00
1,00	2+200.000	1,00	3,50	3,58	1,00
1,00	2+220.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+240.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+260.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+280.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+300.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+320.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+340.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+360.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+380.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+400.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+420.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+440.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+460.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+480.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+500.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+520.000	1,00	3,50	3,55	1,00
1,00	2+540.000	1,00	3,50	3,57	1,00
1,00	2+560.000	1,00	3,50	3,60	1,00
1,00	2+580.000	1,00	3,50	3,63	1,00
1,00	2+600.000	1,00	3,50	3,66	1,00
1,00	2+620.000	1,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+640.000	1,00	3,50	3,67	1,00
1,00	2+660.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+680.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+700.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+720.000	0,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+740.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+760.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+780.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+800.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+820.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+840.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+860.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+880.000	1,00	3,67	3,55	1,00

1,00	2+900.000	1,00	3,67	3,55	1,00
1,00	2+920.000	1,00	3,59	3,55	1,00
1,00	2+920.895	1,00	3,59	3,55	1,00
2,00	2+957.336	1,00	3,50	3,61	1,00
2,00	2+960.000	1,00	3,50	3,64	1,00
2,00	2+980.000	1,00	3,50	3,74	1,00
2,00	3+000.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+020.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+040.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+060.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+080.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+100.000	1,00	3,50	3,75	1,00
2,00	3+120.000	1,00	3,50	3,60	0,00
2,00	3+140.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+160.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+180.000	1,00	3,50	3,57	1,00
2,00	3+200.000	1,00	3,50	3,63	1,00
2,00	3+220.000	1,00	3,50	3,69	1,00
2,00	3+240.000	1,00	3,50	3,76	1,00
2,00	3+260.000	1,00	3,50	3,77	1,00
2,00	3+280.000	1,00	3,50	3,71	1,00
2,00	3+300.000	1,00	3,50	3,65	0,00
2,00	3+320.000	1,00	3,50	3,58	1,00
2,00	3+340.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+360.000	1,00	3,50	3,60	1,00
2,00	3+380.000	1,00	3,50	3,73	0,00
2,00	3+400.000	1,00	3,50	3,79	1,00
2,00	3+420.000	1,00	3,50	3,80	1,00
2,00	3+440.000	1,00	3,50	3,54	1,00
2,00	3+460.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+480.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+500.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+520.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+540.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+560.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+580.000	1,00	3,50	3,63	1,00
2,00	3+600.000	1,00	3,50	3,56	1,00
2,00	3+620.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+640.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+660.000	1,00	3,50	3,55	0,00
2,00	3+680.000	1,00	3,50	3,55	1,00

2,00	3+700.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+720.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+740.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+760.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+780.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+800.000	1,00	3,50	3,59	1,00
2,00	3+820.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+840.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+860.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+880.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	3+900.000	1,00	3,50	3,54	1,00
2,00	3+920.000	1,00	3,50	3,53	1,00
2,00	3+940.000	1,00	3,50	3,54	1,00
2,00	3+960.000	1,00	3,50	3,54	1,00
2,00	3+980.000	1,00	3,50	3,54	1,00
2,00	4+000.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+020.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+040.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+060.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+080.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+100.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+120.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+140.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+160.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+180.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+200.000	1,00	3,50	3,63	1,00
2,00	4+220.000	1,00	3,50	3,74	1,00
2,00	4+240.000	1,00	3,50	3,86	1,00
2,00	4+260.000	1,00	3,50	3,97	1,00
2,00	4+280.000	1,00	3,50	3,99	1,00
2,00	4+300.000	1,00	3,50	3,97	1,00
2,00	4+320.000	1,00	3,50	3,82	1,00
2,00	4+340.000	1,00	3,50	3,65	1,00
2,00	4+360.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+380.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+400.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+420.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+440.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+460.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+480.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+500.000	1,00	3,50	3,55	1,00

2,00	4+520.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+540.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+560.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+580.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+600.000	1,00	3,50	3,55	1,00
2,00	4+620.000	1,00	3,50	3,82	1,00
2,00	4+640.000	1,00	3,50	3,64	1,00
2,00	4+660.000	1,00	3,50	3,65	1,00
2,00	4+680.000	1,00	3,50	3,65	1,00
2,00	4+700.000	1,00	3,50	3,65	1,00
2,00	4+720.000	1,00	3,50	3,65	1,00
2,00	4+740.000	1,00	3,50	3,50	1,00
2,00	4+760.000	1,00	3,50	3,50	1,00
2,00	4+780.000	1,00	3,50	3,50	1,00
2,00	4+800.000	1,00	3,50	3,50	1,00
2,00	4+820.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+840.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+860.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+880.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+900.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+920.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+940.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+960.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	4+980.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+000.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+020.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+040.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+060.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+080.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+100.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+120.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+140.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+160.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+180.000	1,00	3,57	3,50	1,00
2,00	5+200.000	1,00	3,72	3,50	1,00
2,00	5+220.000	1,00	3,86	3,50	1,00
2,00	5+240.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+260.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+280.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+300.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+320.000	1,00	3,94	3,50	1,00

2,00	5+340.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+360.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+380.000	1,00	3,94	3,50	1,00
2,00	5+400.000	1,00	3,91	3,50	1,00
2,00	5+420.000	1,00	3,78	3,50	1,00
2,00	5+440.000	1,00	3,63	3,50	1,00
2,00	5+460.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+480.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+500.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+520.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+540.000	1,00	3,54	3,50	1,00
2,00	5+560.000	1,00	3,68	3,50	1,00
2,00	5+580.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+600.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+620.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+640.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+660.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+680.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+700.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+720.000	1,00	3,55	3,50	1,00
2,00	5+728.029	1,00	3,55	3,50	1,00
3,00	5+754.772	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	5+760.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	5+780.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	5+800.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	5+820.000	1,00	3,59	3,55	1,00
3,00	5+840.000	1,00	3,77	3,55	1,00
3,00	5+860.000	1,00	3,95	3,55	1,00
3,00	5+880.000	1,00	4,11	3,55	1,00
3,00	5+900.000	1,00	4,09	3,54	1,00
3,00	5+920.000	1,00	3,78	3,53	1,00
3,00	5+940.000	1,00	3,54	3,58	1,00
3,00	5+960.000	1,00	3,54	3,65	1,00
3,00	5+980.000	1,00	3,54	3,78	1,00
3,00	6+000.000	1,00	3,54	3,91	1,00
3,00	6+020.000	1,00	3,53	4,04	1,00
3,00	6+040.000	1,00	3,54	4,12	1,00
3,00	6+060.000	1,00	3,55	3,99	1,00
3,00	6+080.000	1,00	3,55	3,83	1,00
3,00	6+100.000	1,00	3,55	3,66	1,00
3,00	6+120.000	1,00	3,55	3,56	1,00

3,00	6+140.000	1,00	3,61	3,55	1,00
3,00	6+160.000	1,00	3,71	3,55	1,00
3,00	6+180.000	1,00	3,79	3,55	1,00
3,00	6+200.000	1,00	3,75	3,55	1,00
3,00	6+220.000	1,00	3,65	3,54	1,00
3,00	6+240.000	1,00	3,56	3,55	1,00
3,00	6+260.000	1,00	3,55	3,58	1,00
3,00	6+280.000	1,00	3,54	3,68	1,00
3,00	6+300.000	1,00	3,55	3,77	1,00
3,00	6+320.000	1,00	3,55	3,80	1,00
3,00	6+340.000	1,00	3,54	3,66	1,00
3,00	6+360.000	1,00	3,67	3,55	1,00
3,00	6+380.000	1,00	3,81	3,55	1,00
3,00	6+400.000	1,00	3,93	3,55	1,00
3,00	6+420.000	1,00	3,96	3,54	1,00
3,00	6+440.000	0,00	3,89	3,54	1,00
3,00	6+460.000	1,00	3,77	3,54	1,00
3,00	6+520.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	6+560.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	6+580.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	6+600.000	1,00	3,54	3,55	1,00
3,00	6+620.000	1,00	3,54	3,65	1,00
3,00	6+640.000	1,00	3,54	3,80	1,00
3,00	6+680.000	1,00	3,54	4,10	1,00
3,00	6+700.000	1,00	3,55	4,04	1,00
3,00	6+720.000	1,00	3,55	3,89	1,00
3,00	6+760.000	1,00	3,55	3,58	1,00
3,00	6+820.000	1,00	4,03	3,55	1,00
3,00	6+860.000	1,00	3,87	3,53	1,00
3,00	6+880.000	1,00	3,68	3,54	1,00
3,00	6+900.000	1,00	3,55	3,54	1,00
3,00	6+920.000	1,00	3,54	3,59	0,00
3,00	6+940.000	1,00	3,54	3,72	1,00
3,00	6+960.000	1,00	3,54	3,87	0,00
3,00	6+980.000	1,00	3,53	4,02	1,00
3,00	7+000.000	1,00	3,53	4,13	1,00
3,00	7+020.000	1,00	3,54	4,14	1,00
3,00	7+040.000	1,00	3,55	4,02	1,00
3,00	7+060.000	1,00	3,55	3,87	1,00
3,00	7+080.000	1,00	3,55	3,71	1,00
3,00	7+100.000	1,00	3,55	3,58	1,00

3,00	7+120.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+140.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+160.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+180.000	1,00	3,67	3,55	1,00
3,00	7+200.000	1,00	3,82	3,55	1,00
3,00	7+220.000	1,00	3,98	3,55	1,00
3,00	7+240.000	1,00	4,12	3,54	1,00
3,00	7+260.000	1,00	4,14	3,54	1,00
3,00	7+280.000	1,00	4,03	3,53	1,00
3,00	7+300.000	1,00	3,86	3,54	1,00
3,00	7+320.000	1,00	3,71	3,54	1,00
3,00	7+340.000	1,00	3,57	3,54	1,00
3,00	7+360.000	1,00	3,55	3,57	1,00
3,00	7+380.000	1,00	3,55	3,64	1,00
3,00	7+400.000	1,00	3,54	3,71	1,00
3,00	7+420.000	1,00	3,54	3,78	1,00
3,00	7+440.000	1,00	3,55	3,84	1,00
3,00	7+460.000	1,00	3,55	3,83	1,00
3,00	7+480.000	1,00	3,55	3,76	1,00
3,00	7+500.000	1,00	3,55	3,69	1,00
3,00	7+520.000	1,00	3,55	3,62	1,00
3,00	7+540.000	1,00	3,55	3,56	1,00
3,00	7+560.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+580.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+600.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+620.000	1,00	3,59	3,55	1,00
3,00	7+640.000	1,00	3,93	3,56	1,00
3,00	7+660.000	1,00	4,00	3,54	1,00
3,00	7+680.000	1,00	3,99	3,54	1,00
3,00	7+700.000	1,00	3,90	3,54	1,00
3,00	7+720.000	1,00	3,65	3,54	1,00
3,00	7+740.000	1,00	3,54	3,79	1,00
3,00	7+760.000	1,00	3,54	3,84	1,00
3,00	7+780.000	1,00	3,54	3,85	1,00
3,00	7+800.000	1,00	3,55	3,85	1,00
3,00	7+820.000	1,00	3,55	3,85	1,00
3,00	7+840.000	1,00	3,56	3,64	1,00
3,00	7+860.000	1,00	3,55	3,56	1,00
3,00	7+880.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+900.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+920.000	1,00	3,55	3,55	1,00

3,00	7+940.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+960.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	7+980.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+000.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+020.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+040.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+060.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+080.000	1,00	3,55	3,57	1,00
3,00	8+100.000	1,00	3,55	3,63	1,00
3,00	8+120.000	1,00	3,55	3,69	1,00
3,00	8+140.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+160.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+180.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+200.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+220.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+240.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+260.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+280.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+300.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+320.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+340.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+360.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+380.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+400.000	1,00	3,55	3,70	1,00
3,00	8+420.000	1,00	3,55	3,68	1,00
3,00	8+440.000	1,00	3,55	3,65	1,00
3,00	8+460.000	1,00	3,55	3,63	1,00
3,00	8+480.000	1,00	3,55	3,60	1,00
3,00	8+500.000	1,00	3,55	3,57	1,00
3,00	8+520.000	0,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+540.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+560.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	8+580.000	1,00	3,63	3,56	1,00
3,00	8+600.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+620.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+640.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+660.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+680.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+700.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+720.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+740.000	1,00	3,65	3,55	1,00

3,00	8+760.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+780.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+800.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+820.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+840.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+860.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+880.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+900.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+920.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+940.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+960.000	1,00	3,65	3,55	1,00
3,00	8+980.000	1,00	3,64	3,55	1,00
3,00	9+000.000	1,00	3,59	3,55	1,00
3,00	9+020.000	1,00	3,55	3,56	1,00
3,00	9+040.000	0,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+060.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+080.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+100.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+120.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+140.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+160.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+180.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+200.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+220.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+240.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+260.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+280.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+300.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+320.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+340.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+360.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+380.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+400.000	1,00	3,63	3,55	1,00
3,00	9+420.000	1,00	3,70	3,55	1,00
3,00	9+440.000	1,00	3,61	3,55	1,00
3,00	9+460.000	1,00	3,55	3,56	1,00
3,00	9+480.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+500.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+520.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+540.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+560.000	1,00	3,55	3,55	1,00

3,00	9+580.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+600.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+620.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+640.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+660.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+680.000	1,00	3,54	3,55	1,00
3,00	9+700.000	1,00	3,56	3,75	1,00
3,00	9+720.000	1,00	3,55	3,59	1,00
3,00	9+740.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+760.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+780.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+800.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+820.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+840.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+860.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+880.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+900.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+920.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+940.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+960.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	9+980.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	10+000.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	10+020.000	1,00	3,55	3,55	1,00
3,00	10+039.651	1,00	3,55	3,55	1,00

Fuente: Elaboración Propia.

3.7.2 Volúmenes de corte y relleno

Tabla 35 Valores de corte y relleno

VOLÚMENES DE TIERRAS					
PK		CORTE		TERRAPLEN	
INICIAL	FINAL	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.
0+000.000	0+020.000	273,398	273,40	0,000	0,00
0+020.000	0+040.000	347,307	620,71	0,000	0,00
0+040.000	0+060.000	340,462	961,17	0,000	0,00
0+060.000	0+080.000	406,592	1.367,76	0,000	0,00
0+080.000	0+100.000	655,460	2.023,22	0,000	0,00
0+100.000	0+120.000	1.025,540	3.048,76	0,000	0,00
0+120.000	0+140.000	1.381,593	4.430,35	0,000	0,00
0+140.000	0+160.000	1.513,020	5.943,37	0,000	0,00

0+160.000	0+180.000	1.315,381	7.258,75	0,000	0,00
0+180.000	0+200.000	1.181,445	8.440,20	0,000	0,00
0+200.000	0+220.000	1.134,433	9.574,63	0,000	0,00
0+220.000	0+240.000	1.157,946	10.732,58	0,000	0,00
0+240.000	0+260.000	1.153,781	11.886,36	0,000	0,00
0+260.000	0+280.000	1.181,129	13.067,49	0,000	0,00
0+280.000	0+300.000	1.109,722	14.177,21	0,000	0,00
0+300.000	0+320.000	857,940	15.035,15	0,000	0,00
0+320.000	0+340.000	699,959	15.735,11	0,000	0,00
0+340.000	0+360.000	786,223	16.521,33	0,000	0,00
0+360.000	0+380.000	949,585	17.470,92	0,000	0,00
0+380.000	0+400.000	989,906	18.460,82	0,000	0,00
0+400.000	0+420.000	949,212	19.410,03	0,000	0,00
0+420.000	0+440.000	855,160	20.265,19	0,000	0,00
0+440.000	0+460.000	666,096	20.931,29	0,000	0,00
0+460.000	0+480.000	454,855	21.386,15	0,000	0,00
0+480.000	0+500.000	224,551	21.610,70	0,000	0,00
0+500.000	0+520.000	44,647	21.655,34	42,787	42,79
0+520.000	0+540.000	0,000	21.655,34	178,721	221,51
0+540.000	0+560.000	0,000	21.655,34	252,947	474,46
0+560.000	0+580.000	0,000	21.655,34	212,837	687,29
0+580.000	0+600.000	0,461	21.655,80	161,913	849,21
0+600.000	0+620.000	0,461	21.656,27	158,821	1.008,03
0+620.000	0+640.000	0,000	21.656,27	285,762	1.293,79
0+640.000	0+660.000	0,000	21.656,27	529,519	1.823,31
0+660.000	0+680.000	0,000	21.656,27	825,412	2.648,72
0+680.000	0+700.000	0,000	21.656,27	942,204	3.590,92
0+700.000	0+720.000	0,000	21.656,27	749,757	4.340,68
0+720.000	0+740.000	0,000	21.656,27	491,011	4.831,69
0+740.000	0+760.000	0,000	21.656,27	308,292	5.139,98
0+760.000	0+780.000	0,000	21.656,27	185,667	5.325,65
0+780.000	0+800.000	0,000	21.656,27	199,965	5.525,62
0+800.000	0+820.000	17,309	21.673,57	104,300	5.629,92
0+820.000	0+840.000	258,595	21.932,17	2,681	5.632,60
0+840.000	0+860.000	565,045	22.497,21	0,000	5.632,60
0+860.000	0+880.000	801,471	23.298,69	0,000	5.632,60
0+880.000	0+900.000	823,568	24.122,25	0,000	5.632,60
0+900.000	0+920.000	649,139	24.771,39	0,000	5.632,60
0+920.000	0+940.000	445,248	25.216,64	0,000	5.632,60
0+940.000	0+960.000	293,630	25.510,27	0,000	5.632,60
0+960.000	0+980.000	175,535	25.685,81	0,599	5.633,20

0+980.000	1+000.000	124,086	25.809,89	0,599	5.633,79
1+000.000	1+020.000	325,993	26.135,88	0,000	5.633,79
1+020.000	1+040.000	538,560	26.674,44	0,000	5.633,79
1+040.000	1+060.000	590,172	27.264,62	0,000	5.633,79
1+060.000	1+080.000	662,013	27.926,63	0,000	5.633,79
1+080.000	1+100.000	759,077	28.685,71	0,000	5.633,79
1+100.000	1+120.000	892,789	29.578,50	0,000	5.633,79
1+120.000	1+140.000	1.062,296	30.640,79	0,000	5.633,79
1+140.000	1+160.000	1.129,383	31.770,17	0,000	5.633,79
1+160.000	1+180.000	1.042,813	32.812,99	0,000	5.633,79
1+180.000	1+200.000	872,024	33.685,01	0,000	5.633,79
1+200.000	1+220.000	698,355	34.383,37	0,000	5.633,79
1+220.000	1+240.000	537,153	34.920,52	0,000	5.633,79
1+240.000	1+260.000	360,683	35.281,20	0,000	5.633,79
1+260.000	1+280.000	219,202	35.500,40	0,000	5.633,79
1+280.000	1+300.000	165,143	35.665,55	0,000	5.633,79
1+300.000	1+320.000	167,688	35.833,24	0,000	5.633,79
1+320.000	1+340.000	220,505	36.053,74	0,000	5.633,79
1+340.000	1+360.000	229,010	36.282,75	0,000	5.633,79
1+360.000	1+380.000	219,577	36.502,33	0,000	5.633,79
1+380.000	1+400.000	304,597	36.806,92	0,000	5.633,79
1+400.000	1+420.000	392,675	37.199,60	0,000	5.633,79
1+420.000	1+440.000	451,707	37.651,31	0,000	5.633,79
1+440.000	1+460.000	437,681	38.088,99	0,000	5.633,79
1+460.000	1+480.000	410,625	38.499,61	0,000	5.633,79
1+480.000	1+500.000	475,190	38.974,80	0,000	5.633,79
1+500.000	1+520.000	249,590	39.224,39	0,000	5.633,79
1+520.000	1+540.000	35,385	39.259,78	101,722	5.735,52
1+540.000	1+560.000	0,000	39.259,78	453,557	6.189,07
1+560.000	1+580.000	0,000	39.259,78	563,632	6.752,71
1+580.000	1+600.000	0,000	39.259,78	719,029	7.471,73
1+600.000	1+620.000	0,000	39.259,78	1.069,059	8.540,79
1+620.000	1+640.000	0,000	39.259,78	1.586,432	10.127,23
1+640.000	1+660.000	0,000	39.259,78	1.340,124	11.467,35
1+660.000	1+680.000	6,065	39.265,84	495,172	11.962,52
1+680.000	1+700.000	145,322	39.411,16	44,904	12.007,43
1+700.000	1+720.000	403,756	39.814,92	0,000	12.007,43
1+720.000	1+740.000	597,167	40.412,09	0,000	12.007,43
1+740.000	1+760.000	594,746	41.006,83	0,000	12.007,43
1+760.000	1+780.000	500,621	41.507,45	0,000	12.007,43
1+780.000	1+800.000	386,828	41.894,28	0,000	12.007,43

1+800.000	1+820.000	212,986	42.107,27	0,427	12.007,85
1+820.000	1+840.000	57,691	42.164,96	37,275	12.045,13
1+840.000	1+860.000	2,685	42.167,64	160,424	12.205,55
1+860.000	1+880.000	0,000	42.167,64	344,042	12.549,59
1+880.000	1+900.000	0,000	42.167,64	578,177	13.127,77
1+900.000	1+920.000	0,000	42.167,64	1.024,206	14.151,98
1+920.000	1+940.000	0,000	42.167,64	1.536,636	15.688,61
1+940.000	1+960.000	0,000	42.167,64	1.752,196	17.440,81
1+960.000	1+980.000	0,000	42.167,64	1.652,569	19.093,38
1+980.000	2+000.000	0,000	42.167,64	1.329,229	20.422,61
2+000.000	2+020.000	0,000	42.167,64	831,320	21.253,93
2+020.000	2+040.000	0,000	42.167,64	439,477	21.693,40
2+040.000	2+060.000	22,401	42.190,05	169,621	21.863,02
2+060.000	2+080.000	165,925	42.355,97	19,521	21.882,55
2+080.000	2+100.000	412,928	42.768,90	0,000	21.882,55
2+100.000	2+120.000	724,116	43.493,01	0,000	21.882,55
2+120.000	2+140.000	1.118,990	44.612,00	0,000	21.882,55
2+140.000	2+160.000	1.581,933	46.193,94	0,000	21.882,55
2+160.000	2+180.000	2.048,943	48.242,88	0,000	21.882,55
2+180.000	2+200.000	2.389,219	50.632,10	0,000	21.882,55
2+200.000	2+220.000	2.464,627	53.096,73	0,000	21.882,55
2+220.000	2+240.000	2.316,335	55.413,06	0,000	21.882,55
2+240.000	2+260.000	2.239,923	57.652,98	0,000	21.882,55
2+260.000	2+280.000	2.198,893	59.851,88	0,000	21.882,55
2+280.000	2+300.000	1.898,148	61.750,03	0,000	21.882,55
2+300.000	2+320.000	1.275,895	63.025,92	0,000	21.882,55
2+320.000	2+340.000	754,790	63.780,71	0,000	21.882,55
2+340.000	2+360.000	735,200	64.515,91	0,000	21.882,55
2+360.000	2+380.000	853,515	65.369,43	0,000	21.882,55
2+380.000	2+400.000	862,740	66.232,17	0,000	21.882,55
2+400.000	2+420.000	778,898	67.011,06	0,000	21.882,55
2+420.000	2+440.000	678,391	67.689,45	0,000	21.882,55
2+440.000	2+460.000	446,708	68.136,16	0,000	21.882,55
2+460.000	2+480.000	205,549	68.341,71	0,000	21.882,55
2+480.000	2+500.000	42,077	68.383,79	70,949	21.953,49
2+500.000	2+520.000	0,000	68.383,79	364,899	22.318,39
2+520.000	2+540.000	0,000	68.383,79	396,765	22.715,16
2+540.000	2+560.000	0,000	68.383,79	645,517	23.360,68
2+560.000	2+580.000	0,000	68.383,79	945,474	24.306,15
2+580.000	2+600.000	0,000	68.383,79	1.442,684	25.748,83
2+600.000	2+620.000	0,000	68.383,79	1.614,306	27.363,14

2+620.000	2+640.000	0,000	68.383,79	1.524,224	28.887,36
2+640.000	2+660.000	132,332	68.516,12	468,000	29.355,36
2+660.000	2+680.000	642,193	69.158,31	15,663	29.371,03
2+680.000	2+700.000	812,903	69.971,22	0,000	29.371,03
2+700.000	2+720.000	282,263	70.253,48	221,863	29.592,89
2+720.000	2+740.000	316,772	70.570,25	517,304	30.110,19
2+740.000	2+760.000	1.575,311	72.145,56	11,207	30.121,40
2+760.000	2+780.000	3.435,719	75.581,28	0,000	30.121,40
2+780.000	2+800.000	5.108,584	80.689,87	0,000	30.121,40
2+800.000	2+820.000	5.412,906	86.102,77	0,000	30.121,40
2+820.000	2+840.000	2.367,213	88.469,98	0,000	30.121,40
2+840.000	2+860.000	425,641	88.895,63	389,050	30.510,45
2+860.000	2+880.000	0,169	88.895,79	2.728,312	33.238,76
2+880.000	2+900.000	0,000	88.895,79	4.815,403	38.054,17
2+900.000	2+920.000	0,000	88.895,79	4.561,145	42.615,31
2+920.000	2+920.895	0,000	88.895,79	163,226	42.778,54
2+957.336	2+960.000	251,803	89.147,60	0,000	42.778,54
2+960.000	2+980.000	4.322,128	93.469,73	0,000	42.778,54
2+980.000	3+000.000	2.795,283	96.265,01	0,000	42.778,54
3+000.000	3+020.000	127,739	96.392,75	1.773,769	44.552,31
3+020.000	3+040.000	0,000	96.392,75	9.357,393	53.909,70
3+040.000	3+060.000	0,000	96.392,75	17.204,656	71.114,35
3+060.000	3+080.000	0,000	96.392,75	13.203,437	84.317,79
3+080.000	3+100.000	130,193	96.522,94	3.177,594	87.495,39
3+100.000	3+120.000	1.109,741	97.632,68	344,319	87.839,70
3+120.000	3+140.000	1.538,245	99.170,93	0,000	87.839,70
3+140.000	3+160.000	859,328	100.030,25	131,074	87.970,78
3+160.000	3+180.000	312,024	100.342,28	307,062	88.277,84
3+180.000	3+200.000	644,453	100.986,73	383,363	88.661,20
3+200.000	3+220.000	3.318,915	104.305,65	0,000	88.661,20
3+220.000	3+240.000	3.307,399	107.613,05	0,000	88.661,20
3+240.000	3+260.000	1.229,484	108.842,53	11,775	88.672,98
3+260.000	3+280.000	237,595	109.080,12	769,325	89.442,30
3+280.000	3+300.000	507,719	109.587,84	354,757	89.797,06
3+300.000	3+320.000	1.974,597	111.562,44	0,000	89.797,06
3+320.000	3+340.000	2.361,099	113.923,54	0,000	89.797,06
3+340.000	3+360.000	1.866,464	115.790,00	0,000	89.797,06
3+360.000	3+380.000	1.266,049	117.056,05	0,000	89.797,06
3+380.000	3+400.000	162,655	117.218,71	939,090	90.736,15
3+400.000	3+420.000	374,964	117.593,67	1.345,733	92.081,88
3+420.000	3+440.000	3.594,046	121.187,72	0,000	92.081,88

3+440.000	3+460.000	6.375,793	127.563,51	0,000	92.081,88
3+460.000	3+480.000	5.699,754	133.263,26	0,000	92.081,88
3+480.000	3+500.000	3.967,630	137.230,89	0,000	92.081,88
3+500.000	3+520.000	2.370,780	139.601,67	0,000	92.081,88
3+520.000	3+540.000	1.075,871	140.677,55	0,000	92.081,88
3+540.000	3+560.000	173,481	140.851,03	65,355	92.147,24
3+560.000	3+580.000	460,165	141.311,19	21,118	92.168,36
3+580.000	3+600.000	628,597	141.939,79	15,371	92.183,73
3+600.000	3+620.000	627,716	142.567,50	15,371	92.199,10
3+620.000	3+640.000	1.096,046	143.663,55	0,000	92.199,10
3+640.000	3+660.000	1.149,980	144.813,53	0,000	92.199,10
3+660.000	3+680.000	932,732	145.746,26	0,000	92.199,10
3+680.000	3+700.000	908,091	146.654,35	44,157	92.243,26
3+700.000	3+720.000	354,817	147.009,17	1.629,994	93.873,25
3+720.000	3+740.000	0,000	147.009,17	5.563,541	99.436,79
3+740.000	3+760.000	0,000	147.009,17	12.161,115	111.597,91
3+760.000	3+780.000	0,000	147.009,17	13.945,981	125.543,89
3+780.000	3+800.000	0,005	147.009,18	8.349,511	133.893,40
3+800.000	3+820.000	0,397	147.009,57	4.732,697	138.626,09
3+820.000	3+840.000	0,264	147.009,84	3.893,859	142.519,95
3+840.000	3+860.000	0,002	147.009,84	2.872,092	145.392,05
3+860.000	3+880.000	25,561	147.035,40	1.193,937	146.585,98
3+880.000	3+900.000	248,777	147.284,18	292,011	146.877,99
3+900.000	3+920.000	1.374,744	148.658,92	1,018	146.879,01
3+920.000	3+940.000	2.104,438	150.763,36	0,000	146.879,01
3+940.000	3+960.000	1.463,318	152.226,68	0,000	146.879,01
3+960.000	3+980.000	1.127,515	153.354,19	0,000	146.879,01
3+980.000	4+000.000	344,326	153.698,52	2.686,608	149.565,62
4+000.000	4+020.000	0,260	153.698,78	7.922,895	157.488,51
4+020.000	4+040.000	0,000	153.698,78	12.452,990	169.941,50
4+040.000	4+060.000	0,000	153.698,78	11.347,660	181.289,16
4+060.000	4+080.000	131,862	153.830,64	4.130,957	185.420,12
4+080.000	4+100.000	2.256,208	156.086,85	0,000	185.420,12
4+100.000	4+120.000	4.325,181	160.412,03	0,000	185.420,12
4+120.000	4+140.000	3.837,495	164.249,52	0,000	185.420,12
4+140.000	4+160.000	2.543,117	166.792,64	0,000	185.420,12
4+160.000	4+180.000	1.312,736	168.105,38	0,000	185.420,12
4+180.000	4+200.000	470,854	168.576,23	26,435	185.446,56
4+200.000	4+220.000	35,932	168.612,16	597,142	186.043,70
4+220.000	4+240.000	0,000	168.612,16	2.465,135	188.508,83
4+240.000	4+260.000	0,000	168.612,16	2.414,085	190.922,92

4+260.000	4+280.000	0,000	168.612,16	1.635,420	192.558,34
4+280.000	4+300.000	265,688	168.877,85	538,294	193.096,63
4+300.000	4+320.000	1.842,764	170.720,61	0,000	193.096,63
4+320.000	4+340.000	3.222,738	173.943,35	0,000	193.096,63
4+340.000	4+360.000	3.558,638	177.501,99	0,000	193.096,63
4+360.000	4+380.000	2.572,020	180.074,01	0,000	193.096,63
4+380.000	4+400.000	2.357,131	182.431,14	0,000	193.096,63
4+400.000	4+420.000	2.310,422	184.741,56	0,000	193.096,63
4+420.000	4+440.000	2.219,069	186.960,63	0,000	193.096,63
4+440.000	4+460.000	1.631,850	188.592,48	0,000	193.096,63
4+460.000	4+480.000	865,633	189.458,12	0,000	193.096,63
4+480.000	4+500.000	483,631	189.941,75	19,466	193.116,10
4+500.000	4+520.000	309,478	190.251,22	357,256	193.473,35
4+520.000	4+540.000	140,818	190.392,04	752,990	194.226,34
4+540.000	4+560.000	1.136,658	191.528,70	415,200	194.641,54
4+560.000	4+580.000	3.606,345	195.135,05	0,000	194.641,54
4+580.000	4+600.000	7.893,589	203.028,63	0,000	194.641,54
4+600.000	4+620.000	14.283,845	217.312,48	0,000	194.641,54
4+620.000	4+640.000	15.165,413	232.477,89	0,000	194.641,54
4+640.000	4+660.000	7.329,706	239.807,60	0,000	194.641,54
4+660.000	4+680.000	1.817,418	241.625,02	0,000	194.641,54
4+680.000	4+700.000	61,706	241.686,72	757,592	195.399,14
4+700.000	4+720.000	0,000	241.686,72	1.484,439	196.883,58
4+720.000	4+740.000	0,000	241.686,72	2.440,933	199.324,51
4+740.000	4+760.000	222,203	241.908,93	885,671	200.210,18
4+760.000	4+780.000	1.000,124	242.909,05	26,682	200.236,86
4+780.000	4+800.000	2.373,177	245.282,23	0,000	200.236,86
4+800.000	4+820.000	4.292,663	249.574,89	0,000	200.236,86
4+820.000	4+840.000	5.991,215	255.566,10	0,000	200.236,86
4+840.000	4+860.000	5.968,372	261.534,48	0,000	200.236,86
4+860.000	4+880.000	3.223,175	264.757,65	0,000	200.236,86
4+880.000	4+900.000	516,442	265.274,09	343,503	200.580,36
4+900.000	4+920.000	0,000	265.274,09	4.059,079	204.639,44
4+920.000	4+940.000	0,000	265.274,09	7.253,901	211.893,34
4+940.000	4+960.000	0,000	265.274,09	7.233,284	219.126,63
4+960.000	4+980.000	0,000	265.274,09	6.552,976	225.679,60
4+980.000	5+000.000	0,000	265.274,09	2.311,659	227.991,26
5+000.000	5+020.000	1.080,159	266.354,25	60,877	228.052,14
5+020.000	5+040.000	6.112,598	272.466,85	0,000	228.052,14
5+040.000	5+060.000	9.874,136	282.340,99	0,000	228.052,14
5+060.000	5+080.000	10.687,578	293.028,56	0,000	228.052,14

5+080.000	5+100.000	12.520,585	305.549,15	0,000	228.052,14
5+100.000	5+120.000	9.170,419	314.719,57	0,000	228.052,14
5+120.000	5+140.000	3.453,907	318.173,48	0,000	228.052,14
5+140.000	5+160.000	794,288	318.967,76	3,706	228.055,85
5+160.000	5+180.000	27,647	318.995,41	1.137,884	229.193,73
5+180.000	5+200.000	0,000	318.995,41	2.292,596	231.486,33
5+200.000	5+220.000	884,641	319.880,05	201,759	231.688,09
5+220.000	5+240.000	2.220,455	322.100,51	0,000	231.688,09
5+240.000	5+260.000	1.504,438	323.604,94	0,000	231.688,09
5+260.000	5+280.000	1.984,497	325.589,44	0,000	231.688,09
5+280.000	5+300.000	2.636,883	328.226,32	0,000	231.688,09
5+300.000	5+320.000	3.721,311	331.947,64	0,000	231.688,09
5+320.000	5+340.000	5.998,296	337.945,93	0,000	231.688,09
5+340.000	5+360.000	5.557,332	343.503,26	0,000	231.688,09
5+360.000	5+380.000	4.026,143	347.529,41	0,000	231.688,09
5+380.000	5+400.000	4.381,816	351.911,22	0,000	231.688,09
5+400.000	5+420.000	7.381,903	359.293,13	0,000	231.688,09
5+420.000	5+440.000	7.764,447	367.057,57	0,000	231.688,09
5+440.000	5+460.000	6.154,436	373.212,01	0,000	231.688,09
5+460.000	5+480.000	2.749,709	375.961,72	15,380	231.703,47
5+480.000	5+500.000	109,725	376.071,44	1.459,625	233.163,09
5+500.000	5+520.000	3.130,641	379.202,08	436,736	233.599,83
5+520.000	5+540.000	3.774,062	382.976,15	0,000	233.599,83
5+540.000	5+560.000	1.341,634	384.317,78	571,957	234.171,78
5+560.000	5+580.000	1.744,973	386.062,75	884,077	235.055,86
5+580.000	5+600.000	9.134,690	395.197,44	0,000	235.055,86
5+600.000	5+620.000	17.374,610	412.572,05	0,000	235.055,86
5+620.000	5+640.000	18.622,564	431.194,62	0,000	235.055,86
5+640.000	5+660.000	12.576,057	443.770,67	0,000	235.055,86
5+660.000	5+680.000	9.261,010	453.031,68	0,000	235.055,86
5+680.000	5+700.000	13.981,429	467.013,11	0,000	235.055,86
5+700.000	5+720.000	16.095,178	483.108,29	0,000	235.055,86
5+720.000	5+728.029	5.675,294	488.783,58	0,000	235.055,86
5+754.772	5+760.000	1.795,277	490.578,86	0,000	235.055,86
5+760.000	5+780.000	4.394,453	494.973,31	494,269	235.550,13
5+780.000	5+800.000	1.167,989	496.141,30	2.767,376	238.317,51
5+800.000	5+820.000	173,492	496.314,80	2.458,113	240.775,62
5+820.000	5+840.000	1.899,053	498.213,85	92,503	240.868,12
5+840.000	5+860.000	5.125,112	503.338,96	0,000	240.868,12
5+860.000	5+880.000	6.739,538	510.078,50	0,000	240.868,12
5+880.000	5+900.000	6.126,114	516.204,61	0,000	240.868,12

5+900.000	5+920.000	3.645,066	519.849,68	73,367	240.941,49
5+920.000	5+940.000	1.308,209	521.157,89	116,567	241.058,06
5+940.000	5+960.000	2.870,448	524.028,34	0,000	241.058,06
5+960.000	5+980.000	5.039,483	529.067,82	0,000	241.058,06
5+980.000	6+000.000	8.741,312	537.809,13	0,000	241.058,06
6+000.000	6+020.000	8.845,563	546.654,69	0,000	241.058,06
6+020.000	6+040.000	2.899,818	549.554,51	195,165	241.253,22
6+040.000	6+060.000	2.227,849	551.782,36	657,843	241.911,06
6+060.000	6+080.000	4.511,767	556.294,13	0,000	241.911,06
6+080.000	6+100.000	3.789,889	560.084,02	0,000	241.911,06
6+100.000	6+120.000	1.819,925	561.903,94	0,000	241.911,06
6+120.000	6+140.000	352,867	562.256,81	1.301,115	243.212,18
6+140.000	6+160.000	18,557	562.275,37	1.476,457	244.688,64
6+160.000	6+180.000	191,658	562.467,02	195,640	244.884,28
6+180.000	6+200.000	207,649	562.674,67	112,324	244.996,60
6+200.000	6+220.000	535,986	563.210,66	16,579	245.013,18
6+220.000	6+240.000	1.102,357	564.313,02	0,000	245.013,18
6+240.000	6+260.000	750,490	565.063,51	14,417	245.027,60
6+260.000	6+280.000	46,390	565.109,90	1.047,702	246.075,30
6+280.000	6+300.000	0,000	565.109,90	4.388,844	250.464,14
6+300.000	6+320.000	525,366	565.635,26	2.663,045	253.127,19
6+320.000	6+340.000	5.176,841	570.812,10	0,000	253.127,19
6+340.000	6+360.000	8.472,651	579.284,75	0,000	253.127,19
6+360.000	6+380.000	8.284,661	587.569,41	0,000	253.127,19
6+380.000	6+400.000	5.373,623	592.943,04	0,000	253.127,19
6+400.000	6+420.000	1.759,312	594.702,35	0,000	253.127,19
6+420.000	6+440.000	317,993	595.020,34	76,663	253.203,85
6+440.000	6+460.000	4,471	595.024,81	851,559	254.055,41
6+460.000	6+520.000	5.716,410	600.741,22	1.729,124	255.784,53
6+520.000	6+560.000	11.546,343	612.287,57	0,000	255.784,53
6+560.000	6+580.000	7.763,741	620.051,31	0,000	255.784,53
6+580.000	6+600.000	8.313,942	628.365,25	0,000	255.784,53
6+600.000	6+620.000	5.807,759	634.173,01	0,000	255.784,53
6+620.000	6+640.000	1.369,277	635.542,29	35,212	255.819,74
6+640.000	6+680.000	24,302	635.566,59	5.608,842	261.428,59
6+680.000	6+700.000	0,000	635.566,59	4.815,964	266.244,55
6+700.000	6+720.000	0,000	635.566,59	2.981,323	269.225,87
6+720.000	6+760.000	22,005	635.588,59	1.604,371	270.830,24
6+760.000	6+820.000	2.311,500	637.900,09	188,888	271.019,13
6+820.000	6+860.000	4.180,211	642.080,30	0,000	271.019,13
6+860.000	6+880.000	947,238	643.027,54	12,292	271.031,42

6+880.000	6+900.000	346,345	643.373,89	300,271	271.331,70
6+900.000	6+920.000	175,305	643.549,19	394,792	271.726,49
6+920.000	6+940.000	849,239	644.398,43	0,000	271.726,49
6+940.000	6+960.000	1.465,485	645.863,92	0,000	271.726,49
6+960.000	6+980.000	163,304	646.027,22	519,124	272.245,61
6+980.000	7+000.000	0,000	646.027,22	2.925,023	275.170,63
7+000.000	7+020.000	0,000	646.027,22	2.923,565	278.094,20
7+020.000	7+040.000	0,000	646.027,22	2.185,880	280.280,08
7+040.000	7+060.000	0,000	646.027,22	3.727,102	284.007,18
7+060.000	7+080.000	0,000	646.027,22	2.453,790	286.460,97
7+080.000	7+100.000	0,000	646.027,22	1.241,238	287.702,21
7+100.000	7+120.000	70,283	646.097,50	354,761	288.056,97
7+120.000	7+140.000	190,571	646.288,07	79,653	288.136,62
7+140.000	7+160.000	422,543	646.710,62	27,193	288.163,82
7+160.000	7+180.000	596,053	647.306,67	0,000	288.163,82
7+180.000	7+200.000	1.004,008	648.310,68	0,000	288.163,82
7+200.000	7+220.000	1.952,103	650.262,78	0,000	288.163,82
7+220.000	7+240.000	2.400,808	652.663,59	0,000	288.163,82
7+240.000	7+260.000	1.383,804	654.047,39	0,000	288.163,82
7+260.000	7+280.000	205,104	654.252,50	218,609	288.382,43
7+280.000	7+300.000	0,000	654.252,50	2.367,782	290.750,21
7+300.000	7+320.000	0,000	654.252,50	5.478,876	296.229,08
7+320.000	7+340.000	0,000	654.252,50	7.643,159	303.872,24
7+340.000	7+360.000	0,000	654.252,50	6.388,807	310.261,05
7+360.000	7+380.000	0,000	654.252,50	3.159,601	313.420,65
7+380.000	7+400.000	44,550	654.297,05	1.040,242	314.460,89
7+400.000	7+420.000	1.717,551	656.014,60	1,011	314.461,90
7+420.000	7+440.000	6.090,770	662.105,37	0,000	314.461,90
7+440.000	7+460.000	9.374,437	671.479,80	0,000	314.461,90
7+460.000	7+480.000	10.477,203	681.957,01	0,000	314.461,90
7+480.000	7+500.000	10.078,631	692.035,64	0,000	314.461,90
7+500.000	7+520.000	9.740,133	701.775,77	0,000	314.461,90
7+520.000	7+540.000	12.222,106	713.997,88	0,000	314.461,90
7+540.000	7+560.000	14.899,304	728.897,18	0,000	314.461,90
7+560.000	7+580.000	14.064,040	742.961,22	0,000	314.461,90
7+580.000	7+600.000	11.558,309	754.519,53	0,000	314.461,90
7+600.000	7+620.000	8.926,083	763.445,61	0,000	314.461,90
7+620.000	7+640.000	6.886,736	770.332,35	0,000	314.461,90
7+640.000	7+660.000	5.143,652	775.476,00	0,000	314.461,90
7+660.000	7+680.000	3.239,831	778.715,83	0,000	314.461,90
7+680.000	7+700.000	2.138,192	780.854,02	0,000	314.461,90

7+700.000	7+720.000	1.527,400	782.381,42	3,537	314.465,44
7+720.000	7+740.000	173,209	782.554,63	1.487,469	315.952,91
7+740.000	7+760.000	17,763	782.572,40	1.714,374	317.667,28
7+760.000	7+780.000	1.336,291	783.908,69	2,799	317.670,08
7+780.000	7+800.000	2.300,017	786.208,70	0,000	317.670,08
7+800.000	7+820.000	1.028,633	787.237,34	0,116	317.670,20
7+820.000	7+840.000	28,072	787.265,41	500,258	318.170,46
7+840.000	7+860.000	805,974	788.071,38	258,883	318.429,34
7+860.000	7+880.000	3.185,083	791.256,47	0,000	318.429,34
7+880.000	7+900.000	5.079,218	796.335,68	0,000	318.429,34
7+900.000	7+920.000	4.685,873	801.021,56	0,000	318.429,34
7+920.000	7+940.000	2.886,866	803.908,42	0,000	318.429,34
7+940.000	7+960.000	1.011,320	804.919,74	0,000	318.429,34
7+960.000	7+980.000	110,218	805.029,96	329,495	318.758,83
7+980.000	8+000.000	226,744	805.256,71	329,495	319.088,33
8+000.000	8+020.000	1.583,490	806.840,20	0,000	319.088,33
8+020.000	8+040.000	3.385,661	810.225,86	0,000	319.088,33
8+040.000	8+060.000	3.173,810	813.399,67	0,000	319.088,33
8+060.000	8+080.000	1.360,703	814.760,37	0,000	319.088,33
8+080.000	8+100.000	293,369	815.053,74	38,426	319.126,76
8+100.000	8+120.000	0,000	815.053,74	811,862	319.938,62
8+120.000	8+140.000	0,000	815.053,74	1.889,472	321.828,09
8+140.000	8+160.000	0,000	815.053,74	1.812,568	323.640,66
8+160.000	8+180.000	0,000	815.053,74	1.366,973	325.007,63
8+180.000	8+200.000	78,345	815.132,08	275,641	325.283,27
8+200.000	8+220.000	1.280,153	816.412,24	0,000	325.283,27
8+220.000	8+240.000	2.992,915	819.405,15	0,000	325.283,27
8+240.000	8+260.000	3.375,259	822.780,41	0,000	325.283,27
8+260.000	8+280.000	2.384,491	825.164,90	0,000	325.283,27
8+280.000	8+300.000	974,544	826.139,45	0,000	325.283,27
8+300.000	8+320.000	301,704	826.441,15	1,561	325.284,83
8+320.000	8+340.000	3,091	826.444,24	346,894	325.631,73
8+340.000	8+360.000	0,000	826.444,24	1.061,662	326.693,39
8+360.000	8+380.000	0,000	826.444,24	1.254,665	327.948,05
8+380.000	8+400.000	0,000	826.444,24	1.068,239	329.016,29
8+400.000	8+420.000	0,000	826.444,24	1.272,413	330.288,71
8+420.000	8+440.000	0,000	826.444,24	1.586,507	331.875,21
8+440.000	8+460.000	0,000	826.444,24	2.182,533	334.057,75
8+460.000	8+480.000	0,000	826.444,24	1.693,128	335.750,87
8+480.000	8+500.000	0,000	826.444,24	883,447	336.634,32
8+500.000	8+520.000	2,365	826.446,61	400,097	337.034,42

8+520.000	8+540.000	45,926	826.492,53	133,468	337.167,89
8+540.000	8+560.000	301,171	826.793,70	15,783	337.183,67
8+560.000	8+580.000	697,597	827.491,30	0,000	337.183,67
8+580.000	8+600.000	934,494	828.425,79	0,000	337.183,67
8+600.000	8+620.000	1.032,748	829.458,54	0,000	337.183,67
8+620.000	8+640.000	796,695	830.255,24	0,000	337.183,67
8+640.000	8+660.000	562,812	830.818,05	0,000	337.183,67
8+660.000	8+680.000	75,925	830.893,97	450,701	337.634,37
8+680.000	8+700.000	0,000	830.893,97	1.673,445	339.307,81
8+700.000	8+720.000	0,000	830.893,97	1.874,845	341.182,66
8+720.000	8+740.000	0,000	830.893,97	1.186,706	342.369,37
8+740.000	8+760.000	0,000	830.893,97	1.051,170	343.420,54
8+760.000	8+780.000	0,000	830.893,97	965,218	344.385,75
8+780.000	8+800.000	0,000	830.893,97	1.228,735	345.614,49
8+800.000	8+820.000	0,000	830.893,97	969,353	346.583,84
8+820.000	8+840.000	0,000	830.893,97	1.431,339	348.015,18
8+840.000	8+860.000	0,000	830.893,97	2.371,418	350.386,60
8+860.000	8+880.000	0,000	830.893,97	2.723,890	353.110,49
8+880.000	8+900.000	0,000	830.893,97	3.479,555	356.590,04
8+900.000	8+920.000	0,000	830.893,97	2.387,326	358.977,37
8+920.000	8+940.000	0,000	830.893,97	1.334,106	360.311,48
8+940.000	8+960.000	901,824	831.795,80	22,361	360.333,84
8+960.000	8+980.000	2.203,389	833.999,19	0,000	360.333,84
8+980.000	9+000.000	2.509,763	836.508,95	0,000	360.333,84
9+000.000	9+020.000	2.238,065	838.747,01	0,000	360.333,84
9+020.000	9+040.000	1.300,659	840.047,67	0,000	360.333,84
9+040.000	9+060.000	639,726	840.687,40	29,595	360.363,43
9+060.000	9+080.000	447,127	841.134,53	40,982	360.404,41
9+080.000	9+100.000	1.348,473	842.483,00	11,386	360.415,80
9+100.000	9+120.000	2.880,318	845.363,32	0,000	360.415,80
9+120.000	9+140.000	2.296,387	847.659,70	0,000	360.415,80
9+140.000	9+160.000	2.037,584	849.697,29	0,000	360.415,80
9+160.000	9+180.000	3.046,421	852.743,71	0,000	360.415,80
9+180.000	9+200.000	3.656,599	856.400,31	0,000	360.415,80
9+200.000	9+220.000	3.640,545	860.040,85	0,000	360.415,80
9+220.000	9+240.000	2.271,770	862.312,62	0,000	360.415,80
9+240.000	9+260.000	719,204	863.031,83	90,568	360.506,37
9+260.000	9+280.000	262,879	863.294,71	90,568	360.596,94
9+280.000	9+300.000	1.340,780	864.635,49	0,000	360.596,94
9+300.000	9+320.000	2.122,930	866.758,42	0,000	360.596,94
9+320.000	9+340.000	1.088,301	867.846,72	4,893	360.601,83

9+340.000	9+360.000	47,239	867.893,96	717,614	361.319,44
9+360.000	9+380.000	179,705	868.073,66	745,058	362.064,50
9+380.000	9+400.000	556,862	868.630,52	32,336	362.096,84
9+400.000	9+420.000	868,767	869.499,29	0,000	362.096,84
9+420.000	9+440.000	994,969	870.494,26	0,000	362.096,84
9+440.000	9+460.000	916,424	871.410,68	0,000	362.096,84
9+460.000	9+480.000	897,832	872.308,52	0,000	362.096,84
9+480.000	9+500.000	946,425	873.254,94	0,000	362.096,84
9+500.000	9+520.000	993,961	874.248,90	0,000	362.096,84
9+520.000	9+540.000	1.154,997	875.403,90	0,000	362.096,84
9+540.000	9+560.000	1.411,709	876.815,61	0,000	362.096,84
9+560.000	9+580.000	1.559,748	878.375,36	0,000	362.096,84
9+580.000	9+600.000	1.393,097	879.768,45	0,000	362.096,84
9+600.000	9+620.000	1.300,082	881.068,53	0,000	362.096,84
9+620.000	9+640.000	1.510,419	882.578,95	0,000	362.096,84
9+640.000	9+660.000	1.519,934	884.098,89	0,000	362.096,84
9+660.000	9+680.000	1.520,044	885.618,93	0,000	362.096,84
9+680.000	9+700.000	1.584,703	887.203,63	0,000	362.096,84
9+700.000	9+720.000	1.311,357	888.514,99	0,000	362.096,84
9+720.000	9+740.000	1.030,462	889.545,45	0,000	362.096,84
9+740.000	9+760.000	754,159	890.299,61	0,000	362.096,84
9+760.000	9+780.000	469,354	890.768,97	0,000	362.096,84
9+780.000	9+800.000	255,496	891.024,46	0,000	362.096,84
9+800.000	9+820.000	83,188	891.107,65	117,970	362.214,81
9+820.000	9+840.000	0,000	891.107,65	350,129	362.564,94
9+840.000	9+860.000	0,000	891.107,65	610,215	363.175,15
9+860.000	9+880.000	0,000	891.107,65	776,257	363.951,41
9+880.000	9+900.000	0,000	891.107,65	738,458	364.689,87
9+900.000	9+920.000	0,000	891.107,65	818,186	365.508,05
9+920.000	9+940.000	0,000	891.107,65	1.231,082	366.739,13
9+940.000	9+960.000	0,000	891.107,65	1.817,437	368.556,57
9+960.000	9+980.000	0,000	891.107,65	2.690,375	371.246,95
9+980.000	10+000.000	0,000	891.107,65	3.259,065	374.506,01
10+000.000	10+020.000	0,000	891.107,65	3.587,571	378.093,58
10+020.000	10+039.651	0,000	891.107,65	4.323,020	382.416,60

Fuente: Elaboración propia.

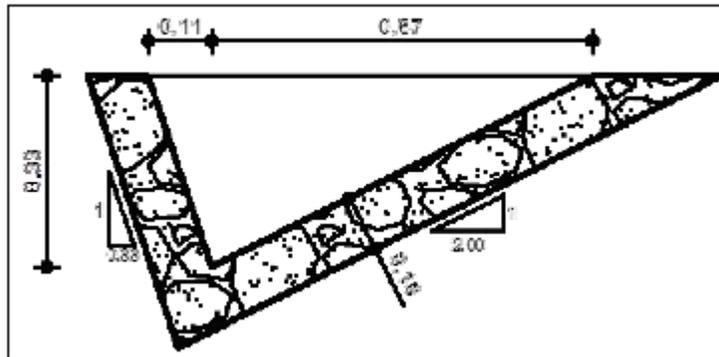
3.7.3 Diseño de cunetas

El diseño fue realizado bajo las condiciones en las cuales trabajará el drenaje longitudinal de la vía.

El drenaje longitudinal comprende básicamente una sección tipo, triangular.

Se adopta una sección de tipo triangular con taludes asimétricos 1:0,33 y 1:2, como se muestra en el siguiente gráfico:

Fig. 44 Sección de cuneta revestida tipo I



Fuente: Elaboración propia.

Ancho superficial

$$T = 2zy$$

Donde:

T = Ancho superficial

Y = Tirante de nivel de agua

Tabla 36 Planilla de cunetas lado izquierdo.

Desde	Hasta	Long(m)	Lado	Tipo
0+000,0	0+174,9	65	Izq.	I
0+374,9	0+509,9	135	Izq.	I
0+579,9	0+624,9	45	Izq.	I
0+859,9	0+969,9	110	Izq.	I
1+019,9	1+249,9	230	Izq.	I

1+384,9	1+559,9	175	Izq.	I
1+674,9	1+869,9	195	Izq.	I
2+134,9	2+729,9	595	Izq.	I
2+731,9	2+909,9	178	Izq.	I
2+911,9	3+014,9	103	Izq.	I
3+068,9	3+262,9	194	Izq.	I
3+264,9	3+398,9	134	Izq.	I
3+400,9	3+737,9	337	Izq.	I
3+739,9	4+029,9	290	Izq.	I
4+031,9	4+049,9	18	Izq.	I
4+059,9	4+226,9	167	Izq.	I
4+228,9	4+349,9	121	Izq.	I
4+351,9	4+529,9	178	Izq.	I
4+531,9	4+730,9	199	Izq.	I
4+732,9	4+919,9	187	Izq.	I
4+921,9	4+994,9	73	Izq.	I
4+996,9	5+200,9	204	Izq.	I
5+202,9	5+508,9	306	Izq.	I
5+510,9	5+575,9	65	Izq.	I
5+584,9	5+678,9	94	Izq.	I
5+680,9	5+799,9	119	Izq.	I
5+801,9	5+921,9	120	Izq.	I
5+923,9	6+029,9	106	Izq.	I
6+031,9	6+128,9	97	Izq.	I
6+130,9	6+282,9	152	Izq.	I
6+284,9	6+449,9	165	Izq.	I
6+451,9	6+639,9	188	Izq.	I
6+699,9	6+897,9	198	Izq.	I
6+899,9	7+036,9	137	Izq.	I

7+038,9	7+277,9	239	Izq.	I
7+404,9	7+704,9	300	Izq.	I
7+734,9	7+779,9	45	Izq.	I
7+814,9	7+924,9	110	Izq.	I
7+964,9	8+069,9	105	Izq.	I
8+154,9	8+270,9	116	Izq.	I
8+439,9	8+629,9	190	Izq.	I
8+894,9	8+999,9	105	Izq.	I
9+044,9	9+094,9	50	Izq.	I
9+097,9	9+199,9	102	Izq.	I
9+259,9	9+289,9	30	Izq.	I
9+404,9	9+618,9	214	Izq.	I
9+620,9	9+789,9	169	Izq.	I
TOTAL		7455(ML)		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Planilla de cunetas lado derecho.

Desde	Hasta	Long(m)	Lado	Tipo
0+099,9	0+169,9	70	Der.	1
0+344,9	0+499,9	155	Der.	1
0+824,9	0+919,9	95	Der.	1
1+019,9	1+269,9	250	Der.	1
1+359,9	1+539,9	180	Der.	1
1+659,9	1+909,9	250	Der.	1
2+029,9	2+729,9	700	Der.	1
2+731,9	2+879,9	148	Der.	1
2+909,9	3+009,9	100	Der.	1
3+084,9	3+262,9	178	Der.	1
3+264,9	3+398,9	134	Der.	1
3+403,9	3+737,9	334	Der.	1
3+779,9	4+029,9	250	Der.	1

4+069,9	4+226,9	157	Der.	1
4+244,9	4+348,9	104	Der.	1
4+351,9	4+529,9	178	Der.	1
4+532,9	4+719,9	187	Der.	1
4+734,9	4+919,9	185	Der.	1
4+923,9	4+994,9	71	Der.	1
4+998,9	5+199,9	201	Der.	1
5+209,9	5+507,9	298	Der.	1
5+532,9	5+559,9	27	Der.	1
5+584,9	5+678,9	94	Der.	1
5+682,9	5+779,9	97	Der.	1
5+809,9	5+921,9	112	Der.	1
5+924,9	6+039,9	115	Der.	1
6+041,9	6+128,9	87	Der.	1
6+132,9	6+274,9	142	Der.	1
6+299,9	6+429,9	130	Der.	1
6+474,9	6+639,9	165	Der.	1
6+714,9	6+897,9	183	Der.	1
6+901,9	7+036,9	135	Der.	1
7+040,9	7+259,9	219	Der.	1
7+396,9	7+487,9	91	Der.	1
7+491,9	7+694,9	203	Der.	1
7+739,9	7+769,9	30	Der.	1
7+819,9	7+919,9	100	Der.	1
7+959,9	8+059,9	100	Der.	1
8+154,9	8+270,9	116	Der.	1
8+499,9	8+629,9	130	Der.	1
8+704,9	8+729,9	25	Der.	1
8+759,9	8+774,9	15	Der.	1

8+894,9	9+024,9	130	Der.	1
9+026,9	9+094,9	68	Der.	1
9+096,9	9+199,9	103	Der.	1
9+239,9	9+284,9	45	Der.	1
9+519,9	9+549,9	30	Der.	1
9+569,9	9+618,9	49	Der.	1
9+620,9	9+889,9	269	Der.	1
	TOTAL (ML)	7235		

Fuente: Elaboración propia

3.8 INCOMPATIBILIDADES DE DISEÑO

Tabla 38 Incompatibilidades diseño horizontal

EJE	ALIN	PK	Vp	INFORMACIÓN	PARÁMETROS
1	6	1.508,668	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 155 < 160	Mínimo 160
1	6	1.508,668	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 155 < 160	Mínimo 160
1	6	1.508,668	40,00	Clotoide 155 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 160
1	6	1.508,668	40,00	Clotoide 155 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 160
1	8	1.823,581	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=1.3 < 140.0$	LCminwn 2 > 0.51
1	8	1.823,581	40,00	Radio 160.0 Clotoides ASIMETRICAS 126 127	
1	9	1.949,562	40,00	Longitud de Recta en C INSUFICIENTE $l=47.6 < 55.0$	LROmin 55.00 m Fija
1	9	1.949,562	40,00	Longitud de Recta en C INSUFICIENTE $l=47.6 < 110.0$	LROminD 110.00 m Fija
1	11	2.274,916	40,00	Recta L=134.7 < 400.0 Radio Siguiente Fuera de Limites	LRRs 400 R(160-469)
1	12	2.413,936	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=5.0 < 125.0$	LCminwn 3 > 2.37
1	12	2.413,936	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 96 < 100	Mínimo 100
1	12	2.413,936	40,00	Clotoide 96 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 100
1	12	2.413,936	40,00	Radio 135.0 Clotoides ASIMETRICAS 96 120	
1	12	2.413,936	40,00	Sin Recta Radio Siguiente Fuera de Limites	LRRs 400 R(90-206)
1	13	2.627,975	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 130	Mínimo 130
1	13	2.627,975	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 130
1	13	2.627,975	40,00	Radio 240.0 Clotoides ASIMETRICAS 138 0	
1	14	2.786,047	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 130	Mínimo 130
1	14	2.786,047	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 130
2	1	3.033,136	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 105	Mínimo 105
2	1	3.033,136	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 105
2	3	3.248,295	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=2.1 < 140.0$	LCminwn 2 > 1.11
2	3	3.248,295	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 94 < 95	Mínimo 95
2	3	3.248,295	40,00	Clotoide 94 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
2	3	3.248,295	40,00	Radio 120.0 Clotoides ASIMETRICAS 96 94	
2	4	3.344,731	40,00	Longitud de Recta en C INSUFICIENTE $l=41.0 < 55.0$	LROminD 55.00 m Fija
2	5	3.398,898	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 95	Mínimo 95
2	5	3.398,898	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 95	Mínimo 95
2	5	3.398,898	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
2	5	3.398,898	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
2	5	3.398,898	40,00	Sin Recta Radio Siguiente Fuera de Limites	LRRs 400 R(80-182)
2	5	3.398,898	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE $\Omega C=9.6 < 20.0$ Gonios	OCminRec 20.00 cen
2	6	3.505,665	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 135
2	6	3.505,665	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 135
2	6	3.505,665	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE $\Omega C=0.0 < 20.0$ Gonios	OCminRec 20.00 cen
2	6	3.505,665	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE $\Omega C=0.0 < 9.0$ Gonios	OCminAce 9.00 cen
2	8	3.766,392	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 125	Mínimo 125

2	8	3.766,392	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 125	Mínimo 125
2	8	3.766,392	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 125
2	8	3.766,392	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 125
2	8	3.766,392	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE OmegaC=14.0 < 20.0 Gonios	OCminRec 20.00 cen
2	9	3.810,129	40,00	Longitud de Recta en C INSUFICIENTE l=39.2 < 55.0	LROminD 55.00 m Fija
2	9	3.810,129	40,00	Recta L=39.2 < 400.0 Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(143-381)
2	10	3.906,443	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 59 < 60	Mínimo 60
2	10	3.906,443	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 60 > 50	Maximo 50
2	10	3.906,443	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 59 > 50	Maximo 50
2	10	3.906,443	40,00	Clotoide 59 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 60
2	10	3.906,443	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 60 59	
2	12	4.275,825	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 59 < 70	Mínimo 70
2	12	4.275,825	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 72 > 65	Maximo 65
2	12	4.275,825	40,00	Clotoide 59 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 70
2	12	4.275,825	40,00	Radio 68.0 Clotoides ASIMETRICAS 72 59	
2	12	4.275,825	40,00	Sin Recta Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(50-102)
2	13	4.404,854	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE l=11.0 < 90.0	LCminwn 6 > 5.82
2	13	4.404,854	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 80 < 95	Mínimo 95
2	13	4.404,854	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 93 < 95	Mínimo 95
2	13	4.404,854	40,00	Clotoide 80 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
2	13	4.404,854	40,00	Clotoide 93 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
2	13	4.404,854	40,00	Radio 120.0 Clotoides ASIMETRICAS 80 93	
2	14	4.548,700	40,00	Recta L=132.0 < 400.0 Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(80-182)
2	15	4.675,075	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 145	Mínimo 145
2	15	4.675,075	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 145	Mínimo 145
2	15	4.675,075	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 145
2	15	4.675,075	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 145
2	16	4.774,925	40,00	Recta L=78.9 < 400.0 Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(186-670)
2	17	4.965,118	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 115	Mínimo 115
2	17	4.965,118	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 115
2	17	4.965,118	40,00	Sin Recta Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(122-300)
2	18	5.122,717	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 64 < 75	Mínimo 75
2	18	5.122,717	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 75	Mínimo C 75
2	18	5.122,717	40,00	Clotoide 64 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 75
2	18	5.122,717	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L C 75
2	18	5.122,717	40,00	Radio 79.0 Clotoides ASIMETRICAS 0 64	
2	19	5.320,691	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 64 < 75	Mínimo 75
2	19	5.320,691	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 62 < 75	Mínimo 75
2	19	5.320,691	40,00	Clotoide 64 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 75
2	19	5.320,691	40,00	Clotoide 62 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 75
2	19	5.320,691	40,00	Radio 77.0 Clotoides ASIMETRICAS 64 62	

2	20	5.459,972	40,00	Longitud de Recta en S INSUFICIENTE $l=10.1 < 56.0$	LRSmin 1.40 * Vp
2	21	5.548,581	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 69 < 70	Mínimo 70
2	21	5.548,581	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 70	Mínimo 70
2	21	5.548,581	40,00	Clotoide 69 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 70
2	21	5.548,581	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 70
2	21	5.548,581	40,00	Radio 70.0 Clotoides ASIMETRICAS 69 0	
3	2	5.896,534	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 58 < 60	Mínimo 60
3	2	5.896,534	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 39 < 60	Mínimo 60
3	2	5.896,534	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 58 > 50	Maximo 50
3	2	5.896,534	40,00	Clotoide 58 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 60
3	2	5.896,534	40,00	Clotoide 39 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 60
3	2	5.896,534	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 58 39	
3	3	6.032,866	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 68 > 50	Maximo 50
3	3	6.032,866	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 60 > 50	Maximo 50
3	3	6.032,866	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 68 60	
3	4	6.120,207	40,00	Longitud de Recta en S INSUFICIENTE $l=24.8 < 56.0$	LRSmin 1.40 * Vp
3	4	6.120,207	40,00	Recta $L=24.8 < 400.0$ Radio Siguiente Fuera de Limites	LRRs 400 R(50-76)
3	5	6.190,375	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=1.6 < 140.0$	LCminwn 2 > 0.91
3	5	6.190,375	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 79 < 90	Mínimo 90
3	5	6.190,375	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 78 < 90	Mínimo 90
3	5	6.190,375	40,00	Clotoide 79 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 90
3	5	6.190,375	40,00	Clotoide 78 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 90
3	5	6.190,375	40,00	Radio 110.0 Clotoides ASIMETRICAS 79 78	
3	6	6.309,926	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 78 < 90	Mínimo 90
3	6	6.309,926	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 58 < 90	Mínimo 90
3	6	6.309,926	40,00	Clotoide 78 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 90
3	6	6.309,926	40,00	Clotoide 58 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 90
3	6	6.309,926	40,00	Radio 110.0 Clotoides ASIMETRICAS 78 58	
3	7	6.422,110	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 67 < 75	Mínimo 75
3	7	6.422,110	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 68 < 75	Mínimo 75
3	7	6.422,110	40,00	Clotoide 67 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 75
3	7	6.422,110	40,00	Clotoide 68 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 75
3	7	6.422,110	40,00	Radio 73.0 Clotoides ASIMETRICAS 67 68	
3	9	6.680,758	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=3.3 < 100.0$	LCminwn 5 > 4.15
3	9	6.680,758	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 62 > 50	Maximo 50
3	9	6.680,758	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 61 > 50	Maximo 50
3	9	6.680,758	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 62 61	
3	10	6.764,318	40,00	Longitud de Recta en S INSUFICIENTE $l=14.8 < 56.0$	LRSmin 1.40 * Vp
3	11	6.836,769	40,00	Longitud del Círculo INSUFICIENTE $l=0.4 < 140.0$	LCminwn 2 > 0.52
3	11	6.836,769	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 57 < 60	Mínimo 60
3	11	6.836,769	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 56 < 60	Mínimo 60

3	11	6.836,769	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 57 > 50	Maximo 50
3	11	6.836,769	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 56 > 50	Maximo 50
3	11	6.836,769	40,00	Clotoide 57 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 60
3	11	6.836,769	40,00	Clotoide 56 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 60
3	11	6.836,769	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 57 56	
3	12	6.905,278	40,00	Longitud de Recta en S INSUFICIENTE $l=10.8 < 56.0$	LRSmin 1.40 * Vp
3	13	7.004,472	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 63 > 50	Maximo 50
3	13	7.004,472	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 62 > 50	Maximo 50
3	13	7.004,472	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 63 62	
3	15	7.259,255	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 62 > 50	Maximo 50
3	15	7.259,255	40,00	Clotoide SUPERIOR a la MAXIMA 61 > 50	Maximo 50
3	15	7.259,255	40,00	Radio 51.0 Clotoides ASIMETRICAS 62 61	
3	16	7.346,486	40,00	Longitud de Recta en S INSUFICIENTE $l=1.3 < 56.0$	LRSmin 1.40 * Vp
3	16	7.346,486	40,00	Recta $L=1.3 < 400.0$ Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(50-76)
3	17	7.442,883	40,00	Radio 100.0 Clotoides ASIMETRICAS 94 92	
3	19	7.674,582	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 40 < 70	Mínimo 70
3	19	7.674,582	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 40 < 70	Mínimo 70
3	19	7.674,582	40,00	Clotoide 40 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 70
3	19	7.674,582	40,00	Clotoide 40 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 70
3	20	7.779,187	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 85	Mínimo 85
3	20	7.779,187	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 85	Mínimo 85
3	20	7.779,187	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 85
3	20	7.779,187	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 85
3	21	7.949,839	40,00	Recta $L=234.6 < 400.0$ Radio Siguiete Fuera de Limites	LRRs 400 R(67-151)
3	22	8.257,871	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 99 < 120	Mínimo 120
3	22	8.257,871	40,00	Clotoide 99 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 120
3	22	8.257,871	40,00	Radio 200.0 Clotoides ASIMETRICAS 99 149	
3	24	8.790,136	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 145	Mínimo 145
3	24	8.790,136	40,00	Clotoide INFERIOR a la MINIMA 0 < 145	Mínimo 145
3	24	8.790,136	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 145
3	24	8.790,136	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 145
3	26	9.420,960	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 115
3	26	9.420,960	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 115
3	26	9.420,960	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE $\Omega C=14.1 < 20.0$ Gonios	OCminRec 20.00 cen
3	28	9.697,505	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
3	28	9.697,505	40,00	Clotoide 0 NO CUMPLE Transición al Peralte	A/L 95
3	28	9.697,505	40,00	Omega_Curva INSUFICIENTE $\Omega C=10.5 < 20.0$ Gonios	OCminRec 20.00 cen

Fuente: ISTRAM.

Tabla 39 Incompatibilidades diseño vertical.

CALZADA	RASA	DATO	PK	LONG. ACUERDO	L. VERTICES	L. RASANTE	INFORMACIÓN
Única	8	8	2.700,000	8,895	273,996	169,549	KV 500 INFERIOR A LA MINIMA (2249)
Única	8	8	2.700,000	8,895	273,996	169,549	KV 500 INFERIOR A LA DESEABLE (3373)
Única							MINIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (845 - 879) (p<2.01%)
Única							MINIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (1643 - 1665) (p<2.01%)
Única							MINIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (2324 - 2353) (p<2.01%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (2594 - 2637) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (2666 - 2699) (p>10.00%)
Única	2	2	3.529,337	100,000	277,686	177,686	LONGITUD 177.69 m AL 9.69% EXCESIVA (141.41 m) (TA5)
Única	4	4	4.413,145	100,000	501,098	401,098	LONGITUD 401.10 m AL 9.16% EXCESIVA (165.31 m) (TA5)
Única	5	5	5.057,867	200,000	644,722	494,722	LONGITUD 494.72 m AL 7.47% EXCESIVA (242.43 m) (TA5)
Única	6	6	5.660,000		602,133	502,133	LONGITUD 502.13 m AL 9.56% EXCESIVA (147.17 m) (TA5)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3245 - 3313) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3341 - 3420) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3446 - 3549) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3900 - 3920) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4224 - 4315) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4381 - 4422) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4624 - 4736) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4813 - 5159) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (5205 - 5436) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (5491 - 5575) (p>10.00%)
Única	2	2	3.529,337	100,000	277,686	177,686	LONGITUD 177.69 m AL 9.69% EXCESIVA (141.41 m) (TA5)
Única	4	4	4.413,145	100,000	501,098	401,098	LONGITUD 401.10 m AL 9.16% EXCESIVA (165.31 m) (TA5)
Única	5	5	5.057,867	200,000	644,722	494,722	LONGITUD 494.72 m AL 7.47% EXCESIVA (242.43 m) (TA5)
Única	6	6	5.660,000		602,133	502,133	LONGITUD 502.13 m AL 9.56% EXCESIVA (147.17 m) (TA5)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3245 - 3313) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3341 - 3420) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3446 - 3549) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (3900 - 3920) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4224 - 4315) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4381 - 4422) (p>10.00%)

Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4624 - 4736) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (4813 - 5159) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (5205 - 5436) (p>10.00%)
Única							MAXIMA MAXIMA_PENDIENTE PKs (5491 - 5575) (p>10.00%)

Fuente: ISTRAM.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Con este trabajo se habilitó la utilización de una nueva aplicación (ISTRAM) dentro del departamento de Topografía y vías de comunicación de la U.A.J.M.S. Lo más importante es que se da a conocer una nueva metodología de diseño geométrico de carreteras que está basada en la metodología convencional. La dificultad que podría mencionar acerca de la aplicación es el acceso a la licencia educacional que debe ser obtenida mediante un curso Online que puede ser a través de instructores de España, México, Argentina o Perú.

Se desarrolló el uso de la herramienta ISTRAM y sus bondades, esto nos permitió realizar el diseño geométrico del trazo Corral Grande – Paicho Sud, teniendo como principales características: velocidad de proyecto: 40 Km/hr. longitud de 10 kilómetros, un ancho de calzada de 7 metros, bermas de 1 metro, y la pendiente máxima del camino es de 10,00 % estableciendo la versatilidad de su aplicación y minimizando los errores de diseño, optimizando de esta manera curvas circulares, curvas verticales, sobre anchos, peraltes, volúmenes de corte y volúmenes de relleno.

Se verificó la presencia de la normativa Boliviana de Carreteras dentro de la plataforma del programa ISTRAM, permitiendo que realicemos la revisión de los parámetros básicos de diseño, de esta revisión automatizada se generan los reportes de incompatibilidades de diseño, dichas incompatibilidades no serán subsanadas de forma obligatoria. El proyectista deberá decidir en que tramos cumplir o no con dichas sugerencias con respecto a la normativa y dependiendo de las condiciones del proyecto.

Se estableció la forma en que la herramienta nos ayuda a reducir los volúmenes de tierra y por ende realizar un diseño ajustado, sin singularidades en su trazado. Los resultados de aplicar el software ISTRAM en el presente trabajo han permitido identificar 163 incompatibilidades en la etapa de diseño, en tramos en tangentes, en radios mínimos, en espirales, planta-perfil, en sobreechancho, en peralte y en visibilidad de parada inconsistencias que nos han inducido a tener un diseño ajustado reduciendo los volúmenes de tierra en corte 13,74 % y en relleno se tuvo un incremento considerable

debido al cambio de trazado ajustado a la rasante de terreno aumentando en un 462.27 % el valor de volumen de terraplén.

Finalmente, como volumen ponderado se tiene una optimización total en porcentaje de 53,52 % esto debido al considerable aumento del volumen de terraplén.

TRAZADO INICIAL	
RELLENO m3	1033041,0890
CORTE m3	82724,4130
VOL. PON. TOTAL m3	950316,6760
TRAZADO OPTIMIZADO	
RELLENO m3	891.107,65
CORTE m3	382.416,60
VOL. PON. TOTAL m3	508.691,05

El reporte de incompatibilidades que nos presenta el programa nos permite como proyectista tomar decisiones dentro del diseño de manera rápida y eficiente. El diseño geométrico que se realizó fue producto de un análisis cuantitativo y cualitativo de la norma, el diseño que se pudo obtener es seguro y confortable para usuarios.

4.2. RECOMENDACIONES.

A la hora de obtener la licencia educacional se recomienda tomar el curso Online con las delegaciones de Perú o Argentina, debido a que en mi experiencia lo hice con los desarrolladores del programa de España y cuando necesitaba alguna ayuda urgente no podía tener contacto rápido con los profesores debido a la diferencia horaria. Y por otro lado el costo es menor con los cursos de Perú y Argentina.

Es sumamente importante y se recomienda realizar una topografía con alto grado de exactitud, seguido de su modelo digital, lo cual permite desarrollar un ajustado diseño geométrico del camino en estudio. Así, como se puede apreciar en los planos definitivos de proyecto.

Se debe tener cuidado en la elección de los parámetros de diseño geométrico del tramo caminero cruce Corral Grande – Paicho Sud ya que esto afecta directamente en el costo del proyecto y también se debe elegir parámetros que puedan estar ajustados a la realidad del lugar donde se va a diseñar la carretera.

Antes de iniciar el diseño geométrico del alineamiento horizontal se recomienda ajustar bien los parámetros de localización, elección y vinculación en coordenadas al sistema WGS 84 Huso -20 para Tarija. Esto para poder utilizar las opciones de descarga de imágenes satelitales.

Para el diseño geométrico, del software especializado en diseño vial ISTRAM, trabajando completamente con entidades 3D se puede utilizar el programa con una computadora que no necesariamente tenga que tener demasiados recursos. y aun así el programa tiene una gran potencia en su motor de cálculo.

Se recomienda tomar en cuenta las incompatibilidades que muestra la revisión de normativa para mejorar el diseño geométrico de carreteras y así lograr una carretera segura, económica y técnicamente apegada a la norma.

Otra recomendación que el programa nos brinda es la utilización de las curvas con transición, actualmente en todas las normas de diseño se recomienda en lo posible que todo el diseño deba ser realizado con curvas de transición.