

DISEÑO GEOMÉTRICO CAMINO MUNICIPAL

“PINO SUD - PAMPA REDONDA”

1.1. GENERALIDADES.-

El hombre, desde su existencia siempre buscó interrelacionarse con otras personas para lo cual ha venido desarrollando hasta la actualidad diversos métodos para el diseño y construcción de carreteras; de tal manera, que éstas ofrezcan seguridad y comodidad.

Una de las ventajas más importantes que proporcionan las carreteras, es la unión entre poblaciones logrando así una integración en el desarrollo social, cultural y comercial.

De esta manera, el proyecto de grado que se describe, consiste en realizar el diseño geométrico considerando nuevas técnicas con la ayuda de un software, a su vez el diseño de pavimento flexible y drenaje tratando de dar una solución a un problema real de una vía que se encuentra en funcionamiento que carecía de un diseño anterior.

1.2. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.

La existencia de comunidades cercanas como en el presente estudio el problema existente es la falta de una vía directa entre ambas comunidades lo que solucionara muchas necesidades de los comunarios; la geometría actual del tramo no reúne las condiciones de seguridad para el peatón.

Por la ausencia de un buen estudio y por la inversión que presentaría es que no se tomo en cuenta en esta zona. Por ello se vio la necesidad de realizar estudios para un desarrollo de camino municipal en este tramo, analizando sus características y observando en el estado se encuentra el tramo afectado.

Por lo cual se vio la necesidad de realizar un diseño geométrico de acuerdo a las especificaciones, parámetros de la norma ABC y el tránsito vehicular que existiera entre ambas comunidades.

Por tratarse de una ruta de características importantes para las zonas aledañas, a la cual concurrirán flujos de gran relevancia para el beneficio del lugar y de las comunidades siendo por esta razón necesario que este tramo se realice el estudio, para luego poder

ejecutar el diseño de este camino municipal, elaborando un diseño óptimo, de acuerdo a las normas vigentes por la norma ABC y exigencias del tránsito vehicular actual, basado en un estudio detallado y preciso de operación, de características físicas y de tráfico de manera que cumpla los objetivos para lo cual fueron creados.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Debido al incremento de la población en ambas comunidades este proyecto estaría considerando como primera instancia la necesidad de un buen camino que permitiría una conexión directa entre ambas comunidades en menor tiempo.

El camino, por lo tanto estará al beneficio de las comunidades de Pino Sud –Pampa Redonda.

Esto nos debe convencer de que esta obra es una de las necesidades que tiene la comunidad en estudio ya que está dentro de los caminos municipales. El diseño del camino estará en base a normas establecidas por la norma ABC.

Ambas comunidades son consideradas zonas turísticas muy visitadas, especialmente Pampa Redonda, de ahí nace la necesidad de realizar un diseño geométrico siguiendo nuevas técnicas de diseño, de esta manera se podrá contar con un camino que reúna las condiciones óptimas de geometría y drenaje.

1.4. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente trabajo consiste en la realizar el diseño geométrico, sus obras de arte menores y un análisis de costos para el camino Municipal Pino Sud –Pampa Redonda donde previamente se realizará el siguiente trabajo:

En la ingeniería del proyecto se aplicara los datos topográficos del tramo, hidrología para luego ser utilizados en gabinete con los resultados obtenidos podre determinar la categorización y demás datos técnicos para el diseño geométrico del lugar de estudio.

Se diseñara la plataforma de acuerdo a la categoría recomendada por la norma ABC

Determinar el diagrama de masas para obtener los resultados de volúmenes de corte y relleno.

También se diseñan las obras de arte como alcantarillas, cunetas, contra cunetas del tramo respectivo.

1.5. OBJETIVO.

1.5.1. Objetivo General:

- Realizar un diseño geométrico del tramo Pino Sud – Pampa Redonda, que permita un acceso directo al lugar de interés social, turístico y sobre todo de integración de ambas comunidades.

1.5.2. Objetivo Específico:

- Disponer de un documento técnico que permita la construcción, para los estudios necesarios que permitan definir el diseño geométrico.
- Realizar un levantamiento topográfico correspondiente al tramo donde se pretende rehabilitar el camino.
- Estudiar el tramo en estudio, sus accesos, limitaciones y plantear alternativas de solución.
- Analizar el tramo para proponer el número de obras de arte, tomando en cuenta un estudio hidrológico, tomando en cuenta como fuentes confiables los datos que nos proporcionara el (SENAMHI).
- Aplicar un estudio geométrico aplicando la norma ABC orientado al diseño de caminos.
- Cálculo del movimiento de tierras para lo cual se tendrá que efectuar un cálculo de volúmenes tanto de corte como de relleno y que se representará en el diagrama de masas Cálculo de las obras de drenaje a lo largo del tramo que facilitarán el escurrimiento superficial del agua.

CAPITULO II

2.1. ANTECEDENTES.-

La población de Pino Sud como Pampa Redonda son pequeñas poblaciones con un gran potencial agrícola, ganadero y turístico pero con algunas deficiencias en cuanto a la infraestructura vial.

Un potencial agrícola en ambas comunidades debido a su suelo fértil, pues se siembran diferentes hortalizas como arveja, ají, haba, cebolla, frutilla, maíz, papa y zanahoria etc.

Un potencial ganadero basado en la crianza de ovinos, porcinos, vacunos, en mediana cantidad que se utilizan para la producción de leche también abastecen para el consumo interno de la comunidad.

Un potencial turístico, ya que se pueden destacar como la reserva biológica de Sama (con alturas hasta 4300 m.) donde se exponen formaciones geológicas y los cursos de agua que nacen en la ladera de dicha cordillera, que es uno de los principales abastecimientos de agua para la ciudad de Tarija.

2.2. UBICACIÓN EN EL CONTEXTO REGIONAL.-

2.2.1. UBICACIÓN GENERAL.-

Las comunidades Pino Sud y Pampa Redonda forman parte del valle central de Tarija delimitada por la Serranía de Sama-Tajzara al occidente y por la Serranía el Cóndor – Ñauparuna al oriente.

La comunidad de Pino Sud se encuentra situada al sudoeste de la ciudad de Tarija distante a 27 km.

2.2.2. UBICACIÓN ESPECÍFICA.-

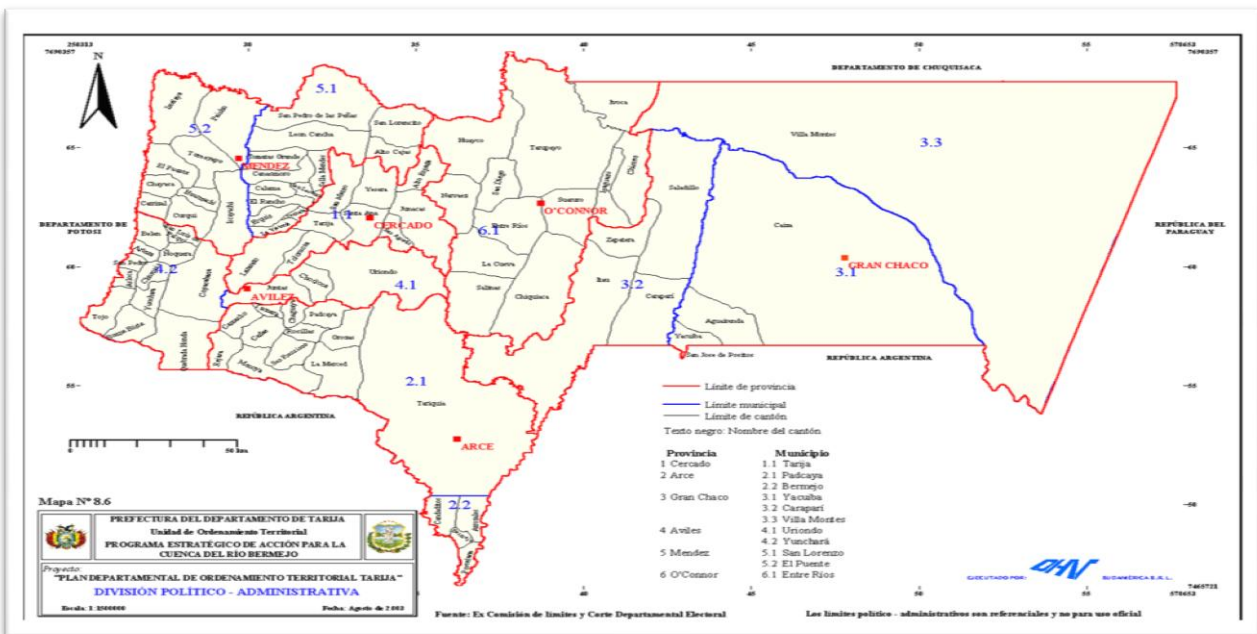
Las poblaciones geográficamente se encuentran en distintas coordenadas tanto el inicio como el fin del tramo, ubicado entre los paralelos 64°54'7,8'' y 64°54'9,3'' longitud oeste y los meridianos 21°35'29'' y 21°35'50,2'' latitud sur.

2.2.3. UBICACIÓN SATELITAL.-

Se utiliza GOOGLE EARTH que es un software de visualización satelital que tiene sus limitaciones y que hoy en día es utilizado y reemplaza en algunos casos a la fotogrametría aérea.

Ubicación en el ámbito departamental

Fig.2.1 Ubicación en el ámbito departamental



UBICACIÓN SATELITAL

Fig.2.2 Ubicación satelital



2.3. ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES.-

Demografía:

De acuerdo al INE, el censo realizado en el 2001, La comunidad de Pino Sud tiene una población 1204 habitantes y Pampa Redonda cuenta con 70 familias dispersas correspondiendo a 19 a la zona oeste, 25 a la zona norte y 26 a la zona central.

Cultura:

La población que compone estas dos comunidades en su gran mayoría es de origen mestiza o chapaca, predominando el idioma castellano, la religión que practican las comunidades es la católica, sus costumbres son las festividades del Patrono “San Pedro de Sola”, “San Isidro” y Lazareto “San Roque”, “Virgen de Chaguaya”

a) Aspectos productivos:

La producción agrícola, ganadero y turístico especialmente la comunidad Pampa Redonda, y en la comunidad de Pino sud solo se abarca a la producción agrícola, ganadera su valor productivo entre ambas comunidades es un porcentaje mínimo se debe a la falta de acceso vial.

La actividad productiva desde el punto de vista económico, más importante de la región es la agricultura, la ganadería, la disponibilidad de tierras agrícolas es de 2.1 a 5.3 has. por familia.

El turismo que es una de las actividades nuevas que se fomentan en la región de Pino Sud, teniendo como atractivo la reserva biológica de la cordillera de Sama ofreciendo pequeños parques sirviendo de recreación para los visitantes. Y en la comunidad de Pampa Redonda presenta un paso turístico al Santuario de la Virgen de Chaguaya.

b) Infraestructura:

Las comunidades no cuentan con infraestructura vial, red eléctrica y de telecomunicaciones.

Desde la comunidad de Pinos se dividen en dos sectores Pino Sud y Pino Norte

Las comunidades de San Andrés y Vella Vista y Pinos Norte cuentan con una red eléctrica en su totalidad y la comunidad de Pinos Sud al ser muy distantes de la ciudad de Tarija, no cuentan con una red de energía eléctrica.

El sistema de telecomunicaciones es telefónico del tipo fijo y móvil está distribuido por medio de fibra óptica desde la ciudad de Tarija, que llega a la comunidad de San Andrés, por el contrario la comunidad de Pino Sud al ser distante no cuenta con este tipo de atenciones.

c) Servicios básicos, salud y educación:

La comunidad de Pino Sud no cuenta con servicios de agua potable, pero posee un Centro de Salud, “Pampa Redonda”, debido a que los pobladores se encuentran dispersos en toda el área, no cuenta con alcantarillado sanitario ni con agua potable en sus casas, pero cuenta con servicio de salud y cuentan con una escuela de niños.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.4. INTRODUCCIÓN.-

La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas y absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.

La topografía realiza sus actividades en el campo y el gabinete. En el campo se efectúan las mediciones y recopilaciones de datos suficientes para dibujar en un plano una figura al terreno al que se desea representar.

2.4.1. RECONOCIMIENTO.-

Llamado reconocimiento o exploración es el examen general del territorio caracterizado por el relieve y del área de estudio a través del cual se propone elegir la ruta.

El reconocimiento de la ruta, consistirá en definir la mejor faja de terreno en la cual se desarrollará el trazado del eje de la vía, siendo ésta la primera etapa tanto en el planeamiento como en la construcción de carreteras, estableciendo puntos obligados en los cuales se distinguen dos, los puntos *topográficos o técnicos* y *los políticos o sociales*

Para realizar el reconocimiento en campo del tramo Pino Sud – Pampa Redonda como en cualquier otro proyecto se necesitan varios instrumentos como ser: brújula, eclímetro, barómetros o altímetros GPS como material de apoyo, cartas geográficas y material de escritorio, de los cuales solo se utilizaron la brújula, cinta métrica, GPS y material de apoyo debido a la ausencia en gabinete de los demás instrumentos.

Una vez adquiridos los instrumentos de reconocimiento se fue al lugar donde se realizó una caminata previa a un reconocimiento del tramo, observando algunas características geométricas de la vía. Posteriormente se estableció un punto de partida con un aparato electrónico digital GPS para ubicar este punto en la carta geográfica como complemento con la ayuda de la brújula se estableció la dirección y el sentido del eje actual de la vía, para conocer la longitud total preliminar del tramo se utilizaron las coordenadas UTM obtenidas por el GPS con la cual matemáticamente se procede a calcular, de esta manera se establecieron de manera preliminar la longitud.

Se establecieron puntos obligatorios de los cuales se pudo destacar los siguientes:

Puntos Topográficos o Técnicos:

A lo largo del tramo se establecieron tres puntos de los cuales tres corresponden a cruces de pequeñas acequias que desembocan en el río Pinos

Puntos Políticos o Sociales:

Se pueden distinguir una Unidad Educativa “Pinos” al principio del tramo, postes de electrificación que cruzan de un lado a otro, pequeñas parcelas a lo largo del tramo, los cercos de piedra a cada lado de la vía que en algunas partes es muy estrecho.

Una vez establecidos los puntos obligados, se realiza un croquis cuidando que él represente todas las características observadas a lo largo del tramo.

2.4.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.-

El análisis de alternativas consiste en escoger la línea más adecuada, se proyectan utilizando mapas o planos levantados, en este caso se utilizarón, cartas geográficas realizando varios trazados preliminares para así obtener los planos sobre los cuales se puedan comparar y escoger el más conveniente.

En general, y desde el punto de vista topográfico exclusivamente, estos estudios se adelantan teniendo en cuenta limitaciones: la pendiente (máxima y mínima) permisible y el paso por los puntos obligados, que son puntos impuestos por la destinación del proyecto o bien por las condiciones mismas del terreno.

2.4.2.1. LONGITUD VIRTUAL: Es la longitud de una carretera ideal desarrollada en un plano horizontal.

El objeto de la longitud virtual es el de comparar dos o más trazados entre dos estaciones con la finalidad de optimizar el tráfico de carga y reducir los costos de operación, mediante el tren y el trazado más económico.

$$L_v = \sum l_r + \sum \frac{i_r * l_r}{C_r} \quad Ec 2.1$$

Donde:

i =pendiente de cada tramo

l = longitud de cada tramo

C_r =coeficiente de rodadura por tramos

L_v =longitud virtual de la alternativa

Los parámetros de comparación de alternativas son: longitud, pendiente, tipo de suelo, N°obras de arte

2.4.3. POLIGONAL DE ESTUDIO.-

La poligonal de estudio de este proyecto se limita sólo al camino actual por consecuencia se tendrá una sola faja de terreno, con la ayuda del croquis obtenido en el reconocimiento se localizaron puntos específicos que ayudarán a tener una mejor visualización cuando se realice el levantamiento definitivo.

En consecuencia, se logra un levantamiento definitivo eficiente y rápido de los puntos que se marcaron en el croquis pudiendo estos aumentar o disminuir.

2.4.4. LEVANTAMIENTO DE FINITIVO.-

Los instrumentos utilizados en el levantamiento se mencionan a continuación:

- Estación total y sus componentes
- GPS
- Brújula
- Material complementario (cinta métrica, libreta de anotaciones, clavos, estacas, pintura y pincel)

Procedimiento en campo

El levantamiento definitivo se realizó con el fin de determinar la configuración del terreno actual para posteriormente utilizar los datos necesarios y representarlos gráficamente en un plano de curvas de nivel.

Para empezar a realizar en levantamiento definitivo es necesario conocer las coordenadas del punto de partida, es por esto que se realizó la lectura del punto de partida con GPS, la forma de lectura fue por repetición y un promedio de éstas dieron la longitud, latitud y la altura (X, Y, Z).

Definido el punto de partida se procedió a instalar la estación total (SOKIA SET 630K, modelo 2008 JAPON) en dicho punto caracterizado por una estaca, es necesario seguir los pasos que antiguamente se realizaban con el teodolito en cuanto a nivelación, es decir fijar el centro de la estaca o clavo para luego nivelar, tanto el nivel circular como el tubular.

Es necesario que el equipo se encuentre nivelado para poder obtener datos cercanos a los de la realidad del terreno.

Antes de comenzar a realizar el levantamiento es necesario configurar algunas opciones internas de la *Estación Total*, una vez configurado se creó un archivo dentro de la memoria interna de la *Estación Total* con el nombre “*PINO SUD PAMPA REDONDA*”, después de haber creado el proyecto se introdujo el punto de partida colocando las coordenadas 7595726, 306952 y la cota respectiva 2112.

Antes de empezar a lecturar los datos es necesario orientar el equipo esto puede ser de dos formas conocidas por coordenadas de un punto de referencia o por medio angular, es decir, referenciar a partir del norte, se referencio por medio angular ya que no se contó con un punto de referencia adicional al punto de partida.

Referenciado el punto de partida se procedió a realizar el *Levantamiento Definitivo* a través de un método conocido como *Método de las Transversales* utilizado en el levantamiento de carreteras, ferrocarriles y canales con el fin de obtener datos en forma ordenada y darnos cuenta de algunos errores que se pudieron haber cometido durante el levantamiento.

Elegido el método de *levantamiento* que consistió en seccionar la vía a través de secciones transversales que cruzan ortogonalmente con una separación 20 m. en rectas y 10 m. en curvas dependiendo del caso particular de algunos tramos, estas transversales tienen puntos intermedios de un extremo al otro.

Es lógico pensar que de un sólo punto de partida no se podrá lecturar todos los puntos para confeccionar el plano de curvas de nivel, es de esta manera que con la ayuda del trazo

preliminar en un croquis que se realizó, ya que cada punto en el croquis representa una estación del aparato, y luego de lecturar las transversales del primer punto se procedió a cambiar de estación, para ésto se tuvo también que lecturar el punto estación y una referencia para comprobar que los puntos leídos en la estación son confiables y no tengan errores, el cambio de estación se hizo cuando la visibilidad no era buena ya sea por árboles, casas, cercos de piedra y en tramos curvos (curvas cerradas).

De ahí que al terminar el levantamiento se tiene un numero determinado de transversales lecturadas a largo del tramo que equivalen a varios puntos leídos.

Procedimiento en Gabinete

El trabajo de gabinete consiste en el de transferir datos de la *Estación Total* a la computadora a través de un programa utilizado por la *Estación Total* SOKIA SET630RK que es conocido como “*proLINK versión 1.15*”conectando la Estación Total con la PC por medio del cable USB, posteriormente se configuran tanto la Estación Total como el proLINK especialmente la velocidad de transferencia.

Los puntos se bajaron a la memoria interna del proLINK para posteriormente mediante diferentes procedimientos se convierten los datos *spp* o *_backspp* en *block de notas* (.txt) o cualquier formato que se desee. En este caso se descargaron los datos en *block de notas para luego crear* un archivo en excel con el formato como *CSV delimitado por comas* el nombre “*PINO SUD-PAMPA REDONDA*”.

Hoy en día se cuenta con un sin fin de programas *Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop, Eagle Point, Civil 3d, etc.* que facilitan muchas tareas con bastante precisión *Autodesk Land Desktop* se caracteriza por que sus funciones especificas para el desarrollo urbano y rural además de ser un interfaz fácil de usar y una gestión de datos de proyectos centralizada ayudan a compartir gran volumen de datos de diseño y de proyecto de forma precisa y eficiente, los trabajos en los cuales el programa trabaja son los siguientes:

- Planimetría (producción de planos topográficos en planta).
- Loteos y parcelaciones.
- Modelos tridimensionales de terreno.

- Curvas de nivel.
- Obtención de cortes del terreno.
- Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.
- Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos.
- Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje (este módulo no permite el diseño en alzada y su posterior cubicación).
- Para una idealización del terreno se utilizó el programa *AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009* .
- Una vez ingresado al programa se creó un proyecto con el nombre “*Diseño Geométrico Pino Sud Pampa Redonda*” y configurando algunos componentes (escala, unidad, etc.) creado el proyecto recién el programa admite que trabajemos es decir los menús se habilitan para trabajar y posteriormente poder visualizar los punto en la pantalla se importaron el grupo de puntos *Levantamiento* (block de notas).

Procedimiento en el paquete:

- Una vez obtenidos los puntos (P,E,N,Z,D)
- Activado el paquete (*Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop*) se crea un nuevo archivo, configurando unidades , escala , altura de texto tamaño de lamina.
- Con el comando de Points se importa los puntos guardados anteriormente de la estación en el formato (P,E,N,Z,D) “Comma Delimited” donde : P,(numeración depuntos)N,(norte)E,(este)Z,(elevación)D,(descripción de puntos)
- Con los puntos importados se procede a realizar la triangulación, el paquete crea las curvas de nivel, sobre ésta se traza la poligonal definitiva, con esta se realiza el trazo definitivo de la vía.
- Para las curvas horizontales y verticales se procede a calcular manualmente la longitud de la espiral, en algunos casos el radio de la curva, la longitud mínima de las curvas

verticales resultados que el paquete utiliza para el trazo definitivo del diseño geométrico

Se crea una sección tipo según las dimensiones establecidas en el proyecto que sería la calzada y ancho de berma

Ya definido la vía se crea el perfil longitudinal con al rasante, creando también las secciones transversales en rectas cada 20m, y en curvas cada 10m con estos resultados el paquete ya puede determinar el volumen de corte y de relleno

2.4.5. PLANILLAS DE COORDENADAS.-

Es donde se representan todos los puntos del levantamiento topográfico (N,X,Y,Z,D,) con las cuales se grafica en el terreno, con la ayuda del programa *Autodesk Autocad civil 3D Land Desktop*

DISEÑO GEOMÉTRICO

2.5. INTRODUCCIÓN.-

El diseño geométrico es el primer aspecto que se considera al diseñar una carretera o camino, corresponderá a definir un eje longitudinal tratando de ajustar curvas mejorando así sus condiciones geométricas, el diseño en planta como perfil de tal manera que ofrezca seguridad, comodidad y estética tanto para el conductor como para los peatones.

2.5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.-

Los parámetros de diseño geométrico juegan un papel muy importante, ya que se toma en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costo, en consecuencia, permite adopción de diferentes conceptos expresados en valores numéricos, adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC.

2.5.2. TIPOS DE VELOCIDADES EN EL DISEÑO.-

La velocidad considerada en este proyecto es la siguiente:

2.5.2.1. Velocidad de proyecto (Vp).- Es la velocidad de proyecto permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad.

2.5.3. CATEGORIA DE LA VÍA.-

Para definir la categoría, se utiliza la norma ABC y la topografía, como en consecuencia de un análisis mecánico se obtuvo la siguiente clasificación:

Tabla 2.1: Clasificación de categorías

CATEGORIA	AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	120-100-80 LL - O - M	100-90-80 LL - O - M	100-90-80 LL - O - M	80-70-60 LL - O - M	70-60-50-40 LL - O - M	50-40-30 LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONAL	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al tránsito de paso	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito	Continuidad de tránsito
CONEXIONES	Control total de acceso	Control total de acceso de vehículos	Control parcial de acceso		Consideración secundaria	Consideración primaria
CALIDAD DE SERVICIO	Autopistas, Autorrutas/ Primarios (colectores)	Autorrutas, autorrutas primarios/colectores	Autopistas, autorrutas prim. Y colectores (locales)	Todos	(primarias) colectores/locales desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
TRANSITO	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces intersecciones (acc. Directo)	Todos	(Interseccion) Acceso directo	Acceso directo
Nivel de servicio(1) Años Iniciales	A,B	C	B	C,(D)	C,(D)	(D)
Año						
Horizonte						
Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre Estable (proximo a inestable)	(Libre) Estable (Proximo a inestable)	Estable con restricción (proximo inestable)	Restringido por movimientos hacia desde la propiedad	
Velocidad de Op. (1)(3) Según demanda probable	115 - 95 km/h	95 - 80 km/h	95 -85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 80 km/h	50 - 25 km/h
Volumenes típicos al año inicial TPDA	UD > 10000 confirmar fact. Económica	UD > 5000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD: caso especial	Transito y composición variable según el tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
Tipo de vehículo	SOLO VEHI. Diseñados para circular normalmente en carretas	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos	

Fuente: Manual de ABC

2.5.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD.-

2.5.4.1. Distancia de Frenado.-

Llamada también distancia de frenado “Df” un vehículo en movimiento, ante la aparición de un obstáculo 0,20m de alto que es percibido por el conductor sobre la superficie del camino necesita de una distancia suficiente para detenerse compuesto por dos factores: la distancia que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor observa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia recorrida durante el frenado.

$$Df = d' + d''$$

$$Df = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 \pm i)} \quad Ec. 2.2$$

Donde:

Df = Distancia de frenado (m)

V = Velocidad de proyecto (km/h)

f₁ = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = pendiente longitudinal (m/m)

t = Tiempo de reacción y percepción (seg.)

Tabla 2.2: distancia de frenado

VELOCIDAD DE PROYECTO (Vp km/h)	DISTANCIA DE FRENADO (Df)
30	25
35	31
40	38
45	44
50	52
55	60
60	70
65	80
70	90

Fuente: Manual ABC

2.5.4.2. Distancia de visibilidad de sobrepaso.-

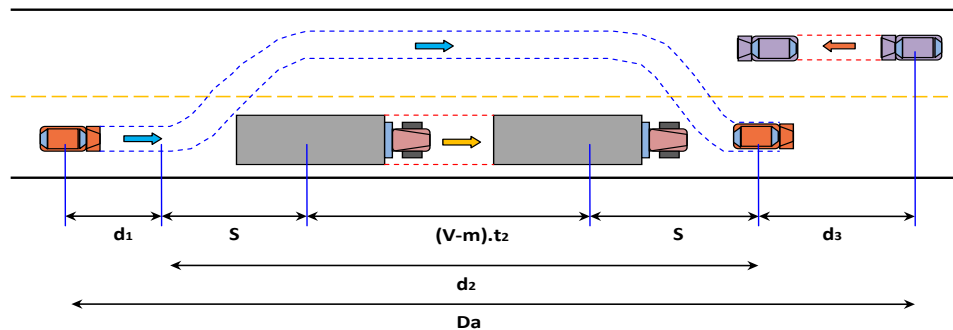
Llamada también distancia de adelantamiento “Da” referida a la distancia necesaria para que un vehículo pueda pasar a otro u otros que desplazan por el mismo carril a velocidad inferior a la de proyecto.

Tabla 2.3: Distancia de adelantamiento

Vp (km/h)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Manual ABC

Fig.2.3: Grafica de la distancia de adelantamiento



$$Da = d1 + d2 + d3$$

$$m = V1 - V2 \quad S = 0,189 \cdot (Vp - m) + 6$$

$$Da = \frac{(Vp - m)}{3,6} \cdot t1 + 2 \cdot S + \frac{(Vp - m)}{3,6} \cdot t2 + \frac{Vp}{3,6} \cdot t2 \quad Ec. 2.3$$

Donde:

Da=Distancia de adelantamiento (m)

V1=Velocidad de proyecto (km/h)

m=Diferencia de velocidades entre los dos vehículos (km/h)

S=distancia mínima entre los dos vehículos (m)

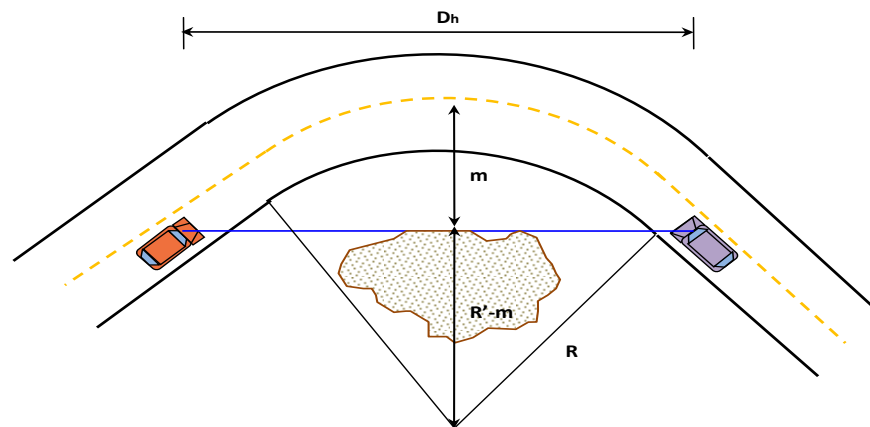
t1=Tiempo de reacción y percepción para iniciar la maniobra (seg.)

t2=Tiempo en el cual el vehículo sobrepasa (seg.)

2.5.4.3. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.-

Cuando un vehículo recorre una curva horizontal ocupando el carril interno, cualquier obstáculo que se encuentre cerca de la línea interna de la vía impide la visibilidad al conductor y por lo que la hace un tanto peligrosa, pudiendo ser los obstáculos el talud de corte, vegetación, cercos y edificios en el lado interno de la curva.

Fig.2.4: Grafica de la visibilidad en curvas horizontales



$$m = R \left(1 - \cos \left(\frac{100 \cdot Dv}{\pi \cdot R} \right) \right) \quad Ec. 2.4$$

$$R' = R - \frac{a_c}{2}$$

$$Dh = 2 \cdot \sqrt{R'^2 - (R' - m)^2} \quad Ec. 2.5$$

Donde:

m: Despeje máximo

R: Radio de curvatura

Dv: Distancia de frenado o de adelantamiento

Dh: Distancia horizontal

R': Diferencia del radio de curvatura y la media de ancho de carril interior

a_c =ancho de carril

2.5.5. TRAZADO PLANTA

2.5.5.1. Curvas horizontales.

Las curvas horizontales pueden ser de dos tipos de curvas circulares, curvas clotoide. Para nuestro proyecto sólo se trazo un solo tipo de curva que es la curva circular debido a nuestra topografía y categoría. El tramo vial Pino Sud – Pampa Redonda se encuentra en un terreno montañoso, semimontañosos de esta manera está compuesto de diferentes tipos de radios de curvaturas.

Se emplean arcos de enlace o transición en todo proyecto, cuya velocidad proyecto sea mayor o igual que 40km/h.

2.5.5.2. Curvas circulares.

Son aquellas que enlazan las tangentes correctas con un segmento de circunferencia de un radio definido desde un principio de circunferencia P_c hasta un fin de circunferencia F_c donde se tiene como dato ω , R_c .

Según la norma ABC se aplican curvas circulares cuando:

- Los caminos de desarrollo tienen una velocidad de proyecto igual a 30 km/h
- En cuya deflexión está comprendido entre 2 y 6 grados
- Cuyos radios superan los 1500m para caminos con velocidad de $V_p \leq 80$ km/h o 3000m para carreteras con velocidad de proyecto $V_p \geq 80$ km/h

2.5.5.2.1. Elementos de una curva circular.

En la Figura 2.5 se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular. La simbología normalizada que se define a continuación deberá ser respetada por el proyectista.

Las medidas angulares se expresan en grados centesimales (g).

Vn: Vértice; punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.

α : Angulo entre dos alineaciones, medido a partir de la alineación de entrada, en el sentido de los punteros del reloj, hasta la alineación de salida.

ω : Angulo de Deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.

R: Radio de Curvatura del arco de círculo (m)

T: Tangentes, 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.

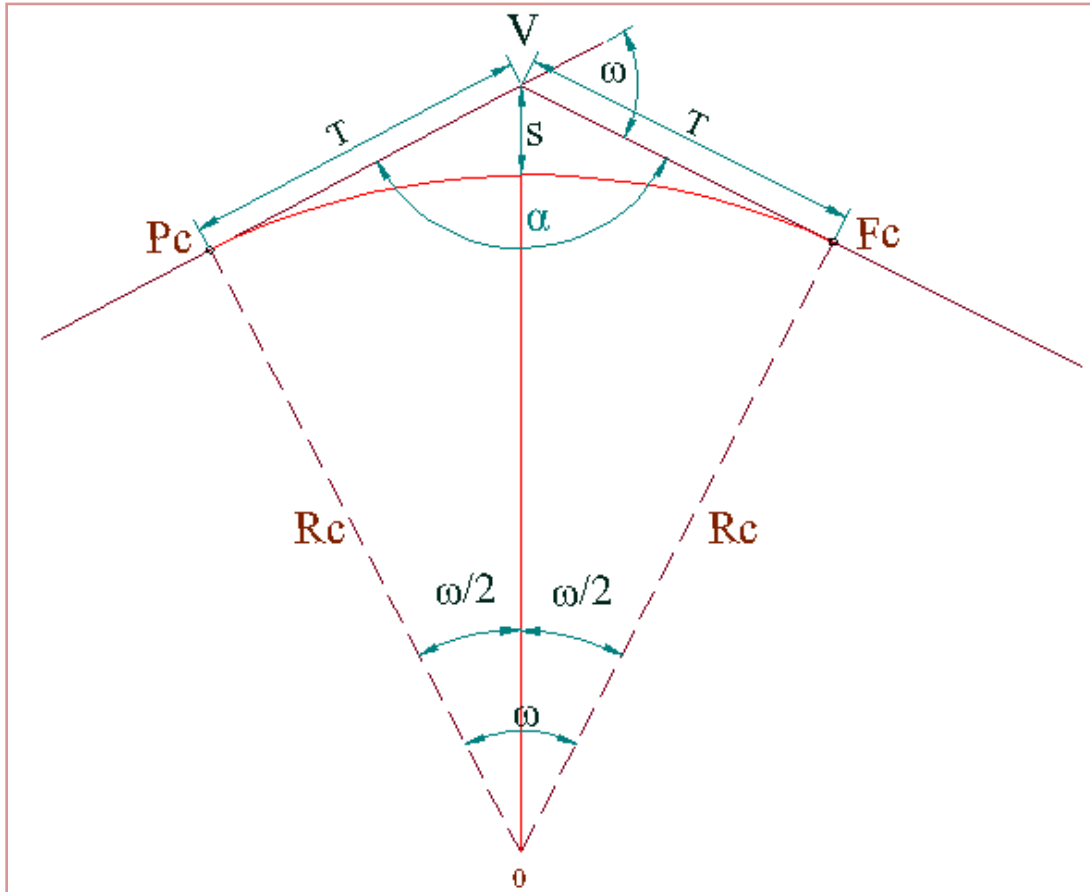
S: Bisectriz; distancia desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m)

D: Desarrollo; longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m)

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

E: Ensanche; sobreaño que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.

Figura 2.5 Elementos de curvas circulares



Fuente: Manual ABC

$$\text{Tangente: } T = R \cdot \text{tang} \left(\frac{\omega}{2} \right) \quad \text{Ec. 2.6}$$

$$\text{Externa: } S = R \cdot \left(\sec \left(\frac{\omega}{2} \right) - 1 \right) \quad \text{Ec. 2.7}$$

$$\text{Flecha: } Mc = R \cdot \left(1 - \cos \left(\frac{\omega}{2} \right) \right) \quad \text{Ec. 2.8}$$

$$\text{Desarrollo: } D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180} \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$\text{Longitud: } L = 2 \cdot R \cdot \text{sen} \left(\frac{\omega}{2} \right) \quad \text{Ec. 2.10}$$

2.5.5.2.2. Radios mínimos.

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

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e_{max} + f)} \quad Ec. 2.11$$

Donde:

$R_{mín}$: Radio Mínimo (m)

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

e_{max} : Peralte máximo (%)

f : Coeficiente de roce rodante

Tabla 2.4 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal

	e_{max}	f
Camiones V _p 30 a 80 Km/h	7%	0.265 - V/602.40
Carreteras V _p 80 a 120 Km/h	8%	0.193 - v/1134.00

Fuente: Manual ABC

Tabla 2.5 Radios mínimos en curvas horizontales

Caminos colectores – locales - desarrollo			
V _p	e_{max}	f	R _{min}
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	0.096	540
120	8	0.087	700

Fuente: Manual ABC

2.5.5.2.3. Peralte en curvas circulares.

El peralte constituye en una elevación de la calzada debido a esto el vehículo sigue una trayectoria de una recta o tangente y pasa a una curva, durante su trayectoria aparece la fuerza centrífuga que origina peligros de estabilidad del vehículo en movimiento. De acuerdo a la velocidad de proyecto se define el peralte máximo.

Tabla 2.6 Peralte según la velocidad de proyecto

Vp	e_{max}
Km/h	(%)
30	7
40	7
50	7
60	7
70	7
80	7

Fuente: Manual ABC

2.5.4.2.4. Sobre ancho en una curva circular.

Los conductores en las curvas tienden a no seguir por el centro de su carril de circulación, las ruedas traseras no siguen la misma dirección que las delanteras por seguridad es necesario proporcionar a los carriles en curva, mayor ancho con relación a los tramos tangentes; este aumento se denomina sobreancho. El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada y los espacios libres adecuados (huelgas); los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones simplificadas columna E(m), las que permiten calcular el Ensanche Total requerido en una calzada de dos carriles (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7,0 y 6,0 m, empleando los parámetros de cálculo “Lo” para unidades simples (Camiones y Buses); L₁ y L₂ para unidades articuladas (Semitrailer) y el Radio R de la curva.

Tabla 2.7 Ensanche de la Calzada E (m)

Calzada en recta 7 m (n=2) 0.5 m ≤ E ≤ 3.0 m E= e_{i.int} + e_{ext.} h₁=0.60 m h₂= 0.40 m					
Tipo de vehículo Lt en m	Parámetro de calculo m	E m	e.int m	e.ext m	Radios de limite m
Camion Unid. Simple Lt=11.0 Bus de turismo Lt= 12.0	Lo=9.5	$(Lo^2/R) - 0.2$	0.65 E	0.35E	30 ≤ R ≤ 130
Bus de turismo Lt= 13.2 Lt= 14.0	Lo=10.5 Lo=10.6	$(Lo^2/R) - 0.2$	0.65E	0.35E	35 ≤ R ≤ 160
Semitrailer Lt= 16.4	L1=5.6 L2=10.0	$(L1^2L2^2)/R - 0.2$	0.70E	0.30E	45 ≤ R ≤ 190
Semitrailer Lt=18.6	L1=5.6 L2=12.2				60 ≤ R ≤ 260
Semitrailer Lt=22.4	L1=5.6 L2=15.5				85 ≤ R ≤ 380
Calzada en recta 6 m (n=2) 0.35 m ≤ E ≤ 2.30 m . h₁=0.45 m h₂= 0.05 m					
Camion Unid. Simple Lt=11.0 Bus corriente Lt= 12.0	Lo=9.5	$(Lo^2/R) - 0.15$	55E	0.45E	30 ≤ R ≤ 450
Bus de turismo Lt= 13.2 Lt= 14.0	Lo=10.5 Lo=10.6	$(Lo^2/R) - 0.15$	55E	0.45E	35 ≤ R ≤ 550
Semitrailer Lt= 16.4	L1=5.6 L2=10.0	$(L1^2L2^2)/R + 0.2$	55E	0.45E	45 ≤ R ≤ 650
Semitrailer Lt=18.6	L1=5.6 L2=12.2	$(L1^2L2^2)/R + 0.2$	55E	0.45E	65 ≤ R ≤ 850
Semitrailer Lt=22.4	L1=5.6 L2=15.5	No corresponde a caminos con calzada 60m			

Fuente: Manual ABC

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 Semitrailer:

L_1 = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión tractor

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

Camión con Acoplado:

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

2.5.5.3. Curvas de transición.

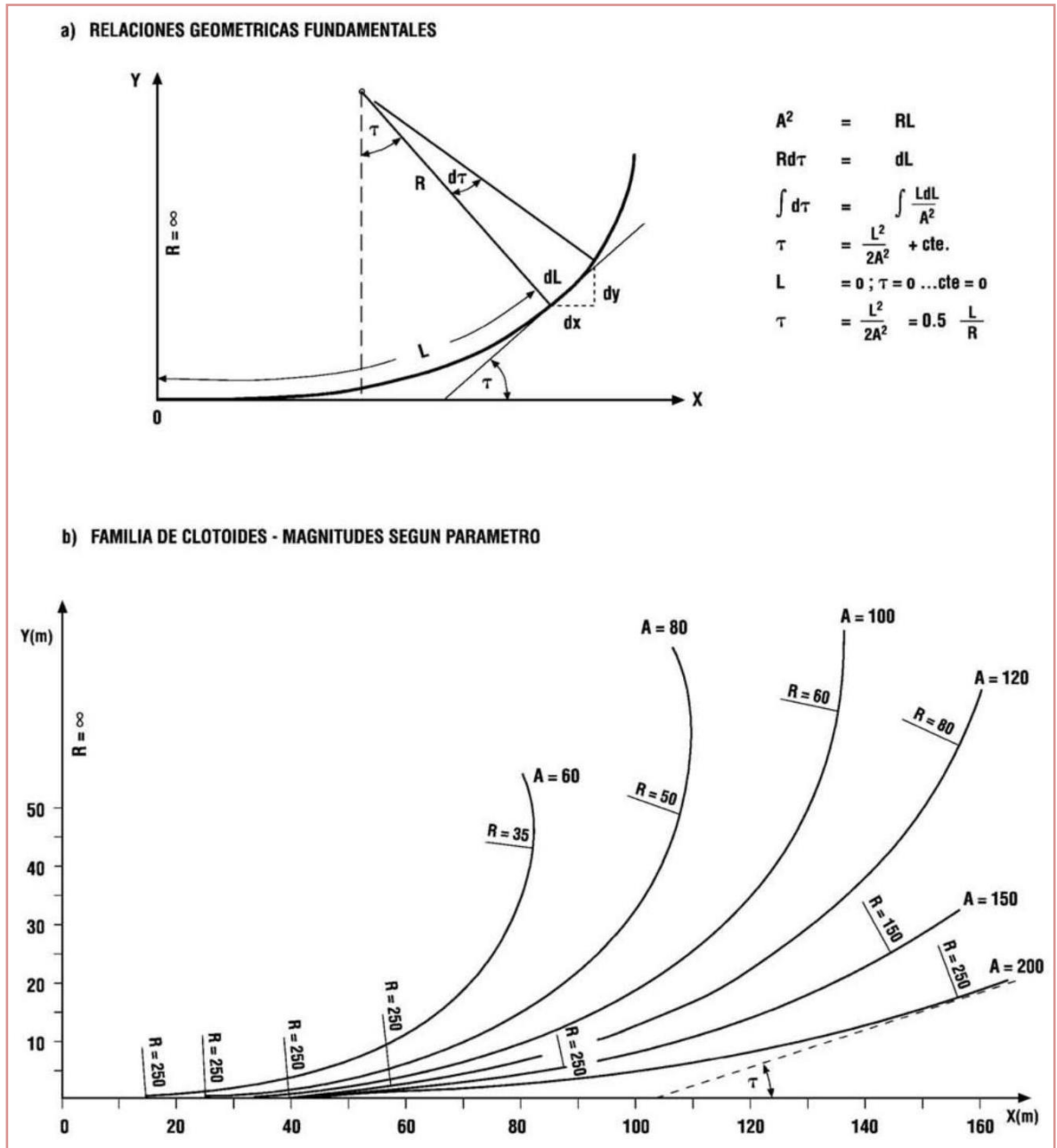
La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética.

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.

2.5.5.3.1. Parámetro A

Las ecuación que se toma en cuenta para el cálculo del parámetro A es el criterio de la comodidad al usuario. El parámetro A define la magnitud de la clotoide, lo que a su vez fija la relación entre R, L y τ Siendo τ el ángulo comprendido entre la tangente a la curva en el punto (R, L) y la alineación recta normal a $R = \infty$ que pasa por el origen de la curva.

Figura 2.6 Relación entre R, L y τ



Fuente: Manual ABC

Ecuación que define el parámetro

$$A = \sqrt{\left(\frac{Ve}{46,656 \cdot J} \cdot \left(\frac{Ve^2}{R} - 1,27 \cdot e\right)\right)} \quad Ec. 2.12$$

Donde:

A: Parámetro de la Clotoide

Ve: Velocidad específica de la curva (km/h)

J: Tasa de aceleración (m/s³)

R: Radio de la curva (m)

e: Peralte de la curva (%)

Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal:

Tabla 2.8: Tasa de aceleración Máxima

Ve = Vp	40-60	70	80	90	100	120
J máx.	1,5	1,4	1,0 - 0,9	0,9	0,8	0,4

Fuente: Manual ABC

Tasa normal de distribución de la aceleración trasversal:

Tabla 2.9 Tasa de aceleración Normal

Ve[km/h]	Ve < 80	Ve ≥ 80
J Normal [m/s³]	0,5	0,4

Fuente: Manual ABC

$$L = \frac{R}{A^2} \quad Ec. 2.13$$

Donde:

L: Longitud de la espiral (m)

R: Radio de la curva (m)

A: Parámetro de la clotoide

2.5.5.3.2. Elementos de una curva de transición.

La introducción de un arco de enlace implica el desplazamiento del centro de la curva original en una magnitud que es función del retranqueo ΔR y del ángulo de deflexión de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoides de enlace.

La Figura 2.7, ilustra los conceptos antes mencionados y permite establecer las relaciones necesarias para el replanteo.

R(m): Radio de la Curva circular que se desea enlazar.

d(m): Desplazamiento del centro de la curva circular original (C'), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular retranqueada de radio R ; válido para clotoides simétricas. En clotoides asimétricas (C) se desplaza fuera de la bisectriz y tiene coordenadas X_{c1} , Y_{c1} determinadas con el parámetro A_1 y usando la expresión para OV_1 del caso asimétrico.

$\Delta R(m)$: Retranqueo o desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia retranqueada de radio R .

X_p ; $Y_p(m)$: Coordenadas de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambas poseen un radio común R ; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "o", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.

X_c ; $Y_c(m)$: Coordenadas del centro de la curva circular retranqueada, referidas al sistema anteriormente descrito.

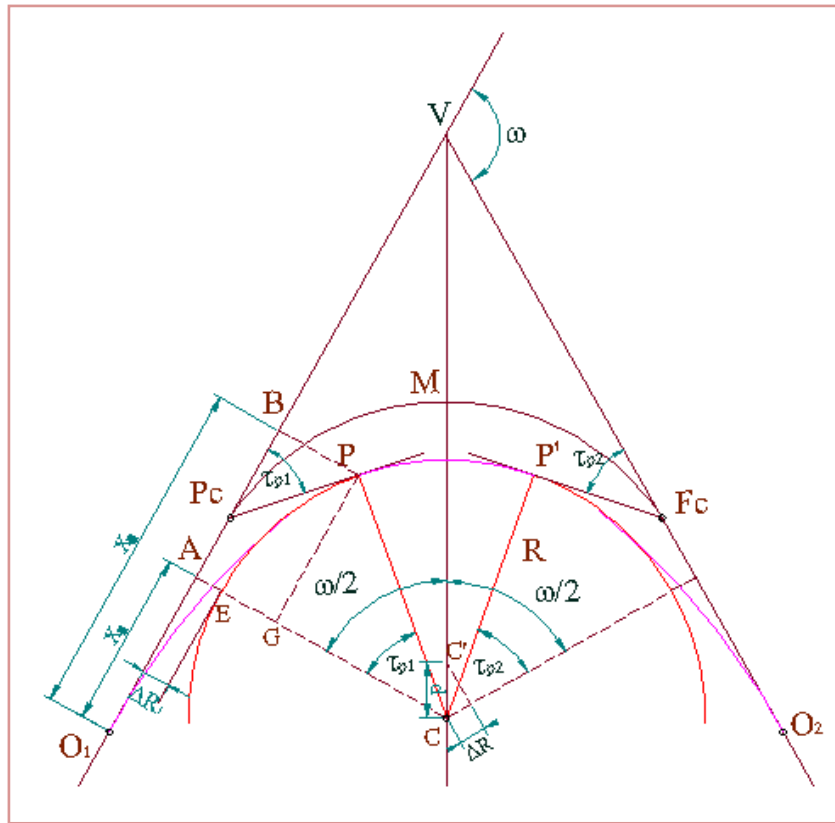
$\tau_p(g)$: Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima de la clotoide respecto de la alineación.

$\omega(g)$: Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

OV (m): Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.

Dc (m): Desarrollo de la curva circular retranqueada entre los puntos PP'

Figura 2.7 Elementos de Curva de Transición



Fuente: Manual ABC

Coordenadas de la espiral:

$$Xp = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} \quad \text{Ec. 2.14}$$

$$Yp = \frac{L^2}{6 \cdot R} \quad \text{Ec. 2.15}$$

$$Xc = Xp - R \cdot \text{sen}(\tau) \quad \text{Ec. 2.16}$$

$$Yc = Yp + R \cdot \text{cos}(\tau) \quad \text{Ec. 2.17}$$

Externa: $Ec = (R + \Delta R) \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1 \right) + \Delta R \quad \text{Ec. 2.18}$

Tangente: $Ts = (R + \Delta R) \text{tang}\left(\frac{\omega}{2}\right) + Xc \quad \text{Ec. 2.19}$

Desarrollo: $Ds = 2L + \frac{\pi \cdot R \cdot \omega c}{180} \quad \text{Ec. 2.20}$

Donde:

R: Radio de la curva (m)

ω : Ángulo de deflexión (°)

τ : Ángulo de la piral (°)

2.5.5.3.3. Peralte en curva de transición.

Cuando existe arco de enlace, el desarrollo del peralte puede darse de forma tal que el valor alcanzado sea exactamente el requerido por el radio de curvatura en el punto considerado, obteniéndose el valor máximo de “e” justo en el principio de la curva circular retranqueada.

Tabla 2.10 Peralte según la velocidad de proyecto

Vp	e _{max}
Km/h	(%)
30	7
40	7
50	7
60	7
70	7
80	7

Fuente: Manual ABC

2.5.5.3.4. Sobre ancho en curva de transición.

La longitud normal para desarrollar el sobreancho 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 sobreancho se ejecutará en la longitud de arco de enlace disponible.

El sobre ancho se generará mediante una variación lineal con el desarrollo:

$$e_n = \left(\frac{E}{L}\right) \cdot l_n \quad Ec. 2.21$$

Donde:

E: Ensanche total calculado (m)

en: Ensanche parcial correspondiente a un punto distante “*ln*”(m) desde el origen de la transición

L: Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la clotoide

2.5.6. Trazado Altimétrico.

Es la proyección sobre un plano vertical del trazado en planta a esta línea se la denomina subrasante, las pendientes que se adopten para subrasante no deben sobrepasar las especificadas en el manual correspondiendo al pendiente máxima, es necesario que el cambio se realice gradualmente para esto se usan las llamadas curvas verticales.

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

2.5.6.1. Rasante.

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.

2.5.6.1.1. Pendientes máximos y mínimos.

a) Pendientes máximas

La Tabla 2.15 Establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Tabla 2.11: Pendientes máximas de la rasante

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	(-1)	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: Manual ABC

b) 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.
- 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.

2.5.6.1.2. Enlaces de rasantes.

Después de haber definido la subrasante en el perfil longitudinal, corresponde el diseño de curvas verticales, que sirven para pasar gradualmente de un tramo a otro con diferente pendiente. El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan, queda definido por la expresión:

$$\theta = (i_1 - i_2) \quad \text{Ec. 2.22}$$

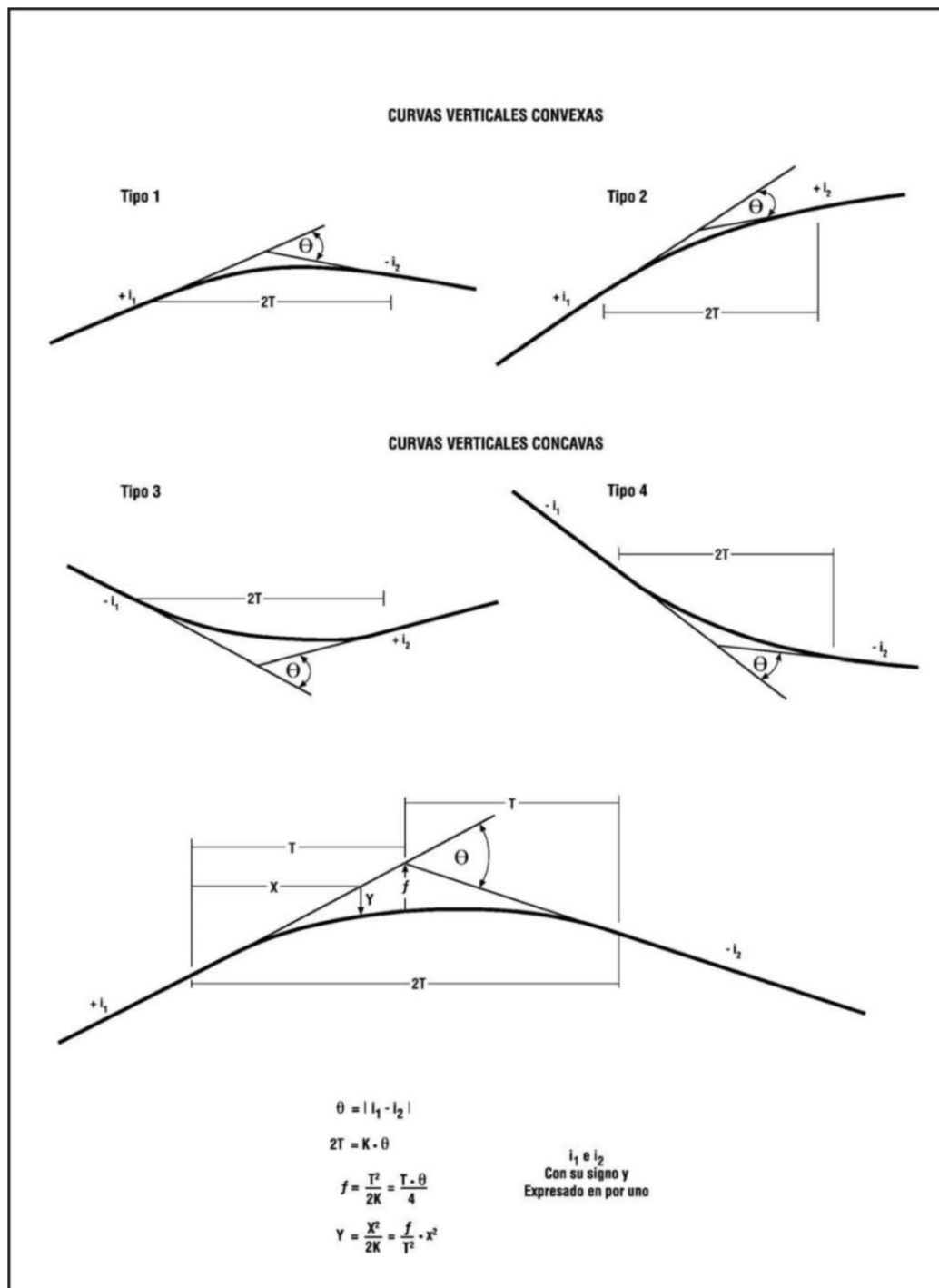
Es decir θ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición:

+ 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.

Figura 2.8 Elementos de Curva Vertical



Fuente: Manual ABC

Ecuación paramétrica de la curva vertical

$$Y = K \cdot X^2 \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$Y = \frac{\Theta}{2 \cdot (2T)} \cdot X^2 \quad \text{Ec. 2.24}$$

Donde:

Θ : Diferencia algebraica de las pendientes (m/m)

2T: Longitud de la curva (m)

X: Distancia parcial desde PCV o FCV (m)

Curva Cóncava:

$$Kc = \frac{Df^2}{2 \cdot (h + Df \cdot \text{sen}\beta)} \quad \text{Ec. 2.25}$$

Donde:

Kc: Parámetro de la curva vertical cóncava (m)

Df: Distancia de frenado

h: 0,6 m Altura de los focos

β : 1° Ángulo de abertura del haz luminoso respecto a su eje

Curva Convexa

$$Kv = \frac{Df^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{Ec. 2.26}$$

Donde:

Kv: Parámetro de la curva vertical convexa (m)

Df: Distancia de frenado (m)

h1: 1,10 m Altura de ojos del conductor

h2: 0,20 m Altura del obstáculo

En la tabla se resumen los valores de Kv calculados según la expresión precedente considerando Df para Vp . Los valores Kc se calcula solo en función de Vp, según lo expuesto.

Tabla 2.12: Parámetros mínimos en curvas verticales por criterios de visibilidad de frenado

Velocidad de proyecto Vp=(km/h)	Curvas convexas Kv	Curvas cóncavas Kc
30	300	400
40	400	500
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900
80	3000	2600
90	4700	3400
100	6850	4200
110	9850	5200
120	14000	6300

Fuente: Manual ABC

2.5.6.1.3. Longitud mínimo de curvas verticales:

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. es decir que la longitud mínima será igual o mayor a la velocidad de proyecto cuando Df sea mayor a 2T calculada.

$$2 * T(m) \geq Vp(km/h) \quad Ec. 2.27$$

2.5.7. 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.

Tabla 2.13: Resumen de Secciones Transversales Tipo

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)		ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA	
			"b _i " INTERIOR (m)	"b _e " EXTERIOR (m)	"S _i " INTERIOR (m)	"S _e " EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	120	3.5	1.2	2.5	0.5 - 0.8	1.5	13.0	6.0	35	28
	100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	34	27
	80	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	0.8	11.0	4.0	31.6	24.6
	100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	34	27
	90	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	12.0	5.0	33	26
	80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	29	22
COLECTOR	80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	29	22
	70	3.5	0.6 - 0.70	1.5	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	27	20
	60	3.5	0.6 - 0.70	1.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	26	19
CALZADA BIDIRECCIONAL	100 - 90	3.5	-	2.5	-	1.0	-	-	-	14.0
	80	3.5	-	2.0	-	0.5 - 0.8	-	-	-	12.0
	80	3.5	-	1.5	-	0.5 - 0.8	-	-	-	11.0
	70	3.5	-	1.0 - 1.5 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	10 - 11.0
	60	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	8.0 - 10.0
	50	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	8.0 - 10.0
40	3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	7.0 - 8.0	
30	2.0 - 3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	5.0 - 6.0	

(1) Pistas de menos de 3.5 m deberán ser autorizadas expresamente por la **Administradora Boliviana de Carreteras**.
 (2) El ancho de las BERMAS de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.
 (3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAFe = 0.5 m; con Barrera SAFe = 0.8 m.
 (4) Para Ancho Final de Cantero central de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0.6 a 0.8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0.56 m o 0.82 m) o New Jersey (0.61 m).
 (5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0.5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior.
 Si cuneta es revestida Se = 0.0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0.5 m. En Unidireccionales "b_i" y "S_i" están comprendidos en el ancho del Cantero central.

Fuente: ABC

2.5.7.1. Calzadas.

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.

2.5.7.2. 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.

2.5.7.3. Sobre anchos de calzadas en curva.

La calzada puede requerir un sobreancho en algún punto de la vía debido a la existencia de curvas circulares en planta con radios reducidos.

2.5.7.4. Bombeos.

Las calzadas deberán tener bombeo con la finalidad de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo que depende del tipo de superficie de rodadura y la intensidad de la lluvia de 1 hora de duración con periodo de retorno de 10 años (I_{10}^1) mm/h

Tabla 2.14: Bombeo de la Calzada

Tipo de superficie	Pendiente transversal	
	$(I^1_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}$	$(I^1_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}$
Pav. De Hormigón o asfalto	2.0	2.5
Tratamiento superficial	3.0	3.5
Tierra, grava, chancado	3.0 -3.5	3.5-4.0

Fuente: Manual de ABC

MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.6. INTRODUCCIÓN.-

Los movimientos de tierra consisten en la cuantificación de los volúmenes tanto en corte como terraplén. En obras de construcción de carreteras los procedimientos para medir volúmenes de tierra y roca a excavar, transportar, colocar en sitio, compactar son similares.

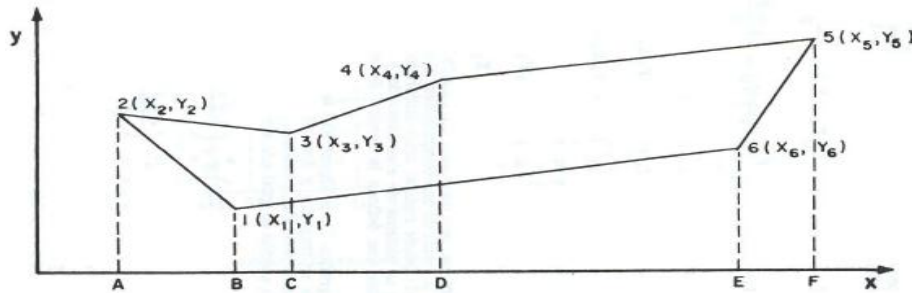
2.6.1. CÁLCULO DE ÁREAS ENTRE SECCIONES.-

Los principales métodos empleados son:

- *Método analítico*
- *Método gráfico*
- *Método del planímetro*
- *Método del papel milimetrado*

Método analítico.- este método consiste en el cómputo de las áreas por coordenadas, es decir basados en coordenadas de los puntos que definen el contorno de la superficie usado cuando la sección es bastante irregular, es la base de los métodos computarizados y que es adoptado por *AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009*.

Fig. 2.10: Gráfica del método analítico para el cálculo de áreas



$$A = \frac{1}{2} \cdot ((Y_1 \cdot X_2 + \dots + Y_n \cdot X_1) - (X_1 \cdot Y_2 + \dots + X_n \cdot Y_1)) \text{ EC. 2.28}$$

2.6.2. DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA.- El cálculo de volúmenes se obtiene a partir de las áreas, existen varios métodos los más utilizados son el método de la semisuma o áreas medias y la de Simpson o prismoide que es adoptada por programas computarizados.

Método de Prismoidal:

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A_1 + A_2 + 4 \cdot A_m) \quad \text{Ec. 2.29}$$

Método de la Áreas Medias:

Casos particulares

Volumen “CORTE-CORTE”

$$V_c = \frac{(Ac_1 + Ac_2) \cdot L}{2} \quad \text{Ec. 2.30}$$

Volumen “RELLENO- RELLENO”

$$V_r = \frac{(Ar_1 + Ar_2) \cdot L}{2} \quad \text{Ec. 2.31}$$

Volumen “RELLENO-CORTE”

$$V_c = \frac{Ac^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{Ec. 2.32}$$

$$V_r = \frac{Ar^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)} \quad \text{Ec. 2.33}$$

Donde:

Ar: Área de corte (m²)

Ac: Área de relleno (m²)

L: longitud entre progresivas (m)

Secciones mixtas

Caso “CORTE o RELLENO”

$$S = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.34}$$

$$e = \frac{1}{3 \cdot A} \cdot (A + S) \cdot (\pm dd \pm di) \quad \text{Ec 2.35}$$

Caso “MIXTAS”

$$e = \frac{1}{3} \cdot (\pm x \pm a \pm d) \quad \text{Ec 2.36}$$

Coefficiente de curvatura

$$Cc = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot (A_1 e_1 + A_2 e_2) \quad \text{Ec. 2.37}$$

Volumen “CURVA”

$$V_{curva} = V_{recta} \pm Cc \quad \text{Ec. 2.38}$$

Donde:

dd: Distancia del eje al borde derecho (m)

di: Distancia del eje al borde izquierdo (m)

S: Área de relleno sobre la calzada (m²)

x: longitud del eje a la intersección de la calzada con el terreno (m)

a: longitud del carril (m)

R: Radio de la curva (m)

2.6.3. CURVA MASA.-

Diagrama de Masa

El diagrama de masas es una gráfica, en el cual las accisas representan a las progresivas del camino y las ordenadas a los volúmenes acumulativos de las terracerías.

Tabla 2.15: Factor de abundamiento

MATERIAL	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Tierra Negra	1,00 - 1,25
Material Arenoso	1,10 - 1,30
Roca Suelta	1,30 - 1,40
Roca Fija	1,40 - 1,65

Fuente: Vías de Comunicación

Tabla 2.16: Factor de reducción

MATERIAL	FACTOR DE REDUCCION
Tierra Negra	0,98 - 1,00
Material Arenoso	0,75 - 0,90
Roca Suelta	0,70 - 0,75
Roca Fija	0,60 - 0,70

Fuente: Vías de Comunicación

La curva masa se la obtiene a partir de una grafica de los volúmenes acumulados en los movimientos de tierra, busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.7. INTRODUCCION.-

El objetivo del estudio hidrológico es determinar el caudal que debe evacuar cada elemento del desagüe superficial ya sea longitudinal o transversal, el caudal se debe determinar para cada una de las cuencas que cruzan el eje de la vía.

2.7.1. CÁLCULO HIDROLÓGICO.-

La determinación puede partir de datos de precipitaciones como es el caso en pequeñas cuencas

Análisis de consistencia.-

Es el análisis de precipitaciones para determinar si una estación pluviométrica es consistente o inconsistente, las estaciones que se consideren deben ser representativas y la serie de datos debe ser suficientemente largos para permitir un ajuste estadístico, este análisis se hace mediante una representación gráfica llamada *curva doble másica*.

Para este análisis se utilizan estaciones cercanas a la zona

Estación en Estudio 1: PINOS SUD

Periodo de Retorno.-

Se denomina así al intervalo de tiempo promedio dentro de la cual un evento de magnitud “X” puede ser igualado o superado al menos una vez en promedio, asumiendo para este proyecto 25 años.

Tabla 2.17: Período de Retorno

Tipo de Obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (T años)		Vida útil Supuesta (n; años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y Viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas (S>1,75 m ²) o H _{entrap} ≥ 10 m y Estructuras Enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas (S<1,75 m ²)	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la Plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defensas de Riberas	Carretera	100	-	20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

Fuente: Manual ABC

Cálculo de la Intensidad máxima.-

El cálculo de la intensidad máxima se realiza a través de precipitaciones máximas horarias en 24 horas y el tiempo de concentración, haciendo un análisis estadístico de las precipitaciones para un determinado período de retorno mediante la ley *Gumbel modificada*.

Variables Estadísticas:

$$Ed = X_m - 0,45 \cdot Sd \quad Ec. 2.39$$

$$Kd = \frac{Sd}{0,557 \cdot Ed} \quad Ec. 2.40$$

Donde:

Ed=Moda (mm)

Kd=Característica (mm)

Xm=Media (mm)

Sd=Desviación Estándar (mm²)

Lluvias máximas correspondientes a diferentes tiempos (t) y periodos de retorno (T) en años

Calculo de lluvia máxima para un periodo de retorno de 10 años en 10 min:

$$hd,t=Ed*(1+Kd*\log T) \quad Ec. 2.41$$

$$h(t,T) = h(d,T) * (t/2) ^ (0.2) \quad Ec. 2.42$$

Donde:

hTt: Altura de lluvia horaria (mm)

T: Periodo de retorno (años)

t: Tiempo de duración de la lluvia (hrs.) 10 min

β : 0,2 Coeficiente

α : 12-Ac > 20 km² Cohen. depende del área de la cuenca

α : 2-Ac < 20 km² Coef. depende del área de la cuenca

Tiempo de Concentración (tc):

Kirpich: $t_c = 0.0078k^{0.77}$ (min) *Ec. 2.43*

$$t_c = 0.00788163.37^{0.77}$$
 (min) *Ec. 2.44*

Normas españolas: $t_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$ (Hrs) *Ec. 2.45*

Normas Giandotti: $t_c = \frac{4.A^{1/2} + 1.5S}{0.8^{1/2}}$ (Hrs) *Ec. 2.46*

California Highway: $t_c = 0.95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ (Hrs) *Ec. 2.47*

Donde:

L=Longitud del rio principal (m)

H=Desnivel entre el punto más alto y el punto más bajo (m)

Intensidad (imax):

$$i_{max} = \frac{ht_T}{tc} \quad Ec. 2.48$$

2.7.1.1. CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO.-

El cálculo del caudal de diseño o caudal máximo se calculará mediante el método racional modificado, que servirá para realizar el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje.

Coefficiente de escorrentía.- La cantidad de agua que escurre no es igual al que ha precipitado porque parte del agua se infiltra a través del suelo, la proporción de agua precipitada que escurre es conocido como el coeficiente de escorrentía “C”

Tabla 2.18: Coeficiente de Escorrentía

<i>Coeficiente de Escorrentía "C"</i>	
Pavimentos Asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos de Concreto	0,80 – 0,95
Suelos arenoso con vegetación y pendiente 2%-7%	0,15 – 0,20
Suelos arcillosos con pasto y pendiente 2%-7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,2 – 0-40

Fuente: norma ABC

Método Racional Modificado.- Es un método empírico aplicable a pequeñas cuencas menores a 25 km² que supone una hipótesis:

1.-Se considera que la precipitación ocurre con una intensidad no uniforme en toda el área de la cuenca representado por el coeficiente de uniformidad (CU).

$$CU = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad Ec. 2.49$$

$$Q = CU \cdot \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \quad Ec. 2.50$$

Donde:

CU: Coef. de uniformidad

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad máxima (mm/h)

A: Área de la cuenca (km²)

2.7.2. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE.-

El diseño hidráulico de las estructuras de drenaje corresponde determinar la sección transversal, la carga hidráulica y garantizar su funcionamiento

2.7.2. 1. Taludes de Corte

Para el talud de relleno, de acuerdo a las recomendaciones para este tipo de material la norma recomienda el talud de relleno la relación 1: 2 con respecto a la horizontal.

Tabla 2.19: Taludes usados en el proyecto

TALUD DE:	PENDIENTE ADOPTADA (H / V)
CORTE	1 / 1
RELLENO	2 / 1

2.7.2.2. CUNETAS.-

Por ser obras de canalización y evacuación de aguas producidas por precipitación, las cunetas que se diseñan no serán en todo el tramo sino en lugares estratégicos donde sea insuficiente el escurrimiento propio por gravedad a los bordes del terreno.

El caso particular es que la vía se encuentra en terreno llano donde se aplican las siguientes ecuaciones:

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA:

$$C_{PONDERADA} = \frac{C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + C_3 * A_3 \dots \dots \dots C_n * A_n}{A_{total}} \quad Ec. 2.51$$

Método Racional:

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3.6} \quad Ec. 2.52$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

C: Coef. de escorrentía

A: área de la cuenca (km²)

Determinación de la Sección Hidráulica:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 2.53}$$

Área de sección triangular

$$A = \frac{(Za + Zb) \cdot h^2}{2} \quad \text{Ec. 2.54}$$

Perímetro de sección triangular

$$P = \left(\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2} \right) \cdot h \quad \text{Ec. 2.55}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

A: Área de la cuenca (m²)

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente de la cuneta (m/m)

Za: Zb: Talud de la cuneta

Tabla 2.20: Coeficiente de Manning cunetas

Material	<i>n</i>
Hormigón	0.013-0.017
Metal corrugado	
Ondulaciones estándar (68mm x13mm)	0.024
25% revestido	0.021
Totalmente revestido	0.012
Ondulaciones medias (76mx25mm)	0.027
25% revestidas	0.023
totalmente revestidas	0.012
Ondulaciones grandes(152mm x51mm)	
25%revestidos	0.026
totalmente revestidos	0.012

Fuente: norma ABC

2.7.2.3. CONTRACUNETAS

El diseño en sí es similar al de la cuneta con las siguientes modificaciones:

- a) En la determinación del caudal se tendrá un coeficiente de escorrentía único.
- b) El área de aporte está limitada por el área de la cuenca dada de los puntos más altos que van en dirección de la carretera y la separación de obras de desagüe de las contra cunetas, generalmente lavaderos o bajantes.
- c) Para la dimensión de la sección de la contra cuneta se utilizara también la ecuación de Manning, pero como son obras realizadas en forma más rústica y sin maquinaria se recomienda la utilización de las secciones rectangulares o trapezoides

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA:

$$C_{PONDERADA} = \frac{C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + C_3 * A_3 \dots \dots \dots C_n * A_n}{A_{total}} \quad Ec. 2.56$$

Método Racional:

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3.6} \quad Ec. 2.57$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

C: Coef. de escorrentía

A: área de la cuenca (km²)

Determinación de la Sección Hidráulica:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 2.58$$

Área de sección trapezoidal

$$A = (b + z \cdot y) \cdot y \quad Ec. 2.59$$

Perímetro de sección trapezoidal

$$P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2} \quad Ec. 2.60$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

A: Área de la cuenca (m^2)

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente de la cuneta (m/m)

Z: Talud de la cuneta

Tabla 2.21: Valores del Coeficiente de Rugosidad

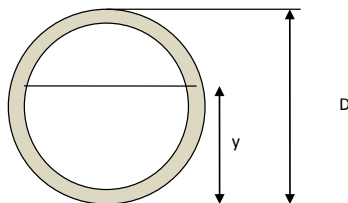
Conductos con escurrimiento de superficie libre	Tipo de canal	Medio
Tierra con curvas y sin mantenimiento	Sin vegetación	0.03
	Gran cantidad de maleza o algas en canales profundo	0.035
	Fondo de tierra y lados de piedra en bruto	0.03
	Fondo de piedra y lados con maleza	0.035
	Fondo de guijarros y lados limpios	0.04

Fuente: Ven te Chow

2.7.2.4. ALCANTARILLAS DE ALIVIO.-

En diferentes tramos donde se emplazarán cunetas cuentan con longitudes grandes hasta llegar a la alcantarilla, para esto es necesario aliviar la cuneta a una distancia de 100 – 150 m, para dimensionar la alcantarilla se considera parcialmente llena proyectada a 0,75 de su sección y flujo uniforme.

Fig. 2.12: Tubería parcialmente llena



Ecuaciones para tuberías:

$$A = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta) \quad \text{Ec. 2.61}$$

$$P = \frac{D \cdot \theta_r}{2} \quad \text{Ec. 2.62}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D-2 \cdot Y}{D}\right) \quad \text{Ec. 2.63}$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 2.64}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/seg)

A: Área (m²)

P: Perímetro mojado (m)

n: Coeficiente de rugosidad

S: Pendiente de la tubería (m/m)

D: Diámetro de la tubería (m)

Tabla 2.22: Coeficiente de rugosidad de Mannig para diferentes materiales

MATERIAL	n
Acero Corrugado	-
Acero galvanizado (nuevo y usado)	0,0140
Acero remachado (nuevo)	0,0150 - 0,0160
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (nuevo)	0,0120 - 0,0130
Acero sin costura (usado)	-
Acero soldado, con revestimiento especial (nuevo y usado)	-
Fierro fundido limpio (nuevo)	0,0130
Fierro fundido, sin incrustaciones (usado)	-
Plástico	-
Concreto monolítico, colocado con cimbras deslizantes (D > 1,25 m)	0,0100 - 0,0110
Concreto monolítico bien cimbrado y pulido (D > 1,25 m)	0,0110 - 0,0123
Concreto monolítico bien cimbrado y sin pulir (D > 1,25 m)	0,0140 - 0,0150
Concreto con acabado tosco (D > 1,25 m)	0,0150 - 0,0170
Concreto con juntas de macho y campana (D > 0,8 m)	0,0105 - 0,0120
Concreto con juntas toscas (D > 0,5 m)	0,0125 - 0,0140
Concreto con juntas toscas (D < 0,5 m)	0,0140 - 0,0170
Tubos de barro vitrificado (drenes)	0,0110
Túneles perforados en roca sin revestimiento	0,0250 - 0,0400
Madera cepillada o en duelas	0,0105 - 0,0120

Fuente: Hidráulica General (Sotelo)


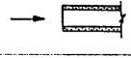

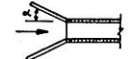
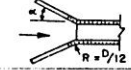

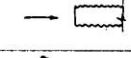
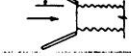
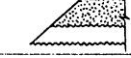
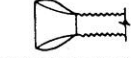
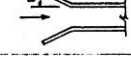
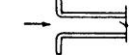
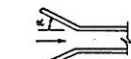
2.7.2.5. ALCANTARILLAS DE CRUCE.-

Son obras de cruce o de drenaje transversal que en algunos subtramos sirven de alivio para que las cunetas evacuen sus aguas.

Las alcantarillas se diseñaran en base al Método del departamento de Carreteras de Kentucky en la cual conduce a determinar la clase y tipo de operación del conducto bajo cierto procedimiento de cálculo.

Fig.2.13: Gráfica del Coef. de Pérdida de Carga a la Entrada de las Alcantarillas

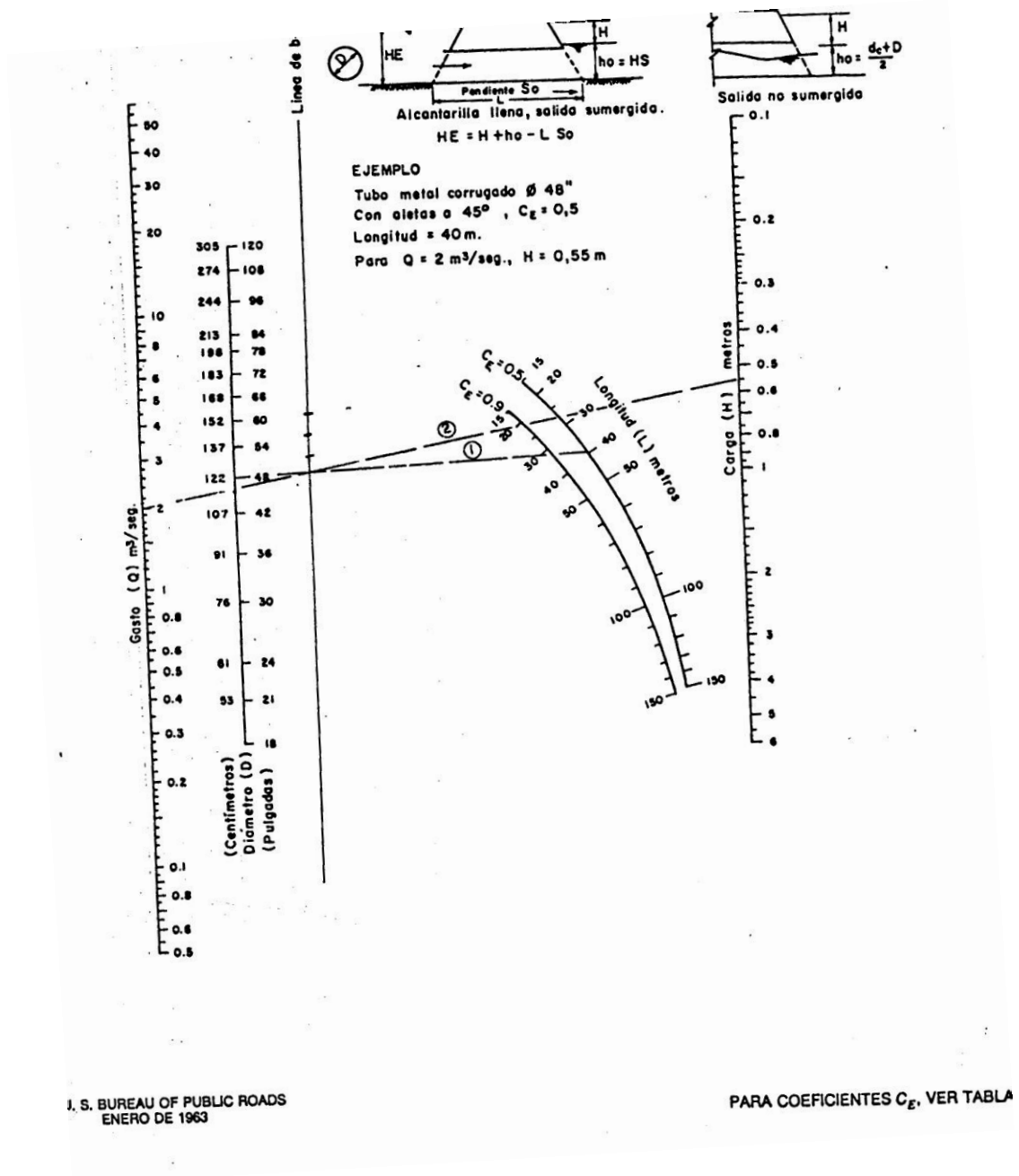
TABLA VII-16. COEFICIENTES DE PERDIDA DE CARGA A LA ENTRADA DE LAS ALCANTARILLAS

DESCRIPCION			
TUBOS DE CONCRETO	 CAMPANA SALIENTE	0,2	
	 ESPIGA SALIENTE (No se recomienda su uso)	0,5	
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) CAMPANA EN EL EXTREMO	0,2	
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) ESPIGA EN EL EXTREMO (No se recomienda su uso)	0,5	
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) REDONDEADA (Radio = $D/12$)	0,2	
	 SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0,5	
TUBOS O ARCOS METAL CORRUGADO	 EXTREMO SALIENTE	0,9	
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°)	0,5	
	 CHAFLANADO DE ACUERDO CON TALUD	0,7	
	 SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0,5	
CAJONES DE CONCRETO ARMADO	 ALETAS O MUROS DE CABECERAS ARISTAS SIN REDONDEAR	$\alpha = 0^\circ$ 0,7 $10^\circ < \alpha < 25^\circ$ 0,5 $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ 0,4 $\alpha = 90^\circ$ 0,5	
	 MURO DE CABECERA TRES ARISTAS REDONDEADAS (Radio = $1/12$ dimensión cajón)	0,2	
	 ALETA, α ENTRE 30° Y 75° ARISTA SUPERIOR REDONDEADA (Radio = $1/12$ dimensión cajón)	0,2	

Drenaje superficial de carreteras 399

Fuente: Curso práctico de drenaje de carreteras UP

Fig.2.15: Gráfico para el Cálculo de la Pérdida de Carga



Fuente: Curso práctico de drenaje de carreteras UPM

Secciones rectangulares:

$$\frac{H_E}{H} \leq 1,2 \quad \text{Ec. 2.65}$$

Donde:

H_E : Altura máxima (m)

H: Altura del conducto (m)

$$q_E = \frac{Q}{\sqrt{g \cdot B \cdot H^3}} \quad \text{Ec. 2.66}$$

Donde:

q_E : Caudal específico

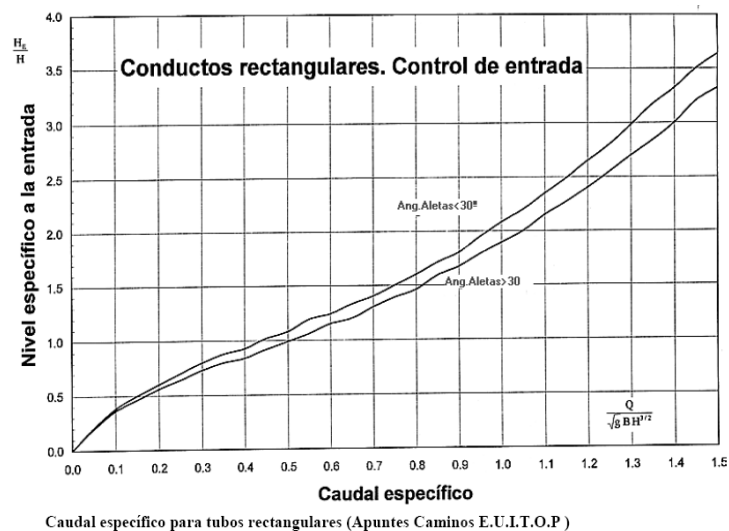
Q: Caudal (m^3/s)

g: Aceleración de la gravedad $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

B: Ancho de la sección (m)

H: Altura del conducto (m)

Fig.2.16 Gráfica para Determinar el Caudal Específico



Fuente: Curso práctico de drenaje de carreteras UPM

CAPITULO III

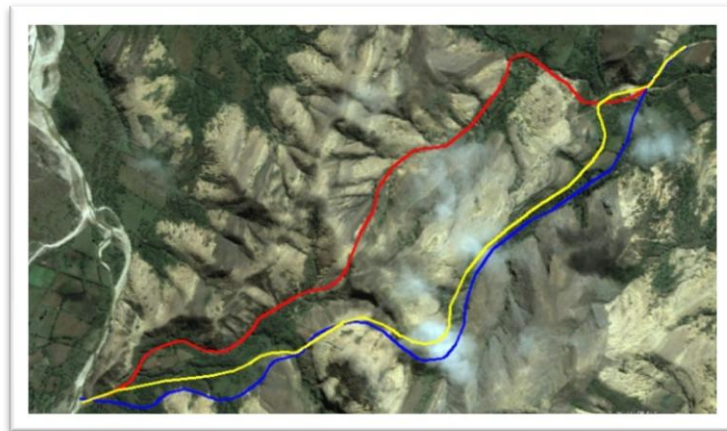
APLICACIÓN PRÁCTICA

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El análisis de alternativas consiste en escoger la línea más adecuada, se proyectan utilizando mapas o planos levantados .En este caso se utilizo cartas geográficas digitales e imágenes de Google Earth realizando varios trazados preliminares para así obtener los planos sobre los cuales se puedan comparar y escoger el más conveniente.

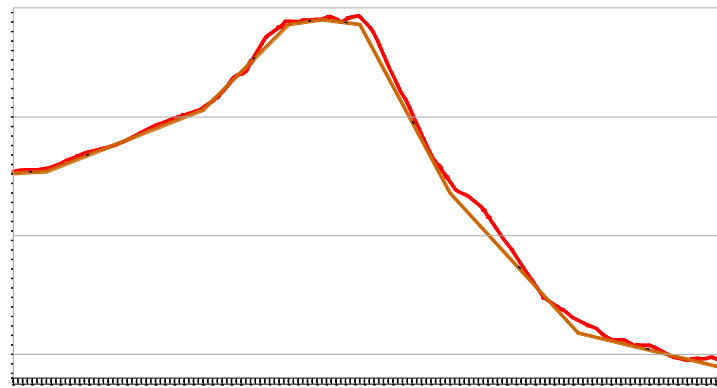
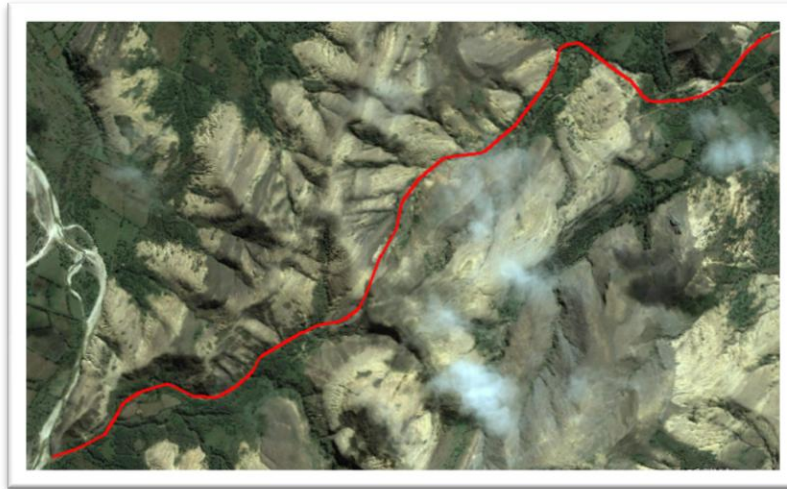
Fig. 3.1: Alternativas



ALTERNATIVA 1

El alineamiento presenta una mayor longitud 4422.83 mts, el trazo realizado atraviesa por terrenos privados al inicio del tramo, por lo que implicaría indemnizar a los propietarios afectados a pesar que este tramo sería un beneficio para los propietarios, puesto que sus terrenos elevarían su precio; al realizar alguna indemnización seria una mayor inversión para el desarrollo de este proyecto. En este alternativa se tendría que diseñar una obra de arte mayor como un puente porque requeriría una mayor inversión en la construcción de la vía y se encuentra 9 alcantarilla de alivio y de cruce 5, también presenta una pendiente fuertes 18,10% y una pendiente mínima 0.5% por lo cual esta alternativa no es factible debido todo los aspectos técnicos, y económicos.

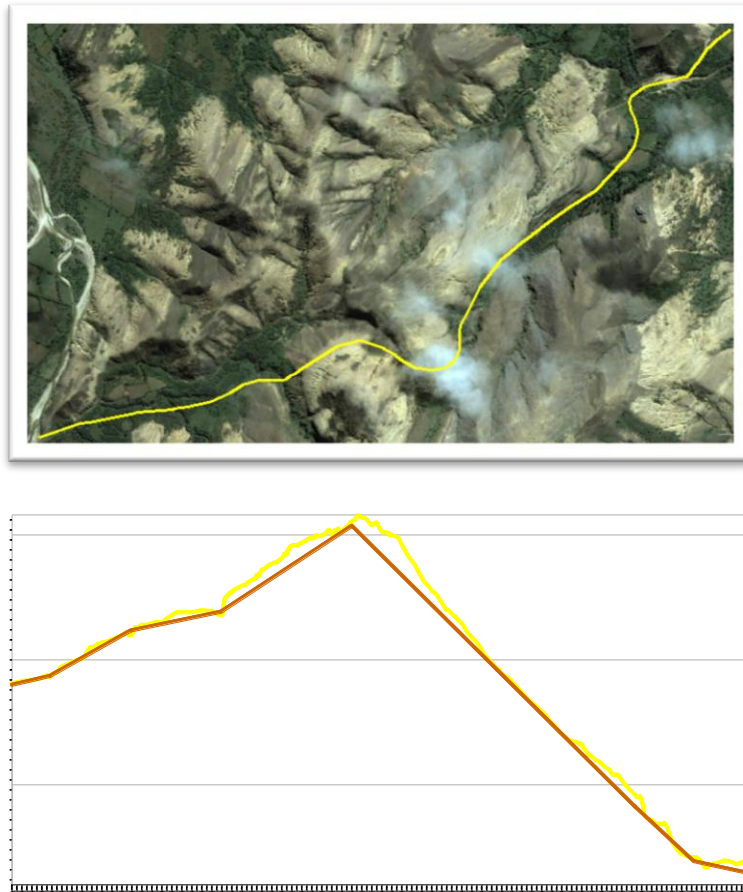
Fig. 3.2 Alternativa 1



ALTERNATIVA 2

Esta alternativa presenta un alineamiento de menor longitud 3191.86 mts, no afectando a terrenos privados de cultivo por lo que no se realizara ninguna expropiación, por lo que no se pagara a dueños de terrenos afectados, afectando un mínimo porcentaje, por lo cual los propietario están de acuerdo en ceder una parte de sus terrenos ya que resultarían beneficiados, y la opción más directa de un punto a otro siendo una mejor alternativa para el trazo de la vía con una pendiente 9.92 % máxima y con una pendiente mínima 2.081% por lo que no se encuentra ninguna obra de arte mayor, pero se cuenta con 7 alcantarilla de alivio y con 4 alcantarilla de cruce y un tipo cajón ,por lo cual es una alternativa moderadamente viable.

Fig. 3.3 Alternativa 2



ALTERNATIVA 3

Presenta la misma característica a la anterior alternativa con una longitud 3922.79 mts, atravesando terrenos cultivables perjudicados, estos previos la cual podría ser un problema económico que podría ocurrir durante su construcción ya que se realizaría alguna indemnización y presenta una mayor longitud que las anteriores pero presenta una pendiente máxima 9.083 % y una pendiente mínima 4% adecuada a comparación a las otras alternativas. Por afectar a terrenos privados y presentar una mayor inversión que los anteriores trazos no es factible el desarrollo de esta vía, se encuentra con 9 alcantarilla de alivio, y de cruce 5 por lo cual no es una buena alternativa económicamente y técnica.

Fig. 3.4 Alternativa 3

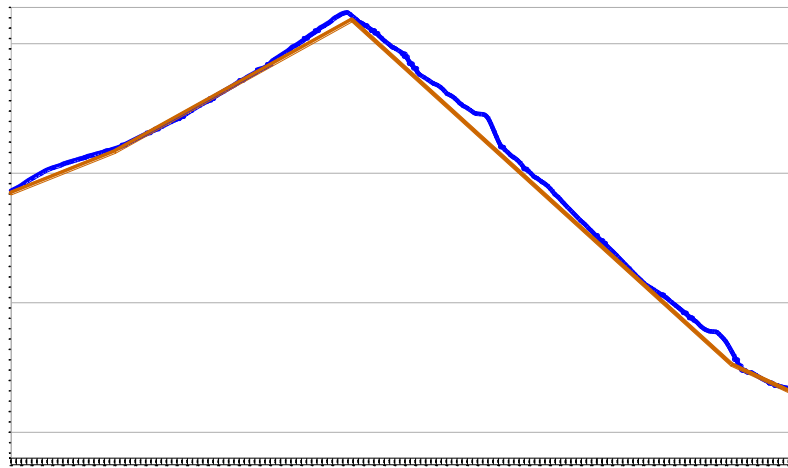
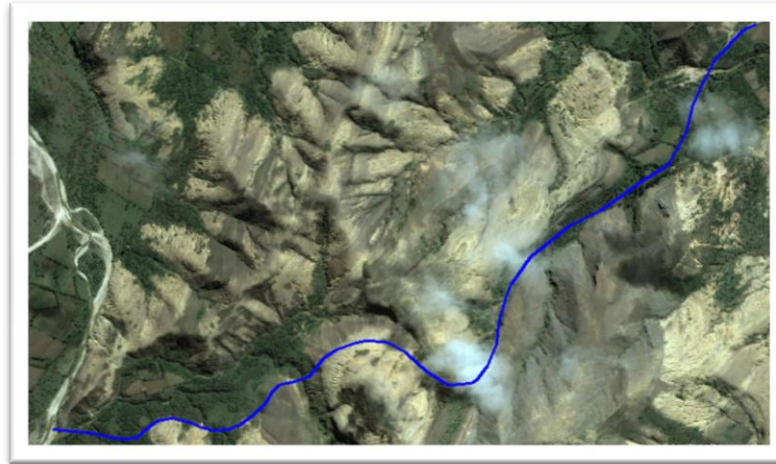


Tabla 3.1: Resumen de alternativas

ALTERNATIVA	LONGITUD VIRTUAL	PENDIENTES		ALCANTARILLAS		
		MAX	MIN		Alivio	Cruce
1	4422.83 mts	18.10%	0.5%	Puente	9	5
2	3191.86 mts	9.92%	2.081%	-	7	5
3	3922.79 mts	9.083%	4%	-	9	5

Fuente: Propia

3.1.1. POLIGONAL DE ESTUDIO

La poligonal de estudio de este proyecto o la alternativa más conveniente para el trazado de la vía es la segunda alternativa por presentar una menor distancia $L= 3191.86$ m, no atraviesa terrenos privados cultivables evitando algún inconveniente como ser legales y económicos durante el desarrollo del proyecto por lo que presenta una menor inversión. No presenta problemas técnicos para el trazo de las curvas horizontales, la pendiente se encuentra dentro de la norma establecida, no presenta gran cantidad de movimiento de tierra que esto ocasionaría que el proyecto no llegue a ser viable. El número de obras de arte es menor, con relación a las otras alternativas. Es por eso la alternativa elegida es la mejor opción que se tomara en cuenta contemplando en mayor parte el eje del camino según las normas.

De esta manera se eligió aquella alternativa que resultara más eficiente y al mismo tiempo menos costo, pero siempre respetando las normas de la ABC y diseñando las obras de arte necesarias a lo largo del tramo.

3.2. DISEÑO GEOMÉTRICO

Los argumentos y motivos de la adopción de los valores mostrados en los cuadros están plenamente justificados en el Capítulo 2 del presente documento.

Tabla 3.2: Resumen de Parámetros

CARACTERÍSTICA	PARAMETRO
Categoría de la carretera	Desarrollo
Calzada	7.0 m
Carril	Simple 3.50 m
Topografía	Terreno montañoso
Velocidad de proyecto (km. /hr.)	30.0
Peralte máximo (%)	7.0
Radio mínimo (m)	25.0
Pendiente máxima en rectas (%)	10-12
Distancia mínima de visibilidad frenado(m)	180.0
Valor de k en curvas convexas (m)	300.0
Valor de k en curvas cóncavas (m)	400.0
Sobrecanchos en curvas horizontales (m)	De acuerdo al radio empleado

Fuente: Manual ABC

3.2.1. CURVAS CIRCULARES

ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR: Curva PI 2 $\omega=11^{\circ}27'25''$

$$\text{Tangente: } T = R \cdot \tan\left(\frac{\omega}{2}\right) = 100 \cdot \tan\left(\frac{11^{\circ}27' 84''}{2}\right) = 10.031$$

$$\text{Externa: } S = R \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1\right) = 100 \cdot \left(\sec\left(\frac{11^{\circ}27' 84''}{2}\right) - 1\right) = 0.502$$

$$\text{Flecha: } Mc = R \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)\right) = 100.00 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{11^{\circ}27' 84''}{2}\right)\right) = 0.499$$

$$\text{Desarrollo: } D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180} = \frac{\pi \cdot 100.00 \cdot 11^{\circ}27' 84''}{180} = 19.996$$

$$\text{Longitud: } L = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) = 2 \cdot 100 \cdot \sin\left(\frac{11^{\circ}27' 84''}{2}\right) = 19.963$$

Tabla 3.3: Elementos de la Curvas Simples

N°	Prog	ω	R	T	S	Mc	D	L
P1	0+246.582	13,277	100,00	5,048	0,127	0,127	10,088	10,084
P2	0+478.568	11,4569	100,00	10,031	0,502	0,499	19,996	19,963
P3	0+588.464	13,3981	100,00	11,746	0,687	0,683	23,384	23,331
P4	0+694.057	32,2951	60,00	17,372	2,464	2,367	33,819	33,373
P5	0+800.525	37,505	60,00	20,370	3,364	3,185	39,275	38,578
P6	0+943.459	9,2379	130,00	10,503	0,424	0,422	20,960	20,937
P7	1+044.072	36,1236	50,00	16,306	2,592	2,464	31,524	31,004
P8	1+170.924	28,8914	40,00	10,304	1,306	1,265	20,170	19,957
P9	1+276.914	30,4258	50,00	13,597	1,816	1,752	26,552	26,241
P10	1+365.471	91,2734	70,00	71,573	30,114	21,056	111,511	100,089
P11	1+580.094	30,9487	50,00	13,842	1,881	1,813	27,008	26,681
P12	1+789.754	10,8436	120,00	11,389	0,539	0,537	22,711	22,677
P13	2+018.371	10,1064	120,00	10,611	0,468	0,466	21,167	21,139
P14	2+231.565	24,2234	60,00	12,876	1,366	1,336	25,367	25,178
P15	2+385.745	43,1996	40,00	15,837	3,021	2,809	30,159	29,450
P16	2+533.973	85,0181	30,00	27,499	10,696	7,885	44,515	40,542
P17	2+735.406	41,4714	30,00	11,357	2,078	1,943	21,714	21,243
P18	2+840.432	18,1409	70,00	11,175	0,886	0,875	22,163	22,071

Fuente: Propia

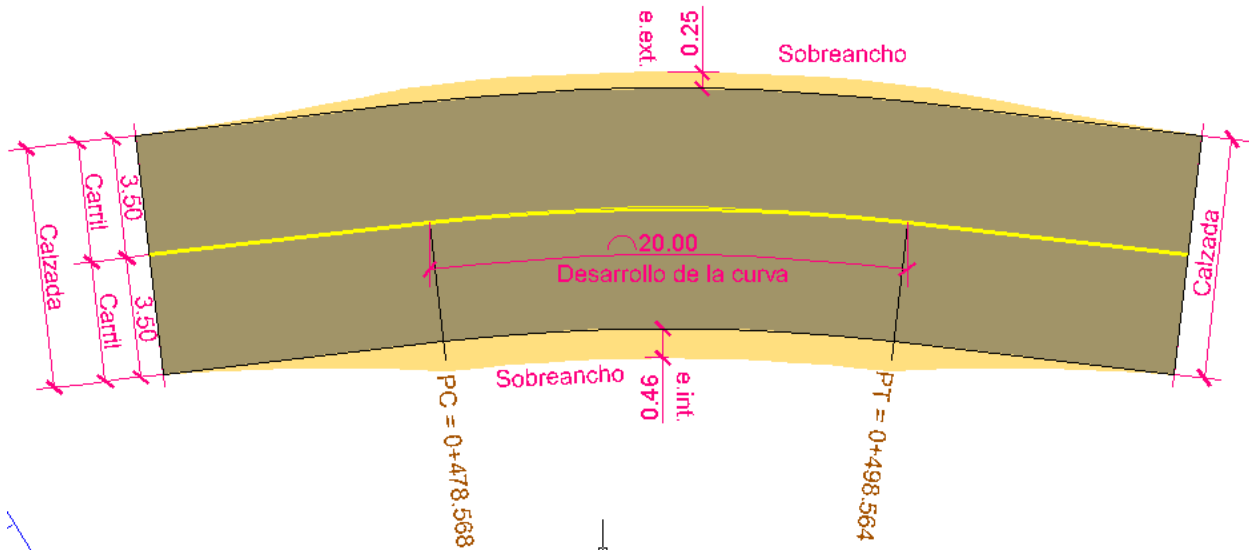
Tabla 3.4: Replanteo de Curva Simple

PARÁMETROS DE REPLANTEO	
n : 1	Numero de carril
ac : 3,5	Ancho de carril
R : 100mts.	Radio de curvatura
e : 7 %	Peralte
b : -2,5 %	Bombeo
E : 0.703 mts	Sobreechancho total
e.int : 0,457 mts	Sobreechancho interno
e.ext : 0,245 mts	Sobreechancho externo

PROG.	DIST. PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANGULO TANGENCIAL			PERALTE (m)	SOBREECHANCHO (m)	
							e.ext	e.int
0+478.568	0	0	0	0	0	0,245	0,246	0,457
0+488.568	10	10	2°	51'	53,24"	0,245	0,246	0,457
0+498.564	9,996	19,996	5°	43'	42,36"	0,245	0,246	0,457

Fuente: Propia

Gráf. 3.5: Curva circular



3.2.2. CURVAS CLOTOIDE:

ELEMENTOS DE UNA CURVA CLOTOIDE. $\omega=26^{\circ}24'61''$

Coordenadas de la espiral

$$Xp = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2} = 14.619 - \frac{14.619^3}{40 \cdot 50^2} = \mathbf{14.587}$$

$$Yp = \frac{L^2}{6 \cdot R} = \frac{14.619^2}{6 \cdot 50} = \mathbf{0.7124}$$

$$Xc = Xp - R \cdot \text{sen}(\tau) = 14.587 - 50 \cdot \text{sen}(8^{\circ}22'8'') = \mathbf{7.304}$$

$$Yc = Yp + R \cdot \text{cos}(\tau) = 0.712 + 50 \cdot \text{cos}(8^{\circ}22'8'') = \mathbf{7.304}$$

$$Ec = (R + \Delta R) \cdot \left(\text{sec}\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1 \right) + \Delta R = (50 + 0.148) \cdot \left(\text{sec}\left(\frac{26^{\circ}24'06''}{2}\right) - 1 \right) + 0.148 = \mathbf{1.54}$$

Tangencial:

$$Ts = (R + \Delta R) \text{tang}\left(\frac{\omega}{2}\right) + Xc = (50 + 0.148) \text{tang}\left(\frac{26^{\circ}24'06''}{2}\right) + 7.309 = \mathbf{19.078}$$

Desarrollo:

$$Ds = 2L + \frac{\pi \cdot R \cdot \omega c}{180} = 2 \cdot 14.619 + \frac{\pi \cdot 50 \cdot 9^{\circ}39'4''}{180} = \mathbf{37.659}$$

Tabla 3.5: Resumen de Elementos de Curvas Clotoide

N°	Prog	ω	τ	τC	Ls	Xp
P3	0+217.28	26-24-6	8-22-31.8	9-39-2.4	14.619	14.588
P6	1+083.74	26-56-29	8-22-31.8	10-11-25.4	14.619	14.588
P7	1+170.90	27-8-5.0	8-22-31.9	8-22-31.8	14.619	14.588
P8	1+264.50	23-20-14	8-22-31.9	6-35-10.4	14.619	14.588
P10	1+587.64	23-20-20	8-22-31.9	6-35-16.4	14.619	14.588
Yp	xc	yc	ΔR	Ec	Ts	Ds
0.712	7.309	50.178	0.178	1.54	19.078	37.659
0.712	7.309	50.178	0.178	1.59	19.323	38.131
0.712	7.309	50.178	0.178	1.58	19.418	36.547
0.712	7.309	50.178	0.178	1.206	17.666	34.98
0.712	7.309	50.178	0.178	1.206	17.667	34.987

Fuente: Propia

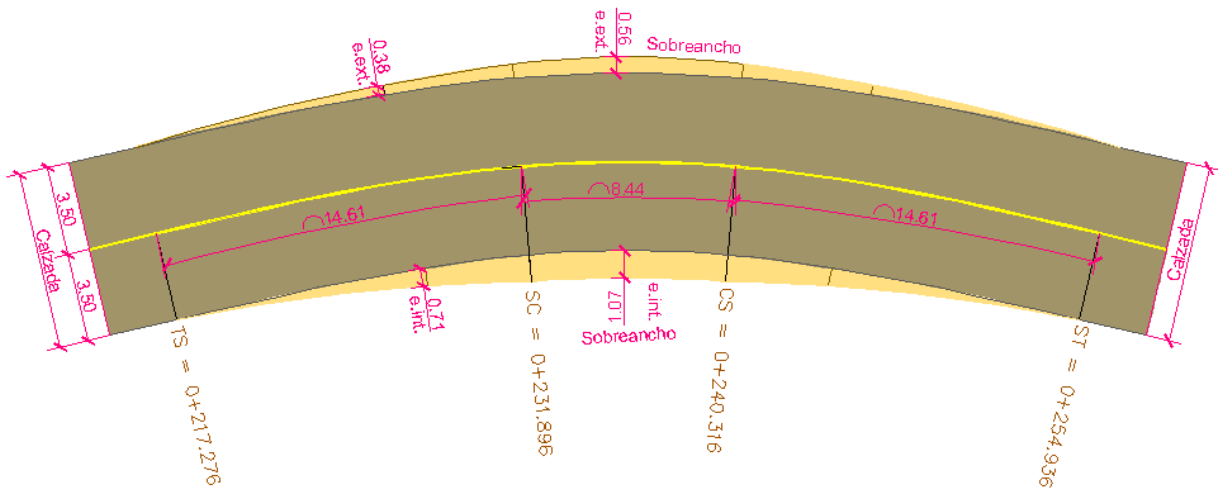
REPLANTEO DE CURVA CLOTOIDE

PARÁMETROS DE REPLANTEO	
n :	1 Numero de carril
Lm :	14.61 Longitud de la espiral
ac :	3,5 Ancho de carril
R :	60 mts. Radio de curvatura
e :	7 % Peralte
b :	-2,5 % Bombeo
E :	1.61 mts Sobreebancho total
e.int :	0,35E mts Sobreebancho interno
e.ext :	0,65 E mts Sobreebancho externo

PROG.	DIST. PARCIAL	DIST. ACUMULADA	ANGULO TANGENCIAL			PERALTE (m)	SOBREEBANCHO (m)	
							e.ext	e.int
PC 0+217.28	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00
0+227.28	10.00	10.00	1°	18'	25.20"	0.71	0.38	0.71
FC0+231.89	4.61	14.61	2°	47'	24.00"	1.04	0.56	1.04
CC 0+236.11	4.22	18.83	10°	47'	19.66"	1.04	0.56	1.04
FC0+240.33	4.61	14.61	2°	47'	24.00"	1.04	0.56	1.04
0+244.94	10.00	10.00	1°	18'	25.20"	0.71	0.38	0.71
PC0+254.94	0.00	0.00	0°	0'	25.20"	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

Gráf. 3.6: Curva Clotoide



3.3. TRAZADO ALTIMÉTRICO

Tabla 3.6: Resumen de Parámetros

CARACTERÍSTICA	PARAMETRO
Categoría de la carretera	Desarrollo
Calzada	Doble 7.0 m
Carril	Simple 3.50 m
Topografía	Terreno montañoso
Velocidad de proyecto (km. /hr.)	30.0
Pendiente máxima en rectas (%)	10-12
Distancia mínima de visibilidad frenado(m)	180.0
Valor de k en curvas convexas (m)	300.0
Valor de k en curvas cóncavas (m)	400.0
Longitud min 2T (m)	30.00
Ancho de cuneta (m)	0.6

Fuente: Propia

3.3.1. REPLANTEO DE CURVAS VERTICALES

CURVA CONCAVA 1

Datos:

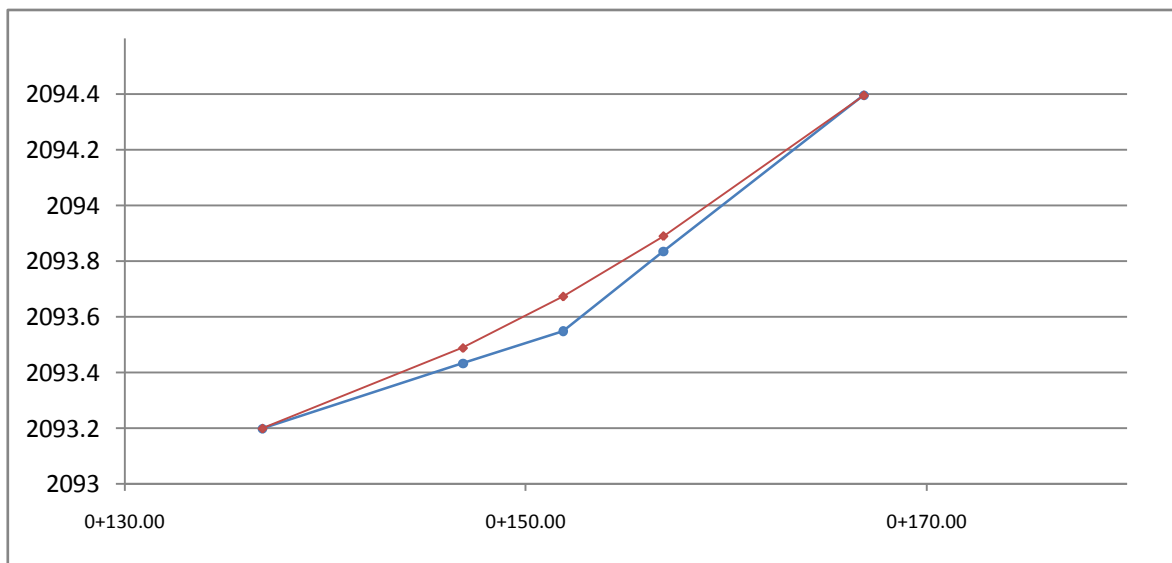
Cota PC=	2093,199
Cota FC=	2094,395
i1%=	2,337
i2%=	5,633
Kc=	400
L=	30

Tabla 3.7: Replanteo Curvas Verticales

prog	Dust. Acum.	Deflexion Y	Cot. Rasante	Cot. Curva
0+136,87	0	0	2093,199	2093,199
0+146,87	10	0,055	2093,4327	2093,488
0+151,87	15	0,1236	2093,549	2093,673
0+156,87	20	0,055	2093,835	2093,89
0+166,87	30	0	2094,395	2094,395

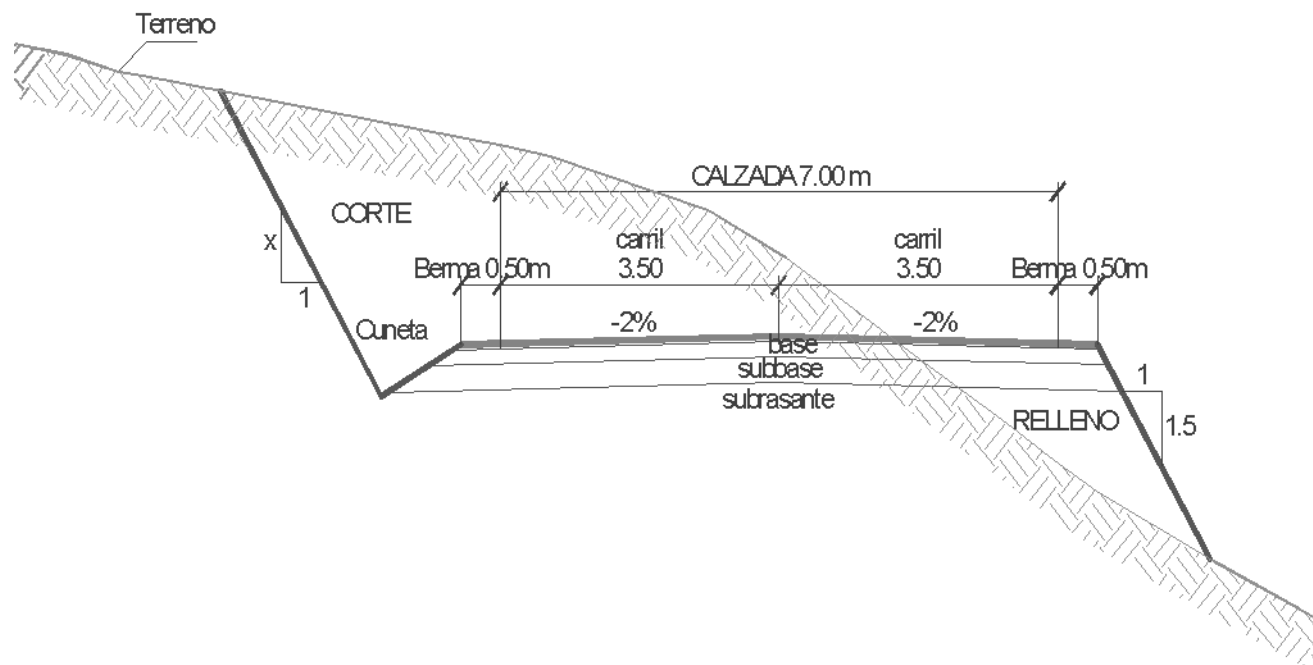
Fuente: Propia

Graf. 3.7: Curva Vertical



3.4. SECCIÓN TRANSVERSAL.

Graf. 3.8: Sección Tipo



3.5. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Cálculo de volumen de Excedentes

$$E_c = \sum \text{Excedente de corte}$$

$$E_R = \sum \text{Excedente de relleno}$$

$$V_c = \text{Volumen de excedente} = E_c + E_R$$

Tabla 3.8: Curva Masa se toma los siguientes datos

PROGRESIVAS	EXCEDENTES DE CORTE (m ³)
0+391.40	2326
0+778.21	6988.2
2+605.91	58052.00
2+721.11	58060.20
Volumen de excedencia	$\sum 125426.4 \text{ m}^3$

Fuente: Propia

3.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO.-

CÁLCULO HIDROLÓGICO.- Estación en Estudio 1: PINOS SUD

TABLA 3.9: PRECIPITACION MAXIMA DIARIA (MM)

Estación: PINOS SUD													Lat. S.: 21° 44'
Provincia: CERCADO													Long. W.: 64° 53'
Departamento: TARIJA													Altura: 2,100 m.s.n.m.
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Maxima
1976	31.0	46.5	60.0	15.2	3.5	2.0	0.0	8.5	7.5	7.4	20.0	40.0	60.0
1977	30.5	55.0	20.0	30.0	2.3	0.0	1.0	20.0	12.2	48.5	30.7	37.5	55.0
1978	50.0	24.0	67.0	20.2	1.0	0.0	0.0	2.5	1.5	60.4	42.5	60.3	67.0
1979	53.5	70.0	65.5	17.0	1.0	4.2	12.0	40.7	7.0	20.4	31.5	60.3	70.0
1980	58.0	54.0	102.0	16.5	6.0	3.0	0.0	8.2	0.0	32.1	46.0	68.0	102.0
1981	90.1	63.0	41.0	60.0	0.0	0.0	0.0	3.3	1.5	11.0	58.0	80.0	90.1
1982	35.1	72.4	60.4	45.2	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	40.3	55.0	72.4
1983	51.3	36.5	27.0	23.0	14.1	0.0	6.2	0.0	8.3	43.2	42.5	63.4	63.4
1984	40.6	35.2	45.3	23.4	10.0	0.0	0.0	25.6	4.0	20.3	20.3	15.3	45.3
1985	30.5	35.6	20.0	26.0	0.0	0.0	0.0	10.3	10.0	20.5	23.4	23.2	35.6
1986	67.0	23.2	45.2	15.3	0.0	0.0	2.0	0.0	21.3	20.3	13.4	26.3	67.0
1987	15.3	12.3	15.0	10.3	10.3	2.0	0.0	5.2	5.2	10.1	15.3	23.2	23.2
1988	21.0	23.0	32.0	6.0	4.0	5.3	0.0	0.0	5.0	15.3	10.3	23.0	32.0
1989	23.2	12.1	23.3	8.0	0.0	10.3	5.1	0.0	6.0	15.3	16.3	21.0	23.3
1992	33.9	36.7	70.3	5.1	0.0	0.0	2.1	1.4	11.6	17.0	34.5	76.2	76.2
1993	34.9	33.1	39.8	42.8	4.0	3.0	7.6	4.4	1.5	35.0	88.7	39.4	88.7
1994	77.0	65.9	15.5	12.9	1.2	5.2	0.0	0.0	21.0	25.5	28.0	46.6	77.0
1995	56.4	25.7	55.6	8.0	9.4	0.0	0.0	0.3	9.8	28.2	28.4	24.6	56.4
1996	45.7	59.9	31.0	18.7	29.5	4.6	0.0	4.0	14.2	9.4	33.1	35.2	59.9
1997	67.2	57.0	27.3	10.6	3.7	0.0	0.0	1.7	9.3	10.3	40.9	38.8	67.2
1998	50.4	43.5	25.2	14.4	2.0	9.0	2.2	4.0	3.5	36.0	26.2	35.4	50.4
1999	40.0	50.2	55.0	14.0	11.3	2.2	0.0	1.4	10.2	20.0	36.8	21.2	55.0
2000	146.0	79.2	51.9	15.0	4.6	0.0	0.0	2.2	6.7	17.7	19.0	61.7	146.0
2001	67.6	43.0	46.1	28.0	2.5	10.0	1.4	2.0	9.3	11.6	32.0	44.7	67.6
2002	44.6	55.3	41.2	35.0	2.0	0.0	3.0	0.0	4.2	29.8	75.0	98.0	98.0
2003	51.2	36.4	95.0	7.3	1.6	5.6	0.0	0.0	5.1	12.0	42.0	26.7	95.0
2004	58.3	56.5	36.7	72.0	12.4	4.2	0.5	3.2	26.0	14.5	30.3	44.1	72.0
2005	50.0	49.1	49.3	14.3	1.3	0.0	3.5	2.3	5.5	7.6	45.6	65.6	65.6
2006	47.0	44.4	59.7	36.5	19.6	0.0	1.2	0.6	0.0	16.4	13.0	27.8	59.7
2007	83.0	84.0	90.1	18.2	8.0	0.0	0.0	2.0	5.4	30.0	52.0	79.2	90.1
2008	100.0	43.0	40.6	15.3	0.0	0.0	0.0	4.3	8.6	7.6	50.0	104.6	104.6
2009	68.1	25.1	60.2	19.3	3.3	0.0	1.3	1.3	15.0	7.2	65.1	50.4	68.1
2010	25.4	105.0	22.2	9.5	4.1	0.0	1.2	1.2	0.3	10.1	12.0	52.3	105.0
MEDIA	146.0	105.0	102.0	72.0	29.5	32.0	12.0	40.7	26.0	60.4	88.7	135.2	146.0
Prom	52.3	46.0	45.4	22.3	6.1	2.9	1.5	4.9	7.7	20.2	34.2	49.3	

Fuente: SENAMHI

3.6.1. CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS METODO RACIONAL

Proyecto: Diseño Geométrico Camino Municipal Pinos Sud -Pampa Redonda

Estación: Pinos

Tabla 3.10: Cálculo de Precipitaciones máx.

Año		Precipitaciones Máximas en 24 Hrs. (mm)
1976	1977	60
1977	1978	55
1978	1979	67
1979	1980	70
1980	1981	102
1981	1982	90.1
1982	1983	72.4
1983	1984	63.4
1984	1985	45.3
1985	1986	35.6
1986	1987	67
1987	1988	23.2
1988	1989	32
1989	1990	23.3
1992	1993	76.2
1993	1994	88.7
1994	1995	77
1995	1996	56.4
1996	1997	59.9
1997	1998	67.2
1998	1999	50.4
1999	2000	55
2000	2001	146
2001	2002	67.6
2002	2003	98
2003	2004	95
2004	2005	72
2005	2006	65.6
2006	2007	59.7
2007	2008	90.1
2008	2009	104.6
2009	2010	68.1

Fuente: Propia

Calculo de la Intensidad máxima.-

Tabla 3.11: Variables Estadísticas:

$$Ed = X_m - 0,45 \cdot Sd$$

$$Kd = \frac{Sd}{0,557 \cdot Ed}$$

Numero de Datos (N)	32,00
Media (m)	68,869
Desv. Típica (S)	25,179
Moda E = m-0.45*S	57,538
Característica K=S/(0.55*E)	0,786

Fuente: Propia

Calculo del Caudal Máximo por el Método Racional Cuenca N°1

Donde:

Tiempo de concentración de la cuenca en hrs

Área de la cuenca, en Km²

L=desnivel máximo del curso de aguas más largo, en m

H=desnivel máximo del curso de agua más largo, en m

S=pendiente media del curso de agua más largo, en m/m

A=0.29 km²

L =0.94km

H=135m

S=0.143m/m

Kirpich

$$k = 3.28 \cdot \frac{L}{S^{1/2}} = 3.28 \cdot \frac{941.16}{0.143^{1/2}}$$

$$k = 8163.37$$

$$t_c = 0.0078 \cdot k^{0.77} = 0.0078 \cdot 8163.37^{0.77} \text{ (min)}$$

$$t_c = 8.021 \text{ (min)} = 0.134 \text{ (Hr)}$$

Normas españolas

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.3 \left(\frac{0.941}{0.143^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (\text{Hrs})$$

$$t_c = 0.415 \quad (\text{Hrs})$$

Normas Giandotti

$$t_c = \frac{4.A^{1/2} + 1.5S}{0.8^{1/2}} = \frac{4*+1.5*0.143}{0.8^{1/2}} \quad (\text{Hrs})$$

$$t_c = 2.662 \quad (\text{Hrs})$$

California Highway

$$t_c = 0.95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = 0.95 \left(\frac{0.941^3}{135} \right)^{0.385} \quad (\text{Hrs})$$

$$t_c = 0.13 \quad (\text{Hrs})$$

Reemplazando estos valores en las fórmulas anteriores tenemos:

Con la fórmula de kipich: $T_c=0.134\text{hrs}$

Con la fórmula de Norma Española: $T_c=0.41\text{hrs}$

Con la fórmula de Giandotti: $T_c=2.65\text{hrs}$

Con la fórmula de California highway: $T_c=0.13\text{hrs}$

De los tiempos de concentración calculados adoptamos un valor igual $T_c=0.83 \text{ hrs}$

Alturas de lluvia máxima diaria: para T=25 años

$$hd, t=Ed*(1+Kd*\log T)$$

$$hd, t=57.538*(1+0.786*\log 25)$$

$$hd, t=120.73\text{mm}$$

Periodo de retorno T

$$h(t,T) = h(d,T) * (t/2)^{(0.2)}$$

Lluvias máximas correspondientes a diferentes tiempos (t) y periodos de retorno (T) en años

Calculo de lluvia máxima para un periodo de retorno de 10 años en 10 min:

$$h(t,T) = 120.73 * (0.17/2)^{(0.2)}$$

$$h(t,T) = 62,75$$

$$i(t,T) = h(t,T) / t$$

Intensidad media de lluvias en mm/h para diferentes duraciones (t) y periodo de retorno (T)

$$i(t,T) = 62.75 / 0.17$$

$$i(t,T) = 369.14 \text{ mm/h}$$

Calculo de intensidad para Tc:

Datos:

$$T_c = 0.832 \text{ hrs}$$

$$T = 25 \text{ años}$$

$$h(t,T) = h(d,T) * (t/2)^{(0.2)} \quad i(t,T) = h(t,T) / T_c$$

$$h(t,T) = 73.74 \text{ del grafico}$$

$$i(t,T) = 73.74 / 0.832 = \mathbf{88.62 \text{ mm/h}}$$

Calculo de Caudal

$$CU = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0.832^{1,25}}{0.832^{1,25} + 14}$$

$$\mathbf{CU = 1.054}$$

$$Q = CU \cdot \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} = 1,054 * \frac{0.18 * 88.62 * 0.29}{3,6}$$

$$\mathbf{Q = 1.32 \text{ m}^3/\text{sg}}$$

3.6.2. DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE.-

El diseño hidráulico de las estructuras de drenaje corresponde determinar la sección transversal, la carga hidráulica y garantizar su funcionamiento.

3.6.2.1. CUNETAS

Determinación del caudal de diseño.-

Método Racional.-

QD =	Caudal de diseño (m3/s)	
Tc =	Tiempo de concentración se adoptara 10 minutos para el diseño Hr.	0.167
I =	Intensidad en (mm/h)	76.37
A =	Área de aporte en (Km2)	0.016
c =	Coefficiente de escurrimiento	0.18
L =	Longitud de cuneta m	105
a =	Ancho de la calzada m	3.5

Pavimento asfáltico	0.7- 0.95	Adoptamos = 0.82
Suelo arenoso	0.15-0.2	Adoptamos = 0.175

$$C_{PONDERADO} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 \dots + C_n A_n}{A_{total}} = 0.232$$

QD = 0.061097 m3/s

Determinación del caudal máximo con la fórmula de Manning.-

QCUNETA = Caudal de la cuneta en (m3/s)

Za =	Talud de inclinación Za/1	1.5
Zb =	Talud de inclinación Zb/1	2
h =	Altura de la cuneta (m)	0.50
n =	Coefficiente de Manning cunetas revestidas de H°	0.013-0.017 0.015
J =	Pendiente longitudinal de cuneta	5.6%
V máx =	Velocidad máxima para cunetas revestidas de H° (m/s)	4.5

QCUNETA = 2.49 m3/s Verificado

Tabla 3.12: Resumen de Cunetas

PROGRESIVA	LADO		LONGITUD
			m
0+00 - 0+040	Izquierda	Derecha	40,00
0+060- 0+120	Izquierda		60,00
0+140 - 0+150	Izquierda	Derecha	20,00
0+160 - 0+170	Izquierda		10,00
0+200 - 0+260	Izquierda	Derecha	60,00
0+300 - 0+420	Izquierda	Derecha	120,00
0+440 - 0+450	Izquierda		10,00
0+500 - 0+800	Izquierda	Derecha	300,00
0+850 - 2+160	Izquierda	Derecha	1310,00
2+180 - 2+200	Izquierda		20,00
2+220 - 2+520	Izquierda	Derecha	400,00
2+560- 2+620	Izquierda	Derecha	60,00
2+720- 2+740	Izquierda	Derecha	20,00
2+760 - 2+780		Derecha	20,00
2+800 - 2+810	Izquierda		10,00

3.6.2.2. CONTRA CUNETAS

DISEÑO DE CONTRA CUNETAS PROG 0+021 - 0+052.912

Determinación del caudal de diseño.-

Método Racional.-

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3.6}$$

QD = Caudal de diseño (m3/s)

Tc = Tiempo de concentración se adoptara 10 minutos 0.1667hr

I = Intensidad en (mm/h) 107.365

A = Área de aporte en (Km2) 0.01

c = Coeficiente de escurrimiento del terreno 0.18

L = Longitud de contra cuneta m 51.242

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3.6}$$

QD = 0.053683 m3/s

Determinación del caudal máximo con la fórmula de Manning.-

QCUNETA = Caudal de la cuneta en (m3/s)

Z=	Talud de inclinación	0.3
h =	Altura de la contra cuneta (m)	0.40
BL=	borde libre	0.1
b=	base	0.8
n=	Coefficiente de Manning fondo de tierra y lados de piedra	0.03
J =	Pendiente longitudinal de cuneta	2.3%
V máx=	Velocidad máxima para contra cunetas revestidas	1.4

$$Q_{CUNETAS} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot \sqrt{J}$$

Q CONTRA CUNETA = 0.96 m3/s Verificado $Q_{CONTRACUNETA} > Q_{DISEÑO}$

3.6.2.3. ALCANTARILLAS DE ALIVIO.-

Calculo caudal del alcantarillado de alivio

Datos:

I=107.37mm/h

C1=0.83 (Coeficiente de escorrentía de la calzada)

C2 =0.18 (Coeficiente de escorrentía del terreno)

Tc= 0.687

A1=420,00m²

A2= 13598,40m²

$$CU = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0,687^{1,25}}{0,687^{1,25} + 14}$$

CU = 1.04

$$C_{PONDERADO} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 \dots + C_n A_n}{A_{total}}$$

$$Cp = \frac{0.83 \cdot 420 + 0.18 \cdot 13598.40}{(420 + 13598.40)}$$

Cp=0.199

$$Q = CU \cdot \frac{Cp \cdot I \cdot A}{3,6} = 1,04 * \frac{(0,199 * 107,37 * \frac{420 + 13598,40}{1000^2})}{3,6}$$

$$Q = 0,087 \text{m}^3/\text{sg}$$

Calculo del diámetro:

Ecuaciones para tuberías:

$$A = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta)$$

$$P = \frac{D \cdot \theta_r}{2}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D - 2 \cdot Y}{D}\right)$$

Mannig

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta) * \frac{\frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta)^{\frac{2}{3}}}{\frac{D \cdot \theta_r}{2}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta) * \frac{D^{\frac{4}{3}}}{4^{\frac{3}{3}}} \cdot \frac{(\theta_r - \text{sen } \theta)^{\frac{2}{3}}}{D^{\frac{2}{3}} * \theta^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta)^{\frac{5}{3}} * \frac{D^{\frac{4}{3}}}{4^{\frac{3}{3}}} * \frac{S^{\frac{1}{2}}}{D^{\frac{2}{3}} * \theta^{\frac{2}{3}}}$$

$$D = \left(\frac{Q * n * 8 * 4^{\frac{2}{3}} * \theta^{2/3}}{(\theta_r - \text{sen } \theta)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{Q * n * \theta^{\frac{2}{3}}}{(\theta_r - \text{sen } \theta)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}} 20,158 \right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{0,087 * 0,013 * 4,189^{\frac{2}{3}}}{(4,189 - \text{sen } 4,189)^{\frac{5}{3}} * 0,010^{\frac{1}{2}}} 20,158 \right)^{3/8}$$

$$D = 0,312 \text{m}$$

Tabla 3.13: Planilla de Resúmenes de Alcantarilla de Alivio

PROGRESIVA	Q	So	D	D	D
	(m ³ /s)	(m/m)	(m)	(plg)	Asumido
0+219.52	0.088	0.010	0.312	12	36
0+340.85	0.097	0.020	0.284	11	36
0+565.85	0.100	0.015	0.304	12	36
0+683.24	0.130	0.025	0.304	12	36
1+060.00	0.251	0.030	0.376	15	36
1+240.00	0.224	0.023	0.379	15	36
2+603.24	0.183	0.025	0.346	14	36

Fuente propia

3.6.2.4. ALCANTARILLAS DE CRUCE.-

Tabla 3.14: Datos

PROYECTO:	
Diseño Geométrico Pino sud - Pampa Redonda	
Frecuencia de Diseño:	25 años
Caudal (Q):	1.32 m ³ /s
Profundidad Agua Salida (HS):	0.5 m
Carga Permisible a la Entrada (HEP):	0.9 m
PROGRESIVA :	0+021.67
Cota Rasante de la Carretera :	2090.5 m.s.n.m.
Cota Rasante Entrada Alcantarilla :	2089.6 m.s.n.m.
Pendiente de la Alcantarilla (So) :	2.0 %
Longitud de la Alcantarilla (L) :	12.0 m
Vel. Permisible Canal de Salida :	1.40 m/s

Fuente propia

Determinación de diámetro Formula de Manning

$$Y=0.6*D$$

$$\Phi=2*\frac{1}{\cos}*\left(\frac{D-2*y}{D}\right)=2*\frac{1}{\cos}*\left(\frac{D-2*0.6D}{D}\right)=2*\frac{1}{\cos}*(-0.2)=203,074=203^{\circ}4'26.1''$$

$$P=\frac{D*\phi*\pi}{360}=D*203^{\circ}4'26.1''*\frac{\pi}{360}=1,772*D$$

$$A=\frac{D^2}{8}*\left(203^{\circ}4'26.1''*\frac{\pi}{360}-\text{sen}203^{\circ}4'26.1''\right)=\frac{D^2}{8}(3.544+0.392)=\frac{D^2}{8}*3.936=0.492*D^2$$

$$\Phi=\frac{A}{P}*\left(\frac{0.492*D^2}{1.772*D}\right)=0.278*D$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.023} * 0.492 * D^2 * (0.278 * D)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{0.02} = 1.289 * D^{\frac{8}{3}}$$

$$Q = 1.289 * D^{\frac{8}{3}}$$

$$D = (Q/1.289)^{\frac{3}{8}}$$

Tabla 3.15: Cálculo de la Carga

Q (m ³ /s)	Tamaño [plg.]	CALCULO DE LA CARGA EN LA ENTRADA (HE)											Vel. de Salida (m/s)	OBSERVACIONES:	
		Control a la Entrada		CONTROL A LA SALIDA HE=H+ho-LSo											HE max (m)
		HE/D	HE (m)	CE	H (m)	dc (m)	$\frac{dc+D}{2}$	Hs (m)	ho (m)	LSo (m)	HE (m)				
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)				
1.32	40.0	1.0	1.0	0.5	0.24	0.64	0.83	0.5	0.83	0.24	0.8	1.0	1.63		
1.32	43.0	0.90	1.0	0.5	0.30	0.63	0.86	0.5	0.86	0.24	0.9	1.0	1.41		
1.32	45.0	0.82	0.9	0.5	0.31	0.62	0.88	0.5	0.88	0.24	1.0	1.0	1.29		

Fuente propia

- (1): Caudal dato conocido de la hidrología
- (2): Diámetro dato iterativo (ec de mannig)
- (3): Valor determinado de tabla HE/D
- (4): Altura de entrada valor determinado (HE/D*D)*0.0254
- (5): Coeficiente de pérdida en la entrada valor con aletas de 0 a 90°
- (6): Altura de salida valor determinado de fig2.22 con longitud de tubería y CE
- (7): Tirante critico $dc = 0.561 * Q^{0.503} / D^{0.258}$
- (8): Altura de la line piezometrica= (D*0.0254+dc)/2
- (9): Profundidad de salida
- (10): Carga de la alcantarilla = ho= dc+D
- (11): Altura vertical de la tubería (L* So)/100
- (12): Profundidad de agua en la salida He= H+ ho- Lso
- (13): Verificación de altura de salida
- (14): Verificación de velocidad < a la velocidad permisible

Tabla 3.16: Planilla de Resúmenes de Alcantarilla de Alivio

PROGRESIVA	Q	So	D Plg	
	(m ³ /s)	(m/m)	Calculada	Asumido
0+021.67	1.32	0.020	45	48
0+155.77	1.49	0.020	48	48
0+474.595	0.96	0.02	38	48
1+83.540	1.58	0.020	48	48
2+777.11	2.87	0.020	2x2	2x2

Fuente: Propia

CAPITULO IV

4.1. CONCLUSIONES.-

- El levantamiento que se pudo obtener fue a través de una poligonal abierta, donde el levantamiento tuvo algunas restricciones en cuanto al levantamiento de la faja, es decir, no se pudo hacer un levantamiento muy extenso transversalmente por las propiedades que tiene el camino.
- El diseño geométrico que se realizó fue producto de un análisis cuantitativo y cualitativo de la norma adoptando las siguientes dimensiones 7 mts de calzada, 0,5 mts de berma, utilizando radios de diferente magnitud, el diseño del trazo que se pudo obtener es seguro, confortable, para usuarios y peatones, esto se pudo lograr con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009.
- De acuerdo a las características y parámetros solo se diseño curvas circulares simples debido a la velocidad de proyecto según a la norma de ABC.
- En las curvas circulares se tomo en cuenta un radio min 25m, pendientes máximas en rectas (%) 10-12 y pendiente mínima (%) 0.5 una distancia mínima de visibilidad de frenado 180m.
- En las curvas verticales la longitud mínima que se tomo en cuenta es de 30m de acuerdo a la velocidad de proyecto también se tomo en cuenta el coeficiente Valor de k en curvas convexas (m) 300.0 ; Valor de k en curvas cóncavas (m) 400.0,
- El cálculo del movimiento de tierras se tomó en consideración los coeficientes de abundamiento 1.30 y reducción 0.75, se introdujeron en el programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop y se obtuvo el diagrama de masas, no se obtuvo un diseño económico ideal sino excesivo corte de material.
- En la curva masa se observo mayor corte ya que el camino presenta seguridad debido a su estabilidad que presentara en la plataforma, pero esto implica mayor costo.

- Para llevar adelante estudio hidrológico se trabajó con una sola estación pluviométrica de la zona de pinos siendo la más cercana y con mayor número de datos, de esta manera se obtuvo los caudales razonables de diseño de las obras de drenaje tanto longitudinal como así también la de orden transversal.
- Se ubicaron las siguientes obras de drenaje: alcantarillas de cruce 4, 1 de tipo cajón y alcantarilla de alivio 7.
- El cálculo de las alcantarillas cruce son de tipo circular que cumplen con las condiciones principales de velocidad y altura de agua a la entrada mejorando así sus condiciones hidráulicas, garantizando de esta manera buen funcionamiento ante cualquier evento hidrológico extraordinario, si los diámetros eran menores a los diámetros comerciales, estos se adopto a diámetros comerciales, y para los alcantarillados de alivio se adopto un diámetro comercial (36”)y para los alcantarilla de cruce (48”),alcantarilla tipo cajón 2x2 (m)
- Este proyecto que además de ser netamente práctico, teniendo algunas limitaciones por ser aplicado a un tramo de topografía de terreno montañoso, se podría constituir como una guía para el diseño geométrico aplicando la nueva norma de diseño geométrico publicada por la ABC.

4.2. RECOMENDACIONES.-

- Si bien las alcantarillas de alivio obtenidas presentan diámetros pequeños que no son consideradas por el manual de la ABC, se debe colocar diámetros comerciales.
- En caso de alcantarillas tipo cajón tener en cuenta con el caudal, el ancho del río para no provocar con el diseño inundaciones.
- Para la aplicación de paquetes que nos ayuden es necesario entender interpretar los resultados que estos nos dan, para poder corregirlos manualmente para no cometer errores por la mala interpretación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1.-AUTOCAD LAND DESKTOP 2005

2.- ING. RAÚL VALLE RODAS .- Carretera Calle y Aeropistas Ed. El Ateneo-Buenos Aires, ARGENTINA » 1976

5.- ING. RODRIGO A. LEMOS R. Drenaje Vial Superficial y Subterráneo Ed. Universidad » Popayán, COLOMBIA » 1999

7.- ING. MÁXIMO VILLON BEJAR.-Hidrología Ed. Villon - Lima, PERU » 2002

8.- DR. CARLOS KRAEMER.- Ingeniería vial volumen I, II Ed. MacGRAW-HILL-Madrid, ESPAÑA » 2004

10.-MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO.-Administradora Boliviana de Carreteras » [http://:www.ABC.com](http://www.ABC.com) -

11.-MANUAL DE HIDROLOGÍA Y DRENAJE.- Administradora Boliviana de Carreteras » [http://:www.ABC.com](http://www.ABC.com) -

13.- ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ.- Vías de Comunicación Ed. Limusa-MEXICO D.F. » 1996