

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO GEOMETRICO ENTRE EL EXPEDIENTE
TÉCNICO Y SU EJECUCIÓN EN OBRA, CARRETERA PERICOS - SAN IGNACIO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: FAUSTO JOEL SOLANO LALANGUI

ASESOR: ING. MANUEL URTEAGA TORO

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 by

FAUSTO JOEL SOLANO LALANGUI

Todos los derechos reservados

A:

Mi Dios que ilumina mi caminar, mi madre, que es la fuente de mi fortaleza y estuvo allí siempre apoyándome, mi hija que es mi inspiración día a día; mis hermanos y hermana que aunque renegando siempre conmigo nunca dejó de apoyarme; a toda mi familia y a una persona muy especial en mi vida, mi Elizita, a quien tanto adoro

ÍNDICE

Contenido	Página
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Lista de Abreviaciones	x
Resumen	xi
Abstract	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes Teóricos	4
2.1.1. Antecedentes nacionales	4
2.2. Bases Teóricas	4
2.2.1. Criterios del diseño geométrico en carreteras	4
2.2.2. Factores de diseño	6
2.2.3. Influencia de la topografía en el trazado	7
2.2.4. Diseño horizontal	12
2.2.5. Sección transversal	22
2.2.6. Alineamiento vertical	25
2.2.7. Sobreancho	32
2.2.8. Normas de diseño	36
2.2.9. Velocidad de diseño	37
2.2.10. Secciones transversales típicas del proyecto	38
2.3. Definición de términos básicos	41
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	43
a. Procedimiento	45
a.1. Trabajo de campo	45
a.2. Trabajo de gabinete	46
b. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	49

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
4.1. Variante 01: Km 05+775 al Km 06+500	50
4.2. Variante 02: Km 15+300 al Km 15+463	52
4.3. Variante 03: Km 49+780 al Km 50+020	55
4.4. Variante 04: Km 51+080 al Km 51+340 (vía de evitamiento)	58
4.5. Variante 05: Km 51+200 al Km 52+200(vía de evitamiento)	61
4.6. Discusión de resultados	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones	69
Referencias bibliográficas	70
Anexos	71

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. Sectorización de las velocidades de diseño del proyecto	38
Tabla 2. Coordenadas del inicio y fin del tramo en estudio	43
Tabla 3. Características de coordenadas del levantamiento Topográfico	47
Tabla 4. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 05+500 al Km 06+500	51
Tabla 5. Metrado de explanaciones de la variante 01	51
Tabla 6. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 01	51
Tabla 7. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 01	51
Tabla 8. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 15+300 al Km 15+463	54
Tabla 9. Metrado de explanaciones de la variante 02	54
Tabla 10. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 02	54
Tabla 11. Presupuesto adicional de la variante 02	55
Tabla 12. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 49+780 al Km 50+020	56
Tabla 13. Metrado de explanaciones de la variante 03	56
Tabla 14. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 03	57
Tabla 15. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 03	57
Tabla 16. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 51+080 al Km. 51+340	58
Tabla 17. Metrado de explanaciones de la variante 04	59

Tabla 18. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 04	59
Tabla 19. Presupuesto Adicional y/o deductivo vinculante de la variante 04	59
Tabla 20. Comparativo de metrados de explanaciones entre el proyecto y el replanteo	60
Tabla 21. Presupuesto comparativo entre el proyecto y el replanteo	61
Tabla 22. Ecuaciones de empalme, longitud y porcentajes de variación	61
Tabla 23. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 51+200 al Km 52+200	62
Tabla 24. Metrado de explanaciones de la variante 05	63
Tabla 25. Comparativo de metrados de explanaciones de la variante 05	63
Tabla 26. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 05	63
Tabla 27. Comparativo del tipo y longitudes de muros del proyecto y la variante 05	64
Tabla 28. Resumen comparativo de longitudes de muros según la variante 05	65
Tabla 29. Resumen comparativo de metrados de obras de arte y drenaje, según variante 05	65
Tabla 30. Presupuesto deductivo de obras de arte, según la variante 05	66
Tabla 31. Metrado y presupuesto final debido a las variaciones planimétricas y altimétricas	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Construcción de carretera terreno Plano	9
Figura 2. Diseño de alineamiento vertical en terreno ondulado	10
Figura 3. Sección en Ladera	11
Figura 4. Elementos de la Curva circular	14
Figura 5. Ecuación de Empalme con menor recorrido	15
Figura 6. Ecuación de empalme con mayor recorrido	16
Figura 7. Curvatura curva circular con espirales	19
Figura 8. Geometría Curva Espiral – circular - espiral	21
Figura 9. Sección transversal típica	22
Figura 10. Elementos del Alineamiento Vertical	26
Figura 11. Perfil del Terreno	27
Figura 12. Elementos de cova Vertical	29
Figura 13. Trayectoria de ruedas de un vehiculo en curva	33
Figura 14. Transición del sobreechanco en curva espiralizada	34
Figura 15. Transición del sobreechanco en curva circular simple	35
Figura 16. Sección Típica del proyecto N° 01	39
Figura 17. Sección Típica del proyecto N° 02	39
Figura 18. Sección Típica del proyecto N° 03	40
Figura 19. Inicio del Tramo: Pericos – San Ignacio, km 0+000	43

Figura 20. Final del Tramo: Pericos – San Ignacio, (Vía de evitamiento) km 52+282.353	43
Figura 21. Ubicación política y en planta de la carretera en estudio	44
Figura 22. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 01	52
Figura 23. Km 15+300 – Km15+463, se observa la actual plataforma con la modificación	53
Figura 24. Km 15+300 – Km15+463, se observa el abismo y el eje del proyecto	53
Figura 25. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 02	55
Figura 26. Km 49+880 – Km 49+960, se observa el asentamiento de la plataforma	56
Figura 27. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 03	58
Figura 28. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 04	60
Figura 29. Modificación de la rasante y definición de geometría de muros de contención	62

LISTA DE ABREVIACIONES

BM	: Bench Marck ó puntos de control
DG-2001	: Manual de diseño geométrico de carreteras 2001
MTC	: Ministerio de transportes, comunicaciones, vivienda y construcción
PID	: Proyecto de ingeniería de detalle

RESUMEN

El campo de aplicación de la investigación fue el tramo de la carretera Pericos – San Ignacio, que une las provincias cajamarquinas de Jaén con San Ignacio. El objetivo fue determinar las variaciones planimétricas y altimétricas del eje de la vía ejecutado en obra con respecto al eje del proyecto, para ello el trabajo se subdividió en etapas, la primera de ellas fue el trabajo de campo, mediante el cual se realizó los levantamientos topográficos de los diferentes sectores del tramo de la carretera para obtener la superficie real sobre la cual se va a trabajar, posteriormente en el trabajo de gabinete se procesó dichos datos obtenidos, mediante el uso del software “CIVIL 3D” y siguiendo las normas de diseño geométrico de carreteras (DG-2001) se obtuvieron finalmente los planos de replanteo del eje modificado en planta y secciones transversales. Con dichos planos se obtuvieron tablas informativas referentes a las diferencias de metrados y los presupuestos de obra adicionales y/o deductivos que éstos demandarían, obteniendo así un deductivo presupuestal y un mejoramiento del diseño geométrico del eje de la vía, así como soluciones técnicas a problemas sociales por afectaciones de predios. Se concluyó finalmente con la existencia de variaciones tanto en planta como a nivel de rasante del eje de la vía con respecto al eje proyectado.

PALABRAS CLAVE: Eje de la vía, Diseño geométrico, variaciones, rasante, metrados, presupuestos.

ABSTRACT

The research application field was the stretch of road Pericos - San Ignacio, that linking the provinces of Jaén Cajamarca with San Ignacio. The objective was to determine the planimetry and altimetry variations shaft via executed on site with respect to the axis of the project, for this work was divided into stages, The first was the fieldwork whereby the surveying of different sectors of road section was performed to get the actual surface on which they will be working ,then in office work such data was processed by using the software "CIVIL 3D" and following the rules of geometric design of roads (DG-2001) staking plans shaft amended plan and cross sections were finally obtained. With this planes reporting tables were obtained concerning to the differences of quantities and budgets additional work and / or deductive they sue, thereby obtaining a budget deductive and improved geometric design track center line, as well as technical solutions to social problems affectations of land. It was finally concluded with the existence of variations in both plan and grade level of the center of the track with respect to the projected axis.

KEYWORDS: Axis of track, geometric design, variations, flush, metrados, budgets.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país en la actualidad, el Gobierno a través del Ministerio de Transportes – Provias Nacional, convoca a Concurso Publico la Elaboración de Expedientes Técnicos de Proyectos Viales a lo largo de todo el territorio patrio, así como las Licitaciones públicas para la ejecución de dichos proyectos.

Cuando las Empresas Contratistas vienen ejecutando el Proyecto, se encuentran con innumerables inconvenientes de carácter técnico – social principalmente, por errores u omisiones en la elaboración del Expediente Técnico de la Obra y no se toma en cuenta por ejemplo el minimizar el Impacto Ambiental que pudiera generarse, preservando la Flora, Fauna y la Geografía de la Zona que atraviesa, así como también el evitar Problemas Sociales por Afectaciones de Predios y/o Propiedades Privadas.

En tal sentido es menester analizar las posibles variaciones que se pudieran dar durante la ejecución del Eje de la Vía del Proyecto, procurando reducir costos en movimientos de Tierras, Puentes y Muros de Contención, optimizando el Diseño Geométrico trabajado en el Expediente Técnico, que aplicado en la ejecución de la Obra, no se adecua de la mejor manera a la orografía y condiciones del terreno actual de la misma, teniendo como consecuencia la generación de nuevas Estructuras que implican la elaboración de Adicionales de Obra, que demandan mayor gasto al Estado peruano.

¿Cuáles son esas posibles variaciones técnicas entre el eje de la vía del proyecto y el ejecutado?, es la interrogante que abordamos, la investigación se realizó por la necesidad Imperiosa de buscar soluciones técnicas aplicables en Obras Viales, para salvar errores u omisiones que pudieran presentarse en la aplicación de un Diseño Geométrico establecido dentro de un Expediente Técnico, con la finalidad de poder brindar satisfacción a los futuros usuarios de la Vía en los diferentes aspectos como seguridad, comodidad, funcionalidad, economía y estética.

Se realizaron variaciones del eje del proyecto a nivel planimétrico y/o altimétrico que conllevan a un mejor diseño geométrico y mayores beneficios para los usuarios y el estado en sí.

Esta investigación nos permite ahondar el tema del Diseño Geométrico de Carreteras, aplicado a las características físicas del tramo a estudiar, siguiendo los parámetros del Estudio de Topografía, Trazo, y Diseño Geométrico del Estudio Definitivo de la Carretera Chamaya - Jaén – San Ignacio – Rio Canchis, Tramo: Perico – San Ignacio, realizando así por medio de las variaciones plani-altimétricas, un estudio comparativo del diseño geométrico entre el expediente técnico y su ejecución en obra.

Nos permitió además poder seguir una secuencia de Diseño Geométrico, utilizando un Software de diseño de Vías que actualmente es muy utilizado, ya que nos presenta un área de trabajo dinámico; se utilizó para el desarrollo de la presente investigación, el Programa “AUTOCAD CIVIL 3D” con una proyección en un plano horizontal, que es el Diseño Geométrico Horizontal o trazado en planta, una proyección en un Plano Vertical que es el Diseño Geométrico Vertical o Trazado en Perfil Longitudinal, y completándose con el Diseño Geométrico Transversal o Perfil Transversal.

La Tesis de investigación está compuesta en diferentes secciones o capítulos; el primer capítulo es la introducción, en la cual se describe el problema de investigación en función a la pregunta principal, la justificación de la investigación, los alcances o delimitación de la misma y sus objetivos; en el capítulo II, referente al marco teórico, esta subdividido en tres subsecciones: antecedentes teóricos, bases teóricas y definición de términos básicos, las cuales nos permitieron afianzar nuestros lineamientos básicos para la consecución de nuestros objetivos, se sistematizó precedentes referentes al campo de aplicación de nuestra investigación, con la finalidad de conocer las conclusiones más importantes a las cuales se llegó y poder discutir las posteriormente, se expuso los fundamentos teóricos como base en nuestra investigación, y se definió los principales términos usados durante su consecución.

En el tercer capítulo sobre materiales y métodos, se indicó la ubicación temporal y geográfica donde se realizó la investigación, se describió a detalle y secuencialmente todos y cada uno de los métodos y técnicas que se siguieron durante la ejecución de la investigación para la recolección de datos y su procesamiento, en el cuarto capítulo referente al análisis y discusión de resultados, se presentan las causales y características principales de nuestras variaciones tanto planimétricas como altimétricas del eje de la vía del proyecto, obteniendo como resultado nuestro eje replanteado o modificado, y finalmente se presenta el capítulo de conclusiones y recomendaciones, donde se establecen las conclusiones para nuestros dos objetivos específicos planteados inicialmente, así como algunas recomendaciones con la finalidad de que posteriores investigadores puedan ampliar sus conocimientos referentes al diseño geométrico y las variaciones y/o modificaciones del eje del proyecto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Dentro de éstos, podemos mencionar la, tesis que lleva por nombre: “**Comparación técnica y económica de ingeniería para evitar el arenamiento de una carretera**”; en dicho trabajo se describen las acciones realizadas para solucionar el problema de arenamiento en carreteras asfaltadas de un sector de la panamericana sur, que se da sobre todo en aquellas que tienen su trazo paralelo y adyacente a la costa peruana y están muy próximas a la playa, originando no solo que la transitabilidad sea restringida y muchas veces limitada , sino inseguridad en el tránsito de los vehículos y usuarios de la carretera, que requieren de una comunicación constante y oportuna.

Una de las alternativas de solución para dicho problema, implicaba el modificar el trazo actual de la carretera, alejándola mucho más de la playa con la finalidad de mitigar la incidencia del efecto del viento.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. CRITERIOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN CARRETERAS

El Diseño Geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carreteras y a partir de diferentes elementos y factores, internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, comodidad, funcionalidad, el entorno, la economía , la estética y la Elasticidad.

A) Seguridad: Debe ser la premisa más importante en el diseño geométrico de carreteras. Se debe obtener un diseño simple y uniforme, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en éste. Cuanto más uniforme sea la curvatura de una vía será mucho más segura, se debe dotar a la vía de suficiente visibilidad, principalmente la de parada y de una buena y

apropiada señalización, la cual debe ser ubicada antes de darse al servicio la vía (Agudelo, 2002).

B) Comodidad: De igual manera que la Seguridad, la comodidad se incrementa al obtener diseños simples y uniformes ya que esto disminuye los cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. Cuando no se puede lograr una buena uniformidad, se debe dotar la Vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permitan a los conductores adaptarse de la mejor manera a las velocidades de Operación que esta brinda a lo largo de su recorrido (Agudelo, 2002).

C) Funcionalidad: Se debe garantizar que los vehículos que transiten una vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad. La funcionalidad la determina el tipo de vía, sus características físicas como la capacidad, y las propiedades de tránsito como son el volumen y su composición vehicular. Por ejemplo, si se tiene una vía con altas pendientes y se espera que el volumen de vehículos pesados sea alto, se deberá pensar en dotar a la vía de una buena capacidad, construyendo carriles adicionales que permitan el tránsito de estos vehículos sin entorpecer la movilidad de los vehículos livianos (Agudelo, 2002).

D) Entorno: Se debe procurar minimizar al máximo el impacto ambiental que genera la construcción de una carretera, teniendo en cuenta el uso y valores de la tierra en la zona de influencia y buscando la mayor adaptación física posible de ésta al entorno o topografía existente (Agudelo, 2002).

E) Economía: Hay que tener en cuenta tanto el costo de construcción como el costo del mantenimiento. Se debe buscar el menor costo posible pero sin entrar en detrimento de los demás objetivos o criterios, es decir buscar un equilibrio entre los aspectos técnicos, económicos y ambientales del proyecto (Agudelo, 2002).

F) Estética: Se debe buscar una armonía de la obra con respecto a dos puntos de vista, el exterior o estático y el interno o dinámico. El estático se refiere a la adaptación de la obra con el paisaje, mientras que el dinámico se refiere a lo agradable que sea la vía para el conductor.

El diseño debe ser de tal forma que no produzca fatiga o distracción al conductor con el fin de evitar posibles accidentes (Agudelo, 2002).

G) Elasticidad: Procurar la elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro y facilitar la comunicación e integración con otras vías. Además se debe pensar en la posibilidad de interactuar con otros medios de transporte (fluvial, aéreo, férreo) de modo que haya una transferencia, tanto de carga como de pasajeros, de una forma rápida, segura y económica (Agudelo, 2002).

2.2.2. FACTORES DE DISEÑO

Los factores que intervienen o influyen en el diseño definitivo de una vía son muy variados y podrían catalogarse como externos e internos.

A) Externos: Los factores externos corresponden a las condiciones preexistentes y de los cuales se deben obtener toda la información posible a fin de analizarlos y determinar algunas características importantes de la nueva vía.

Estos factores pueden ser:

- Las características físicas (Topografía, geología, climatología, hidrología).
- El volumen y características del tránsito actual y futuro.
- Los recursos económicos del cual se pueda disponer para su estudio, construcción y mantenimiento.
- Los aspectos ambientales.
- Los desarrollos urbanísticos existentes y previstos en la zona de influencia.
- Los parámetros socioeconómicos del área de influencia (uso de la tierra, empleo, producción).
- La calidad de las estructuras existentes.
- Los peatones.
- La seguridad vial (Agudelo, 2002).

B) Internos: Por su parte los factores internos son aquellos que son propios a la Vía pero en parte dependen de los externos. Estos factores son:

- Las velocidades a tener en cuenta.
- Las características de los vehículos.
- Los efectos operacionales de la geometría.
- Las características del tráfico.
- Las capacidades de las vías.
- Las aptitudes y comportamiento de los conductores.
- Las restricciones a los accesos (Agudelo, 2002).

2.2.3. INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFIA EN EL TRAZADO

Se debe establecer desde un principio las características geométricas de la vía, como radio mínimo, pendientes máximas, vehículo de diseño, sección transversal, etc. Como el problema radica en determinar la ruta que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se hayan establecido y para lo cual las características topográficas, la naturaleza de los suelos y el drenaje son determinantes, el método de estudio variará de acuerdo al tipo de terreno (Agudelo, 2002).

Tipos de Terreno: La topografía del terreno atravesado influye en el alineamiento de carreteras, afecta el alineamiento horizontal, pero este efecto es más evidente en el alineamiento vertical. Cada tipo de terreno obliga, en términos generales, a unos diferentes patrones de diseño. A continuación se hace un análisis sobre los aspectos más importantes en el trazado de una vía de acuerdo al tipo de terreno:

a) Terreno Plano: Permite obtener alineamientos, horizontal y vertical, de modo que los vehículos pesados circulen a una velocidad aproximadamente igual a la de un vehículo ligero. Las distancias de visibilidad que dependen tanto de las restricciones horizontales como las verticales, son generalmente largas o pueden obtenerse, sin dificultad constructiva o sin mayores costos.

El diseño horizontal está condicionado principalmente por la presencia de zonas muy bajas que en temporadas lluviosas se pueden inundar transformándose en lagunas o pantanos (Agudelo, 2002).

Otro control puede ser el de construcciones existentes, cultivos, carreteras existentes, bosques, etc. Cuando se hace difícil evitar el paso por zonas bajas o inundables se condiciona principalmente el alineamiento vertical ya que existe la necesidad de alejar, en altura, la estructura del pavimento del nivel freático o del nivel de aguas máximas. (Agudelo, 2002). La solución puede ser empleando alguno de los siguientes métodos:

- 1) Construyendo un terraplén sobre el terreno original, luego de retirar la capa orgánica. La altura del terraplén depende del nivel de aguas máximas (Fig 3(a).)
- 2) Construyendo canales longitudinales a ambos lados de la vía, (Fig 3(b)) de modo que descienda el nivel freático y de esta manera se pueda fundar la estructura del pavimento sobre el terreno natural, una vez retirada la capa de suelo con contenido orgánico. Estos canales conducirán las aguas hasta sitios donde puedan ser evacuadas de una manera segura, normalmente corrientes naturales.
- 3) Lo ideal sería emplear una combinación de los métodos anteriores, que consiste en utilizar el suelo obtenido en la excavación de los canales, en conformar un terraplén. (Fig 1(c)).

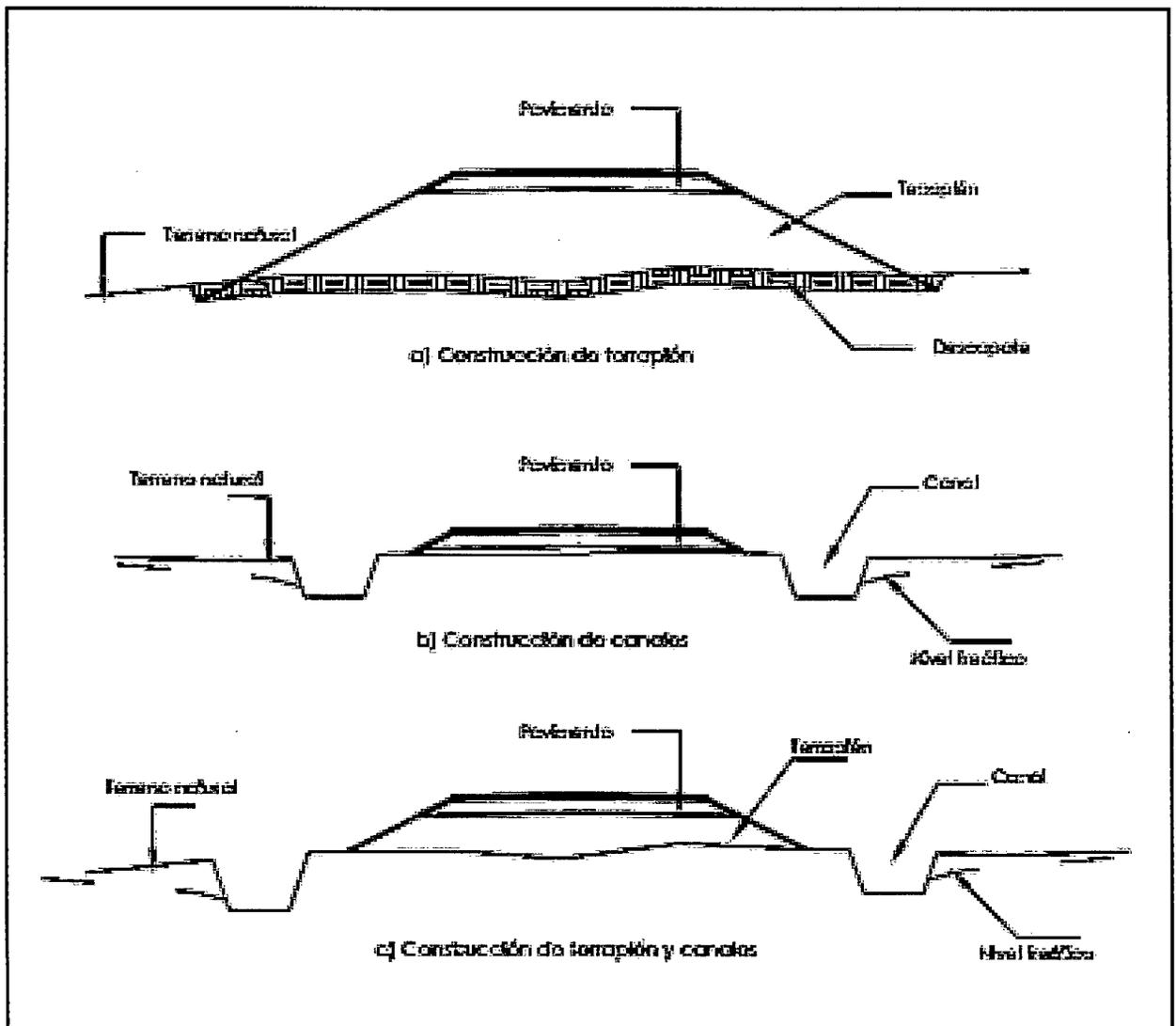


Figura 1. Construcción de carretera terreno Plano (Agudelo, 2002).

La conformación de Terraplenes normalmente va acompañada de la construcción de alcantarillas que permitan el flujo del agua de un lado a otro de la Vía.

b) Terreno Ondulado: Su alineamiento horizontal y vertical ocasiona que los vehículos pesados reduzcan sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, pero sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. Se pueden obtener sin mucha dificultad un alineamiento horizontal con tangentes relativamente largas y radios de curvatura amplios que permiten distancias de visibilidad apropiadas para la velocidad que se desarrolla (Agudelo, 2002).

Las pendientes transversales son moderadas; los cauces son amplios y poco profundos. El terreno presenta oscilaciones suaves y amplias pero ocasionalmente pendientes altas restringen los alineamientos horizontal y vertical. En el terreno ondulado el diseño se orienta a buscar una compensación entre los volúmenes de corte y relleno. Esta compensación contribuye a que las magnitudes de cortes y rellenos se mantengan en niveles razonables, con lo cual se incrementa su estabilidad. Al lograr esto se alcanza además una disminución en los costos de movimiento de tierras, ya que la magnitud de los cortes disminuye y parte de este material puede ser usado en la construcción de terraplenes. Esta solución no solo favorece a la parte económica sino también la ambiental, y de igual manera se requiere una menor disponibilidad de depósitos de material de excedentes. La compensación entre los volúmenes de corte y relleno es posible siempre y cuando la pendiente transversal permita la construcción de terraplenes (Fig 2). Se debe tener especial cuidado con las corrientes de agua y las vías existentes que sean atravesadas por el proyecto (Agudelo, 2002).

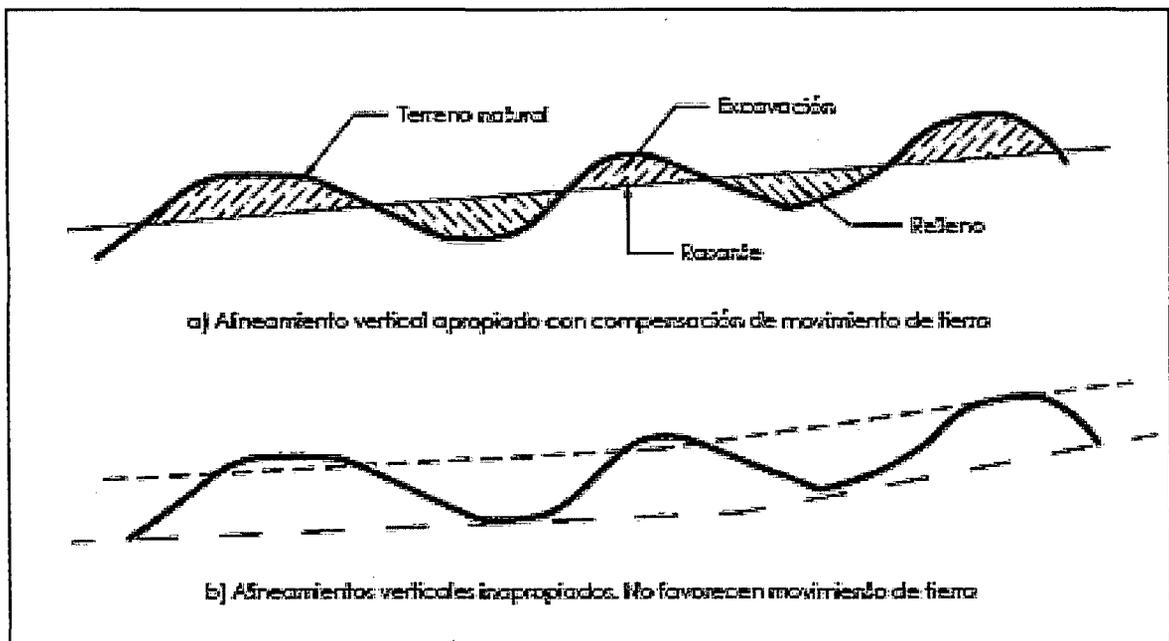


Figura 2. Diseño de alineamiento vertical en terreno ondulado (Agudelo, 2002).

C) Terreno Montañoso: El diseño geométrico en este tipo de terreno obliga a que los vehículos pesados circulen a una velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes.

Terreno montañoso es aquel en el cual los cambios de altura tanto longitudinal como transversal del terreno con respecto a la carretera son abruptos y donde se requieren frecuentemente los banqueos y el corte de laderas para obtener unos alineamientos horizontales y verticales aceptables. En muchos casos se busca obtener un diseño con sección en ladera que consiste en hacer coincidir el borde de la banca con el perfil transversal del terreno (Fig 3), de modo que aunque predomine la excavación, esta no sea excesiva (Agudelo, 2002).

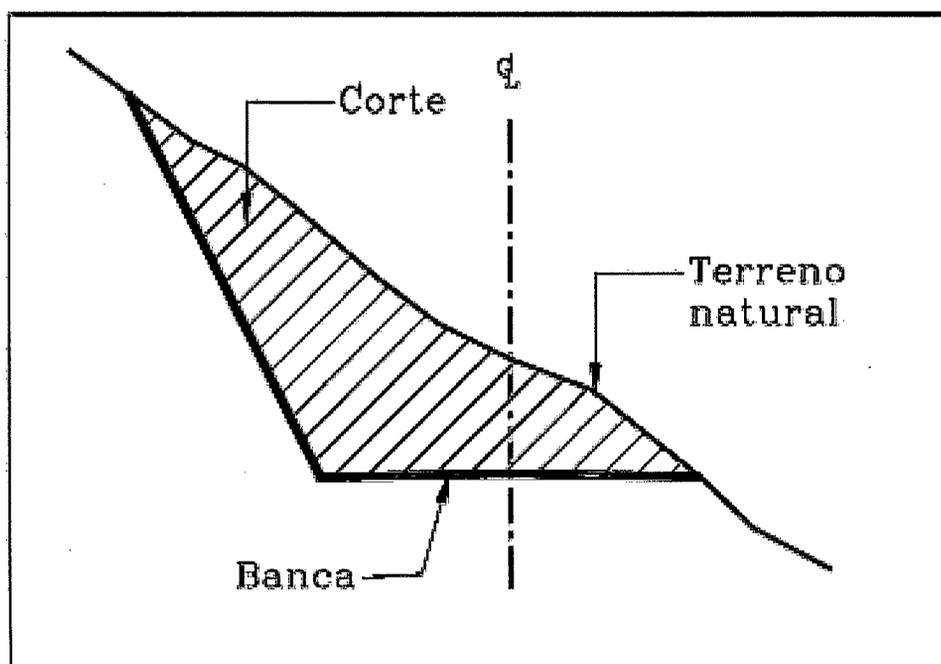


Figura 3. Sección en Ladera (Agudelo, 2002).

El alineamiento horizontal presenta restricciones para la visibilidad ya que es difícil obtener tangentes largas y radios de curvaturas amplios. Es importante además evaluar la composición vehicular que pueda tener la vía ya que si el porcentaje de vehículos pesados es alto el proyecto puede ser poco funcional ya que su nivel de servicio inicial es muy bajo (Agudelo, 2002).

2.2.4. DISEÑO HORIZONTAL

En el momento de iniciar el diseño de una vía se debe definir, a partir de criterios técnicos y económicos, una velocidad de diseño con el fin de obtener los valores mínimos y máximos de diferentes parámetros y elementos que conforman la geometría de ésta. Una adecuada velocidad de diseño se define de factores como clase de terreno, características del tránsito, tipo de vía y disponibilidad de recursos económicos, principalmente, definiendo a su vez elementos como el radio de curvatura mínimo, el peralte máximo, la pendiente máxima, distancias de visibilidad y la sección transversal, entre otros. El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa. Los tramos rectos que permanecen luego de emplear las curvas de enlace se denominan también tramos en tangente y pueden llegar a ser nulos, es decir, que una curva de enlace quede completamente unida a la siguiente (Agudelo, 2002).

A) Eje de la Carretera

El eje de la carretera se detalla en la vista en planta del proyecto horizontal que se encuentra en los planos, este eje está compuesto por alineamientos horizontales rectos, enlazados por alineamientos horizontales curvos. Este eje, se encuentra seccionado partiendo del punto inicial de la carretera (Po), cada 20m en tangente y cada 10m en curvas o espirales hasta llegar al punto final de la carretera (Pf). El eje es la línea imaginaria que va por el centro del alineamiento, al hacer el trazado generalmente se trabaja sobre el eje, ya que determinando un punto de este la ubicación de los borde es obvia y sencilla, pues basta con medir sobre la normal al eje en ese punto el ancho de la vía a cada lado de éste. Paralelos al eje de la carretera se encuentran los bordes de la calzada y los pies de talud (Agudelo, 2002).

B) Curva Circular

Para enlazar dos rectas finitas con distinta dirección se pueden trazar un número de arcos circulares cuyo radio varía desde cero metros hasta un valor tal que dicho arco elimine el tramo en tangente correspondiente a la recta más corta. El valor del radio, escogido por el diseñador de la vía, depende de las condiciones topográficas del sitio y de las limitaciones que

imponen las leyes de la mecánica de movimiento de los vehículos en una curva, para una determinada velocidad de diseño. Además de las condiciones topográficas y la velocidad de diseño, el radio de curva es también condicionado por las tangentes disponibles ya que al aumentar el radio de una curva aumentan también sus tangentes. Otro criterio importante a tener en cuenta al momento de definir el radio de una curva es el de uniformidad ya que lo ideal es que el valor asumido no difiera demasiado de los ya especificados evitando cambios bruscos en las velocidades (Agudelo, 2002).

Elementos: Para definir una curva circular se parten de dos elementos conocidos, siendo uno de ellos el ángulo de deflexión, definido como aquel que se mide entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior.

El punto de tangencia entre el círculo y la recta, correspondiente al inicio de la curva, se denomina *PC*, y el punto de tangencia donde termina la curva es el *PT*.

Se llama tangente, *T*, al segmento *PI - PC*, que es igual al segmento *PI - PT*. Si se trazan las normales a la poligonal en el *PC* y en el *PT* se interceptaran en el punto *O*, centro de la curva. El ángulo *PC.O.PT* es igual al ángulo de deflexión delta (Δ). De la figura 4 se deduce que los ángulos *PC.O.PI* y *PT.O.PI* son iguales y equivalentes a $\Delta/2$. De acuerdo a lo anterior se tiene:

$$\text{Tangente} = T = R \tan \Delta/2 \dots\dots\dots(1)$$

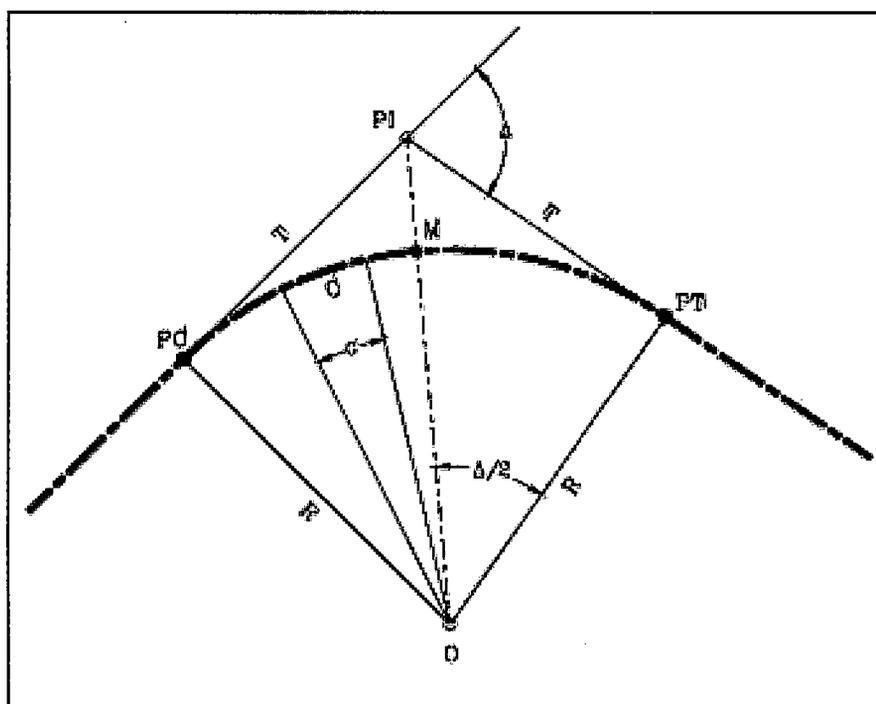


Figura 4. Elementos de la Curva circular (Agudelo, 2002).

C) Ecuación de Empalme

Suele suceder en un proyecto de carreteras que luego de haber sido diseñado y localizado en el eje del terreno haya que realizar algún cambio en los diseños debido a problemas ya sea de carácter técnico, geométrico, económico, etc., obligando a modificar el alineamiento horizontal en un tramo del proyecto. El problema de esta modificación, radica a partir del punto donde se toma de nuevo el diseño inicial, es decir, donde termina el cambio efectuado y se continúa con la vía previamente diseñada y localizada. Esto debido a que normalmente la modificación o variante no arroja la misma longitud del tramo que se está reemplazando, lo que obligaría a que el abcisado cambie a partir del punto final de dicha variante. Para evitar la modificación, tanto en planos como en el terreno, del abcisado desde el punto donde termina la variante, lo que implicaría un alto costo y pérdida considerable de tiempo, se utiliza la llamada “Ecuación de empalme”; que consiste en igualar las abscisas en el punto donde termina la modificación e indicar dicha igualdad o ecuación tanto en el terreno como en los diferentes planos que se generan en el diseño geométrico (Agudelo, 2002).

La ecuación de empalme presenta el siguiente formato:

ABCISA NUEVA O DE LLEGADA = ABCISA VIEJA O DE SALIDA

En una ecuación de empalme se pueden presentar dos casos que se analizan a continuación y con base en su respectiva figura para una mayor claridad sobre el tema.

- 1) **Caso 1:** variante menor que el tramo original (Fig 5). En este caso habrá de abcisado que no existe, el comprendido entre la abcisa final de la variante y la abcisa del trazado original donde dicha variante empalma.

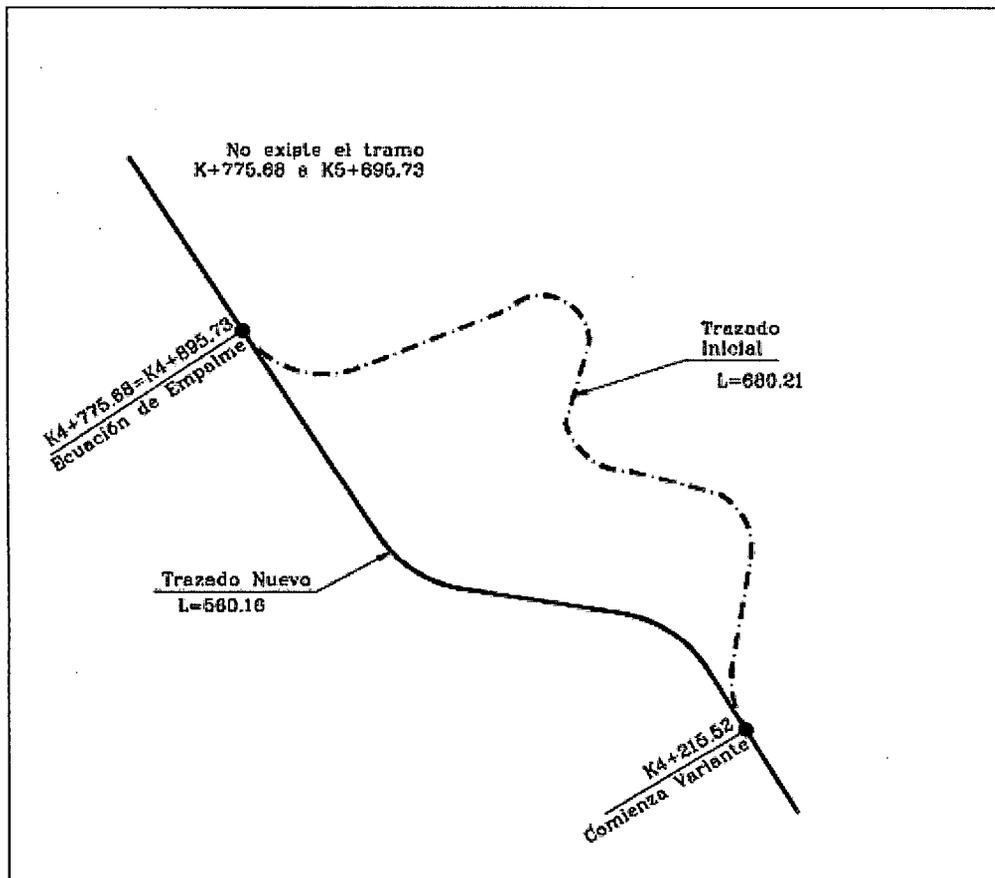


Figura 5. Ecuación de Empalme con menor recorrido (Agudelo, 2002).

En la figura se tiene una variante con longitud menor al trazado original, con un punto inicial ubicado en la abcisa $K4+215,52$ y su punto final en la abcisa $K4+775,68$.

Esta variante empalma en el trazado inicial en la abcisa K4+895,73 dando origen a la ecuación de empalme: $K4+775,68 = K4+895,73$ y presentándose una disminución en el recorrido de 120,05 m equivalente al tramo K4+775,68 a K4+895,73 que no existe.

2) **Caso 2:** variante mayor que el tramo original (Fig 6). como el recorrido de la variante es mayor que el del tramo original que se está reemplazando, entonces se tiene un tramo de abcisado que se repite, uno dentro de la variante y el otro luego del empalme de esta variante.

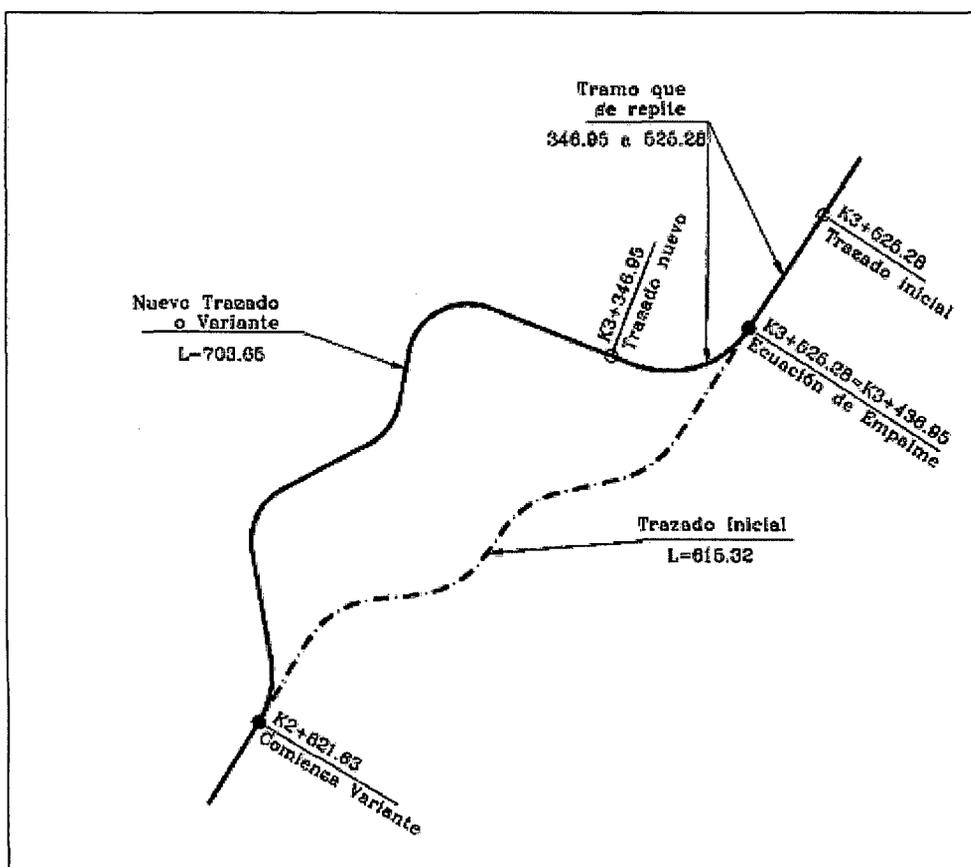


Figura 6. Ecuación de empalme con mayor recorrido (Agudelo, 2002).

En la figura se observa una variante que inicia en la abcisa K2+821,63 con una longitud de 703,65 m. y termina en la abcisa K3+525,28 empalmando de nuevo al proyecto en la abcisa K3+436,95. Por su parte el recorrido del tramo original es de 615,32m arrojando una diferencia entre los dos alineamientos de 120,05m ésta diferencia corresponde entonces a la longitud del tramo que se repite.

Nótese que el tramo entre las abscisas K3+436,95 al K3+525,28 se encuentra dos veces en el nuevo diseño, uno antes de la ecuación de empalme y otro inmediatamente después de ésta.

La ecuación de empalme es una solución sencilla al problema de una variante en el alineamiento horizontal pero puede generar algunos inconvenientes en el diseño vertical y el diseño del peralte. Es muy importante tener en cuenta entonces estas discontinuidades en el abcisado en el momento de realizar los demás diseños (Agudelo, 2002).

D) Curvas Espirales de Transición

El alineamiento horizontal con curvas circulares simples está compuesto por tramos rectos enlazados por arcos circulares. Un tramo recto, o en tangente, presentan un radio de curvatura infinito, mientras que un arco circular presenta un radio de curvatura constante, lo que significa que en el *PC* y *PT* de una curva circular se presenta un cambio brusco y puntual de curvatura, ocasionando a su vez un cambio inmediato en la fuerza centrífuga. Lo anterior obliga a los conductores a desarrollar una trayectoria errónea durante un tramo de vía, principalmente a la entrada y salida de las curvas, mientras se asimila el cambio en dicha fuerza centrífuga. Por la razón expuesta anteriormente, se ha hecho necesario implementar una curva de transición que permita un cambio gradual de curvatura entre una recta y una curva circular mejorando de manera ostensible la comodidad, seguridad y estética de una vía (Agudelo, 2002).

Ventajas de las Curvas de Transición

Además de brindar una mayor comodidad y seguridad para los usuarios de una vía, las curvas de transición presentan otras ventajas de gran importancia como son:

- Permite un cambio de curvatura gradual y cómodo entre un elemento con un radio de curvatura infinito (recta) y un elemento con radio de curvatura constante (arco circular). Cuando se emplean solo líneas y arcos este cambio se realiza de una manera puntual ocasionando incomodidad e inseguridad en los conductores.
- Permiten ajustar el trazado de la vía a la trayectoria recorrida por los vehículos en las curvas, evitando que éstos invadan el carril contrario.

- Brinda una mejor apariencia a la carretera.
- Permiten desarrollar la transición del peralte de forma que el valor de éste en cualquier punto corresponda al requerido por la curvatura en dicho punto. Cuando se tienen alineamientos solo con líneas y arcos circulares, se tiene que en el punto de tangencia entre estos dos elementos se debe pasar de un peralte de cero a un peralte requerido para la curva de acuerdo al valor del radio y fuerza centrífuga. Lo anterior obliga que a este cambio de peralte, que debe ser gradual, se desarrolla ya sea en la recta, en el arco circular o en ambos elementos. Cualquiera que sea la solución genera problemas tanto de incomodidad como de inseguridad (Agudelo, 2002).
- Si la transición del peralte se realiza en su totalidad en la recta, entonces se está generando cierto grado de incomodidad ya que no se requiere peralte en una recta. Si se desarrolla la transición en la curva circular entonces se está generando inseguridad ya que tanto a la entrada como a la salida se está suministrando un valor de peralte inferior al requerido. Además esta solución no es posible en muchas ocasiones, debido a que la longitud de la curva circular es relativamente corta. Por último, si se combinan las dos soluciones anteriores se está generando, aunque en menor proporción, cierto grado de incomodidad e inseguridad (Agudelo, 2002).
- Incrementa la visibilidad.
- Permite reemplazar largas tangentes por curvas cómodas y seguras sin alargar mucho la longitud de la vía y sin afectar la visibilidad.
- Facilita el cambio en el ancho de calzada en curvas donde, de acuerdo a su radio principalmente, se requiere un ancho adicional. Este ancho adicional se denomina sobreaño (Agudelo, 2002).

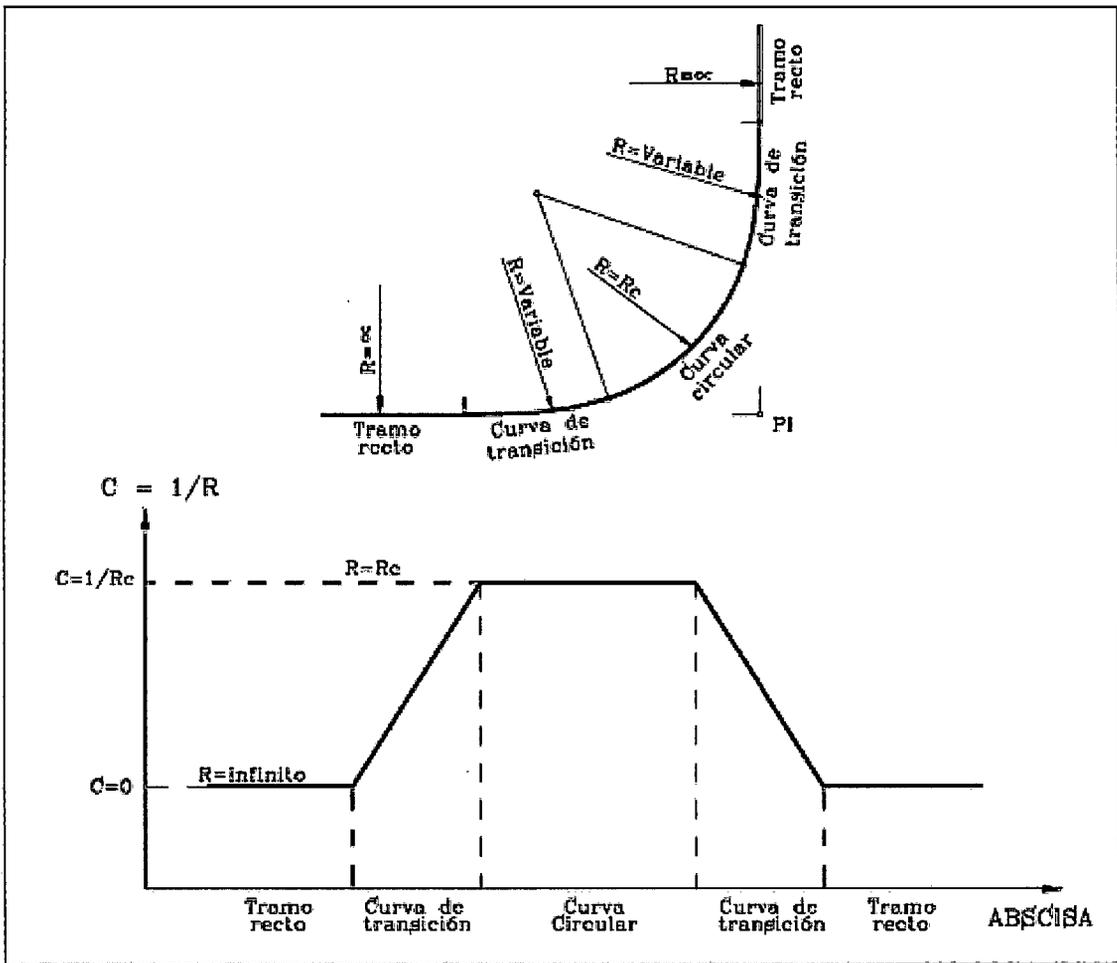


Figura 7. Curvatura curva circular con espirales (Agudelo, 2002).

Tipos de Curvas de Transición:

- La parábola cubica.
- La espiral cubica
- Curva de transición de Klein.
- Curva de transición senoide de Bloss.
- Curva de transición senoide de Bloss.
- Curva de transición de Schram (parábola de cuarto grado).
- Curva de transición de Lange (ecuación de quinto grado).

- Curva de transición de óvalos de Cassini o curva elástica. (radioide a las abscisas).
- La lemniscata de Bernoulli (radioide a las cuerdas).
- Clotoide o espiral de Euler.
- Curva de transición de séptimo grado.
- Espiral de Searles.
- Espiral logarítmica.

Dentro de todas las anteriores las más utilizadas son la espiral de Euler, la lemniscata de Bernoulli y la curva elástica. Siendo la primera la más conveniente y empleada en ferrocarriles y carreteras (Agudelo, 2002).

La Clotoide o Espiral de Euler

Es también conocida como espiral de Cornu y espiral de Arquímedes y se trata de una curva plana que se desarrolla a partir de un punto dando vueltas, alejándose de él cada vez más y disminuyendo su radio. Para el diseño geométrico de vías se utiliza solo su parte inicial (Agudelo, 2002).

- Ley de Curvatura de la Espiral de Euler: cuando un vehículo transita sobre una curva de radio R_c a una velocidad constante V . experimenta una aceleración centrífuga o radial cuya magnitud se calcula como :

$$A_c = V^2/R_c$$

- Elementos de la curva espiral – circular – espiral: En la fig 7 se presentan todos los elementos que conforman la curva compuesta por una espiral de entrada, un arco circular central y una espiral de salida. Luego se define cada uno de los elementos indicados en la fig 8:

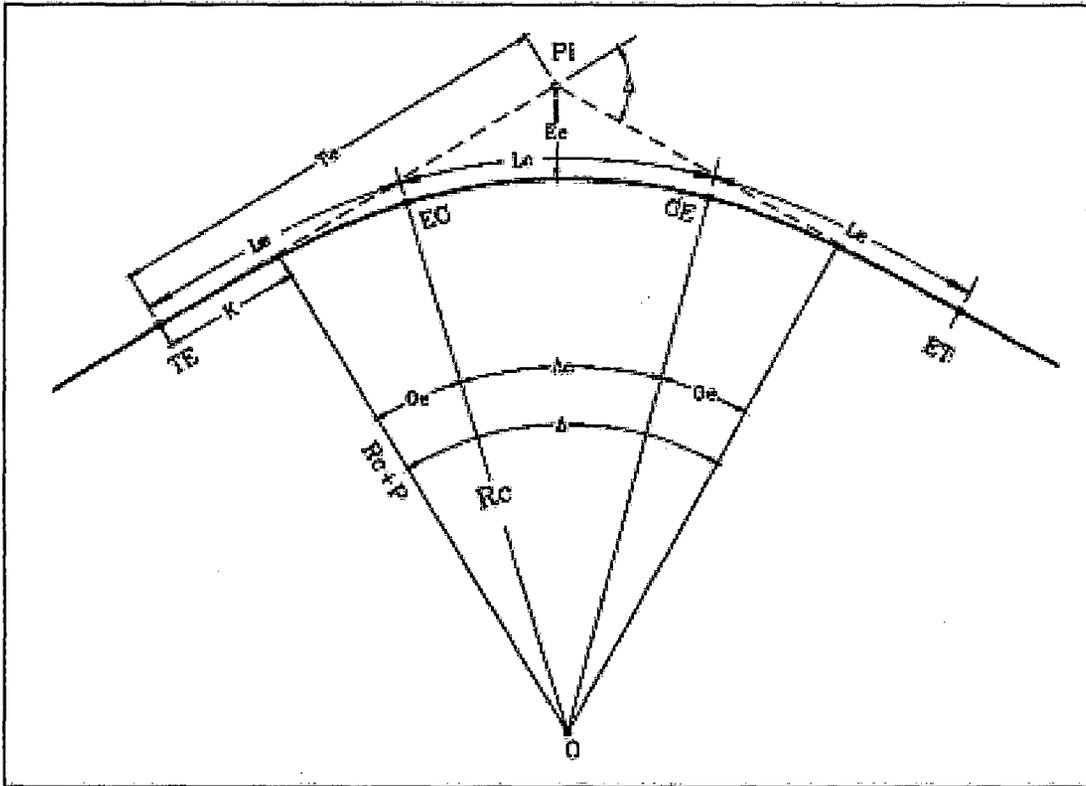


Figura 8. Geometría Curva Espiral – circular - espiral (Agudelo, 2002).

- TE : Punto de empalme entre la recta y la espiral.
- EC : Punto de empalme entre la espiral y el arco circular.
- CE : Punto de empalme entre el arco circular y la espiral.
- ET : Punto de empalme entre la espiral y la recta.
- Δ : Deflexion de la curva.
- R_c : Radio curva circular.
- L_e : Longitud curva espiral.

2.2.5. SECCIÓN TRANSVERSAL

A) Definición

La Sección transversal de una carretera corresponde a un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha carretera en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural. Los elementos que conforman la sección transversal de una vía y sus correspondientes dimensiones deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, volúmenes de tránsito y composición, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento y la disponibilidad de los recursos económicos (Agudelo, 2002).

B) Elementos

Los elementos que conforman y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, banca, corona, calzada, bermas, separador, carriles especiales, bordillos, cunetas, taludes y elementos complementarios. En la Fig 9, se muestra una sección típica:

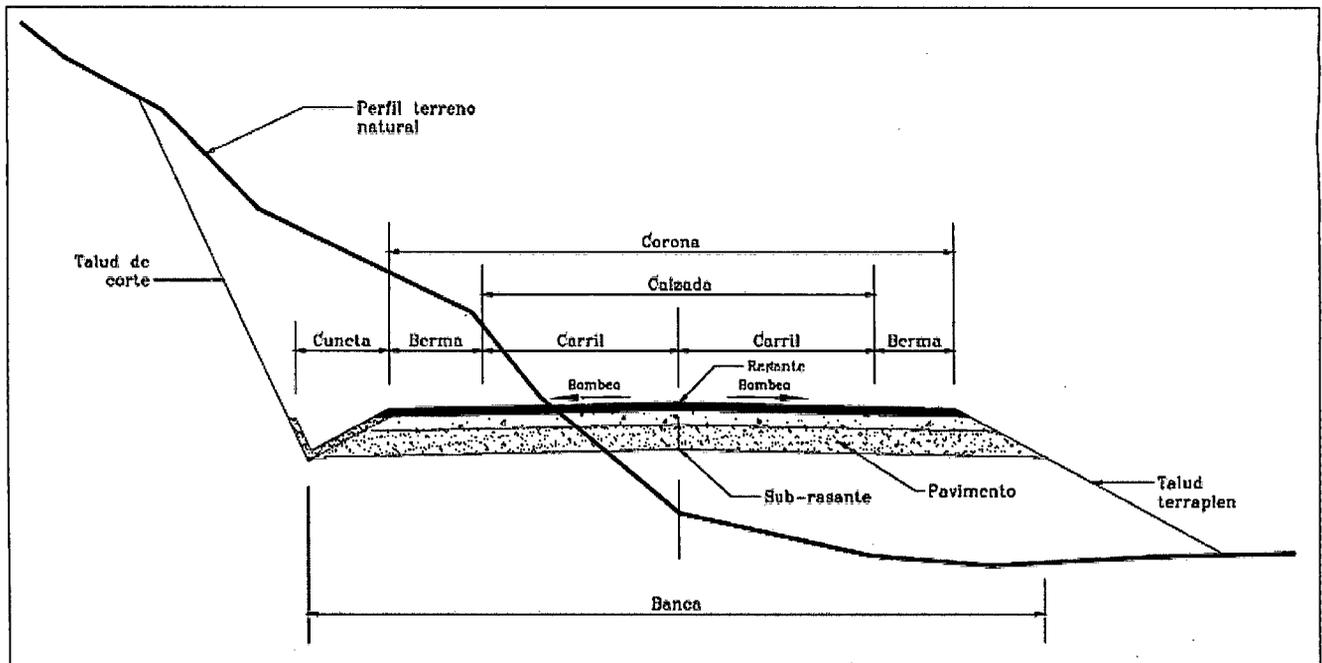


Figura 9. Sección transversal típica (Agudelo, 2002).

- a. Ancho de zona o derecho de vía.-** Corresponde a la franja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones de la vía, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico (Agudelo, 2002).
- b. Banca.-** Es la distancia horizontal, perpendicular al eje, entre los bordes internos de los taludes. Su ancho depende de otros elementos (Agudelo, 2002).
- c. Corona.-** Se trata de la superficie de la carretera comprendida entre los bordes externos de las bermas, o sea las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son: rasante, pendiente transversal, calzada y bermas (Agudelo, 2002).
- **Rasante.** En la sección transversal está representada por un punto que indica la altura de la superficie de acabado final de la vía en el eje. En el diseño vertical corresponde a una línea, que al interceptarla con un plano vertical perpendicular al eje se obtiene el mencionado punto (Agudelo, 2002).
 - **Pendiente Transversal.** Es la pendiente que se da tanto a la corona como a la banca normal a su eje. Según su ubicación con respecto a los elementos del alineamiento horizontal se pueden presentar tres tipos de pendiente transversal:
 - **Bombeo:** Es la pendiente transversal de la corona en los tramos rectos del alineamiento horizontal hacia uno u otro lado del eje para evacuar las aguas de la lluvia de la vía.
 - **Peralte:** Es la pendiente transversal que se le da a la calzada en tramos curvos con la finalidad de contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga y evitar que los vehículos se salgan de la vía.
 - **Transición del bombeo al peralte:** Es el tramo del alineamiento horizontal requerido para pasar de una sección en tramo recto, con pendiente transversal equivalente al bombeo, a otro en tramo curvo donde se requiere una pendiente transversal equivalente al peralte. Este cambio se debe realizar en una longitud tal que sea cómoda y segura. Cuando se trata de una vía con curvas espirales, esta transición se realiza dentro de la misma espiral, mientras que en vías con curvas circulares

simples, la transición del peralte puede efectuarse totalmente sobre las tangentes contiguas a la curva o también parte en las tangentes y parte sobre la curva circular (Agudelo, 2002).

d. Calzada.- Es la parte de la corona destinada a la circulación de vehículos y compuesta por dos o más carriles y uno o dos sentidos de circulación. El ancho de calzada definido en un proyecto se refiere al ancho en tramo recto del alineamiento horizontal. Cuando se trata de tramos curvos el ancho puede aumentar y el exceso requerido se denomina sobreaño (Agudelo, 2002).

e. Bermas.- Son las fajas longitudinales contiguas a ambos lados de la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros de la carretera. Las bermas pueden estar construidas al mismo nivel de la calzada o un poco más bajo que ésta. Lo ideal es que la calzada y las bermas conformen un único elemento y solo estén separadas por la línea de borde de la calzada. Este tipo de construcción brinda una mayor seguridad al conductor y genera una mejor apariencia. El hecho de que estén a un nivel más bajo favorece la seguridad de los peatones ya que esta diferencia de nivel condiciona a los conductores a no invadir las bermas (Agudelo, 2002).

f. Cunetas.- Son zanjas abiertas y longitudinales, construidas en concreto o en tierra, que tiene la función de recoger y canalizar las aguas superficiales y de infiltración y conducir las hasta un punto de fácil evacuación (Agudelo, 2002).

g. Taludes.- Los taludes son los planos laterales que delimitan la explanación de la carretera. La inclinación de un talud se mide por la tangente del ángulo que forman tales planos con la vertical, en cada sección de la vía (Agudelo, 2002).

La inclinación de un talud es función de dos elementos:

- ✓ Tipo de suelo, dependiendo del tipo de suelo, sus características y propiedades, se define luego de un estudio geotécnico de estabilidad de taludes cual debe ser la inclinación apropiada para que el talud sea estable. Cuando se trata de roca la inclinación suele ser mucho mayor que para taludes en material común.

- ✓ Altura de talud; a mayor altura del corte o terraplén se requiere una menor inclinación del talud, aún para un mismo tipo de suelo la inclinación suele variar para diferentes rangos de altura. El estudio geotécnico determinará cuál es la inclinación adecuada de un talud en función de la altura de éste (Agudelo, 2002).

h. Bordillo o Sardinela.- Son pequeñas estructuras que sobresalen verticalmente en los bordes de la calzada o berma y se emplean principalmente para orientar el tránsito, encausar las aguas y/o delimitar andenes (Agudelo, 2002).

2.2.6. ALINEAMIENTO VERTICAL

A) Definición

El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje de ésta sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido al paralelismo se muestra la longitud real de la vía a lo largo del eje. El eje en este alineamiento se llama rasante o sub rasante dependiendo del nivel que se tenga en cuenta en el diseño. El diseño vertical o de rasante se realiza con base en el perfil del terreno a lo largo del eje de la vía. Dicho perfil es un gráfico de las cotas negras, donde el eje horizontal corresponde a las abscisas y el eje vertical corresponde a las cotas, dibujadas de izquierda a derecha (Agudelo, 2002).

B) Elementos

El alineamiento vertical de una vía está compuesto por dos elementos principales: rasante y perfil. La rasante a su vez está compuesta por una serie de tramos rectos, llamados tangentes, enlazados entre sí por curvas. La longitud de todos los elementos del alineamiento vertical se consideran sobre la proyección horizontal, es decir, en ningún momento, se consideran distancias inclinadas (Agudelo, 2002).

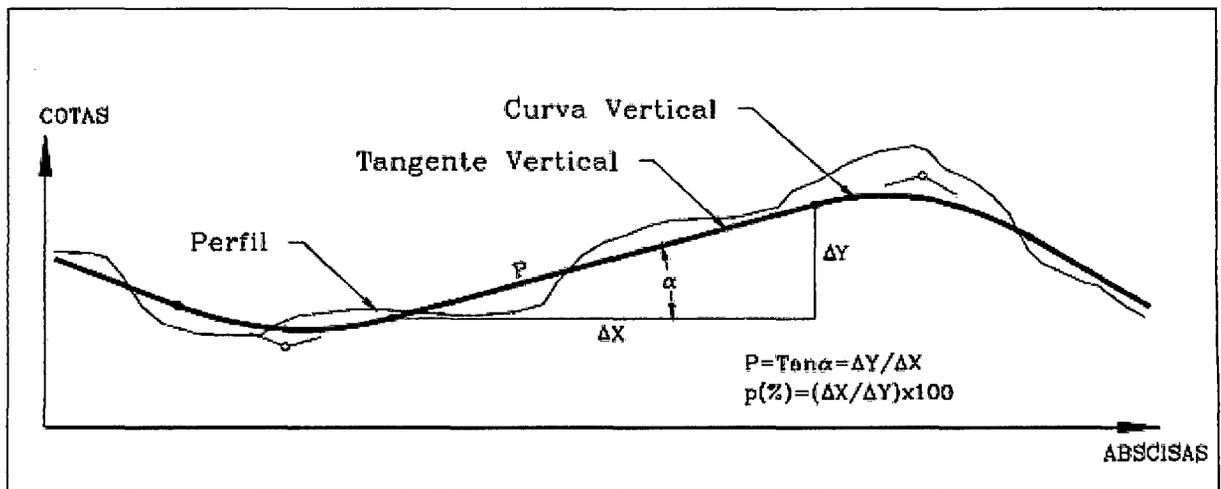


Figura 10. Elementos del Alineamiento Vertical (Agudelo, 2002).

El diseño del alineamiento vertical se presenta en escala deformada, donde las abscisas tienen una escala diez veces menor que la escala de las cotas (Agudelo, 2002).

Perfil.- El perfil del alineamiento vertical de una vía corresponde generalmente al eje de ésta y se puede determinar a partir de una topografía o por medio de una nivelación de precisión. Cuando el eje de un proyecto se localiza en el terreno, éste debe ser nivelado con el fin de obtener el perfil de dicho terreno y sobre éste proyectar la rasante más adecuada (Agudelo, 2002).

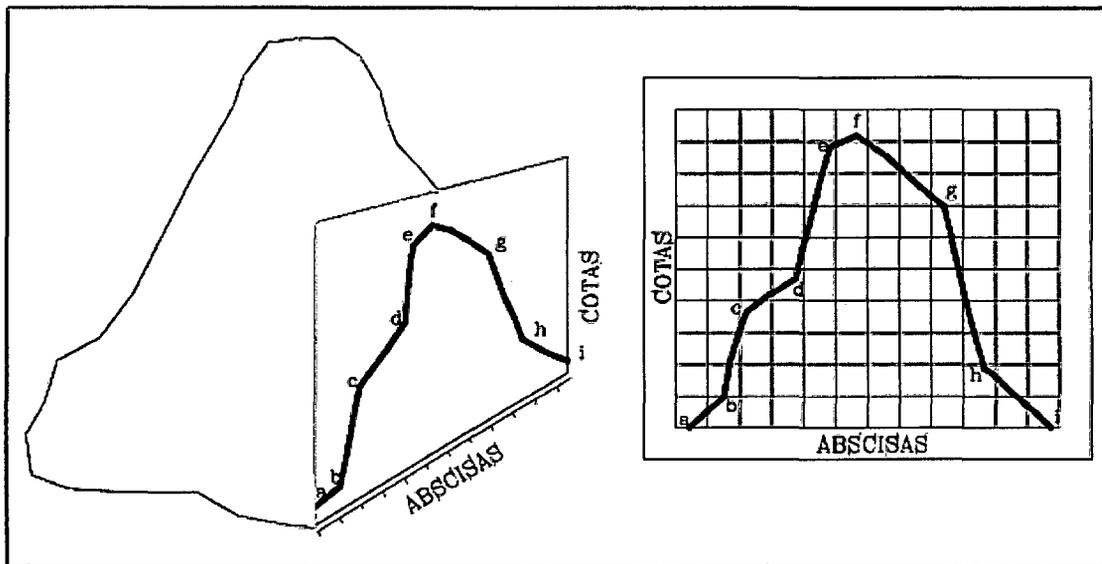


Figura 11. Perfil del Terreno (Agudelo, 2002).

Este Perfil debe presentar elevaciones reales, es decir con respecto al nivel medio del mar. A lo largo de la nivelación del eje se debe dejar cada 500m un BM, con el fin de controlar las cotas durante la construcción (Agudelo, 2002).

a. Rasante.- compuesta por tangentes y curvas. Las tangentes tienen su respectiva longitud, la cual es tomada sobre la proyección horizontal (DX) y una pendiente (P) definida y calculada como se muestra en la fig 10 y expresada normalmente en porcentaje. Dicha pendiente se encuentra entre un valor mínimo y máximo que depende principalmente del tipo de terreno, el tipo de vía, la velocidad de diseño y la composición vehicular que podría tener la vía (Agudelo, 2002).

Por su parte la curva vertical que permite enlazar dos tangentes verticales consecutivas, y que corresponde a una parábola, brinda las siguientes ventajas:

- ✓ Permite un cambio gradual de pendiente desde la tangente de entrada hasta la tangente de salida.
- ✓ Facilita la operación vehicular de una manera cómoda y segura.
- ✓ Brinda una apariencia agradable.
- ✓ Permite un adecuado drenaje.

A su vez esta curva parabólica presenta las siguientes propiedades:

- ✓ La variación de una pendiente es una constante a lo largo de toda la curva.
- ✓ Los elementos verticales de la curva (cotas) varían proporcionalmente con el cuadrado de los elementos horizontales (abscisas).
- ✓ La pendiente de una cuerda de la parábola es el promedio de las pendientes de las líneas tangentes a la curva en los extremos de la cuerda (Agudelo, 2002).

C) Elementos de la curva vertical:

En la fig 12, se indican los diferentes elementos que conforman una curva vertical:

PCV : Principio de curva vertical.

PIV : Punto de intersección vertical.

PTV : Principio de tangente vertical. Final de la curva vertical.

E : Externa. Distancia vertical entre el PIV y la curva.

L_v : Longitud de la curva vertical.

p (%) : Pendiente inicial o de llegada expresada en porcentaje.

q (%) : Pendiente final o de salida expresada en porcentaje.

y : Corrección vertical.

A : Diferencia algebraica de pendientes = $q - p$

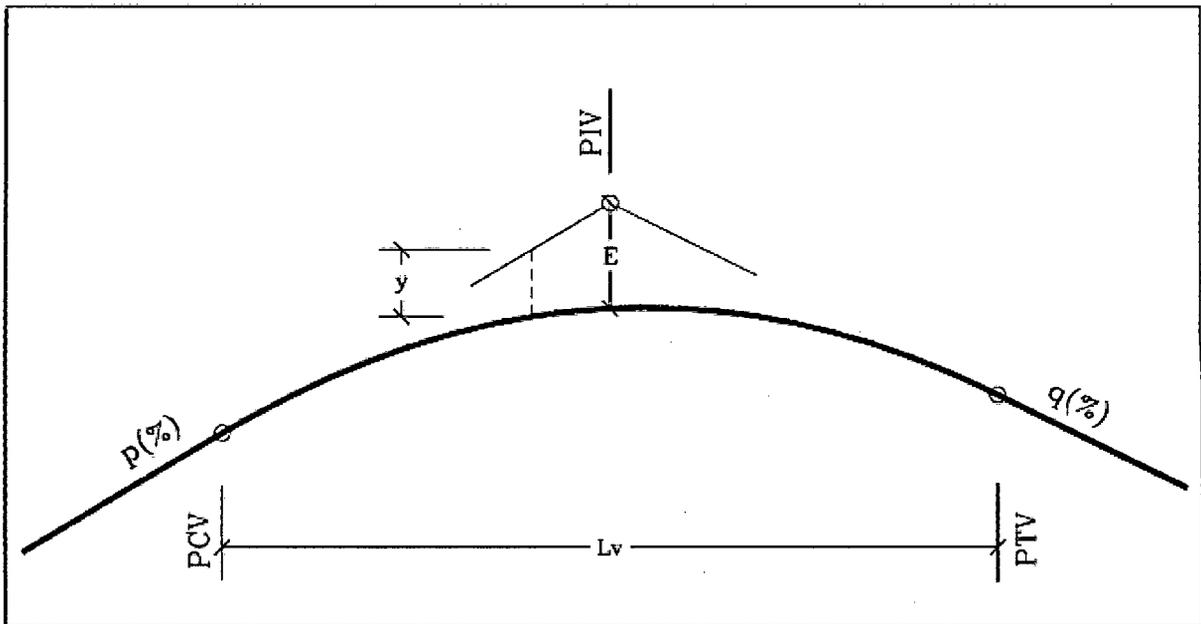


Figura 12. Elementos de curva Vertical (Agudelo, 2002).

D) Recomendaciones para el diseño de la Rasante:

Con el fin de obtener el mejor diseño de la rasante, desde el punto de vista técnico y económico, y una apropiada presentación de los planos e información, a continuación se numeran una serie de observaciones y recomendaciones para tener en cuenta en el alineamiento vertical:

- ✓ Respetar pendiente máxima. La pendiente máxima se define a partir del tipo de vía, configuración topográfica y la velocidad de diseño. Si debido a la configuración topográfica se hace difícil disminuir la pendiente es aconsejable proporcionar un carril de ascenso, en vía de dos carriles, de modo que el tráfico pesado no interfiera el flujo de los vehículos livianos que ascienden (Agudelo, 2002).
- ✓ Respetar pendiente mínima. Para efectos de drenaje es recomendable que la pendiente longitudinal no sea inferior al 0,5%, aunque cuando se trata de terraplenes este valor puede disminuir al 0,3%. esta diferencia obedece a que en zona de terraplén no se requiere el uso de cunetas, las cuales requieren una pendiente mínima del orden del 0,5% (Agudelo, 2002).

- ✓ Se recomienda trabajar con pendientes ajustadas a un solo decimal. Por ejemplo, si al proyectar la rasante y calcular las pendientes a partir de las distancias horizontales y cotas se obtiene una pendiente con un valor de 7,37%, es aconsejable, para facilitar los cálculos y mejorar la presentación de la información, ajustarla a 7,4% y recalculer el valor de cotas (Agudelo, 2002).
- ✓ Longitud mínima de curva. La longitud mínima de una curva vertical se debe calcular con la expresión $L = K.A$ con el fin de garantizarla suficiente distancia de visibilidad de parada para a velocidad de diseño considerada (Agudelo, 2002).
- ✓ Longitud mínima absoluta. Para cada velocidad de diseño se considera una longitud mínima, independientemente de $K.A$. la longitud mínima absoluta para vías rurales es de 30,00m. en vías urbanas donde las condiciones de espacio, iluminación y visibilidad son diferentes no se consideran estas longitudes mínimas (Agudelo, 2002).
- ✓ Para longitudes de curva vertical mayor a $50A$ se debe prestar especial cuidado al drenaje dentro de la curva (Agudelo, 2002).
- ✓ En muchas ocasiones la longitud ideal, de acuerdo a las condiciones topográficas, es mayor que la requerida. Puede suceder que al aumentar la longitud de la curva ésta se adapte mejor al terreno disminuyendo la cantidad de corte o de relleno (Agudelo, 2002).
- ✓ Para cambios de pendientes menores a 0,5% no se requiere curva vertical. Esto debido a que la externa y las correcciones son insignificantes y el cambio de pendiente aún sin curva no representa mayor incomodidad al usuario (Agudelo, 2002).
- ✓ Cuando se emplean curvas asimétricas se recomienda, principalmente por estética, que se cumpla la siguiente relación:

$$(L_{mayor} / L_{menor}) < 1,5$$

- ✓ En lo posible se deben evitar dos curvas continuas de la misma naturaleza (2 cóncavas o dos convexas). Esto es fácil conseguirlo cuando la entretangencia es corta y se recomienda principalmente por razones de visibilidad y estética (Agudelo, 2002).

- ✓ El diseño de la rasante se lleva a cabo sobre un perfil deformado, normalmente con una relación de 10 a 1. El valor de las abscisas se divide por diez o el valor de las cotas se multiplica por diez, esto cuando se trabaja en archivos magnéticos. Cuando se trabaja sobre papel se debe definir las dos escalas de modo que se conserve dicha relación (Agudelo, 2002).
- ✓ Las longitudes, tanto de curvas como de tangentes, siempre se consideran sobre la proyección horizontal (Agudelo, 2002).
- ✓ En lo posible y cuando el terreno lo permita se deben compensar cortes y rellenos. Esta solución es fácil de considerar en terrenos ondulados donde la pendiente transversal permita la conformación de terraplenes.
- ✓ Esto no solo disminuye la magnitud de cortes y rellenos, sino que reduce el volumen a transportar y los impactos al medio ambiente (Agudelo, 2002).
- ✓ En el alineamiento vertical no se requieren entretangencias. Quiere decir que una curva vertical puede comenzar donde termina la anterior. El punto donde coinciden el *PTV* y el *PCV* se denomina *PCCV* (Agudelo, 2002).
- ✓ Se recomienda que los *PIV* queden ubicados en abscisas múltiplos de 10. Esto se hace para facilitar los cálculos y dar una buena presentación a los planos (Agudelo, 2002).
- ✓ Cuando se localiza el eje de la vía y se realiza su respectiva nivelación se debe tener en cuenta, aunque no sean estaciones redondas, puntos como bordes de vías existentes, bordes de quebradas y ríos. Esto se debe hacer con el fin de que al proyectar la rasante no se altere el flujo de las diferentes corrientes de agua y la superficie de las vías existentes, vehiculares o férreas. Al proyectar la rasante sobre un cauce se debe considerar el nivel de aguas máximas y el espesor de la estructura a considerar (Agudelo, 2002).
- ✓ En terrenos montañosos y escarpados se recomienda diseñar con el perfil de la media banca. Esta metodología garantiza minimizar tanto la magnitud de los cortes como la de evitar la construcción de muchos muros (Agudelo, 2002).

- ✓ En tramos con corte en cajón tratar de ubicar curvas convexas para distribuir el drenaje hacia ambas direcciones y disminuir la magnitud de las cunetas (Agudelo, 2002).
- ✓ Cuando se tienen tramos ascendentes largos y pronunciados se debe buscar la forma de ubicar descansos o pequeños tramos con pendiente baja (Agudelo, 2002).
- ✓ En tramos largos en ascenso se recomienda proyectar las pendientes más fuertes iniciando el tramo, y las más suaves cerca de la parte superior del ascenso, o dividir la pendiente sostenida larga en tramos con pendiente un poco más baja que la máxima permitida (Agudelo, 2002).
- ✓ Cuando se tienen intersecciones con otras vías es recomendable diseñar con pendiente longitudinal máxima del 4,0% con el fin de mejorar la visibilidad y seguridad de los usuarios (Agudelo, 2002).
- ✓ En glorietas no se debe de especificar pendientes mayores al 3,0% (Agudelo, 2002).
- ✓ Las rasantes tipo tobogán, compuestas de subidas y bajadas pronunciadas deben de evitarse, especialmente en alineamientos horizontales rectos. Este tipo de perfil contribuye a crear accidentalidad, sobre todo cuando se realizan maniobras de adelantamiento, ya que el conductor que adelanta toma la decisión después de ver aparentemente libre la carretera más allá de la cresta, presentándose la posibilidad de que un vehículo que marche en sentido contrario quede oculto por la protuberancia y la hondonada. Incluso, en toboganes de hondonadas poco profundas, esta forma de perfil es desconcertante, puesto que el conductor no puede estar seguro de si viene o no un vehículo en sentido contrario (Agudelo, 2002).

2.2.7. SOBREANCHO

A) Definición

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras (Agudelo, 2002). Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía tal como se observa en la fig 13:

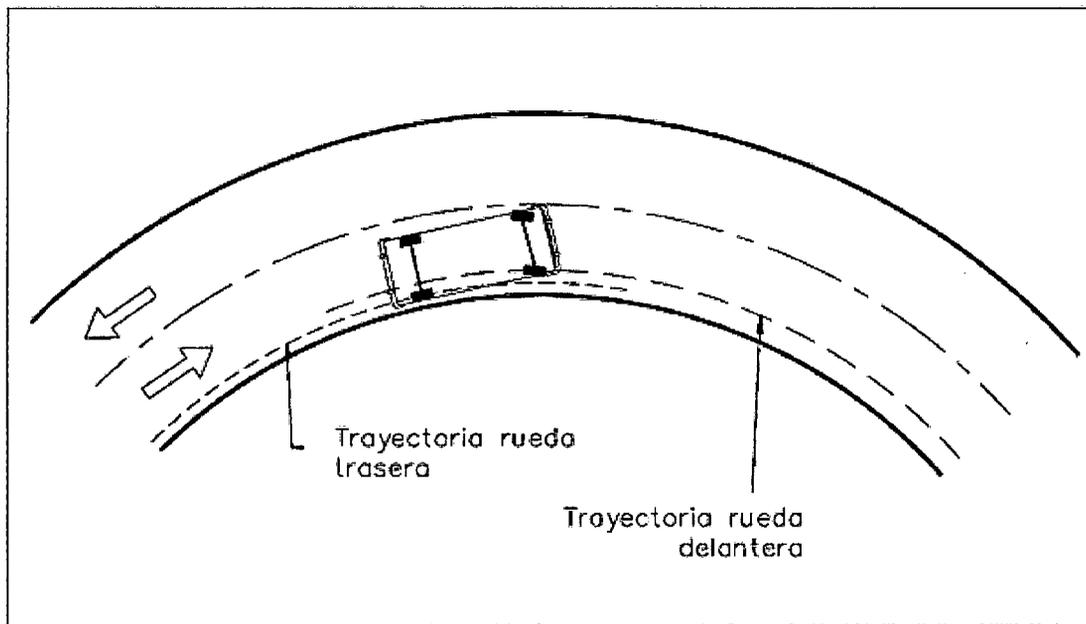


Figura 13. Trayectoria de ruedas de un vehículo en curva (Agudelo, 2002).

En algunas ocasiones se hace necesario especificar un ancho adicional de calzada en la curva con el fin de evitar que los vehículos se salgan de la vía. Este ancho es variable dependiendo de las condiciones de la vía y la misma curva (Agudelo, 2002). Los elementos que influyen en la determinación del ancho adicional, llamado sobreecho, son:

- ✓ Ancho del carril.
- ✓ Radio de la curva.
- ✓ Deflexión de la curva.
- ✓ Número de carriles.
- ✓ Vehículo de diseño.
- ✓ Velocidad de diseño.

B) Transición del Sobreecho

Con el fin de que el alineamiento de los bordes de la calzada se presente de una forma regular y continua se acostumbra ubicar el sobreecho en el borde interno y además realizarlo de una forma gradual tanto a la entrada como a la salida de la curva. La transición del

sobreancho se debe realizar de una forma gradual y a lo largo de una longitud apropiada de modo que no se observen cambios bruscos en el ancho de la calzada que puedan confundir al conductor además de generar un aspecto poco estético. Dicha transición se realiza de manera distinta dependiendo si la curva es circular simple o espiralizada (Agudelo, 2002).

- a. **Curvas Espiralizadas.-** la transición del sobreancho se realiza a lo largo de la longitud de la espiral simultáneamente con la transición del peralte. Es decir que en la abscisa del *TE* el sobreancho es cero y aumenta de forma lineal hasta la abscisa del *EC* donde alcanza su valor máximo e igual al requerido. Continúa constante toda la curva circular, o sea la abscisa del *CE*, y por último se reduce de forma lineal hasta la abscisa del *ET* donde su valor es cero. En la fig 14 se puede observar lo antes descrito (Agudelo, 2002).

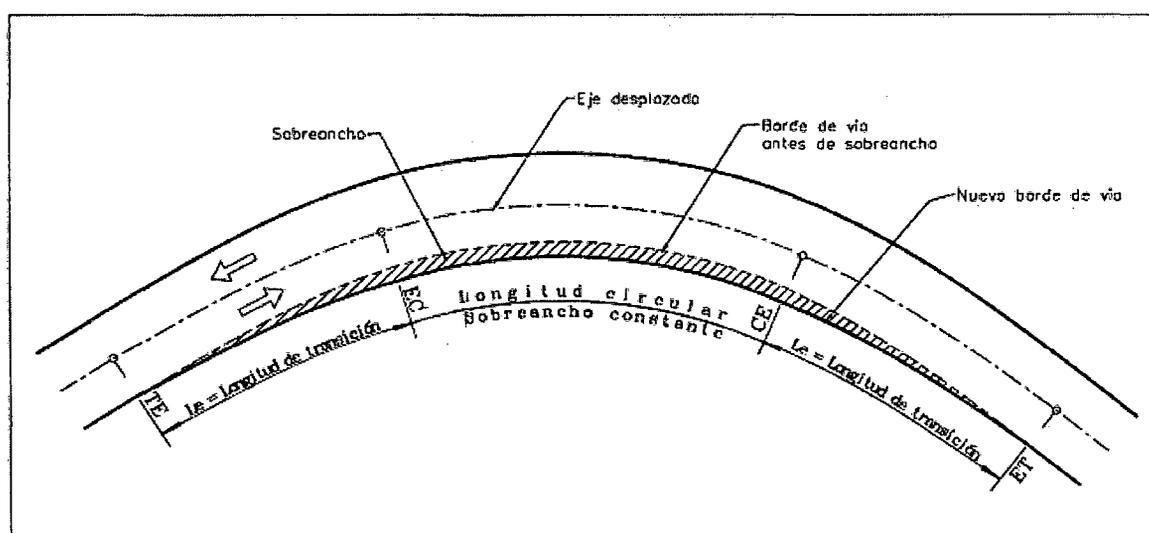


Figura 14. Transición del sobreancho en curva espiralizada (Agudelo, 2002).

Algunos diseñadores recomiendan en este caso distribuir el sobreancho en los dos bordes, mitad en el borde interno y mitad en el borde externo. Esta solución no es la más apropiada desde el punto de vista constructivo, operativo y estético.

Se debe tener en cuenta que al ubicar el sobreancho todo sobre el borde interno, el eje de la calzada debe quedar centrado teniendo en cuenta el valor de dicho sobreancho, lo que ocasiona un ligero aumento en radio de la curva (Agudelo, 2002).

b. Curvas circulares.- las curvas circulares, al igual que con la transición del peralte, presenta diferentes opciones, sin dejar de ser inconveniente, para la transición del sobreancho. No solo se presentan dudas en la localización de la transición sino en la longitud de ésta (Agudelo, 2002). Los métodos más empleados son:

- ✓ Toda la transición se realiza por fuera de la curva circular, es decir que la curva circular presenta un sobreancho constante e igual al requerido a lo largo de toda su longitud.
- ✓ Parte de la transición se realiza por fuera de la curva y parte dentro de esta. La longitud considerada dentro de la curva esta entre $1/2$ y $1/3$ de la transición total.
- ✓ En general podría realizarse conjuntamente con la transición del peraltado lo que indica que la solución corresponde a alguna de las dos anteriores.

En la fig 15 se tiene una curva circular simple con transición del sobreancho dentro y fuera de la curva.

C) longitud de la Transición

La longitud de transición del sobreancho también puede variar de acuerdo al tipo de curva:

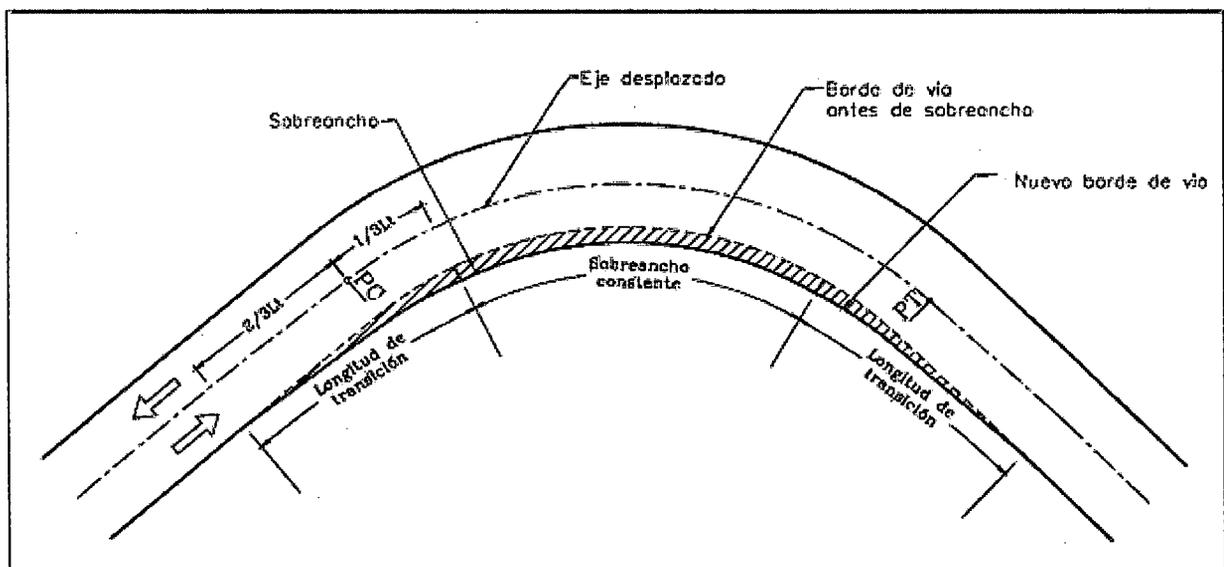


Figura 15. Transición del sobreancho en curva circular simple (Agudelo, 2002).

- a. Curvas Espiralizadas.-** En este caso la longitud de transición es igual a la longitud de la curva espiral (L_e) (Agudelo, 2002).
- b. Curvas circulares.-** De no realizarse conjuntamente con la transición del peralte entonces se asume una longitud entre 10 y 30 metros normalmente. Esta longitud depende básicamente del valor del sobreancho, a mayor sobreancho mayor longitud y de la entretagencia disponible aunque también influye el aspecto estético, a mayor longitud mejor apariencia y el económico, a mayor longitud mayor área de pavimento requerida (Agudelo, 2002).

2.2.8. NORMAS DE DISEÑO

La complejidad del tramo en estudio condiciona el aplicar con criterio los controles de la DG-2001, con la finalidad de aprovechar el trazado existente, minimizando el impacto que pudiera alterar la estabilidad ecológica, geomorfológica y socio-ambiental de la zona. Durante el desarrollo del diseño geométrico es necesario en casos específicos aplicar criterios de otras normativas extranjeras como la AASHTO, la FLHA, la Norma 3.1 IC MDG INV-2008, con el fin de lograr una homogeneidad geométrica que induzca al conductor a circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad, en condiciones de seguridad y comodidad. De manera que tenga una influencia directa en el costo de construcción y explotación de la vía (MTC, 2001).

➤ Vehículo de Diseño

El vehículo de proyecto es aquel vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones tal que éstas puedan acomodar vehículos de este tipo. Para efectos de proyecto se consideran dos tipos de vehículos: los vehículos ligeros o livianos y los vehículos pesados, clasificados estos en camiones y autobuses. Las principales características para su clasificación están referidas al radio mínimo de giro y aquellas que determinan las ampliaciones o sobreanchos necesarios en las curvas horizontales, tales como distancia entre ejes extremos, ancho total de la huella y vuelos delantero y trasero. El vehículo de proyecto se debe seleccionar de tal manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circulará por el futuro sistema vial (MTC, 2001).

➤ **Visibilidad**

En cualquier lugar de la carretera el usuario tiene una visibilidad que depende de la forma, dimensiones y la disposición de los elementos del trazado. Para que las distintas maniobras puedan efectuarse de una forma se precisa de una visibilidad mínima que depende de la velocidad del vehículo y del tipo de maniobra. Se considera la visibilidad parada y de adelantamiento (MTC, 2001).

➤ **Distancia de visibilidad de parada**

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m., sobre la rasante del eje de su pista de circulación (MTC, 2001).

➤ **Distancia de visibilidad de adelantamiento**

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Kph. menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso (MTC, 2001).

2.2.9. VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño o proyecto se define como la máxima velocidad segura y cómoda que se podrá mantener en un tramo determinado de la carretera, cuando prevalezcan las condiciones de diseño, además nos permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad (MTC, 2001).

Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, sobre-anchos, etc. dependen de la velocidad de proyecto y varían con un cambio de ella. La velocidad de proyecto de un tramo se identifica con la velocidad específica mínima del conjunto de elementos que lo forman. Se estableció para las zonas sinuosas accidentadas área rural tipo 3 o 4 una velocidad de 30km/h. Cabe mencionar

que las condiciones topográficas, de entorno actual y futuro, en las zonas llanas onduladas propiciarán el uso de velocidades de operación superiores (MTC, 2001).

En la tabla 1 se muestra la velocidad de diseño del expediente técnico de la carretera Pericos – San Ignacio para los diferentes sectores del tramo de acuerdo a las condiciones topográficas, del entorno actual y futuro de la zona:

Tabla 1. Sectorización de las velocidades de diseño del proyecto.

Sector		Velocidad del Proyecto
Km Inicial	Km Final	Km/h
0+000	9+400	60
9+400	11+500	40
11+500	36+000	60
36+000	38+650	40
38+650	52+282,353	30
49+270	52+282,353	30
Vía de evitamiento		30
Zonas urbanas		30
Zonas de curva de volteo		30

2.2.10. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS DEL PROYECTO

De acuerdo al expediente técnico del proyecto, se tiene 03 secciones típicas, a lo largo de todo el tramo; éstas se presentan en las siguientes figuras:

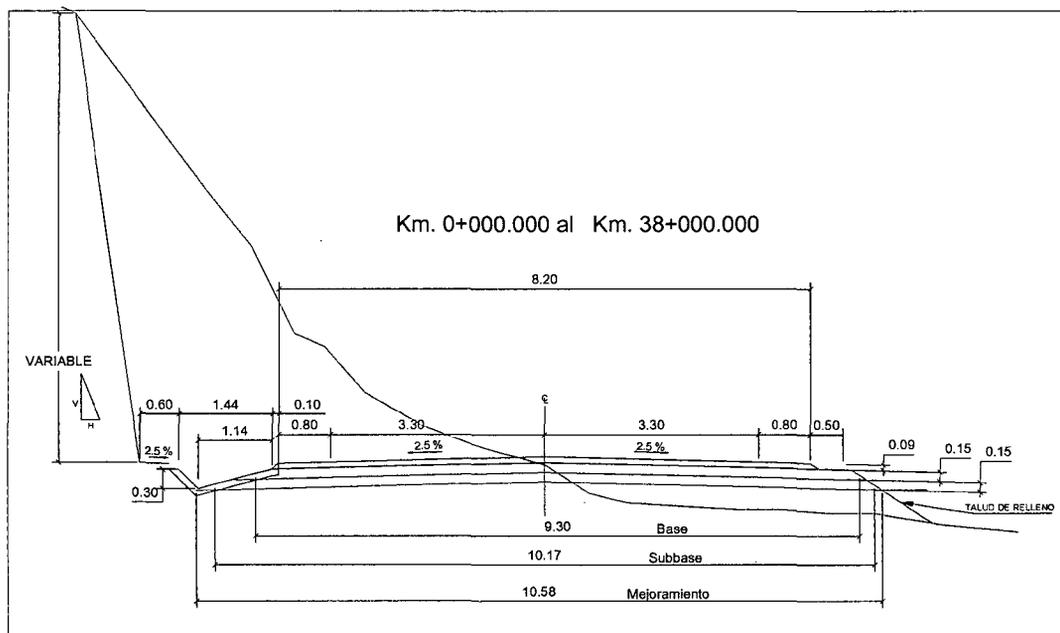


Figura 16. Sección Típica del proyecto N° 01 (Expediente Técnico, 2011).

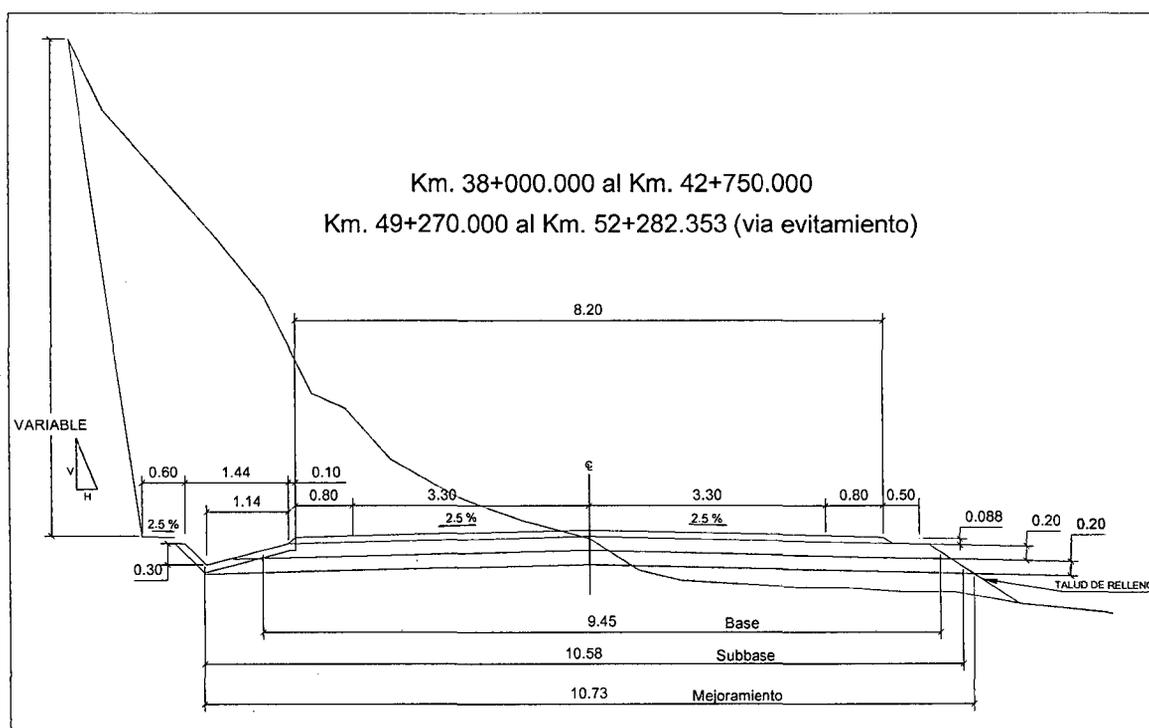


Figura 17. Sección Típica del proyecto N° 02 (Expediente Técnico, 2011).

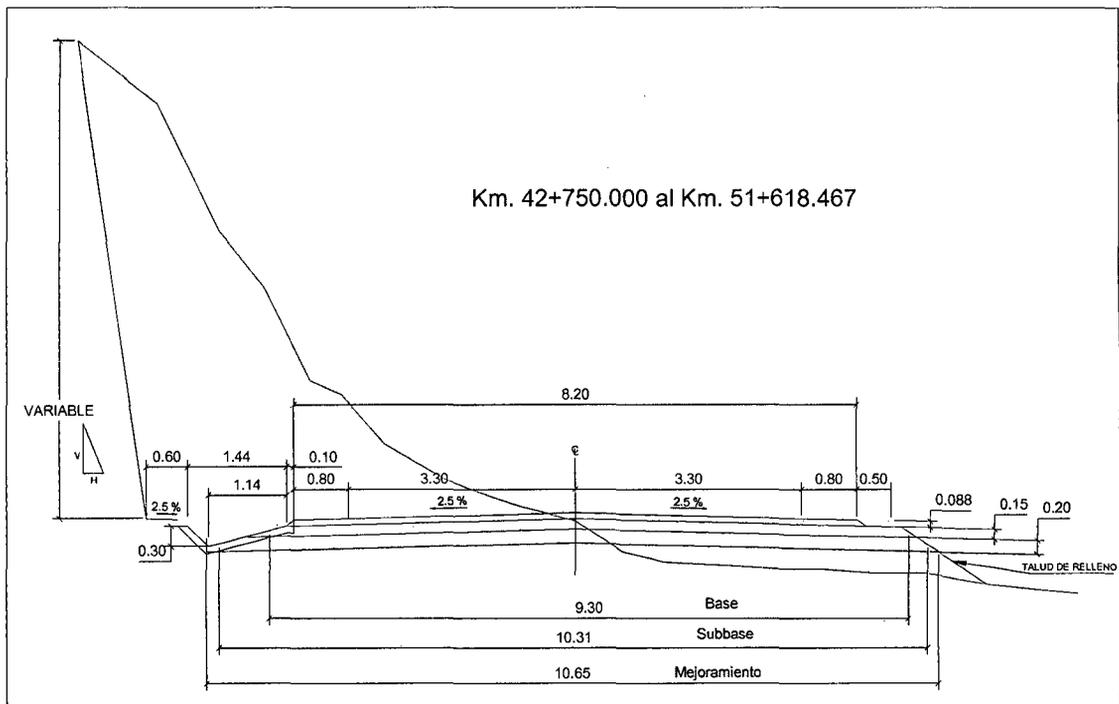


Figura 18. Sección Típica del proyecto N° 03 (Expediente Técnico, 2011).

2.3. Definición de Términos Básicos

De acuerdo a las Normas DG- 2001 usadas en el expediente técnico de la carretera en estudio elaborado en el año 2011 (por ello no se usa en la investigación las normas DG – 2013, que son las normas de diseño geométrico actuales), define los siguientes términos:

BERMA: Franja Longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

BOMBEO: Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

CALZADA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

CARRIL: Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

CURVA DE TRANSICION: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

CURVA VERTICAL: Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

DERECHO DE VÍA: Faja de ancho variable mediante la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.

DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO: Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo puede adelantar a otro que circule a menor velocidad, en presencia de un tercero que circule en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

DISTANCIA DE PARADA: Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

EJE: Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de sus sección transversal.

PAVIMENTO: Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines:

- (a) Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos.
- (b) Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

PENDIENTE: Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

PERALTE: Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

PLATAFORMA: Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

RASANTE: Línea que une las cotas de una carretera terminada.

SECCION TRANSVERSAL: Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

SUBRASANTE: Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

TERRAPLEN: Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

TRAMO: Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera.

VEHÍCULO: Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

El Tramo: Perico - San Ignacio (Inc. Vía de Evitamiento), se encuentra ubicado en la parte nororiental del Perú, políticamente se encuentra emplazada en la provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca. La carretera se inicia en el poblado de Pericos, aproximadamente a 40 km de la ciudad de Jaén. Tiene una longitud de vía principal igual a 51 618,46m y una vía de evitamiento con una longitud de 2 962 m.

Las coordenadas UTM, del inicio y final del eje del tramo Pericos – San Ignacio, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Coordenadas del inicio y fin del tramo en estudio.

Tipo de coordenadas:	UTM	
Datum:	WGS 84	
Huso:	17	
Zona:	M	
Inicio del tramo:	ESTE	NORTE
Km 00+000	744 123,51	9 410 304,34
Fin del tramo:	ESTE	NORTE
Km 52+282.353	720 724,13	9 431 667,46



Figura 19. Inicio del Tramo: Pericos – San Ignacio, km 0+0000

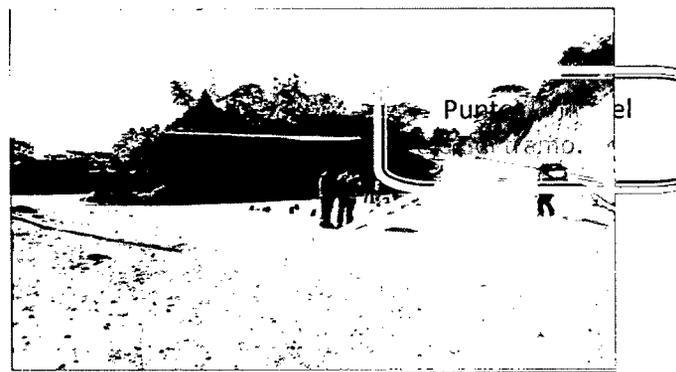


Figura 20. Final del Tramo: Pericos – San Ignacio, (Vía de evitamiento) km 52+282.353

La recolección de datos en campo se realizó entre los meses de Agosto a Octubre, para su posterior evaluación y procesamiento de datos.

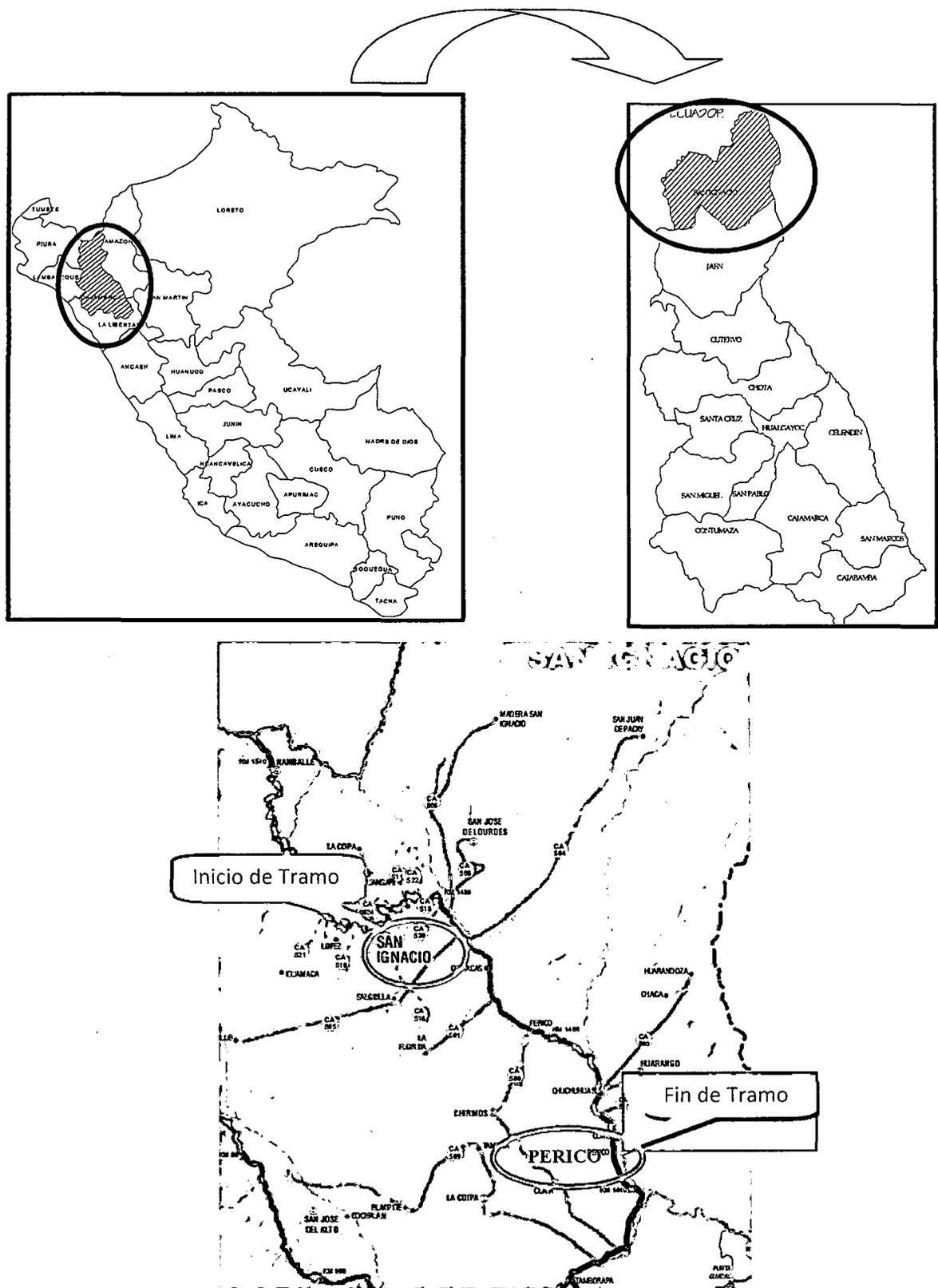


Figura 21. Ubicación política y en planta de la carretera en estudio. (MTC, 2011)

a. Procedimiento

La metodología de trabajo para la realización de la presente investigación, consta de dos etapas bien marcadas, la primera referente al trabajo de campo y la segunda meramente dedicada a labores de gabinete; así mismo se describen los equipos y software usados para la realización tanto en campo como en gabinete:

- Estación Total marca TOPCON, modelo GPT-3005W con número de serie OB0982, usada en todos los levantamientos topográficos de los sectores en estudio.
- El Software “Topcon Link”, que nos permitió bajar los datos de nuestra estación total a nuestra computadora.
- Se usó además el Software “Excel”, con la finalidad de convertir el formato de datos.
- Y finalmente durante el procesamiento y modelación de datos, nos servimos del software “CIVIL 3D”.

a.1 Trabajo de Campo

Antes de todo se realizó un reconocimiento general, verificando en campo los ejes de la vía del proyecto, replanteados por personal de topografía de la entidad supervisora, y concordando los planos de las Secciones transversales del proyecto con las secciones transversales replanteadas; de acuerdo a dichos documentos, existieron ciertos sectores de la carretera, por ejemplo, en que el terreno natural del proyecto, no corresponde al terreno natural replanteadado, o casos en que el eje de la vía del proyecto está emplazado en el borde de un precipicio de 100m, no permitiendo la construcción de la futura plataforma de la vía, o que afectan en demasía a predios y viviendas colindantes al camino actual de la carretera, que resultarían en mayor gasto al gobierno para liberar dichos predios compensando al propietario, en fin, situaciones por las cuales se vio la necesidad de buscar alguna solución con la finalidad de contribuir a la construcción del asfaltado de la vía de la mejor manera, concibiendo un diseño geométrico de acuerdo a las normas establecidas para carreteras(DG-2001), para buscar una vía segura, cómoda y económica en lo que más se pueda, salvando el no afectar en demasía el medio ambiente ajustándonos al terreno y condiciones actuales.

Focalizados dichos sectores a lo largo del tramo en construcción, se procedió a la ejecución del trabajo de campo en cada uno de ellos, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

- Levantamiento Topográfico a detalle de cada uno de los sectores involucrados, todo levantamiento realizado ha tenido como punto de apoyo los hitos monumentados ya sea de la poligonal de precisión o de los BMs, ya que éstos tienen datos bien definidos en coordenadas este, norte y cotas. Los hitos correspondientes a la poligonal de precisión están distribuidos cada 500m aproximadamente en toda la longitud de la vía y los hitos geodésicos están distribuidos cada 3,5 km en línea recta aproximadamente a lo largo de toda la carretera.

Tomando en cuenta dos puntos de control de la poligonal, se realizó el levantamiento topográfico mediante estación libre, visando a detalle todo el sector en estudio, tomando como referencia puntos de la plataforma, bordes de carretera, pie de talud, hombros de talud, puntos intermedios entre los taludes tanto en corte como en relleno, seccionando la plataforma cada 5m longitudinalmente, todo este grupo de puntos nos permitirá posteriormente generar nuestro terreno real mediante curvas de nivel, a fin de modelar nuestras variantes de la vía en construcción.

Consideramos además en estos trabajos los levantamientos topográficos de quebradas, alcantarillas, muros existentes, canteras, botaderos, zonas críticas, levantamientos para cimentación de muros de contención etc.

En toda esta realización de trabajos topográficos en campo y gabinete se ha utilizado el sistema referencial WGS84 con coordenadas UTM.

a.2 Trabajo de Gabinete:

Consistió en el procesamiento de datos obtenidos mediante el trabajo de campo ya antes descrito, mediante el cual se obtuvieron las coordenadas UTM que precisan el este, norte, cota y una descripción de cada punto asociado a cada levantamiento topográfico en cada uno de los sectores de estudio. Dicho grupo de puntos se obtuvo bajando los datos de la Estación Total con la cual se realizó el levantamiento topográfico, usando en este caso el software “Topcon Link” asociado a la Estación Total TOPCON GPT-3005W que es el equipo con el cual se realizó los levantamientos topográficos a detalle de cada uno de los sectores en estudio.

Posteriormente a ello se exportaron los puntos del “Topcon Link” a una hoja de cálculo de Excel, guardando dicho archivo como CSV (delimitado por comas), que es con el tipo de archivo que se trabajó.

La tabla de coordenadas del levantamiento Topográfico, tiene las siguientes características:

Tabla 3. Características de coordenadas del levantamiento topográfico

Tipo de coordenadas:	UTM	
Datum:	WGS 84	
Huso:	17	
Zona:	M	
Equipo a usar:	Estación Total "TOPCON" GPT-3005W	
Progresivas de trabajo:	Inicial	Final
	Km 05+930	Km 06+245

Teniendo ya las coordenadas de los levantamientos topográficos en Excel, se realizó el procesamiento de dichos datos usando el software “AUTOCAD CIVIL 3D”; estando ya en la interfaz del programa, importamos los puntos obtenidos del levantamiento topográfico, dispuestos en la hoja de cálculo de Excel. Seguidamente a ello se creó una superficie del terreno natural y las curvas de nivel tanto mayores como menores con dichos puntos.

Obtenida ya la superficie actual y real del terreno natural, se trasladó el alineamiento (representación del eje) del proyecto, y realizamos el diseño geométrico de la variante de dicho eje de acuerdo a los requerimientos para solucionar los problemas mencionados líneas arriba.

Para realizar un correcto diseño geométrico del nuevo eje de la vía en los sectores en estudio, se recurrió a los parámetros de diseño establecidos en el expediente técnico así como en las normas DG – 2001 que son con las que se trabajó el proyecto.

Las características técnicas, para el diseño de la vía son:

- Longitud del tramo : Tramo principal 51+618,467 km (km 0+000 – km 51+618,467). Vía de evitamiento 2+962,353 km (km 49+320 - 52+282,353), con un total de 54+580,82 km.
- Categoría de la vía : Segunda
- Velocidad directriz: : 30, 40 y 60 km /h
- Ancho de calzada : 6,60 m.
- Ancho de berma : 0,80 a c / l
- Bombeo de la calzada : 2,50 %

- Sobreancho de compactación
 - SAC en relleno : 0,50 m
- Cuneta en corte : 1.4.4 m
- Radio mínimo : 30,00 m
- Radio excepcional : 22,00 m
- Peralte máximo : 8,00 %
- Sobreancho máximo : 4,60 m
- Pendiente máxima longitudinal: 10,00 %
- Plazoleta de estacionamiento: 30,00 m x 3,00 m.
- Pendiente mínima longitudinal: 0,30 %
en Corte
- Talud de relleno: H < 5 m : 1,5 : 1 (H : V)
- Talud de relleno : 5 < H < 10 m: 1,75 : 1 (H : V)
- Talud de relleno : H > 10 m : 2.0 : 1 (H : V)
- Talud de corte : Variable
- Ancho de banqueta : 3,00 m
- Pendiente transversal de la : 3,00 %
banqueta
- Derecho de vía : 25,00 m c/l del eje.
- Tipo de pavimento : Carpeta asfáltica en caliente.

Aplicando los criterios mencionados, se diseñó un nuevo eje de la vía, y por ende se modificó nuestras secciones transversales de acuerdo a las distancias y lado en que realizamos nuestra adecuación de trazo, y también se modificó nuestro perfil si es que añadimos una modificación de rasante (altimétrica) por los fines que sean necesarios.

b. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

Los datos obtenidos de campo mediante los levantamientos topográficos, se procesaron en gabinete y se presentan mediante planos de planta y perfil que demuestren las variaciones del eje de la vía o la rasante de la misma según sea necesario, siguiendo los parámetros de diseño del expediente técnico y las normas DG-2001 de Diseño Geométrico de vías, y además a ello los planos de secciones transversales donde se indican las distancias de modificación del nuevo eje con respecto al eje del proyecto, y los cambios que implica este nuevo eje en el metrado de áreas y por ende de volúmenes de corte y relleno que repercuten directamente en el presupuesto de la Obra, generando así adicionales y/o deductivos de obra según sea necesario. Los datos fueron presentados además en hojas de cálculo de Excel mediante tablas, con la finalidad de realizar un comparativo de metrados y presupuesto según las nuevas áreas de explanaciones y las obras adicionales o deductivas que se generen por dichas modificaciones.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Variante 01: Km 05+775 al Km 06+500

Lado: Izquierdo/Derecho

Causales.-

- Desde el Km 05+775 al Km 05+970, se movió el eje hacia la izquierda con distancias desde 0,25m hasta 1,74m, con la finalidad de contar con más ancho de plataforma en el lado derecho de la vía, puesto que en éste se encuentran abismos de hasta 80m de altura que van a caer al río Chinchipe, y que imposibilita la adecuada conformación de la subrasante por falta de ancho, aprovechando además que tenemos espacio en el lado izquierdo de la vía, ajustándonos lo más mas posible al talud rocoso de dicho lado sin tener la necesidad de cortar más ancho, puesto que el hacerlo demandaría desestabilizar la Roca fija de dicho sector usando además explosivos para dicho trabajo, adicional a ello dedujimos las cunetas rectangulares (urbanas) en dicho sector lado derecho del proyecto cambiándolas por bordillos que nos permitirá reducir el ancho de 1,40m a 0,40m, ganando allí 1,00m para poder mover el eje. El deducir las cunetas urbanas en dicho lado en ese sector está justificado puesto que allí existen taludes de roca fija de más de 100m de altura sin existir obviamente viviendas para que sea una zona urbana, y en cuestión de drenaje las aguas provenientes del talud rocoso y la plataforma discurrirá hasta ser entregada a la Alcantarilla TMC del Km 05+835.
- Del Km 05+970 al Km 06+500, movimos el eje hacia el lado derecho, por implicancia del movimiento del eje en las progresivas anteriores, puesto que existen una curva que por diseño geométrico así lo requería.

Tipo: Planimétrico.

En la Tabla 4 y Tabla 5, se presentan los metrados de explanaciones del proyecto desde el Km 05+500 al Km 06+500, y de la variante en ese mismo sector respectivamente (variante 01).

Tabla 4. Metrado de explanaciones del proyecto del Km 05+500 al Km 06+500.

Progresiva		Metrado del proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	1 893,44	7 430,81	1 375,4	367,33	5 688,08

Tabla 5. Metrado de explanaciones de la variante 01.

Progresiva		Metrado del replanteo				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	1 599,03	3 910,14	1 412,655	343,60	2 153,89

Analizando los resultados del comparativo de metrados entre el proyecto y el replanteo de la variante del eje del Km 05+500 al Km 06+500 de la Tabla 6, se observa la existencia de un menor volumen de terraplén de 294,41m³ y 3 520,67m³ menos de excavación con referencia al metrado del proyecto; y en la Tabla 7, se muestra el presupuesto adicional y/o su deductivo vinculante como consecuencia de dicha variación de metrados, obteniendo como resultado una disminución de S/.100 909,04 en el presupuesto general del proyecto, sin tener en cuenta aun el transporte de desechos de excavación a los DMEs., que aumentaría el monto a disminuir del presupuesto del proyecto.

Tabla 6. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 01

Progresiva		Metrado comparativo del replanteo - proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	(-)294,41	(-)3 520,67	37,26	(-)23,74	(-)3 534,19

Tabla 7. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 01.

Ítem	Descripción	Und.	P. U (S/.)	Metrado (m ³)	Monto (S/.)
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				(-)100 909,04
205.A	Excavación en Material Suelto	m ³	5,11	37,26	190,40
205.B	Excavación en Roca Suelta	m ³	15,10	(-)23,74	(-)358,47
205.C	Excavación en Roca Fija	m ³	27,62	(-)3 534,19	(-)97 614,33
210.A	Terraplén	m ³	10,62	(-)294,41	(-)3 126,63

El plano en planta de la variación del eje con respecto al eje del proyecto, se presenta en la siguiente figura:

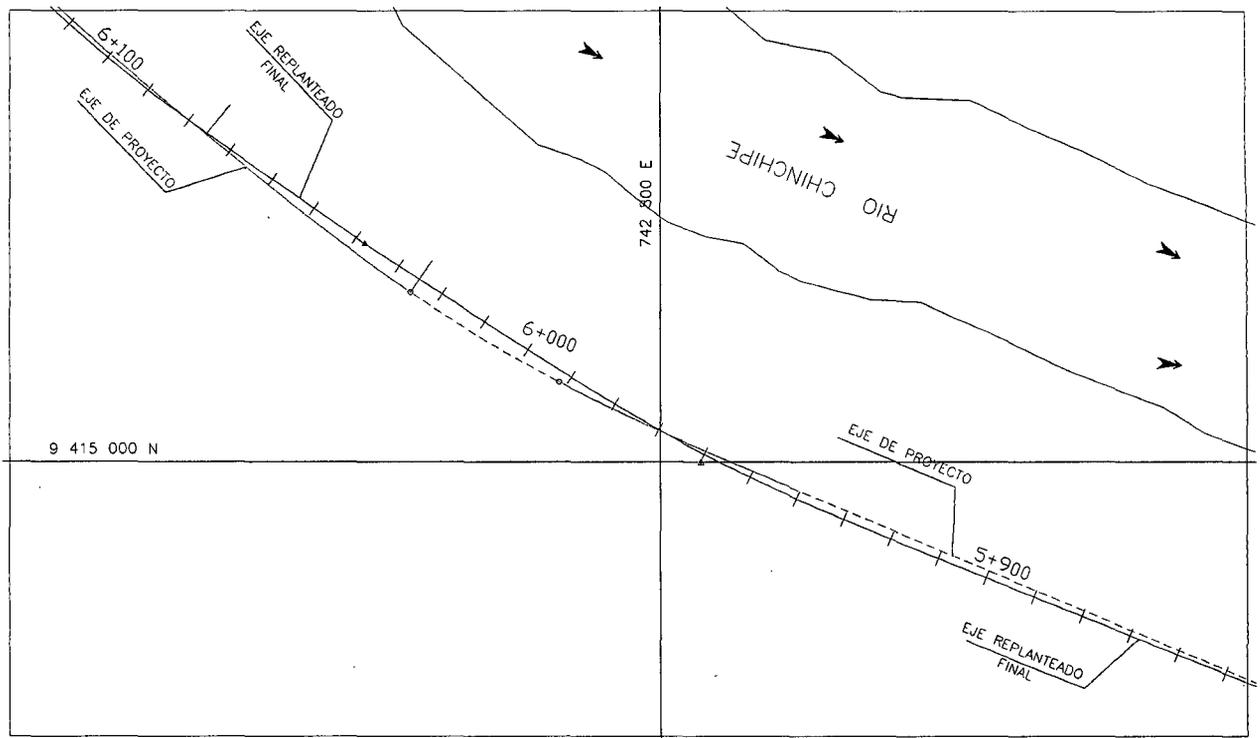


Figura 22. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 01.

4.2. Variante 02: Km 15+300 al Km 15+463

Lado: Izquierdo

Causal.- Desde el Km 15+340 al Km 15+463, se movió el eje hacia la izquierda con distancias desde 0,53m hasta 3,31m, con la finalidad de contar con más ancho de plataforma en el lado derecho de la vía, puesto que en éste se encuentran abismos de hasta 100m de altura que van a caer al río Chinchipe, y que imposibilita la adecuada conformación de la subrasante por falta de ancho, aprovechando además que tenemos espacio en el lado izquierdo de la vía, ajustándonos lo más posible al talud rocoso de dicho lado sin tener la necesidad de cortar más ancho de lo debido, puesto que el hacerlo demandaría desestabilizar la Roca fija de dicho sector usando además explosivos para dicho trabajo.

Tipo: Planimétrico.

En la fig 23 se observa la plataforma actual luego de la variación planimétrica en el sector del Km 15+300 al Km 15+463, y en la fig 24 el trazo del eje del proyecto original, donde se muestra que dicho eje esta muy pegado al abismo en ese Sector que impedía la conformacion de la plataforma.



Figura 23. Plataforma de la vía del Km 15+300 al Km 15+463 actualmente.



Figura 24. Km 15+300 – Km 15+463 con el eje del proyecto.

En la Tabla 8 y Tabla 9, se presentan los metrados de explanaciones del proyecto desde el Km 15+300 al Km 15+463, y de la variante en ese mismo sector respectivamente (variante 2).

Tabla 8. Metrado de explanaciones del proyecto del Km 15+300 al Km 15+463.

Progresiva		Metrado del proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
15+000	16+000	1 524,72	12 257,75	3 775,05	747,19	7 735,52

Tabla 9. Metrado de explanaciones de la variante 02.

Progresiva		Metrado del replanteo				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
15+000	16+000	2 082,46	14 849,56	3 405,18	1 396,57	10 047,81

Analizando los resultados del comparativo de metrados entre el proyecto y el replanteo de la variante del eje del Km 15+300 al Km 15+463 de la Tabla 10, se observa la existencia de un mayor volumen de terraplén de 557,74m³ y de excavación de 2 591,81m³ del replanteo con referencia al metrado del proyecto; y en la Tabla 11, se muestra el presupuesto adicional como consecuencia de dicha variación de metrados, obteniendo como resultado un aumento de S/.81 484,60 en el presupuesto general del proyecto, sin tener en cuenta aun el transporte de desechos de excavación a los DMEs.

Es menester mencionar, que el adicional de metrado en excavación y terraplén en el sector del Km 15+300 al Km 15+463, es totalmente justificable, puesto que con el eje del proyecto era imposible construir la superficie de la plataforma, ya que no contábamos con ancho suficiente para la subrasante.

Tabla 10. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 02

Progresiva		Metrado comparativo del replanteo - proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
15+000	16+000	557,74	2 591,81	369,87	649,38	2 312,30

Tabla 11. Presupuesto adicional de la variante 02.

Ítem	Descripción	Und.	P. U (S/.)	Metrado (m ³)	Monto (S/.)
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				81 484,60
205.A	Excavación en Material Suelto	m ³	5,11	369,87	1 890,04
205.B	Excavación en Roca Suelta	m ³	15,10	649,38	9 805,64
205.C	Excavación en Roca Fija	m ³	27,62	2 312,30	63 865,73
210.A	Terraplén	m ³	10,62	557,74	5 923,20

El plano en planta de la variación del eje con respecto al eje del proyecto, se presenta en la siguiente figura:

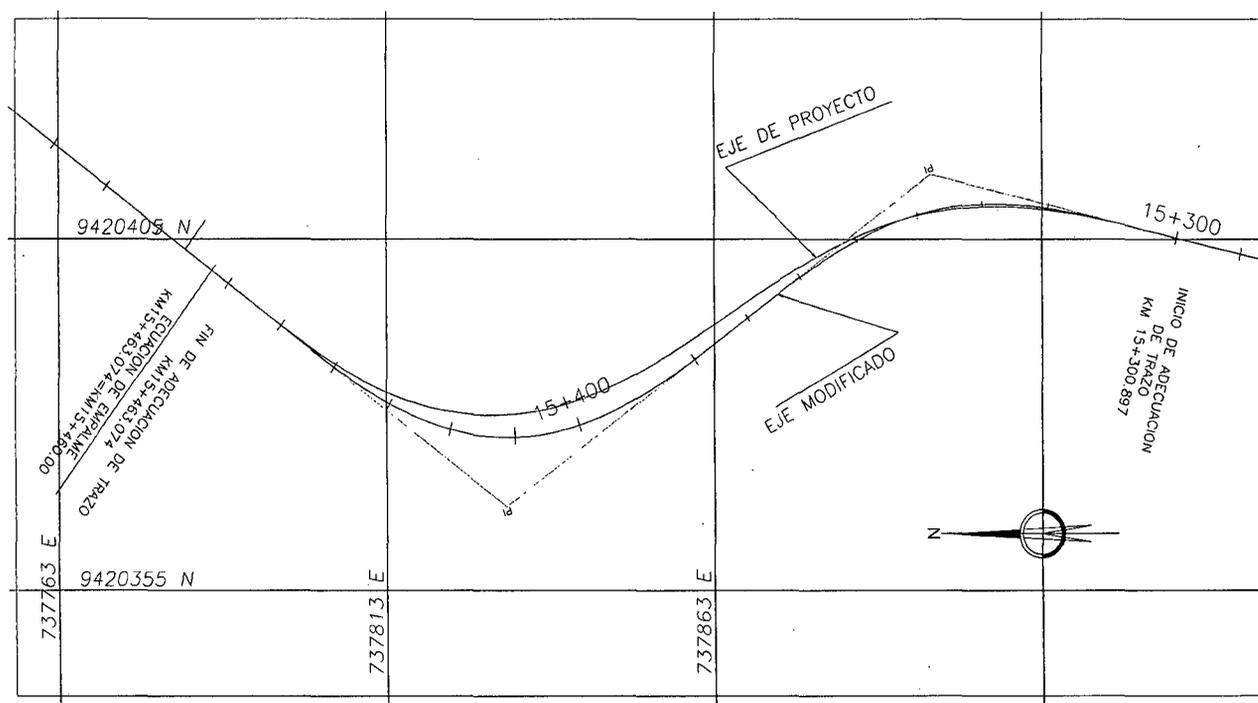


Figura 25. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 02.

4.3. Variante 03: Km 49+780 al Km 50+020

Lado: Izquierdo

Causal.- Se movió el eje hacia la izquierda con distancias desde 0,38m hasta 3,74m, con la finalidad alejarnos lo más posible de la zona crítica ocasionada por una falla geológica que como consecuencia ha traído hacia abajo parte de la plataforma del lado derecho;

es así que como parte de la solución en dicho sector crítico (Km 49+880 – Km 49+960), además de la estabilización de suelos, es el mover el eje para conformar una nueva plataforma.

Tipo: Planimétrico.



Figura 26. Km 49+880 – Km 49+960, se observa el asentamiento de la plataforma

En la Tabla 12 y Tabla 13, se presentan los metrados de explanaciones del proyecto desde el Km 49+780 al Km 50+020, y de la variante en ese mismo sector respectivamente (variante 3).

Tabla 12. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 49+780 al Km 50+020

Progresiva		Metrado del proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	1 730.95	2 491.75	2 491.75	0	0

Tabla 13. Metrado de explanaciones de la variante 03.

Progresiva		Metrado del replanteo				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	199,98	6 853,15	6 853,15	0	0

Analizando los resultados del comparativo de metrados entre el proyecto y el replanteo de la variante del eje del Km 49+780 al Km 50+020 de la Tabla 14, se observa un menor metrado en terraplén de 1 530,97m³ y un mayor metrado en excavación de 4 361,40m³ del replanteo con referencia al metrado del proyecto; y en la Tabla 15, se muestra el presupuesto adicional como consecuencia de dicha variación de metrados, obteniendo como resultado un aumento de S/.6 027,84 en el presupuesto general del proyecto, sin tener en cuenta aun el transporte de desechos de excavación a los DMEs.

Tabla 14. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 03.

Progresiva		Metrado comparativo del replanteo - proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	(-)1 530,97	4 361,40	4 361,40	0	0

Tabla 15. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 03.

Ítem	Descripción	Und.	P. U (S/.)	Metrado (m ³)	Monto (S/.)
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6 027,85
205.A	Excavación en Material Suelto	m ³	5,11	4 361,40	22 286,75
205.B	Excavación en Roca Suelta	m ³	15,10	0	0
205.C	Excavación en Roca Fija	m ³	27,62	0	0
210.A	Terraplén	m ³	10,62	(-)1 530,97	(-)16 258,90

El plano en planta de la variación del eje con respecto al eje del proyecto, se presenta en la siguiente figura:

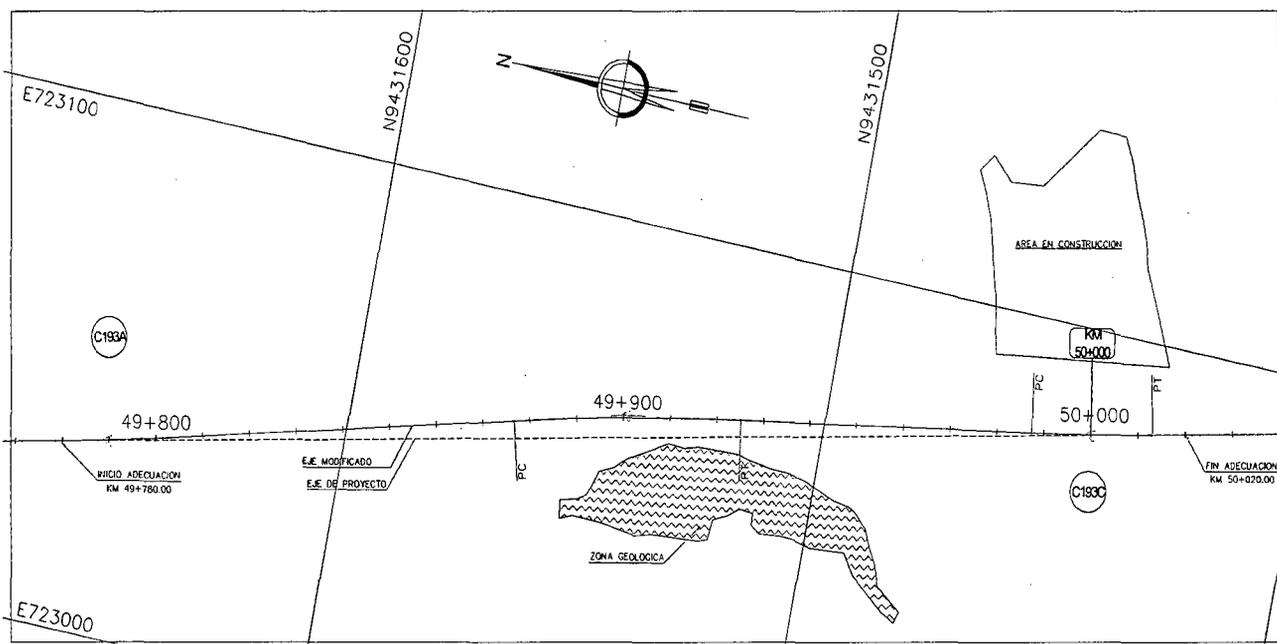


Figura 27. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteo de la variante 03.

4.4. Variante 04: Km 51+080 al Km 51+340 (vía de evitamiento)

Lado: Derecho

Causal.- Se movió el eje hacia la derecha con distancias desde 0,71m hasta 7,96m, con la finalidad de evitar afectaciones en las viviendas colindantes al trazo de la carretera, puesto que se tuvo como antecedentes problemas sociales con los propietarios de dichos predios, quienes no dieron pase para la construcción de la plataforma, negándose rotundamente a ser considerados dentro del padrón de afectados, no permitiendo así el afectar sus viviendas.

Tipo: Planimétrico.

En la Tabla 16 y Tabla 17, se presentan los metrados de explanaciones del proyecto desde el Km 51+080 al Km 51+340 (vía de evitamiento), y de la variante en ese mismo sector respectivamente (variante 04).

Tabla 16. Metrado de explanaciones del proyecto del Km 51+080 al Km 51+340.

Progresiva		Metrado del proyecto				
		Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
Inicial	Final					
05+500	06+500	408,65	6 467,75	4 651,65	181,61	1 634,49

Tabla 17. Metrado de explanaciones de la variante 04.

Progresiva		Metrado del replanteo				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	210,73	7 480,45	4 426,30	305,42	2 748,74

Analizando los resultados del comparativo de metrados entre el proyecto y el replanteo de la variante del eje del Km 51+080 al Km 51+340 de la vía de evitamiento de la Tabla 18, se observa un menor metrado en terraplén de 197,92m³, y un mayor metrado en excavación de 1 012,70m³ del replanteo con referencia al metrado del proyecto; y en la Tabla 19, se muestra el presupuesto adicional como consecuencia de dicha variación de metrados, obteniendo como resultado un aumento de S/.29 391,67 en el presupuesto general del proyecto, sin tener en cuenta aun el transporte de desechos de excavación a los DMEs.

Tabla 18. Comparativo de metrados de explanaciones en la variante 04.

Progresiva		Metrado comparativo del replanteo - proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
05+500	06+500	(-)197,92	1 012,70	(-)225,35	123,81	1 114,25

Tabla 19. Presupuesto Adicional y/o deductivo vinculante de la variante 04.

Ítem	Descripción	Und.	P. U	Metrado	Monto
			(S/.)	(m ³)	(S/.)
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				29 391,67
205.A	Excavación en Material Suelto	m ³	5,11	(-)225,35	(-)1 151,54
205.B	Excavación en Roca Suelta	m ³	15,10	123,81	1 869,53
205.C	Excavación en Roca Fija	m ³	27,62	1 114,25	30 775,59
210.A	Terraplén	m ³	10,62	(-)197,92	(-)2 101,91

El plano en planta de la variación del eje con respecto al eje del proyecto, se presenta en la siguiente figura:

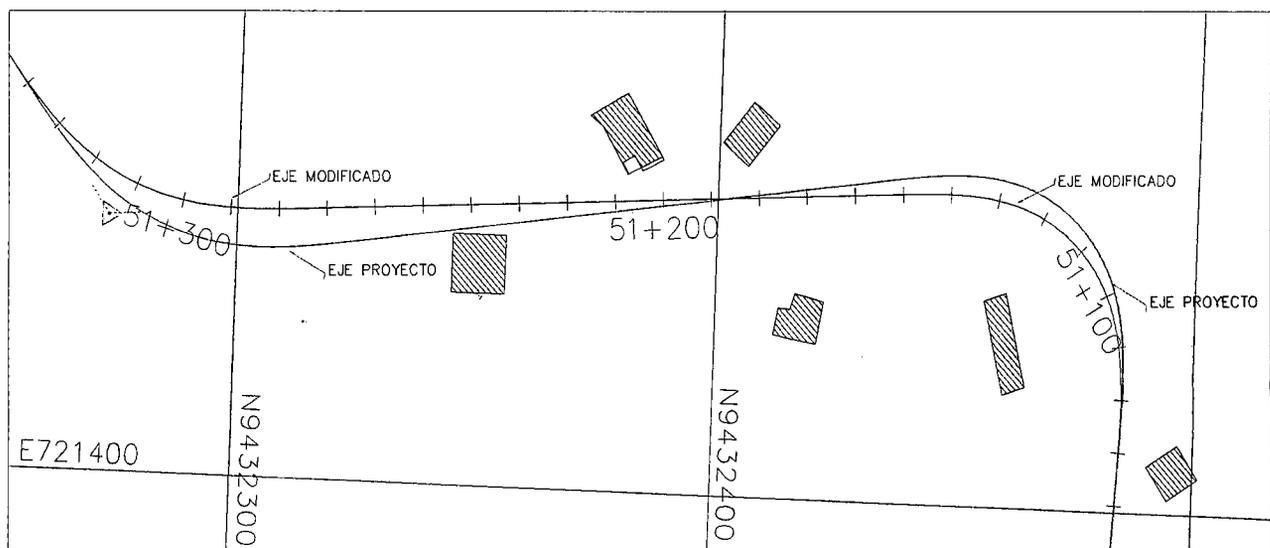


Figura 28. Plano en planta de la comparación del eje del proyecto y el replanteado de la variante 04.

Finalmente, de todas las tablas anteriores de nuestras variaciones planimétricas, obtenemos las tablas 20 y 21, donde se observan todos los sectores modificados con sus respectivos volúmenes de terraplén y excavación, y el aumento o disminución de éstos con respecto al proyecto, así como los presupuestos adicionales y deductivos que dicho cambio de metros implican.

Tabla 20. Comparativo de metros de explanaciones entre el proyecto y el replanteo

Progresiva de la variante		Medrado resultante			
		Terraplén		Excavación	
Inicial	Final	Adicional(m ³)	Deductivo(m ³)	Adicional(m ³)	Deductivo(m ³)
05+500	06+500	-	(-)294,41		(-)3 520,67
15+300	15+463	557,74	-	2 591,81	-
49+780	50+020	-	(-)1 530,97	4 361,40	-
51+080	51+340	-	(-)197,92	1 012,70	-
TOTALES		557,74	(-)2 023,30	7 965,91	(-)3 520,67

Tabla 21. Presupuesto comparativo entre el proyecto y el replanteo.

Progresiva de la variante		Presupuesto resultante	
Inicial	Final	Adicional(S/.)	Deductivo(S/.)
05+500	06+500	-	(-)100 909,04
15+300	15+463	81 484,60	-
49+780	50+020	6 027,85	-
51+080	51+340	29 391,67	-
TOTALES		116 904,12	(-)100 909,04

El ajuste final considerando todos los alargamientos y acortamientos surgidos por las variaciones planimétricas a lo largo del Tramo en estudio, la presentamos en la siguiente tabla incluyendo en ella las debidas ecuaciones de empalme, en ella se demuestra además la longitud de acortamiento del eje ejecutado en obra con respecto al del proyecto (-5,708) que simboliza una variación porcentual de 0,01% en longitud, pero sin embargo si conlleva a un cambio sustancial de metrado de explanaciones y presupuesto en obra.

Tabla 22. Ecuaciones de empalme, longitud y porcentajes de variación.

N° de variación	Ecuación de empalme					Longitud acumulada(m)
	Atrás	Adelante	Diferencia	Alargamiento	Acortamiento	
Variación 01	06+500,059	06+500,000	0,059	0,059	-	0,059
Variación 02	15+463,074	15+460,000	3,074	3,074	-	3,133
Variación 03	50+020,136	50+020,000	0,136	0,136	-	3,269
Variación 04	51+361,023	51+370,000	-8,977	-	-8,977	-5,708
Longitud total del proyecto original						Km 54+580,46
Longitud total del proyecto con variaciones						Km 54+574,75
Porcentaje de variación						0.01%

4.5. Variante 05: Km 51+200 al Km 52+200(vía de evitamiento)

Lado: Ambos lados

Causal.- Con la finalidad de optimizar la construcción de muros de contención de concreto ciclópeo (alturas 2,95m, 3,45m y 3,95m) y concreto armado (alturas 4,50m, 5,00m y 5,60m) que estaban considerados en el Proyecto a ubicarse en Km 51+480 – Km 51+560 (80m) y Km 51+700 – Km 51+820 (120 m) en la vía de evitamiento, se planteó la alternativa de bajar la

rasante, con la finalidad de aminorar la altura de estos, lo que conllevaba a efectuar un mayor volumen de corte de la plataforma, lo que incrementaría el metrado de las partidas de excavación. Esta alternativa a la vez que resultaba técnicamente factible y económico respecto a lo indicado en el Proyecto.

Tipo: Altimétrico

Finalmente, confirmamos que en la adecuación/actualización del trazo definitivo y posición final de la rasante de la Vía de Evitamiento, ha definido geometrías de muros de menor longitud y configuración, conforme se indica en la siguiente figura:

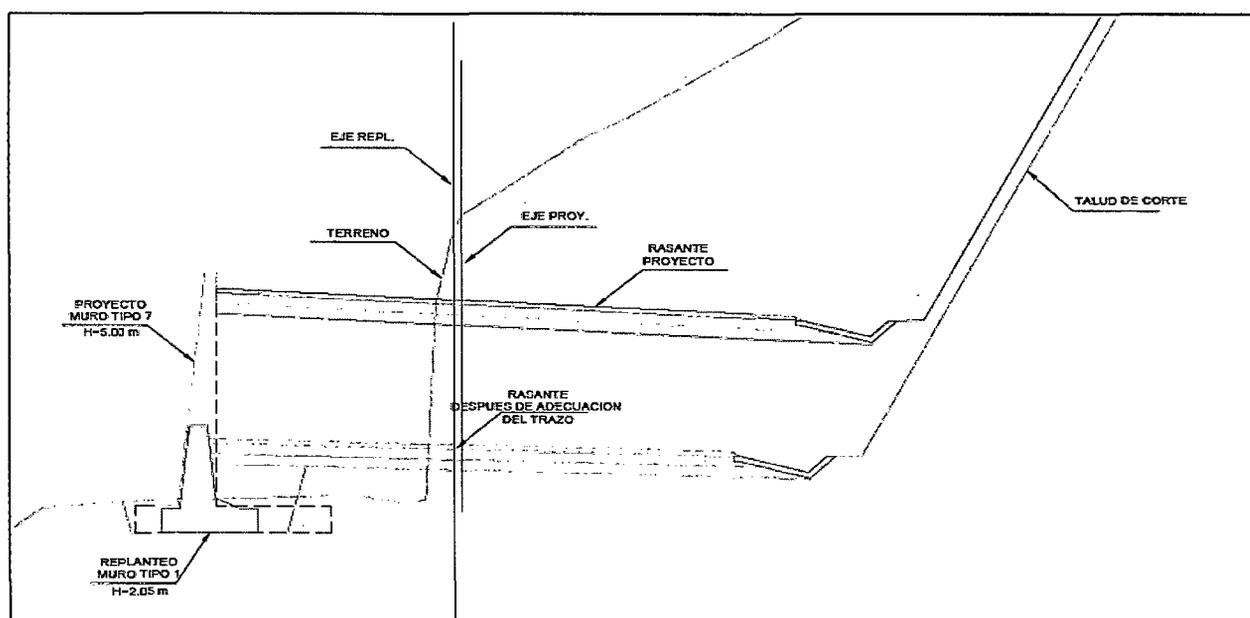


Figura 29. Modificación de la rasante y definición de geometría de muros de contención.

En la Tabla 23 y Tabla 24, se presentan los metrados de explanaciones del proyecto desde el Km 51+200 al Km 52+200 (vía de evitamiento), y de la variante en ese mismo sector respectivamente (variante 5).

Tabla 23. Metrado de explanaciones del proyecto, del Km 51+200 al Km 52+200.

Progresiva		Metrado del proyecto				
		Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
Inicial	Final					
51+200	52+200	7 711,23	33 364,38	17 437,376	5 972,51	9 954,19

Tabla 24. Metrado de explanaciones de la variante 05.

Progresiva		Metrado del replanteo				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
51+200	52+200	3 182,55	46 490,64	33 821,53	12 658,57	10,54

Analizando los resultados del comparativo de metrados entre el proyecto y el replanteo de la variante de la rasante del Km 51+200 al Km 52+200 de la vía de evitamiento de la Tabla 25, se observa un menor metrado en terraplén de 4 528,68m³, y un mayor metrado en excavación de 13 126,26m³ del replanteo con referencia al metrado del proyecto; y en la Tabla 26, se muestra el presupuesto adicional y/o su deductivo vinculante como consecuencia de dicha variación de metrados, obteniendo como resultado un deductivo de S/.138 055,68 en el presupuesto general del proyecto, sin tener en cuenta aun el transporte de desechos de excavación a los DMEs que aumentaría el monto a disminuir del presupuesto del proyecto.

Tabla 25. Comparativo de metrados de explanaciones de la variante 05.

Progresiva		Metrado comparativo del replanteo - proyecto				
Inicial	Final	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)	Material Suelto (m ³)	Roca suelta (m ³)	Roca fija (m ³)
51+200	52+200	(-)4 528,68	13 126,26	16 384,15	6 686,06	(-) 9 943,65

Tabla 26. Presupuesto adicional y/o deductivo vinculante de la variante 05.

Ítem	Descripción	Und.	P. U (S/.)	Metrado (m ³)	Monto (S/.)
2.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				(-)138 055,68
205.A	Excavación en Material Suelto	m ³	5,11	16 384,15	83 723,01
205.B	Excavación en Roca Suelta	m ³	15,10	6 686,06	100 959,51
205.C	Excavación en Roca Fija	m ³	27,62	(-) 9 943,65	(-)274 643,61
210.A	Terraplén	m ³	10,62	(-)4 528,68	(-)48 094,68

Adicional a ello, la modificación de la rasante en el sector del Km 51+200 al Km 52+200 de la vía de evitamiento, trajo como consecuencia un deductivo vinculante referente a obras de arte, construcción de muros específicamente, que conllevó a una disminución del presupuesto del proyecto; en la siguiente tabla se muestra el comparativo de las longitudes y tipos de muro de la vía de evitamiento, del proyecto versus el replanteo actual.

Tabla 27. Comparativo del tipo y longitudes de muros del proyecto y la variante 05.

MURO	PROYECTO				REPLANTEO			
	PROGRESIVA		TIPO	LONGITUD	PROGRESIVA		TIPO	LONGITUD
	INICIO (KM)	FIN (KM)			INICIO (KM)	FIN (KM)		
ME 64	51+480,00	51+487,50	T3	7,5				
	51+487,50	51+495,00	T3	7,5				
	51+495,00	51+502,50	T3	7,5				
	51+502,50	51+510,00	T4	7,5				
	51+510,00	51+517,50	T5	7,5	51+510,00	51+518,29	T1	7,5
	51+517,50	51+525,00	T6	7,5	51+518,29	51+526,12	T1	7,5
	51+525,00	51+532,50	T6	7,5	51+526,12	51+534,30	T1	7,5
	51+532,50	51+540,00	T6	7,5	51+534,30	51+543,01	T1	7,5
	51+540,00	51+541,00	T6	1	51+543,01	51+550,30	T1	7,5
	51+541,00	51+547,50	T6	6,5				
	51+547,50	51+555,00	T6	7,5				
51+555,00	51+560,00	T6	5					
ME 65	51+700,00	51+707,50	T8	7,5				
	51+707,50	51+715,00	T8	7,5				
	51+715,00	51+722,50	T8	7,5				
	51+722,50	51+730,00	T8	7,5				
	51+730,00	51+737,50	T8	7,5				
	51+737,50	51+745,00	T8	7,5				
	51+745,00	51+752,50	T8	7,5	51+742,50	51+749,77	T1	7,5
	51+752,50	51+760,00	T8	7,5	51+749,77	51+756,94	T1	7,5
	51+760,00	51+767,50	T8	7,5	51+756,94	51+764,01	T1	7,5
	51+767,50	51+775,00	T8	7,5	51+764,01	51+771,07	T1	7,5
	51+775,00	51+782,50	T7	7,5	51+771,07	51+778,15	T1	7,5
51+782,50	51+790,00	T7	7,5	51+778,15	51+785,33	T1	7,5	
51+790,00	51+797,50	T7	7,5	51+785,33	51+792,62	T1	7,5	
51+797,50	51+805,00	T7	7,5					
51+805,00	51+812,50	T7	7,5					
51+812,50	51+820,00	T7	7,5					
ME 66	51+870,00	51+877,50	T11	7,5	51+870,00	51+878,68	T4	7,5
	51+877,50	51+883,00	T12	5,5	51+878,68	51+890,00	T4	4
	51+883,00	51+885,00	T12	2				
	51+885,00	51+890,00	T12	5				
ME 67	52+000,00	52+005,00	T4	5	52+050,00	52+057,50	T1	7,5
	52+005,00	52+007,00	T4	2	52+057,50	52+065,00	T1	7,5
	52+007,00	52+014,00	T4	7	52+065,00	52+072,50	T1	7,5
					52+072,50	52+078,88	T1	7,5
ME 68	52+162,50	52+170,00	T7	7,5	52+165,03	52+172,60	T8	5
	52+170,00	52+175,00	T10	5				
	52+175,00	52+182,50	T10	7,5	52+172,60	52+182,66	T10A	6,5
	52+182,50	52+187,00	T10	4,5				
	52+187,00	52+190,00	T10	3	52+182,66	52+195,00	T11	9
	52+190,00	52+197,50	T10	7,5	52+195,00	52+200,00	T10B	4,5

Tabla 28. Resumen comparativo de longitudes de muros según la variante 05.

DESCRIPCIÓN	METRADO		DIFERENCIA
	REPLANTEO	PROYECTO	(ml)
ME 64	37,5	80	(-)42,5
ME 65	52,5	120	(-)67,5
ME 66	11,5	20	(-)8,5
ME 67	30	14	16,0
ME 68	25	35	(-)10,0
TOTAL	156,5	269	(-)112,5

Las actualizaciones de las longitudes de los muros y la implementación del Muro tipo T1 en los diferentes módulos de los muros replanteados según necesidad, representan menores metrados en la mayoría de las partidas, tal como se muestra en la tabla 27, donde existe un menor metrado del replanteo en función al proyecto en las diferentes partidas de obras de arte y drenaje, a excepción de la partida 610J, donde hay un adicional de metrado de 65,99m³.

Tabla 29. Resumen comparativo de metrados de obras de arte y drenaje, según variante 05.

Ítem	Descripción	Und.	Metrado de muros de contención		
			Replanteo	Proyecto	Diferencia
6. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					
601.C	Excavación para Estructuras en Material Común Seco	m3	1 222,49	3 843,53	(-)2 621,04
605.A	Relleno para Estructuras	m3	1 230,42	2 588,88	(-)1 358,46
605.B	Material Filtrante	m3	165,09	348,79	(-)183,7
610.D	Concreto Clase D (f _c = 210 Kg/cm ²)	m3	273,04	1 122,10	(-)849,06
610.G	Concreto Clase G (f _c = 100 Kg/cm ²)	m3	10,88	42,85	(-)31,97
610.J	Concreto Clase J (f _c = 140 Kg/cm ² + 30% P.M.)	m3	226,65	160,66	65,99
611.A	Encofrado y Desencofrado	m2	1 210,70	3 257,50	(-)2 046,80
615.A	Acero de Refuerzo	Kg	14 418,11	58 237,54	(-)43 819,43
625.E	Tubería de PVC D = 3" para Drenaje	ml	113,30	291,53	(-)178,23
625.F	Tubería Perforada D = 6"	ml	165,50	284,00	(-)118,5
635.F	Junta para Muro	ml	121,07	437,02	(-)315,95
650.H	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	3,88	5,20	(-)1,32

En la Tabla 30, se muestra el presupuesto deductivo de las partidas de obras de arte, en base a la diferencia de metrados del proyecto y la modificación de la rasante del sector del Km 51+200 al Km 52+200, y sus determinados precios unitarios, dando como resultado un presupuesto deductivo de S/. 784 517,14.

Tabla 30. Presupuesto deductivo de obras de arte según la variante 05.

Item	Descripción	Und.	P. U (S/.)	Metrado	Monto (S/.)
6.	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				(-)784 517,14
601.C	Excavación para Estructuras en Material Común Seco	m3	6,75	(-)2 621,04	(-)17 692,02
605.A	Relleno para Estructuras	m3	29,16	(-)1 358,46	(-)39 612,69
605.B	Material Filtrante	m3	85,9	(-)183,7	(-)15 779,83
610.D	Concreto Clase D ($f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)	m3	419,3	(-)849,06	(-)356 010,86
610.G	Concreto Clase G ($f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$)	m3	296,28	(-)31,97	(-)9 472,07
610.J	Concreto Clase J ($f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.M.}$)	m3	294,25	65,99	19 417,56
611.A	Encofrado y Desencofrado	m2	58,9	(-)2 046,80	(-)120 556,52
615.A	Acero de Refuerzo	Kg	4,85	(-)43819,43	(-)212 524,24
625.E	Tubería de PVC D = 3" para Drenaje	ml	13,21	(-)178,23	(-)2 354,42
625.F	Tubería Perforada D = 6"	ml	45,22	(-)118,5	(-)5 358,57
635.F	Junta para Muro	ml	16,3	(-)315,95	(-)5 149,99
650.H	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	4,49	(-)1,32	(-)5,93

4.6. Discusión de resultados:

Se logró comparar el eje del proyecto con el eje replanteado ejecutado en obra de la carretera Pericos – San Ignacio, existiendo variaciones tanto planimétricas como altimétricas que nos dan como resultado diferentes metrados de explanaciones con respecto al expediente técnico del proyecto, que se transforman en adicionales y/o deductivos vinculantes de obra.

Realizando un análisis comparativo entre el número de variaciones planimétricas y altimétricas, llegamos a la conclusión que existen un mayor número de las primeras (04) con respecto a las segundas (01); así mismo en la tabla 30 se presenta el metrado y presupuesto final como resultado de las variaciones de trazo planimétricas y altimétricas y sus implicancias en las demás partidas (Obras de arte debido a la variación altimétrica de la vía de evitamiento) que concluyen en un ahorro para el estado de S/ 906 577,74.

Tabla 31. Metrado y presupuesto final debido a las variaciones planimétricas y altimétricas.

	Metrado		Presupuesto
	Terraplén	Excavación	
Variación planimétrica (V.P)	(-) 1 465,56 m ³	4 445,24m ³	S/.15 995,08
Variación altimétrica (V.A)	(-) 4 528,68 m ³	13 126,26m ³	(-)S/.138 055,68
Menor Obras de arte* V.A			(-)S/.784 517,14
TOTAL	(-) 5 994,24 m ³	17 571,50m ³	(-)S/.906 577,74

Con referencia al diseño geométrico usado para ejecutar nuestras variaciones tanto planimétricas como altimétricas, se cumplió con la normatividad peruana (DG-2001) y el expediente técnico del proyecto, siguiendo las indicaciones de la sección 2.2.4 Diseño Horizontal; donde se menciona la utilización de una adecuada velocidad de diseño, se define de factores como clase de terreno, características del tránsito, tipo de vía y disponibilidad de recursos económicos, principalmente, definiendo a su vez elementos como el radio de curvatura mínimo, el peralte máximo, la pendiente máxima, distancias de visibilidad y la sección transversal, entre otros.

El estudio del diseño geométrico de una carretera a través de las variaciones del eje de la vía de un proyecto es un precedente de investigación nuevo, ya que no existen antecedentes de la realización de trabajos referidos o relacionados con la investigación realizada y que nos permitió obtener resultados beneficiosos tanto para el estado, ya que disminuyó el presupuesto de la ejecución de la obra, así como para los usuarios, que obtuvieron una carretera más cómoda y funcional debido al mejor diseño geométrico.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las variaciones Planimétricas entre el eje de la vía, del proyecto y su ejecución en obra, son un número de 04, y se encuentran ubicadas en las progresivas del Km 05+775 al Km 06+500, del Km 15+300 al Km 15+463, del Km 49+780 al Km 50+020, de la vía principal y del Km 51+080 al Km 51+340 de la vía de evitamiento, que en su conjunto nos da un acortamiento de longitud de 5,708m y un porcentaje de variación de 0,01% con respecto al eje del proyecto; así mismo obtuvimos una disminución de metrados de terraplén con respecto al proyecto de 1 465,56m³, y un aumento de metrado de excavaciones de 4 445,24m³, implicando éstos un adicional de obra de S/.15 995,08.

Se determinó una variante de tipo altimétrico (modificación de la rasante) entre el eje de la vía, del proyecto y su ejecución en obra, ubicada en la progresiva del Km 51+200 al Km 52+200, de la vía de evitamiento; que nos da como resultado una disminución de metrados de terraplén con respecto al proyecto de 4 528,68m³ y un aumento de metrado de excavación de 13 126,26m³; sin embargo según las actas de reclasificación 1, 3 y 9 de los anexos, los porcentajes de excavación en roca fija disminuyen con referencia al proyecto, y de acuerdo a su mayor precio unitario sobre los de la excavación en material suelto y roca suelta, nos da como resultado un deductivo de S/. 138 055,68 y adicionando a ello el deductivo por obras de arte de S/.784 517,14 nos da como resultado un deductivo general por modificación de rasante de S/.922 572,82.

5.2. RECOMENDACIONES

Sería necesario en futuras investigaciones referentes al tema de la presente, incluir dentro de la comparación de metrados y presupuestos tanto adicionales como deductivos, la inferencia del transporte de materiales excedentes de corte a sus correspondientes depósitos de materiales excedentes (DMEs), ya que la incidencia presupuestal de esta partida es muy influyente en el presupuesto general de obra.

Así mismo se debiera incluir los factores de esponjamiento de suelos en la excavación y transporte de material excedente.

Referencias Bibliográficas

- Agudelo Ospina, J.2002.Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. **DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS**.Colombia.531p.
- Becerra García, J.2002. Tesis para optar el grado de Master en Ingeniería Civil en la facultad de ingeniería de la universidad de Piura. “**Comparación técnica y económica de ingeniería para evitar el arenamiento de una carretera**”.Piura.131p.
- Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura. (2003). Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil: **PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TLAPA DE COMONFORT- METLATONOC, KM 15+000 AL 18+500 POR EL METODO TRADICIONAL**.187p.
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC). (2001). **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)**.451p.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura División General de Planificación, Corea y Asociados S.A (CORASCO). (2008). **MANUAL PARA LA REVISIÓN DE LOS DISEÑOS GEOMÉTRICOS**.Nicaragua.142p.
- Proyecto Especial de Infraestructura de Transportes Nacional –PROVIAS NACIONAL. (2011). **Estudio Definitivo de la Carretera Chamaya-Jaén-San Ignacio-Río Canchis, Tramo: Pericos – San Ignacio: VOLUMEN N°01: Estudio de Topografía Trazo y Diseño Geométrico**.134p.

ANEXOS

VARIACIONES
PLANIMÉTRICAS

VARIANTE 01

TABLA DE COORDENADAS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Tipo de coordenadas:	UTM	
Datum:	WGS 84	
Huso:	17	
Zona:	M	
Equipo a usar:	Estacion Total "TOPCON"	
Progresivas de trabajo:	Inicial	Final
	Km 05+930	Km 06+245

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	742695.92	9415068.33	475.47	PLAT
2	742 703.455	9415077.58	475.47	PLAT
3	742699.98	9415064.73	475.76	PLAT
4	742707.89	9415073.76	475.47	PLAT
5	742705.10	9415060.91	475.60	PLAT
6	742712.83	9415069.78	475.49	PLAT
7	742711.446	9415056.149	475.553	PLAT
8	742717.334	9415066.374	475.482	PLAT
9	742717.122	9415051.882	475.499	PLAT
10	742722.878	9415061.655	475.558	PLAT
11	742721.494	9415048.834	475.453	PLAT
12	742728.334	9415057.029	475.545	PLAT
13	742726.843	9415045.315	475.573	PLAT
14	742732.922	9415053.316	475.548	PLAT
15	742732.052	9415041.905	475.588	PLAT
16	742737.613	9415050.014	475.481	PLAT
17	742737.019	9415039.031	475.560	PLAT
18	742743.040	9415046.239	475.470	PLAT
19	742741.783	9415036.566	475.608	PLAT
20	742747.772	9415043.069	475.430	PLAT
21	742747.137	9415033.472	475.608	PLAT
22	742752.156	9415040.323	475.396	PLAT
23	742752.443	9415030.387	475.517	PLAT
24	742757.605	9415037.072	475.363	PLAT
25	742758.312	9415026.636	475.385	PLAT
26	742762.963	9415033.491	475.300	PLAT
27	742763.557	9415023.541	475.265	PLAT
28	742767.573	9415030.472	475.228	PLAT
29	742768.266	9415020.851	475.059	PLAT
30	742772.145	9415027.578	475.090	PLAT
31	742773.754	9415016.845	474.773	PLAT
32	742777.009	9415024.451	474.833	PLAT
33	742780.591	9415022.106	474.650	PLAT
34	742780.098	9415012.645	474.584	PLAT
35	742784.465	9415019.657	474.420	PLAT

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
36	742785.940	9415008.376	474.380	PLAT
37	742787.478	9415017.668	474.294	PLAT
38	742789.505	9415016.381	474.191	PLAT
39	742791.692	9415015.299	474.109	PLAT
40	742791.580	9415005.097	474.168	PLAT
41	742796.087	9415012.809	473.897	PLAT
42	742797.404	9415001.906	473.988	PLAT
43	742800.515	9415010.723	473.708	PLAT
44	742803.086	9414998.592	473.731	PLAT
45	742805.890	9415008.241	473.512	PLAT
46	742808.387	9414996.023	473.403	PLAT
47	742811.588	9415005.529	473.237	PLAT
48	742813.759	9414992.844	473.302	PLAT
49	742817.130	9415003.045	473.042	PLAT
50	742819.431	9414989.793	473.085	PLAT
51	742823.978	9415000.160	472.785	PLAT
52	742825.510	9414986.458	472.832	PLAT
53	742830.961	9414997.260	472.557	PLAT
54	742831.223	9414983.376	472.544	PLAT
55	742835.464	9414995.466	472.398	PLAT
56	742836.929	9414980.638	472.520	PLAT
57	742843.527	9414992.350	472.168	PLAT
58	742843.741	9414978.128	472.216	PLAT
59	742849.695	9414989.945	471.988	PLAT
60	742850.665	9414975.324	471.778	PLAT
61	742856.217	9414987.373	471.731	PLAT
62	742835.165	9415000.951	472.574	TS
63	742839.550	9414999.681	472.143	TS
64	742834.207	9415001.545	472.300	TS
65	742831.410	9415001.940	472.705	TS
66	742829.012	9415002.116	472.836	TS
67	742825.625	9415001.640	472.831	TS
68	742823.393	9415001.699	472.880	TS
69	742819.087	9415003.855	473.093	TS
70	742822.062	9415002.742	472.910	TS
71	742815.770	9415005.449	473.152	TS
72	742813.600	9415006.471	473.300	TS
73	742810.209	9415008.611	473.422	TS
74	742806.914	9415010.617	473.613	TS
75	742805.375	9415010.499	473.496	TS
76	742803.717	9415010.409	473.758	TS
77	742801.225	9415011.819	473.641	TS
78	742797.994	9415013.782	473.942	TS
79	742800.760	9415013.192	473.698	TS
80	742795.342	9415014.500	474.062	TS
81	742792.189	9415017.379	474.070	TS

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
82	742790.731	9415016.543	474.255	TS
83	742788.875	9415017.316	474.281	TS
84	742787.045	9415018.603	474.404	TS
85	742782.918	9415021.757	474.572	TS
86	742785.430	9415019.796	474.528	TS
87	742780.069	9415023.911	474.673	TS
88	742776.785	9415027.007	475.015	TS
89	742773.471	9415028.667	475.198	TS
90	742770.841	9415029.875	475.309	TS
91	742769.109	9415031.509	475.260	TS
92	742768.476	9415032.781	475.264	TS
93	742765.325	9415034.789	475.344	TS
94	742762.893	9415035.916	475.392	TS
95	742759.940	9415036.734	475.627	TS
96	742757.585	9415039.164	475.256	TS
97	742754.188	9415040.991	475.419	TS
98	742752.381	9415042.817	475.312	TS
99	742749.867	9415044.082	475.400	TS
100	742747.071	9415045.665	475.406	TS
101	742748.201	9415044.467	475.517	TS
102	742744.316	9415047.965	475.603	TS
103	742741.207	9415050.384	475.741	TS
104	742740.755	9415051.442	475.633	TS
105	742738.424	9415053.874	475.576	TS
106	742735.202	9415055.776	475.643	TS
107	742731.625	9415057.622	475.860	TS
108	742729.532	9415058.993	475.716	TS
109	742727.180	9415061.280	475.662	TS
110	742724.716	9415063.549	475.631	TS
111	742722.819	9415066.388	475.456	TS
112	742720.762	9415068.746	475.468	TS
113	742717.306	9415071.501	475.707	TS
114	742715.139	9415073.655	475.378	TS
115	742713.120	9415075.814	475.264	TS
116	742710.857	9415076.752	475.363	TS
117	742710.328	9415078.547	475.354	TS
118	742706.865	9415081.285	475.389	TS
119	742705.141	9415081.956	475.505	TS
120	742703.363	9415083.955	475.649	TS
121	742704.269	9415082.938	474.919	TS
122	742710.610	9415074.159	475.630	TN
123	742706.302	9415077.723	475.686	TN
124	742715.295	9415070.485	475.606	TN
125	742719.377	9415065.746	475.927	TN
126	742724.236	9415061.977	475.912	TN
127	742727.994	9415058.590	475.926	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
128	742733.393	9415054.425	475.951	TN
129	742739.037	9415050.340	475.932	TN
130	742742.226	9415047.977	475.907	TN
131	742747.005	9415044.747	475.748	TN
132	742750.311	9415042.370	475.654	TN
133	742755.085	9415039.805	475.700	TN
134	742759.320	9415036.658	475.617	TN
135	742764.691	9415033.477	475.775	TN
136	742768.686	9415030.648	475.448	TN
137	742773.746	9415027.703	475.327	TN
138	742777.246	9415025.004	475.144	TN
139	742780.597	9415022.962	474.817	TN
140	742784.354	9415020.267	474.713	TN
141	742788.381	9415017.506	474.386	TN
142	742790.330	9415016.297	474.322	TN
143	742793.674	9415014.756	474.268	TN
144	742798.129	9415012.906	474.069	TN
145	742801.096	9415011.329	473.947	TN
146	742806.405	9415009.195	473.629	TN
147	742810.641	9415007.278	473.483	TN
148	742815.601	9415005.073	473.189	TN
149	742818.565	9415003.813	473.129	TN
150	742823.743	9415001.560	472.814	TN
151	742821.701	9415002.362	472.979	TN
152	742829.654	9415000.021	472.678	TN
153	742836.202	9414997.257	472.407	TN
154	742841.926	9414995.850	472.160	TN
155	742836.025	9414980.474	474.313	ROCA
156	742820.097	9414988.390	476.688	ROCA
157	742805.490	9414995.974	479.801	ROCA
158	742796.911	9415000.596	481.752	ROCA
159	742790.049	9415004.177	482.832	ROCA
160	742784.780	9415007.729	484.003	ROCA
161	742779.430	9415011.422	483.932	ROCA
162	742842.845	9414975.209	477.621	ROCA
163	742820.729	9414986.368	479.056	ROCA
164	742809.581	9414991.590	481.927	ROCA
165	742795.078	9414999.684	484.614	ROCA
166	742787.362	9415004.440	486.505	ROCA
167	742841.112	9414974.123	485.128	ROCA
168	742823.266	9414983.020	485.612	ROCA
169	742818.028	9414984.779	496.496	ROCA
170	742809.391	9414989.543	496.529	ROCA
171	742803.480	9414991.637	497.194	ROCA
172	742797.078	9414995.149	498.364	ROCA
173	742792.257	9414997.112	498.713	ROCA

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
174	742784.637	9415008.510	478.531	ROCA
175	742780.360	9415011.996	479.226	ROCA
176	742773.653	9415016.324	479.526	ROCA
177	742771.890	9415017.699	477.386	ROCA
178	742768.448	9415020.200	478.903	ROCA
179	742763.323	9415023.524	479.802	ROCA
180	742759.238	9415025.833	480.933	ROCA
181	742761.830	9415023.433	485.553	ROCA
182	742764.334	9415018.853	488.755	ROCA
183	742770.778	9415015.578	486.588	ROCA
184	742750.895	9415030.115	479.456	ROCA
185	742752.740	9415029.137	477.543	ROCA
186	742752.671	9415028.115	485.341	ROCA
187	742735.775	9415038.927	487.678	ROCA
188	742727.904	9415043.731	483.821	ROCA
189	742722.750	9415047.700	481.815	ROCA
190	742748.414	9415032.030	478.332	ROCA
191	742646.845	9415145.106	473.461	PLAT
192	742636.292	9415139.946	473.643	PLAT
193	742640.786	9415142.108	473.838	PLAT
194	742639.646	9415133.377	473.856	PLAT
195	742643.937	9415135.807	474.091	PLAT
196	742642.735	9415127.673	474.253	PLAT
197	742650.408	9415139.582	473.680	PLAT
198	742647.593	9415130.069	474.334	PLAT
199	742654.182	9415134.716	473.824	PLAT
200	742651.191	9415123.944	474.550	PLAT
201	742658.100	9415128.983	474.117	PLAT
202	742647.088	9415121.116	474.298	PLAT
203	742662.088	9415122.809	474.364	PLAT
204	742651.211	9415115.094	474.681	PLAT
205	742655.984	9415118.336	474.733	PLAT
206	742654.970	9415110.353	474.778	PLAT
207	742659.397	9415113.938	474.881	PLAT
208	742658.610	9415105.909	474.952	PLAT
209	742665.571	9415118.318	474.565	PLAT
210	742663.043	9415108.853	475.024	PLAT
211	742668.920	9415113.668	474.700	PLAT
212	742667.900	9415102.636	475.185	PLAT
213	742674.018	9415107.392	474.934	PLAT
214	742664.400	9415098.880	475.067	PLAT
215	742679.218	9415101.411	475.083	PLAT
216	742670.138	9415092.824	475.138	PLAT
217	742673.878	9415096.235	475.365	PLAT
218	742674.795	9415087.896	475.194	PLAT
219	742678.853	9415091.136	475.520	PLAT

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
220	742679.347	9415083.564	475.281	PLAT
221	742684.240	9415095.850	475.256	PLAT
222	742683.519	9415086.979	475.548	PLAT
223	742688.216	9415091.778	475.319	PLAT
224	742688.804	9415082.120	475.568	PLAT
225	742693.513	9415087.401	475.365	PLAT
226	742685.659	9415077.598	475.461	PLAT
227	742698.607	9415083.041	475.376	PLAT
228	742694.079	9415077.793	475.596	PLAT
229	742690.243	9415073.588	475.546	PLAT
230	742698.943	9415073.946	475.618	PLAT
231	742695.074	9415068.983	475.512	PLAT
232	742701.533	9415085.576	475.518	TS
233	742698.232	9415088.866	475.664	TS
234	742695.444	9415090.759	475.658	TS
235	742693.990	9415093.157	475.350	TS
236	742691.352	9415095.637	475.378	TS
237	742689.384	9415098.362	475.312	TS
238	742686.814	9415100.620	475.431	TS
239	742684.613	9415102.723	475.165	TS
240	742681.962	9415105.052	475.330	TS
241	742680.026	9415107.831	474.933	TS
242	742677.182	9415109.526	475.132	TS
243	742674.892	9415112.469	474.890	TS
244	742672.579	9415114.837	474.908	TS
245	742670.551	9415117.284	474.674	TS
246	742668.902	9415117.831	474.613	TS
247	742667.085	9415120.873	474.551	TS
248	742665.116	9415123.655	474.525	TS
249	742662.915	9415126.098	474.567	TS
250	742661.250	9415128.726	474.492	TS
251	742658.387	9415131.534	474.303	TS
252	742656.631	9415134.092	474.223	TS
253	742655.073	9415136.134	474.050	TS
254	742653.524	9415139.160	473.881	TS
255	742652.834	9415137.470	473.984	TN
256	742656.161	9415132.843	474.205	TN
257	742658.782	9415128.855	474.448	TN
258	742661.933	9415124.680	474.495	TN
259	742664.656	9415120.586	474.823	TN
260	742668.368	9415116.305	474.941	TN
261	742671.540	9415112.335	475.134	TN
262	742674.475	9415108.021	475.300	TN
263	742678.869	9415103.252	475.485	TN
264	742681.417	9415100.207	475.633	TN
265	742686.083	9415095.814	475.596	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
266	742689.890	9415092.318	475.705	TN
267	742693.089	9415088.673	475.704	TN
268	742696.768	9415085.679	475.810	TN
269	742700.900	9415082.368	475.696	TN
270	742703.180	9415080.268	475.849	TN
271	742705.668	9415078.488	475.673	TN
272	742698.849	9415065.366	479.027	ROCA
273	742697.429	9415063.414	488.689	ROCA
274	742708.168	9415057.117	485.561	ROCA
275	742712.580	9415053.016	491.475	ROCA
276	742727.273	9415043.993	488.309	ROCA
277	742690.005	9415072.691	478.445	ROCA
278	742689.128	9415072.705	486.220	ROCA
279	742687.302	9415072.310	493.682	ROCA
280	742683.282	9415078.931	485.790	ROCA
281	742679.030	9415083.310	486.497	ROCA
282	742670.731	9415089.479	491.758	ROCA
283	742664.398	9415098.242	486.560	ROCA
284	742663.182	9415098.301	494.807	ROCA
285	742652.850	9415109.951	481.694	ROCA
286	742653.856	9415108.204	487.926	ROCA
287	742646.064	9415118.541	485.491	ROCA
288	742650.843	9415114.460	480.505	ROCA
289	742642.507	9415126.113	479.123	ROCA
290	742658.468	9415105.235	478.505	ROCA
291	742637.830	9415131.358	483.269	ROCA
292	742638.121	9415132.199	479.440	ROCA
293	742637.238	9415136.907	476.537	ROCA
294	742662.074	9415097.426	500.352	ROCA
295	742673.427	9415085.914	494.948	ROCA
296	742681.980	9415076.748	494.631	ROCA
297	742701.952	9415076.837	475.519	R
298	742632.808	9415140.206	480.257	ROCA
299	742635.495	9415137.413	481.120	ROCA
300	742636.411	9415137.190	478.147	ROCA
301	742640.071	9415128.688	481.154	ROCA
302	742635.911	9415139.787	476.017	ROCA
303	742638.413	9415134.447	476.276	ROCA
304	742638.251	9415135.851	473.758	PLAT
305	742643.373	9415138.941	473.929	PLAT
306	742649.383	9415141.958	473.549	PLAT
307	742645.983	9415148.317	473.365	PLAT
308	742640.061	9415145.753	473.684	PLAT
309	742635.144	9415143.663	473.594	PLAT
310	742631.253	9415151.911	473.380	PLAT
311	742635.291	9415153.365	473.462	PLAT

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
312	742641.686	9415156.418	473.059	PLAT
313	742638.798	9415162.532	472.826	PLAT
314	742632.079	9415160.029	473.206	PLAT
315	742628.551	9415158.630	473.037	PLAT
316	742625.640	9415164.843	472.854	PLAT
317	742629.807	9415166.228	472.992	PLAT
318	742636.061	9415168.615	472.545	PLAT
319	742633.472	9415175.341	472.372	PLAT
320	742626.961	9415172.635	472.743	PLAT
321	742623.081	9415170.938	472.649	PLAT
322	742620.345	9415177.161	472.423	PLAT
323	742624.491	9415178.205	472.528	PLAT
324	742631.224	9415180.759	472.212	PLAT
325	742629.280	9415186.611	472.043	PLAT
326	742622.410	9415183.797	472.277	PLAT
327	742618.102	9415182.530	472.167	PLAT
328	742616.065	9415188.908	471.856	PLAT
329	742620.619	9415189.992	472.020	PLAT
330	742627.179	9415192.511	471.838	PLAT
331	742625.766	9415196.690	471.695	PLAT
332	742619.557	9415193.836	471.884	PLAT
333	742616.564	9415192.838	471.764	PLAT
334	742615.638	9415190.367	471.987	PLAT
335	742615.449	9415197.634	471.733	PLAT
336	742618.472	9415198.440	471.744	PLAT
337	742624.405	9415200.483	471.588	PLAT
338	742622.694	9415205.655	471.445	PLAT
339	742617.225	9415203.219	471.594	PLAT
340	742612.443	9415201.072	471.339	PLAT
341	742612.836	9415198.260	472.062	PLAT
342	742624.014	9415206.401	471.604	TS
343	742624.875	9415202.198	471.587	TS
344	742627.505	9415196.587	471.984	TS
345	742629.266	9415192.322	472.021	TS
346	742629.996	9415187.406	472.095	TS
347	742632.076	9415183.967	472.303	TS
348	742633.885	9415180.247	472.244	TS
349	742634.378	9415177.584	472.405	TS
350	742634.269	9415175.865	472.556	TS
351	742636.038	9415172.847	472.675	TS
352	742636.893	9415169.264	472.644	TS
353	742638.374	9415166.311	472.748	TS
354	742639.851	9415163.075	472.927	TS
355	742641.601	9415159.981	473.231	TS
356	742643.448	9415157.554	473.234	TS
357	742645.186	9415154.493	473.404	TS

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
358	742646.918	9415150.747	473.571	TS
359	742648.483	9415148.307	473.689	TS
360	742650.276	9415143.532	473.571	TS
361	742652.224	9415141.086	473.743	TS
362	742653.622	9415138.867	473.794	TS
363	742655.194	9415136.462	473.935	TS
364	742653.924	9415135.844	474.016	TN
365	742652.073	9415139.174	473.776	TN
366	742650.003	9415142.145	473.642	TN
367	742647.718	9415145.938	473.578	TN
368	742645.749	9415150.259	473.515	TN
369	742643.860	9415154.024	473.390	TN
370	742641.285	9415158.882	473.242	TN
371	742638.930	9415163.222	472.988	TN
372	742636.839	9415167.460	472.643	TN
373	742635.196	9415172.093	472.680	TN
374	742633.254	9415177.099	472.539	TN
375	742631.351	9415182.099	472.374	TN
376	742629.480	9415187.212	472.238	TN
377	742627.587	9415192.862	472.099	TN
378	742625.973	9415197.876	472.004	TN
379	742623.888	9415203.186	471.597	TN
380	742623.364	9415206.941	471.762	TN
381	742621.609	9415210.993	471.452	TN
382	742622.857	9415211.588	471.200	TS
383	742623.690	9415208.569	471.319	TS
384	742622.379	9415209.325	471.572	A4
385	742629.137	9415156.212	473.978	TN
386	742630.840	9415152.178	474.098	TN
387	742629.647	9415154.802	473.643	TN
388	742623.241	9415162.276	478.135	TN
389	742623.820	9415159.026	479.624	TN
390	742624.333	9415155.326	479.319	TN
391	742625.162	9415156.227	477.685	TN
392	742627.124	9415152.707	476.539	TN
393	742625.824	9415151.605	477.889	TN
394	742624.853	9415150.358	479.357	TN
395	742632.407	9415148.716	474.373	TN
396	742633.508	9415146.260	474.457	TN
397	742634.616	9415143.086	474.678	TN
398	742639.318	9415133.148	476.367	TN
399	742631.614	9415145.781	476.140	TN
400	742627.772	9415149.020	478.065	TN
401	742628.648	9415148.373	479.525	TN
402	742611.306	9415190.066	476.595	TN
403	742613.354	9415192.448	476.029	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
404	742613.055	9415193.871	476.880	TN
405	742612.981	9415195.262	475.455	TN
406	742615.264	9415192.349	474.336	TN
407	742616.130	9415192.940	474.185	TN
408	742634.268	9415149.336	473.537	R
409	742615.515	9415195.836	473.929	TN
410	742612.839	9415197.392	474.101	TN
411	742611.721	9415185.064	478.847	TN
412	742620.406	9415173.812	473.981	TN
413	742621.908	9415163.795	477.794	TN
414	742618.769	9415163.045	481.794	TN
415	742618.210	9415161.217	484.623	TN
416	742618.981	9415169.840	476.501	TN
417	742623.874	9415161.998	476.438	TN
418	742616.309	9415165.955	478.946	TN
419	742617.314	9415182.672	473.744	TN
420	742618.688	9415179.392	473.202	TN
421	742603.698	9415221.242	472.148	TN
422	742606.456	9415215.243	472.289	TN
423	742607.502	9415211.241	472.706	TN
424	742608.574	9415208.814	472.629	TN
425	742609.324	9415207.042	472.585	TN
426	742610.532	9415203.073	472.572	TN
427	742611.820	9415200.025	474.039	TN
428	742612.631	9415196.993	474.606	TN
429	742610.763	9415199.741	475.529	TN
430	742602.477	9415214.474	474.235	TN
431	742603.874	9415212.677	473.464	TN
432	742604.936	9415210.067	473.840	TN
433	742605.697	9415208.068	474.168	TN
434	742606.816	9415206.251	474.476	TN
435	742607.605	9415204.947	474.774	TN
436	742607.747	9415203.608	474.745	TN
437	742609.306	9415202.003	474.490	TN
438	742604.198	9415201.539	478.252	TN
439	742603.011	9415202.961	478.790	TN
440	742602.979	9415203.798	480.045	TN
441	742603.065	9415209.026	478.834	TN
442	742602.287	9415212.618	479.061	TN
443	742601.983	9415213.770	478.387	TN
444	742597.808	9415215.531	481.008	TN
445	742595.159	9415217.777	482.165	TN
446	742594.766	9415220.095	480.705	TN
447	742597.932	9415216.232	479.226	TN
448	742600.075	9415215.055	477.700	TN
449	742601.892	9415216.661	474.362	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
450	742602.105	9415219.019	473.934	TN
451	742602.200	9415223.217	472.852	TN
452	742619.803	9415212.872	471.131	PLAT
453	742614.526	9415210.775	471.305	PLAT
454	742609.101	9415208.758	471.077	PLAT
455	742607.402	9415214.602	470.841	PLAT
456	742612.533	9415215.931	471.093	PLAT
457	742618.627	9415217.464	470.918	PLAT
458	742617.009	9415223.085	470.660	PLAT
459	742610.121	9415221.640	470.831	PLAT
460	742604.835	9415219.535	470.820	PLAT
461	742620.059	9415223.882	470.519	TS
462	742621.615	9415219.769	470.575	TS
463	742622.065	9415216.349	470.807	TS
464	742622.826	9415212.869	470.953	TS
465	742623.916	9415205.277	471.465	TS
466	742623.269	9415203.837	471.405	TS
467	742623.860	9415203.751	471.441	TS
468	742623.860	9415204.402	471.005	TN
469	742797.644	9415017.163	471.044	ROCA
470	742786.802	9415023.938	470.291	ROCA
471	742774.475	9415031.558	469.856	ROCA
472	742765.046	9415039.780	469.406	ROCA
473	742741.583	9415054.539	470.805	ROCA
474	742732.056	9415064.126	470.679	ROCA
475	742721.717	9415073.525	471.635	ROCA
476	742740.644	9415055.620	469.461	ROCA
477	742748.958	9415050.304	467.823	ROCA
478	742763.109	9415042.760	465.424	ROCA
479	742771.078	9415037.453	465.571	ROCA
480	742787.349	9415032.777	462.575	ROCA
481	742800.222	9415030.573	458.756	ROCA
482	742786.584	9415021.598	473.060	ROCA
483	742780.892	9415024.712	473.692	ROCA
484	742769.446	9415037.745	466.408	ROCA
485	742749.108	9415045.353	474.454	ROCA
486	742838.539	9415011.723	462.309	TN
487	742814.787	9415020.489	460.335	TN
488	742804.196	9415029.627	458.339	TN
489	742781.628	9415042.071	457.362	TN
490	742770.142	9415049.906	457.293	TN
491	742759.781	9415056.465	457.441	TN
492	742746.455	9415070.432	457.565	TN
493	742731.807	9415083.888	458.202	TN
494	742710.327	9415103.202	459.760	TN
495	742725.722	9415097.721	453.662	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
496	742735.874	9415087.911	453.362	TN
497	742759.241	9415064.639	452.146	TN
498	742764.913	9415060.023	452.119	TN
499	742769.498	9415056.761	452.104	TN
500	742794.162	9415044.068	451.402	TN
501	742813.825	9415032.880	451.376	TN
502	742846.956	9415021.821	450.532	TN
503	742700.318	9415102.870	465.011	TN
504	742847.729	9415022.305	449.915	TN
505	742835.378	9415027.975	449.395	TN
506	742820.366	9415031.765	450.115	TN
507	742796.023	9415047.412	448.582	TN
508	742783.195	9415050.731	449.811	TN
509	742761.858	9415066.148	450.209	TN
510	742746.028	9415079.486	451.030	TN
511	742729.610	9415099.490	450.075	TN
512	742716.757	9415109.212	451.315	TN
513	742691.910	9415137.050	450.444	TN
514	742717.913	9415071.873	475.169	TN
515	742713.139	9415086.895	468.253	TN
516	742849.352	9415030.179	447.017	RIO
517	742843.392	9415031.517	446.941	RIO
518	742836.063	9415034.210	446.986	RIO
519	742828.486	9415034.717	446.995	RIO
520	742818.762	9415038.445	447.012	RIO
521	742809.354	9415042.909	447.041	RIO
522	742799.662	9415047.468	447.123	RIO
523	742792.255	9415051.973	447.082	RIO
524	742784.651	9415058.993	447.177	RIO
525	742776.215	9415061.885	447.104	RIO
526	742768.733	9415069.096	447.116	RIO
527	742761.990	9415074.054	447.204	RIO
528	742754.090	9415079.382	447.154	RIO
529	742749.565	9415085.464	447.119	RIO
530	742741.260	9415098.079	447.160	RIO
531	742731.873	9415106.074	447.181	RIO
532	742724.979	9415112.735	447.274	RIO
533	742719.165	9415118.156	447.431	RIO
534	742705.310	9415131.141	447.544	RIO
535	742690.850	9415146.920	447.517	RIO
536	742690.587	9415145.363	447.734	RIO
537	742773.562	9415029.912	474.578	ROCA
538	742761.662	9415037.972	474.014	ROCA
539	742740.714	9415053.212	474.397	ROCA
540	742655.071	9415210.280	449.577	TN
541	742656.986	9415205.515	449.202	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
542	742658.197	9415197.294	449.654	TN
543	742659.138	9415190.020	450.212	TN
544	742662.746	9415183.688	449.869	TN
545	742665.283	9415177.245	450.081	TN
546	742667.547	9415173.221	449.990	TN
547	742671.348	9415166.184	449.531	TN
548	742675.946	9415169.432	447.116	TN
549	742674.001	9415174.527	447.118	TN
550	742672.401	9415180.549	447.160	TN

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
551	742669.443	9415184.214	447.091	TN
552	742667.465	9415188.297	447.118	TN
553	742666.086	9415193.911	447.123	TN
554	742663.468	9415200.740	447.131	TN
555	742662.435	9415207.673	447.159	TN
556	742662.058	9415210.760	447.150	TN
557	742712.049	9415090.859	465.410	TN

LEYENDA DE DESCRIPCION DE PUNTOS:

TN:	Terreno Natural
TI:	Talud Inferior
TS:	Talud Superior
RIO:	Rio
ROCA:	Talud Rocoso
PLAT.:	Puntos de Plataforma

METRADO DE EXPLANACIONES DEL PROYECTO

PROGRESIVA	ECUAC.	DIST.	AREAS (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CLASIFICACION			VOLUMEN DE CORTE (m ³)		
	EMP.	(m)	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	MS	RS	RF	MS	RS	RF
05+500.00	-	20.00	2.46	2.67	52.90	40.10	100%	0%	0%	52.90	-	-
05+520.00	-	20.00	1.77	3.79	42.30	64.60	100%	0%	0%	42.30	-	-
05+540.00	-	20.00	1.48	2.79	32.50	65.80	100%	0%	0%	32.50	-	-
05+560.00	-	20.00	1.53	3.67	30.10	64.60	100%	0%	0%	30.10	-	-
05+570.00	-	10.00	0.34	4.11	9.35	38.90	100%	0%	0%	9.35	-	-
05+580.00	-	10.00	0.26	5.62	3.00	48.65	100%	0%	0%	3.00	-	-
05+590.00	-	10.00	0.18	7.26	2.20	64.40	100%	0%	0%	2.20	-	-
05+600.00	-	10.00	0.24	3.11	2.10	51.85	100%	0%	0%	2.10	-	-
05+610.00	-	10.00	0.94	1.34	5.90	22.25	100%	0%	0%	5.90	-	-
05+620.00	-	10.00	0.88	1.38	9.10	13.60	100%	0%	0%	9.10	-	-
05+640.00	-	20.00	1.19	0.92	20.70	23.00	100%	0%	0%	20.70	-	-
05+660.00	-	20.00	3.55	0.34	47.40	12.60	100%	0%	0%	47.40	-	-
05+670.00	-	10.00	3.73	0.22	36.40	2.80	100%	0%	0%	36.40	-	-
05+680.00	-	10.00	3.96	0.58	38.45	4.00	100%	0%	0%	38.45	-	-
05+690.00	-	10.00	5.01	0.46	44.85	5.20	100%	0%	0%	44.85	-	-
05+700.00	-	10.00	4.78	0.68	48.95	5.70	100%	0%	0%	48.95	-	-
05+710.00	-	10.00	5.35	0.08	50.65	3.80	100%	0%	0%	50.65	-	-
05+720.00	-	10.00	6.50	0.02	59.25	0.50	100%	0%	0%	59.25	-	-
05+730.00	-	10.00	0.01	2.71	32.55	13.65	100%	0%	0%	32.55	-	-
05+740.00	-	10.00	0.00	2.11	0.03	24.10	100%	0%	0%	0.03	-	-
05+750.00	-	10.00	0.00	4.47	-	32.90	100%	0%	0%	-	-	-
05+760.00	-	10.00	0.01	5.43	0.03	49.50	100%	0%	0%	0.03	-	-
05+770.00	-	10.00	0.02	5.26	0.15	53.45	100%	0%	0%	0.15	-	-
05+780.00	-	10.00	0.05	4.40	0.35	48.30	100%	0%	0%	0.35	-	-
05+790.00	-	10.00	0.20	2.59	1.25	34.95	0%	0%	100%	-	-	1.25
05+800.00	-	10.00	0.84	1.10	5.20	18.45	0%	0%	100%	-	-	5.20
05+810.00	-	10.00	3.46	0.71	21.50	9.05	0%	0%	100%	-	-	21.50
05+820.00	-	10.00	0.63	0.58	20.45	6.45	0%	0%	100%	-	-	20.45
05+840.00	-	20.00	1.88	-	25.10	2.90	0%	0%	100%	-	-	25.10
05+860.00	-	20.00	2.57	0.51	44.50	2.55	0%	0%	100%	-	-	44.50
05+880.00	-	20.00	22.38	7.60	249.50	81.10	0%	0%	100%	-	-	249.50
05+900.00	-	20.00	0.73	0.92	231.10	85.20	0%	0%	100%	-	-	231.10
05+920.00	-	20.00	1.96	2.33	26.90	32.50	0%	0%	100%	-	-	26.90
05+940.00	-	20.00	1.84	2.86	38.00	51.90	0%	0%	100%	-	-	38.00
05+950.00	-	10.00	0.90	1.82	13.70	23.40	0%	0%	100%	-	-	13.70
05+960.00	-	10.00	0.33	0.93	6.15	13.75	0%	0%	100%	-	-	6.15
05+970.00	-	10.00	5.79	0.20	30.60	5.65	0%	0%	100%	-	-	30.60
05+980.00	-	10.00	33.22	-	195.05	0.50	0%	0%	100%	-	-	195.05
05+990.00	-	10.00	58.84	0.03	460.30	0.08	0%	0%	100%	-	-	460.30
06+000.00	-	10.00	76.87	-	678.55	0.08	0%	0%	100%	-	-	678.55
Km 05+500 - Km 06+000					2,617.06	1,122.76				569.21		2,047.85
06+010.00	-	10.00	84.68	-	807.75	-	0%	0%	100%	-	-	807.75
06+020.00	-	10.00	79.86	-	822.70	-	0%	0%	100%	-	-	822.70
06+030.00	-	10.00	59.67	-	697.65	-	0%	0%	100%	-	-	697.65
06+040.00	-	10.00	33.11	0.06	463.90	0.15	0%	0%	100%	-	-	463.90
06+050.00	-	10.00	6.54	0.14	198.25	1.00	0%	0%	100%	-	-	198.25
06+060.00	-	10.00	11.56	-	90.50	0.35	0%	0%	100%	-	-	90.50
06+070.00	-	10.00	4.12	0.48	78.40	1.20	0%	0%	100%	-	-	78.40
06+080.00	-	10.00	1.75	1.12	29.35	8.00	0%	0%	100%	-	-	29.35
06+090.00	-	10.00	1.31	1.51	15.30	13.15	0%	0%	100%	-	-	15.30
06+100.00	-	10.00	1.43	1.22	13.70	13.65	0%	0%	100%	-	-	13.70
06+110.00	-	10.00	1.71	0.93	15.70	10.75	0%	0%	100%	-	-	15.70
06+120.00	-	10.00	2.17	1.41	19.40	11.70	0%	0%	100%	-	-	19.40
06+130.00	-	10.00	1.89	1.93	20.30	16.70	0%	0%	100%	-	-	20.30
06+140.00	-	10.00	1.43	2.20	16.60	20.65	0%	0%	100%	-	-	16.60
06+150.00	-	10.00	0.71	2.52	10.70	23.60	0%	0%	100%	-	-	10.70
06+160.00	-	10.00	0.13	2.22	4.20	23.70	0%	0%	100%	-	-	4.20
06+170.00	-	10.00	0.07	3.71	1.00	29.65	0%	0%	100%	-	-	1.00
06+180.00	-	10.00	0.06	3.87	0.65	37.90	0%	0%	100%	-	-	0.65
06+190.00	-	10.00	2.11	4.24	10.85	40.55	100%	0%	0%	10.85	-	-
06+200.00	-	10.00	2.70	4.54	24.05	43.90	100%	0%	0%	24.05	-	-
06+210.00	-	10.00	1.89	4.38	22.95	44.60	100%	0%	0%	22.95	-	-
06+220.00	-	10.00	0.17	3.47	10.30	39.25	100%	0%	0%	10.30	-	-
06+230.00	-	10.00	1.83	2.93	10.00	32.00	100%	0%	0%	10.00	-	-
06+240.00	-	10.00	5.04	2.33	34.35	26.30	100%	0%	0%	34.35	-	-
06+260.00	-	20.00	1.02	1.78	60.60	41.10	100%	0%	0%	60.60	-	-
06+280.00	-	20.00	0.22	1.71	12.40	34.90	100%	0%	0%	12.40	-	-
06+300.00	-	20.00	0.12	1.45	3.40	31.60	100%	0%	0%	3.40	-	-
06+320.00	-	20.00	5.86	0.90	59.80	23.50	100%	0%	0%	59.80	-	-
06+340.00	-	20.00	2.68	3.18	85.40	40.80	100%	0%	0%	85.40	-	-
06+360.00	-	20.00	6.72	2.48	94.00	56.60	100%	0%	0%	94.00	-	-
06+370.00	-	10.00	5.25	1.54	59.85	20.10	100%	0%	0%	59.85	-	-
06+380.00	-	10.00	7.23	0.32	62.40	9.30	100%	0%	0%	62.40	-	-
06+390.00	-	10.00	9.70	0.31	84.65	3.15	20%	40%	40%	16.93	33.86	33.86
06+400.00	-	10.00	11.76	-	107.30	0.78	20%	40%	40%	21.46	42.92	42.92
06+410.00	-	10.00	10.20	-	109.80	-	20%	40%	40%	21.96	43.92	43.92
06+420.00	-	10.00	5.98	2.10	80.90	5.25	20%	40%	40%	16.18	32.36	32.36
06+430.00	-	10.00	3.09	6.72	45.35	44.10	20%	40%	40%	9.07	18.14	18.14
06+440.00	-	10.00	8.60	-	58.45	16.80	20%	40%	40%	11.69	23.38	23.38

METRADO DE EXPLANACIONES DEL PROYECTO

PROGRESIVA	ECUAC.	DIST.	AREAS (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CLASIFICACION			VOLUMEN DE CORTE (m ³)		
	EMP.	(m)	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	MS	RS	RF	MS	RS	RF
06+450.00	-	10.00	12.46	-	105.30	-	20%	40%	40%	21.06	42.12	42.12
06+460.00	-	10.00	13.35	-	129.05	-	20%	40%	40%	25.81	51.62	51.62
06+470.00	-	10.00	9.58	-	114.65	-	20%	40%	40%	22.93	45.86	45.86
06+480.00	-	10.00	5.32	0.14	74.50	0.35	70%	30%		52.15	22.35	-
06+490.00	-	10.00	1.88	0.15	36.00	1.45	70%	30%		25.20	10.80	-
06+500.00	-	10.00	0.40	0.28	11.40	2.15	100%			11.40	-	-
Km 06+000 - Km 07+000					4,813.75	770.68				806.19	367.33	3,640.23
TOTAL					7,430.81	1,893.44				1,375.40	367.33	5,688.08

METRADO DE EXPLANACIONES DE REPLANTEO

PROGRESIVA	ECUAC.	DIST.	AREAS (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CLASIFICACION			VOLUMEN DE CORTE (m ³)		
	EMP.	(m)	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	MS	RS	RF	MS	RS	RF
05+500.00	-	20.00	2.46	2.67	52.90	40.10	100%	0%	0%	52.90	-	-
05+520.00	-	20.00	1.77	3.79	42.30	64.60	100%	0%	0%	42.30	-	-
05+540.00	-	20.00	1.48	2.79	32.50	65.80	100%	0%	0%	32.50	-	-
05+560.00	-	20.00	1.53	3.67	30.10	64.60	100%	0%	0%	30.10	-	-
05+570.00	-	10.00	0.34	4.11	9.35	38.90	100%	0%	0%	9.35	-	-
05+580.00	-	10.00	0.26	5.62	3.00	48.65	100%	0%	0%	3.00	-	-
05+590.00	-	10.00	0.18	7.26	2.20	64.40	100%	0%	0%	2.20	-	-
05+600.00	-	10.00	0.24	3.11	2.10	51.85	100%	0%	0%	2.10	-	-
05+610.00	-	10.00	0.94	1.34	5.90	22.25	100%	0%	0%	5.90	-	-
05+620.00	-	10.00	0.88	1.38	9.10	13.60	100%	0%	0%	9.10	-	-
05+640.00	-	20.00	1.19	0.92	20.70	23.00	100%	0%	0%	20.70	-	-
05+660.00	-	20.00	3.55	0.34	47.40	12.60	100%	0%	0%	47.40	-	-
05+670.00	-	10.00	3.73	0.22	36.40	2.80	100%	0%	0%	36.40	-	-
05+680.00	-	10.00	3.96	0.58	38.45	4.00	100%	0%	0%	38.45	-	-
05+690.00	-	10.00	5.01	0.46	44.85	5.20	100%	0%	0%	44.85	-	-
05+700.00	-	10.00	4.78	0.68	48.95	5.70	100%	0%	0%	48.95	-	-
05+710.00	-	10.00	5.35	0.08	50.65	3.80	100%	0%	0%	50.65	-	-
05+720.00	-	10.00	6.50	0.02	59.25	0.50	100%	0%	0%	59.25	-	-
05+730.00	-	10.00	6.55	0.02	65.25	0.20	100%	0%	0%	65.25	-	-
05+740.00	-	10.00	5.51	0.24	60.30	1.30	100%	0%	0%	60.30	-	-
05+750.00	-	10.00	6.02	-	57.65	0.60	100%	0%	0%	57.65	-	-
05+760.00	-	10.00	5.01	0.16	55.15	0.40	100%	0%	0%	55.15	-	-
05+770.00	-	10.00	5.54	0.09	52.75	1.25	100%	0%	0%	52.75	-	-
05+780.00	-	10.00	5.75	0.15	56.45	1.20	100%	0%	0%	56.45	-	-
05+790.00	-	10.00	6.28	-	60.15	0.38	0%	0%	100%	-	-	60.15
05+800.00	-	10.00	7.42	-	68.50	-	0%	0%	100%	-	-	68.50
05+810.00	-	10.00	8.68	-	80.50	-	0%	0%	100%	-	-	80.50
05+820.00	-	10.00	11.00	-	98.40	-	0%	0%	100%	-	-	98.40
05+840.00	-	20.00	10.86	-	218.60	-	0%	0%	100%	-	-	218.60
05+860.00	-	20.00	11.18	0.07	220.40	0.35	0%	0%	100%	-	-	220.40
05+880.00	-	20.00	6.03	0.34	172.10	4.10	0%	0%	100%	-	-	172.10
05+900.00	-	20.00	2.27	-	83.00	1.70	0%	0%	100%	-	-	83.00
05+920.00	-	20.00	3.14	1.41	54.10	7.05	0%	0%	100%	-	-	54.10
05+940.00	-	20.00	4.56	2.02	77.00	34.30	0%	0%	100%	-	-	77.00
05+950.00	-	10.00	0.00	1.57	11.40	17.95	0%	0%	100%	-	-	11.40
05+960.00	-	10.00	0.00	0.74	-	11.55	0%	0%	100%	-	-	-
05+970.00	-	10.00	0.03	0.19	0.08	4.65	0%	0%	100%	-	-	0.08
05+980.00	-	10.00	0.97	0.25	5.00	2.20	0%	0%	100%	-	-	5.00
05+990.00	-	10.00	1.75	0.06	13.60	1.55	0%	0%	100%	-	-	13.60
06+000.00	-	10.00	2.62	0.02	21.85	0.40	0%	0%	100%	-	-	21.85
Km 05+500 - Km 06+000					2,068.33	623.48				883.65		1,184.68
06+010.00	-	10.00	4.99	-	38.05	0.05	0%	0%	100%	-	-	38.05
06+020.00	-	10.00	3.47	0.06	42.30	0.15	0%	0%	100%	-	-	42.30
06+030.00	-	10.00	3.04	0.14	32.55	1.00	0%	0%	100%	-	-	32.55
06+040.00	-	10.00	2.14	0.63	25.90	3.85	0%	0%	100%	-	-	25.90
06+050.00	-	10.00	1.63	0.80	18.85	7.15	0%	0%	100%	-	-	18.85
06+060.00	-	10.00	2.87	1.35	22.50	10.75	0%	0%	100%	-	-	22.50
06+070.00	-	10.00	1.28	1.43	20.75	13.90	0%	0%	100%	-	-	20.75
06+080.00	-	10.00	0.73	1.58	10.05	15.05	0%	0%	100%	-	-	10.05
06+090.00	-	10.00	0.41	2.08	5.70	18.30	0%	0%	100%	-	-	5.70
06+100.00	-	10.00	1.37	1.76	8.90	19.20	0%	0%	100%	-	-	8.90
06+110.00	-	10.00	16.85	1.41	91.10	15.85	0%	0%	100%	-	-	91.10
06+120.00	-	10.00	8.89	2.13	128.70	17.70	0%	0%	100%	-	-	128.70
06+130.00	-	10.00	14.87	2.36	118.80	22.45	0%	0%	100%	-	-	118.80
06+140.00	-	10.00	0.82	2.32	78.45	23.40	0%	0%	100%	-	-	78.45
06+150.00	-	10.00	0.51	3.07	6.65	26.95	0%	0%	100%	-	-	6.65
06+160.00	-	10.00	0.00	5.09	1.28	40.80	0%	0%	100%	-	-	1.28
06+170.00	-	10.00	0.00	5.03	-	50.60	0%	0%	100%	-	-	-
06+180.00	-	10.00	0.00	6.20	-	56.15	0%	0%	100%	-	-	-
06+190.00	-	10.00	0.00	4.25	-	52.25	100%	0%	0%	-	-	-
06+200.00	-	10.00	0.00	4.05	-	41.50	100%	0%	0%	-	-	-
06+210.00	-	10.00	0.00	5.66	-	48.55	100%	0%	0%	-	-	-
06+220.00	-	10.00	0.00	5.09	-	53.75	100%	0%	0%	-	-	-
06+230.00	-	10.00	0.00	3.55	-	43.20	100%	0%	0%	-	-	-
06+240.00	-	10.00	6.53	2.02	16.33	27.85	100%	0%	0%	16.33	-	-
06+260.00	-	20.00	0.28	1.47	68.10	34.90	100%	0%	0%	68.10	-	-
06+280.00	-	20.00	0.01	2.82	2.90	42.90	100%	0%	0%	2.90	-	-
06+300.00	-	20.00	0.02	1.63	0.30	44.50	100%	0%	0%	0.30	-	-
06+320.00	-	20.00	2.55	1.79	25.70	34.20	100%	0%	0%	25.70	-	-
06+340.00	-	20.00	1.65	4.50	42.00	62.90	100%	0%	0%	42.00	-	-
06+360.00	-	20.00	2.33	3.53	39.80	80.30	100%	0%	0%	39.80	-	-
06+370.00	-	10.00	4.48	2.52	34.05	30.25	100%	0%	0%	34.05	-	-
06+380.00	-	10.00	7.68	0.65	60.80	15.85	100%	0%	0%	60.80	-	-
06+390.00	-	10.00	10.46	0.23	90.70	4.40	20%	40%	40%	18.14	36.28	36.28
06+400.00	-	10.00	4.08	0.11	72.70	1.70	20%	40%	40%	14.54	29.08	29.08
06+410.00	-	10.00	10.80	0.06	74.40	0.85	20%	40%	40%	14.88	29.76	29.76
06+420.00	-	10.00	9.48	0.03	101.40	0.45	20%	40%	40%	20.28	40.56	40.56
06+430.00	-	10.00	10.30	0.04	98.90	0.35	20%	40%	40%	19.78	39.56	39.56
06+440.00	-	10.00	7.57	0.09	89.35	0.65	20%	40%	40%	17.87	35.74	35.74

METRADO DE EXPLANACIONES DE REPLANTEO

PROGRESIVA	ECUAC.	DIST.	AREAS (m ²)		VOLUMEN (m ³)		CLASIFICACION			VOLUMEN DE CORTE (m ³)		
	EMP.	(m)	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	MS	RS	RF	MS	RS	RF
06+450.00	-	10.00	9.77	0.01	86.70	0.50	20%	40%	40%	17.34	34.68	34.68
06+460.00	-	10.00	9.16	0.01	94.65	0.10	20%	40%	40%	18.93	37.86	37.86
06+470.00	-	10.00	8.42	0.03	87.90	0.20	20%	40%	40%	17.58	35.16	35.16
06+480.00	-	10.00	2.94	0.29	56.80	1.60	70%	30%		39.76	17.04	-
06+490.00	-	10.00	2.31	0.19	26.25	2.40	70%	30%		18.38	7.88	-
06+500.00	-	10.00	2.00	1.04	21.55	6.15	100%			21.55	-	-
Km 06+000 - Km 07+000					1,841.81	975.55				529.01	343.60	969.21
TOTAL					3,910.14	1,599.03				1,412.66	343.60	2,153.89