

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO PARA
INCREMENTAR LA SEGURIDAD VIAL Y REDUCIR LOS
ACCIDENTES – CARRETERA NAZCA - PÚQUIO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOSE ANTONIO SEVILLA GONZALES

Lima- Perú

2013

RESUMEN	- 3 -
LISTA DE TABLAS.....	- 4 -
LISTA DE FIGURAS	- 4 -
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	- 7 -
INTRODUCCIÓN	- 8 -
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y NORMATIVIDAD VIGENTE	- 9 -
1.1 NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO	- 9 -
1.1.1 Clasificación de Vía	- 9 -
1.1.2 Velocidad de Operación.....	- 10 -
1.1.3 Capacidad y Niveles de Servicio.....	- 11 -
1.1.4 Velocidad de Diseño	- 12 -
1.1.5 Vehículo de Diseño.....	- 13 -
1.1.6 Radio Mínimo Normal	- 15 -
1.1.7 Radio Mínimo en Curva de Volteo	- 16 -
1.1.8 Peralte	- 17 -
1.1.9 Pendientes.....	- 17 -
1.1.10 Sobreancho	- 18 -
1.1.11 Curvas de Transición	- 20 -
1.1.12 Tramos en Tangente.....	- 24 -
1.1.13 Visibilidad de Curvas Horizontales.....	- 25 -
1.1.14 Visibilidad de Curvas Verticales.....	- 25 -
1.2 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL.....	- 27 -
1.2.1 Señalización Vertical.....	- 27 -
1.2.2 Señalización Horizontal	- 30 -
1.2.3 Seguridad Vial	- 30 -

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA CARRETERA E IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON PROBLEMAS GEOMÉTRICOS.....	- 35 -
2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	- 35 -
2.2 ANALISIS DE ACCIDENTES.....	- 36 -
2.2.1 Factores para Prevención de Accidentes de Tránsito	- 38 -
2.3 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO.....	- 38 -
2.4 IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON DEFICIENCIAS GEOMÉTRICAS. -	41 -
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO PARA MEJORAR LA GEOMETRÍA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ECONÓMICA.....	- 53 -
3.1 CRITERIOS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO	- 53 -
3.1.1 Parámetros de Diseño	- 53 -
3.1.2 Sección Tipo.....	- 53 -
3.1.3 Recomendaciones de Diseño	- 54 -
3.2 PROGRAMAS DE CÓMPUTO UTILIZADOS.....	- 55 -
3.2.1 Programa Inroad XM.....	- 55 -
3.2.2 Autotrack	- 56 -
3.3 PLANTEAMIENTO DE MEJORA GEOMETRICA	- 56 -
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 68 -
4.1 CONCLUSIONES	- 68 -
4.2 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES	- 69 -
BIBLIOGRAFÍA	- 70 -
ANEXOS	- 71 -
ANEXO 01: MODELAMIENTO DE GIRO EN CURVAS DE VOLTEO	- 71
ANEXO 02: REGISTRO DE ACCIDENTES EN CARRETERA NAZCA - PÚQUIO	- 71
ANEXO 03: LISTADO DE LAS CURVAS CON DEFICIENCIAS GEOMÉTRICAS.....	- 71
ANEXO 04: PLANOS DE PLANTA Y PERFIL DE SECTORES PROCESADOS. -	71 -
ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO	- 71 -

RESUMEN

La mayoría de carreteras del Perú fueron aperturadas hace décadas, y a lo largo del tiempo han sido mejoradas parcialmente con las normas de esa época, debido a esto es preciso plantear las mejoras geométricas necesarias y suficientes según el nuevo requerimiento de tráfico proyectado. El problema de muchas vías, radican en el mal planteamiento de una intervención, es decir, cuando se toma la decisión de mejorar una carretera debe hacerse con un proyecto integral, donde el correcto diseño geométrico debe ir acompañado de una buena superficie de rodadura. Cuando la geometría de una carretera de mediano y alto tránsito es muy defectuosa, se corre el riesgo de accidentes causados por las malas maniobras de los conductores al enfrentarse a situaciones de incertidumbre, ya que la velocidad de los vehículos pesados disminuye considerablemente, muy por debajo de la velocidad de diseño y con mucha diferencia de la velocidad media de los vehículos ligeros, aumentando con ello el riesgo de colisión pues no hay una buena visibilidad con el vehículo que viene en sentido contrario en vías Bi-direccionales.

El objetivo principal es incrementar la seguridad vial de la carretera mediante el mejoramiento del diseño geométrico para que este acorde a la normatividad vigente y se ofrezca un mejor nivel de servicio, ayudando a reducir los accidentes. Teniendo muy claro cuáles son los parámetros de diseño que deben ajustarse, se tomarán las medidas de intervención con mejoras geométricas en los puntos críticos o en los lugares donde la probabilidad de ocurrencia es muy alta. El procedimiento consiste en plantear la mejora geométrica, aplicando correctamente la normativa vigente.

Los resultados obtenidos nos demuestran que existe una relación muy clara entre los accidentes y el mal diseño geométrico, con ello se demuestra también que los accidentes no disminuyen a pesar del mantenimiento de la superficie de rodadura y de la aplicación de controles vehiculares. Se debe tener muy claro que intervenciones de cambios geométricos en vías sinuosas, representan una inversión muy alta que debe ser evaluado para no sobredimensionar la solución. La mejor geometría a plantear es la que el tráfico requiera, se debe plantear una solución por etapas para poder hacer viable la inversión, es decir intervenir con cambio geométrico donde realmente se necesite, previo análisis de los accidentes ocurridos, con ello se focaliza la inversión al lugar más probable.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Clasificación de red vial con velocidad de diseño sugerido	09
Tabla 1.2	Capacidad en condiciones ideales	10
Tabla 1.3	Capacidad carreteras de dos carriles	10
Tabla 1.4	Velocidades de marcha teóricas en función de la Vd	12
Tabla 1.5	Datos básicos de los vehículos de diseño	13
Tabla 1.6	Radios mínimos y peraltes máximos asociados a la fricción	14
Tabla 1.7	Radios exterior e interior en curva de volteo	16
Tabla 1.8	Tasa de crecimiento de aceleración transversal	20
Tabla 1.9	Proporción del peralte a desarrollar en tangente	22
Tabla 1.10	Longitud mínima de tangente en curvas del mismo sentido	23
Tabla 1.11	Longitud deseable para tramos en tangente	23
Tabla 1.12	Niveles de contención	31
Tabla 1.13	Índices de severidad de impacto	32
Tabla 1.14	Clasificación del tipo de tráfico	32
Tabla 1.15	Nivel de contención según tipo de tráfico	32
Tabla 2.1	Resumen de accidentes	35
Tabla 2.2	Registro de accidentes 2012	36
Tabla 2.3	Parámetros de la Concesión	38
Tabla 2.4	Proyección de tráfico del año 2007	39
Tabla 3.1	Parámetros de Diseño Geométrico	52
Tabla 3.2	Tangentes recomendadas entre curvas (Norma Chilena)	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Vehículos de diseño considerados	13
Figura 1.2	Factores de fricción AASHTO	15
Figura 1.3	Transición del peralte	21
Figura 1.4	Visibilidad en curvas horizontales	24
Figura 1.5	Señales verticales	27
Figura 1.6	Señales reglamentarias	28
Figura 1.7	Señales preventivas	28
Figura 1.8	Marcas en el pavimento	29
Figura 1.9	Ubicación de postes delineadores	30

Figura 2.1	Ubicación geográfica de la carretera en estudio	34
Figura 2.2	Plano clave de la carretera en estudio	35
Figura 2.3	Gráfico de barras, accidentes carretera Nazca – Púquio	36
Figura 2.4	Sector 01-1, tramo a mejorar	40
Figura 2.5	Sector 01-2, tramo a mejorar	41
Figura 2.6	Sector 02, tramo a mejorar	41
Figura 2.7	Sector 03, tramo a mejorar	42
Figura 2.8	Sector 04, tramo a mejorar	42
Figura 2.9	Sector 05, tramo a mejorar	43
Figura 2.10	Sector 06, tramo a mejorar	43
Figura 2.11	Sector 07, tramo a mejorar	44
Figura 2.12	Sector 08, tramo a mejorar	44
Figura 2.13	Sector 09, tramo a mejorar	45
Figura 2.14	Sector 10, tramo a mejorar	45
Figura 2.15	Sector 11, tramo a mejorar	46
Figura 2.16	Sector 12, tramo a mejorar	46
Figura 2.17	Sector 13, tramo a mejorar	47
Figura 2.18	Sector 14, tramo a mejorar	47
Figura 2.19	Sector 15, tramo a mejorar	48
Figura 2.20	Sector 16, tramo a mejorar	48
Figura 2.21	Sector 17, tramo a mejorar	49
Figura 2.22	Sector 18, tramo a mejorar	49
Figura 2.23	Sector 19, tramo a mejorar	50
Figura 2.24	Sector 20, tramo a mejorar	50
Figura 2.25	Sector 21, tramo a mejorar	51
Figura 3.1	Sección Típica en Tangente	52
Figura 3.2	Enlace de curvas sentido contrario	53
Figura 3.3	Enlace de curvas mismo sentido	53
Figura 3.4	Sector 01, tramo mejorado	56
Figura 3.5	Sector 02, tramo mejorado	56
Figura 3.6	Sector 03, tramo mejorado	57
Figura 3.7	Sector 04, tramo mejorado	57
Figura 3.8	Sector 05, tramo mejorado	58
Figura 3.9	Sector 06, tramo mejorado	58
Figura 3.10	Sector 07, tramo mejorado	59

Figura 3.11	Sector 08, tramo mejorado	59
Figura 3.12	Sector 09, tramo mejorado	60
Figura 3.13	Sector 10, tramo mejorado	60
Figura 3.14	Sector 11, tramo mejorado	61
Figura 3.15	Sector 12, tramo mejorado	61
Figura 3.16	Sector 13, tramo mejorado	62
Figura 3.17	Sector 14, tramo mejorado	62
Figura 3.18	Sector 15, tramo mejorado	63
Figura 3.19	Sector 16, tramo mejorado	63
Figura 3.20	Sector 17, tramo mejorado	64
Figura 3.21	Sector 18, tramo mejorado	64
Figura 3.22	Sector 19, tramo mejorado	65
Figura 3.23	Sector 20, tramo mejorado	66
Figura 3.24	Sector 21, tramo mejorado	66

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

DC:	Doble carril
VL:	Vehículo ligero equivalente
C2:	Camión simple de dos ejes
C3:	Camión simple de tres ejes
T3S3:	Semiremolque tándem
p:	Peralte
IMDA:	Índice medio diario anual
AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials

INTRODUCCIÓN

El trabajo realizado en el presente informe, toca un tema muy delicado y que está presente siempre en nuestro día a día. Los accidentes automovilísticos en las carreteras rurales, continúan dándose sin que podamos tomar medidas definitivas para solucionar en parte esta problemática. Los defectos geométricos producen incertidumbre en los conductores ocasionando invasión del carril contrario de manera indeseada. Mediante el estudio y análisis de los accidentes podemos determinar e identificar cual es el nivel de intervención necesario, es decir, cuando se toma la decisión de mejorar una carretera debe hacerse con un proyecto integral, donde la intervención siempre contemple el correcto diseño geométrico acompañado de una buena superficie de rodadura.

Los objetivos están orientados al incremento de la seguridad vial mediante el mejoramiento del diseño geométrico para que este acorde a la normativa vigente y se ofrezca un mejor nivel de servicio, ayudando con ello a reducir los accidentes. Específicamente podemos ser capaces de identificar las deficiencias geométricas que representen un riesgo para la seguridad vial, con ello podremos plantear una mejora aplicando correctamente la normativa vigente.

Los temas tratados se dividen en varios capítulos, en el primer capítulo se desarrolla la parte teórica donde se fundamenta los principales parámetros utilizados en el diseño geométrico, dichos parámetros son los que tienen más relevancia y que influyen directamente en la mejora de la seguridad vial. Así mismo se precisa cuales los elementos de señalización y dispositivos de seguridad que deben acompañar la mejora geométrica.

En el segundo capítulo corresponde al análisis de accidentes y a la identificación de los sectores donde han ocurrido accidentes o donde es muy probable la ocurrencia de ellos, recomendando la solución más apropiada, la cual puede ser la mejora geométrica o el uso de dispositivos de seguridad vial.

En el tercer capítulo se plantea los criterios y recomendaciones de diseño, así como el planteamiento de las mejoras geométricas, estableciendo el trazo mejorado luego del estudio de varias alternativas. Finalmente en un cuarto capítulo se enumeran las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

Es de vital importancia de cara hacia el futuro, dotar a nuestras carreteras de las mejoras integrales para que el tema legal y la parte humana vayan de la mano, es decir los proyectos deben contemplar las mejoras suficientes asegurando un alto grado de seguridad ya que el costo de las vidas es muy alta.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y NORMATIVIDAD VIGENTE

1.1 NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

En el presente informe se aplica la normatividad peruana exigida en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001, en la cual se establece la normativa de acuerdo con las condiciones imperantes en el Perú. Complementariamente y como refuerzo se utilizan algunos criterios descritos en las normas AASHTO “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2004”, de cuyo texto se puede complementar y precisar algunos conceptos que en la DG-2001 no estén muy claros.

En la normatividad vigente se precisan los valores mínimos normales y los mínimos absolutos o excepcionales, entendiéndose que cualquier valor que sea menor al estipulado en las normas debe ser autorizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

El manual DG-2001 establece muchos parámetros importantes para el correcto diseño de una vía, en el presente capítulo se desarrollarán los principales parámetros que tienen relevancia con el óptimo funcionamiento de la carretera en estudio.

El conocimiento profundo de estos parámetros, aseguran que se seleccione correctamente los elementos geométricos en el diseño de la vía proyectada, de esta manera el diseño geométrico ayudará a proporcionar seguridad a los usuarios.

1.1.1 Clasificación de Vía

La clasificación vial es muy importante, nos sirve para definir la categoría de la carretera y de esa manera podemos direccionar claramente los distintos parámetros geométricos, para que estén acordes con la importancia de la vía. Esta jerarquización nos ayuda mucho a no sobredimensionar la sección de la vía y de esta manera se ahorra mucha inversión pues se puede proyectar una construcción por etapas a medida que la vía se hace más importante.

La clasificación de los caminos públicos se establece según su función, de acuerdo a la demanda y por condiciones orográficas, siendo la más impactante la condición del tráfico proyectado y las condiciones topográficas.

En la DG-2001 se establece una relación muy práctica entre la clasificación por tráfico y orografía, sugiriendo la velocidad de diseño más conveniente para esas

características combinadas. Cuando se estudia una carretera mayor a 5km es preferible sectorizar el trazo y clasificarla según las condiciones orográficas o topográficas, de esta manera se optimiza mucho el uso de la velocidad de diseño, ya que en sectores muy accidentados se puede utilizar velocidades más bajas, con ello se reduce significativamente la inversión.

Tabla N°1.1.- Clasificación de red vial con velocidad de diseño sugerido

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
	TRAFICO VEH/DIA (1)				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
CARACTERÍSTICAS	AP (2)				MC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																
30 KPH																
40 KPH																
50 KPH																
60 KPH																
70 KPH																
80 KPH																
90 KPH																
100 KPH																
110 KPH																
120 KPH																
130 KPH																
140 KPH																
150 KPH																

Fuente: DG-2001 tabla 101.01

1.1.2 Velocidad de Operación

En la definición de la DG-2001, se establece que la velocidad de operación, es la velocidad segura y cómoda con la que un conductor puede circular por un camino sin ser condicionado por factores de tráfico ni meteorológico. Según lo observado en campo estas velocidades son muy variables de acuerdo al tipo de vehículo, desarrollándose velocidades muy por encima de la de diseño en el caso de vehículos ligeros. Esta circunstancia nos obliga a colocar dispositivos que obliguen a disminuir esas velocidades a valores cercanos a lo reglamentado para ese tramo de vía.

En el caso de realizar estudios para vías existentes, se debe medir en campo las velocidades de operación, obteniendo luego el percentil 85 de la distribución de velocidades solo para los vehículos livianos en tramos relativamente largos. Cuando se proyecten vías nuevas se puede utilizar datos de otras vías similares. El concepto de la velocidad de operación es básico cuando se quiere evaluar la calidad del servicio, así mismo se utiliza este dato para seleccionar adecuadamente la velocidad de diseño de acuerdo al servicio que se desea brindar en una vía nueva.

1.1.3 Capacidad y Niveles de Servicio

La capacidad de una vía mide el máximo número de vehículos que pueden circular por una sección, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito. Para la correcta aplicación en la medida de los niveles de servicio, se debe tener en consideración que los caminos rurales deben tener tránsito ininterrumpido, libre de interferencias como semáforos y cruces a nivel de mayor categoría, también debe existir pavimento superior en regular estado de conservación.

Tabla N°1.2.- Capacidad en condiciones ideales

Sentido de Tránsito	Clase de Vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Autopista	2 carriles por sentido	2200 V.L./hr/carril
		3 ó más carriles por sentido	2300 V.L./hr/carril
	Multicarril		2200 V.L./hr/carril
Bidireccional	Dos carriles		2800 V.L./hr/ambos sentidos

Fuente: DG-2001 tabla A1.04.01

Los vehículos que se consideran son los ligeros, sabiendo que esto no es común se debe convertir los pesados a su equivalente en ligeros.

La capacidad de las carreteras de dos carriles debe ser afectada por el reparto del tráfico por sentidos.

Tabla N°1.3.- Capacidad carreteras de dos carriles

Reparto por Sentidos	Capacidad Total (VL/hr)	Relación Capacidad / Capacidad Ideal
50/50	2 800	1,00
50/40	2 650	0,94
70/30	2 500	0,89
80/20	2 300	0,86
90/10	2 100	0,75
100/0	2 000	0,71

Fuente: DG-2001 tabla A1.04.02

Los niveles de servicio son malos cuando el volumen de tránsito es similar a su capacidad máxima, por ello es necesario que el volumen de demanda sea menor

que la capacidad tolerable para que la vía proporcione a los usuarios un nivel de servicio aceptable.

La DG-2001 clasifica los niveles de servicio en 6 categorías, desde un nivel A hasta el nivel F:

Nivel A: Representa condición de flujo libre y se da con bajos volúmenes de tránsito desarrollando velocidades muy altas a elección del conductor.

Nivel B: Representa una condición de flujo estable, los conductores pueden elegir con cierta libertad la velocidad de operación.

Nivel C: Aún se mantiene la condición de flujo estable, pero las velocidades y las maniobras están limitadas por los altos volúmenes de tránsito. Las posibilidades de adelantamiento son limitadas en carreteras bidireccionales. El MTC exige como mínimo este nivel de servicio, considerando que en algún momento de la vida útil pueda llegar a tener este nivel, cuando se llega a esta situación se debe intervenir para mejorar la calidad del servicio.

Nivel D: Representa el inicio del flujo inestable, con volúmenes de tránsito muy cercanos a la capacidad máxima.

Nivel E: Representa la máxima capacidad absoluta del camino, el flujo es inestable.

Nivel F: Flujo forzado a bajas velocidades, se refleja cuando se forman colas por restricciones en el camino.

1.1.4 Velocidad de Diseño

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, así como la seguridad sobre ellas, su definición se encuentra íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra. La elección de la velocidad directriz debe estar relacionada con la orografía, es decir debemos elegir la velocidad de proyecto en función al entorno topográfico que la rodea, siempre y cuando los tramos no sean menores a unos 2km y la diferencia entre velocidades no sea mayor a 20km/h.

Siempre que se elija una velocidad de diseño para mejoramiento de trazos, se debe tener muy en cuenta el tráfico futuro, ya que los niveles de servicio pueden disminuir mucho en un corto periodo de tiempo.

Una forma para determinar la velocidad directriz, es estimar o calcular la velocidad de marcha, este dato se puede obtener dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo efectivo en movimiento.

Tabla N°1.4.- Velocidades de Marcha teóricas en función de la Velocidad Directriz

Velocidad directriz Vd (KPH)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Velocidad media demarcha Vm (KPH)	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
Rangos de Vm (KPH)	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5	119 @ 133	127,5 @ 142,5

Fuente: DG-2001 tabla 204.01

1.1.5 Vehículo de Diseño

La elección del vehículo de diseño representa un dato que condiciona muchos parámetros geométricos, ya que el espacio ocupado por el vehículo tipo determina los anchos de carriles, bermas, radios de curvas, sobrecanchos y limita el uso de pendientes máximas.

El giro mínimo del vehículo de diseño determina los radios interior y exterior para cada caso. Las trayectorias estimadas son propias y vienen de fábrica.

Cuando se determina el vehículo de diseño, se debe asegurar que dicho vehículo puede girar con la geometría más crítica, es decir debe ser capaz de girar a la velocidad de diseño sobre la curva de menor radio.

Para seleccionar el vehículo de diseño se debe analizar los estudios de tráfico a futuro, de esa manera se puede estimar el vehículo más común con el cual se dimensionan algunos elementos geométricos.

Tabla N°1.5.- Datos básicos de los vehículos de diseño (medida en metros)

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLATURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MÍNIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MÍNIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHÍCULO LIGERO	VL	1,30	2,10	5,80	3,40	7,30	4,20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4,10	2,60	12,10	7,60	12,80	7,40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3 / C4	4,10	2,60	12,20	7,6	12,80	7,40
COMBINACION DE CAMIONES							
SEMIREMOLQUE TANDEM	T2S1 / 2 / 3	4,10 *	2,60	15,20	4,00 / 7,00	12,20	5,80
SEMIREMOLQUE TANDEM	T3S1 / 2 / 3	4,10	2,60	16,70	4,90 / 7,90	13,70	5,90
REMOLQUE 2 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C2 - R2 / 3	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80

Fuente: DG-2001 tabla 202.01

Los vehículos más usados en el cálculo de los diferentes elementos geométricos, vienen representados por los tipos C2 y C3, verificado para un T3S3. Como característica general se adoptará una geometría tanto horizontal como vertical que permita la circulación del vehículo de diseño, asegurándose en consecuencia el paso de vehículos livianos y de menor capacidad.



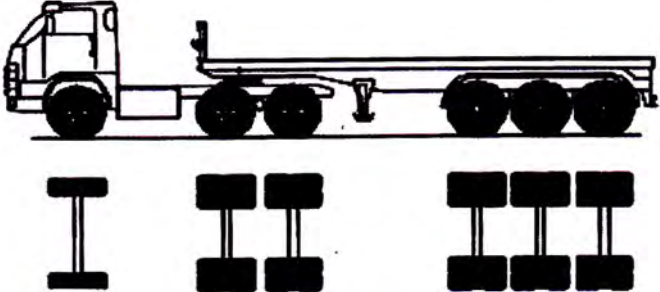
CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL VEHÍCULO	LONGITUD MÁXIMA
C2		9.10 m
C3		12.20 m
T3S3		20:70 m

Figura N°1.1.- Vehículos de diseño considerados

1.1.6 Radio Mínimo Normal

El cálculo del radio mínimo de curvas circulares en función del coeficiente de fricción y del peralte máximo, se establece según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(p+f)}$$

Donde:

R : Radio Mínimo (m)

V : Velocidad Directriz (km/h)

p : Peralte Máximo

f : coeficiente de fricción transversal máximo

En la tabla 1.6, se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima asociada a cada velocidad directriz. A medida que los valores de fricción aumenten los radios asociados pueden disminuir, esta circunstancia es importante pues en la DG-2001 se utilizan fricciones muy bajas en comparación con las normas de la AASHTO, en las cuales se permite el uso de fricciones mayores con lo cual los radios mínimos se reducen. Como ejemplo de la variación entre ambas normas se puede apreciar que en la DG-2001 se utiliza una fricción de 0.17 para una velocidad de 30km/h, mientras que en la AASHTO se utiliza 0.28 para la misma velocidad.

Tabla N°1.6.- Radios mínimos y peraltes máximos asociados a una fricción máxima

Ubicación de la Vía	Velocidad de Diseño (kph)	p máx%	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Area Rural (Tipo 1,2 ó 3)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	505
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
	140	8.00	0.07	1028.9	1030
150	8.00	0.06	1265.5	1265	

Fuente: Información extraída de DG-2001 tabla 402.01g

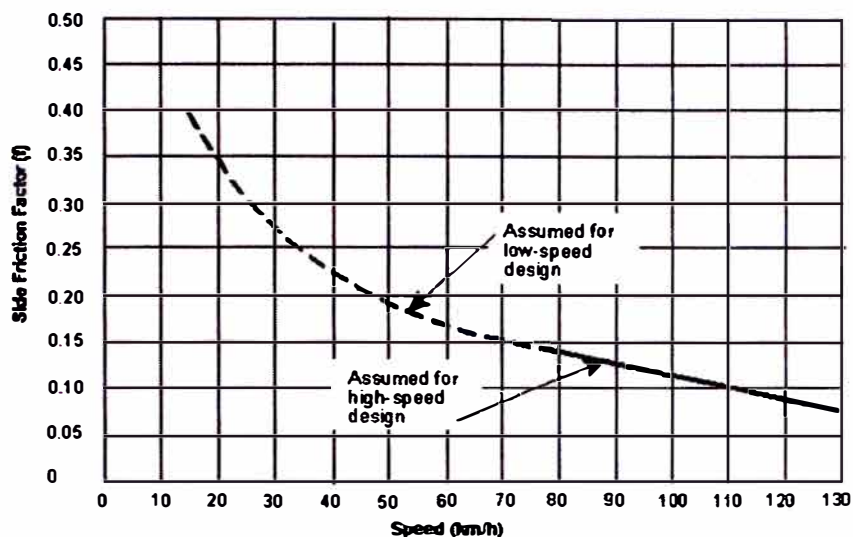


Figura N°1.2.- Factores de fricción AASHTO (exhibit 3-12)

1.1.7 Radio Mínimo en Curva de Volteo

Las curvas denominadas de volteo, suelen usarse muy frecuentemente en las carreteras del Perú, especialmente en donde la topografía es accidentada y donde se requiere llegar a una cota elevada, sin sobrepasar las máximas pendientes exigidas.

La DG-2001 prevé este tipo de situaciones especiales y permite el uso de curvas de radio menor al mínimo normal, considerando diversas maniobras según el volumen de tráfico presente en el proyecto, es decir se debe estimar la mayor probabilidad de cruce de vehículos dentro de una curva de volteo, con ello se mejora la seguridad vial dotando a las curvas el radio necesario para evitar choques frontales.

Para asegurar el giro, se debe comprobar mediante modelamiento con programas de cómputo, que el vehículo de diseño puede girar según la maniobra prevista. En el presente informe se utiliza el programa Autotrack para modelar los distintos vehículos tipo y de esa manera demostramos que pueden girar sobre estas curvas especiales. En el anexo N°01 se adjunta los distintos modelamientos. En la tabla 1.7 se indica las siguientes maniobras previstas:

- T2S2: Un camión semirremolque describe la curva de retorno solo, el resto espera en la alineación recta.
- C2: Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero.
- C2 + C2: Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

Tabla N°1.7.- Radios exterior e interior de la curva de volteo según maniobra prevista

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6,0	14,00	15,75	17,50
7,0	14,50	16,50	18,25
8,0	15,25	17,25	19,00
10,0	16,75 *	18,75	20,50
12,0	18,25 *	20,50	22,25
15,0	21,00 *	23,25	24,75
20,0	26,00 *	28,00	29,25

Fuente: DG-2001 tabla 402.09

En las carreteras de importancia, la DG-2001 recomienda el uso de radios interiores mayores o iguales a 15m.

1.1.8 Peralte

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo. Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Los valores máximos de peralte usados en carreteras están controlados por cuatro factores: condiciones climáticas (frecuencia y cantidad de hielo y nieve); orografía (plana, ondulada ó montañosa); condiciones de la zona (rural ó urbana); y frecuencia de circulación de vehículos pesados que se mueven a baja velocidad cuya operación puede ser afectada por valores altos del peralte. El valor del peralte estará en función de la velocidad directriz y del radio de curva horizontal.

Comúnmente se están utilizando peraltes no mayores a 8%, sobretodo en carreteras con alto porcentaje de tráfico pesado, la razón de esta medida es evitar el posible deslizamiento y volcadura hacia el interior de la calzada, ya que estos vehículos pesados circulan a baja velocidad en las curvas de radio mínimo.

1.1.9 Pendientes

El uso de pendientes bajas está limitado principalmente por temas económicos, para ello se debe analizar el aumento en los costos de operación por el uso de pendientes mayores. Los proyectistas deben lograr un balance de los costos

para no reducir los niveles de servicio y tampoco aumentar el riesgo de accidentes por la generación de colas, ya que los vehículos livianos tratan de sobrepasar a los pesados en zonas prohibidas.

Cuando no es posible evitar el uso de pendientes altas en tramos largos, se debe dotar de carriles de ascenso para disminuir la posibilidad de accidentes por el adelantamiento indebido.

Pendientes mínimas

La pendiente longitudinal mínima se ha determinado por condiciones de drenaje. En tramos en corte, se usará una pendiente no menor a 0.5% con la finalidad de asegurar el drenaje adecuado por las cunetas. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en terraplenes y en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

Pendientes Máximas

Sobre la pendiente longitudinal máxima los siguientes aspectos tienen especial relevancia:

Los vehículos pesados (camiones) constituyen un importante volumen de tráfico en la vía.

Las pendientes altas y pronunciadas ocasionan disminuciones drásticas en la velocidad de operación de estos vehículos y aumentos en los costos de operación.

Los descensos con pendientes altas y pronunciadas constituyen un riesgo para la operación segura de los vehículos pesados y por ende para los demás usuarios de la vía.

Considerando todo esto y conforme a lo normado por la DG-2001 para la categoría de la carretera y orografía de la zona, se recomienda usar 8.0% como pendiente máxima.

1.1.10 Sobreancho

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistas del sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Los sobreesanchos son necesarios para acomodar el mayor espacio que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de mantener la dirección del vehículo en el centro de su carril de circulación. Se diseñarán sobreesanchos en las curvas horizontales para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica.

El sobreesancho se distribuirá linealmente en la misma longitud de transición del peralte (ó longitud de curva de transición), y se adicionará en el borde interior de la curva. Los valores de sobreesancho se calcularán mediante la fórmula:

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + V / 10 \sqrt{R}$$

Donde:

n: número de carriles, para nuestro caso n=2

R: radio de curvatura

L: Longitud entre eje posterior y parte frontal del vehículo de diseño

L=7.3m, con Vehículo tipo C2

L=9.6m, con Vehículo tipo C3

V: velocidad de diseño o directriz

El valor mínimo del sobreesancho es de 0.30m y aumentarán con una variación cada 0.10m. La repartición del sobreesancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición del peralte, de esta forma se puede conocer el sobreesancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente relación:

$$S_{an} = \frac{S_a}{L} \cdot L_n$$

Donde:

S_{an} : Sobreesancho deseado en cualquier punto (m)

S_a : Sobreesancho calculado para la curva (m)

L_n : Longitud a lo largo del eje de la vía que requiere sobreesancho (m)

L : Longitud de transición del peralte (m)

Es muy importante dotar de los sobreesanchos a todas las curvas ya que las maniobras se vuelven erráticas cuando no se dispone este espacio, la no aplicación del correcto sobreesancho genera puntos de posibles accidentes.

1.1.11 Curvas de Transición

Cuando la curva circular de diseño no disponga de espirales, la variación del peralte se realiza en una longitud mínima, de forma que la inclinación de cualquier borde de la calzada en relación al eje de giro del peralte no se supere un valor máximo (ip) determinado por:

$$ip_{\max} = 1.8 - 0.01 \cdot V_D$$

Donde:

ip_{\max} : máxima inclinación del borde de calzada en (%)

V_D : Velocidad de Diseño (km/h)

La determinación de la longitud de transición del peralte, se basa en el criterio de considerar que las longitudes de transición, deben permitir al conductor percibir visualmente la inflexión del trazado que deberá recorrer y, además, permitirle girar el volante con suavidad y seguridad.

De este modo la longitud de transición del peralte tendrá una longitud mínima definida por la ecuación:

$$L_{\min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{\max}} \cdot B$$

Donde:

L_{\min} : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)

p_f : Peralte final con su signo (%)

p_i : Peralte inicial con su signo (%)

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m)

En curvas circulares con espirales de enlace, la transición del peralte se hará íntegramente en la longitud de la espiral, desarrollando su valor máximo sobre todo el tramo de curva circular. Se usará como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca es:

$$R \cdot L = A^2$$

Siendo:

L : Longitud de la Clotoide

R : Radio de Curvatura en un punto cualquiera de la Clotoide

A : Parámetro de la Clotoide, característico de la misma

Para vincular el parámetro A de la clotoide con su función de distribuir uniformemente la aceleración transversal no compensada por el peralte se usa la siguiente expresión:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{V \cdot R}{46.656 \cdot J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 \cdot p \right)}$$

Donde:

V : Velocidad de Diseño (km/h)

R : Radio de Curvatura (m)

J : Tasa uniforme (m/s³)

p : Peralte correspondiente a V y R, expresado en (%)

El valor de J sugerido según velocidad, siendo compatible con la seguridad y el confort se muestra en la tabla 1.8:

Tabla N°1.8.- Tasa de crecimiento de aceleración transversal

V (Km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	120 < V
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s ³)	0,7	0,6	0,5	0,4

Fuente: DG-2001 tabla 402.03g

Los valores de Jmáx son justificables cuando se demuestre suficientemente que la mejora geométrica conlleva a costos de construcción son muy altos, en estos casos es posible disminuir el confort y la comodidad para lograr longitudes de espiral un poco menores, de esa manera es posible justificar trazados en zonas muy sinuosas y con orografías accidentadas.

Para el caso de las curvas de volteo, es posible bajar el requerimiento de la longitud de la espiral, ello debido principalmente a que estas curvas son descritas a menores velocidades que la de diseño.

La longitud de la curva de transición debe respetar la longitud mínima derivada de la ecuación anterior. Se establecerán cuatro criterios para determinar la longitud de la curva de transición:

a.-) Por condición de longitud mínima recomendable:

$$L > L_{\text{mín}} = 30\text{m, para el caso de } V=30\text{km/h}$$

Para curvas con radios menores a 30m se estableció una longitud de espiral de 28m, ello es posible aumentando el valor de J.

b.-) Por condición de desarrollo del peralte:

En ciertos casos el largo de la curva de transición correspondiente a $A_{\text{mín}}$ resulta menor que la longitud requerida para el desarrollo del peralte. En estos casos se determinará "A" haciendo que la longitud de la curva de transición sea igual a la longitud de desarrollo del peralte a partir del punto donde se desvanece el bombeo.

El giro del peralte se hará alrededor del eje de la calzada, manteniendo invariable la cota del perfil longitudinal. En la figura siguiente se muestra el procedimiento de transición del peralte.

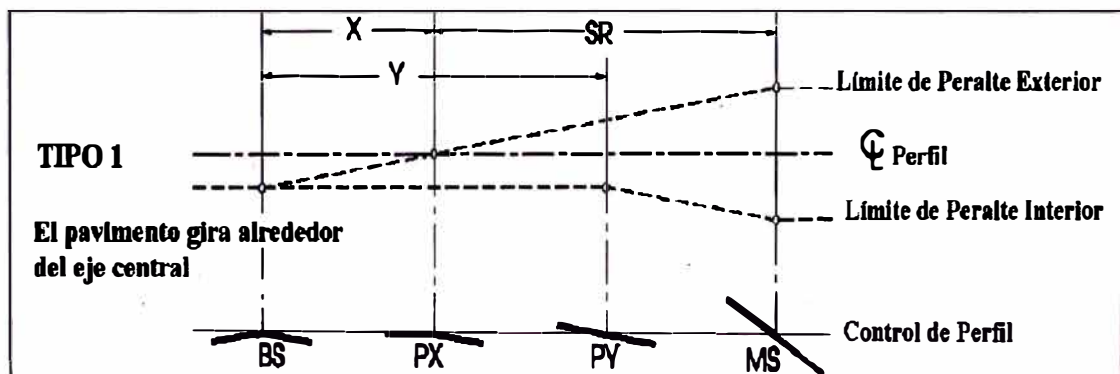


Figura N°1.3.- Transición del peralte

Donde:

- X: Tramo de desvanecimiento del bombeo en el carril exterior de la curva.
- Y: Longitud desde la sección en tangente al punto donde la inclinación transversal del pavimento se iguala al bombeo.
- SR: Longitud de transición del peralte desde cero hasta su valor máximo.
- BS: Sección en tangente, bombeo a ambos lados de la calzada.
- PX: Sección donde la pendiente transversal del carril exterior se hace cero.
- PY: Sección donde la pendiente transversal de la calzada se iguala al bombeo.
- MS: Sección de máximo peralte.

Proporción del peralte a desarrollar en tangente:

Cuando no se proyecta la necesidad de la curva de transición, el conductor sigue en la mayoría de los casos una trayectoria similar a una de estas curvas que se describe parcialmente en una y otra alineación. Lo anterior permite desarrollar una parte del peralte en la recta y otra en curva, según se indica en la tabla 1.9

Tabla N°1.9.- Proporción del peralte a desarrollar en tangente

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5p	0.7p	0.8p

Fuente: DG-2001 tabla 304.05

En la norma DG-2001 se establece que, en el caso de usarse curvas de transición, el peralte se desarrollará íntegramente dentro de la clotoide, y el peralte total se mantendrá en una extensión de 30m.

Para curvas circulares se establece una longitud mínima donde debe verificarse que se mantenga el peralte máximo:

$$L_{\min} = \frac{V_D}{3.6}$$

Donde:

V_D : Velocidad de diseño

L_{\min} : Longitud mínima de peralte máximo en curva circular de radio finito

c.-) Por estética y guiado óptico:

$$\frac{R}{9} \leq L \leq R$$

d.-) Por restricción de valores máximos:

$$L \leq L_{\max} = 1.5 L_{\min}$$

Este criterio de selección es considerada de menor importancia.

1.1.12 Tramos en Tangente

La longitud de tangente entre curvas nos da las suficientes oportunidades para adelantamientos en carreteras Bi-direccionales. Para evitar problemas relacionados con el cansancio, exceso de velocidad y deslumbramientos, es necesario limitar las longitudes de las alineaciones rectas, teniendo cuidado de disponer las mínimas longitudes para que el enlace entre curvas sea lo más cómoda posible sin necesidad de que los conductores invadan el carril contrario. En la tabla 1.10 se indican las distancias mínimas que debe dejarse en la tangente común para dos curvas del mismo sentido.

En la tabla 1.11 se indican las distancias mínimas deseables y máximas recomendadas para distintas velocidades de diseño, en concordancia con la proximidad de las curvas, sea en sentido contrario (S) o en el mismo sentido (O).

Tabla N°1.10.- Longitud mínima de tramo en tangente para curvas del mismo sentido

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L _r min. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190	210

Fuente: DG-2001 tabla 402.01

Tabla N°1.11.- Longitud deseable para tramos en tangente

V _d (Km/h)	L _{min.s} (m)	L _{min.o} (m)	L _{máx} (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171
140	195	390	2338
150	210	420	2510

Fuente: DG-2001 tabla 304.06

1.1.13 Visibilidad de Curvas Horizontales

En las curvas horizontales se deberá asegurar la visibilidad a la distancia mínima de parada, considerando la velocidad del vehículo, visibilidad de parada y visibilidad de paso. El control de este requisito y la determinación de la eventual banqueta de visibilidad se definirá luego de verificar si la curva provee o no la distancia de visibilidad requerida. Por consiguiente, la figura a continuación representa lo estipulado.

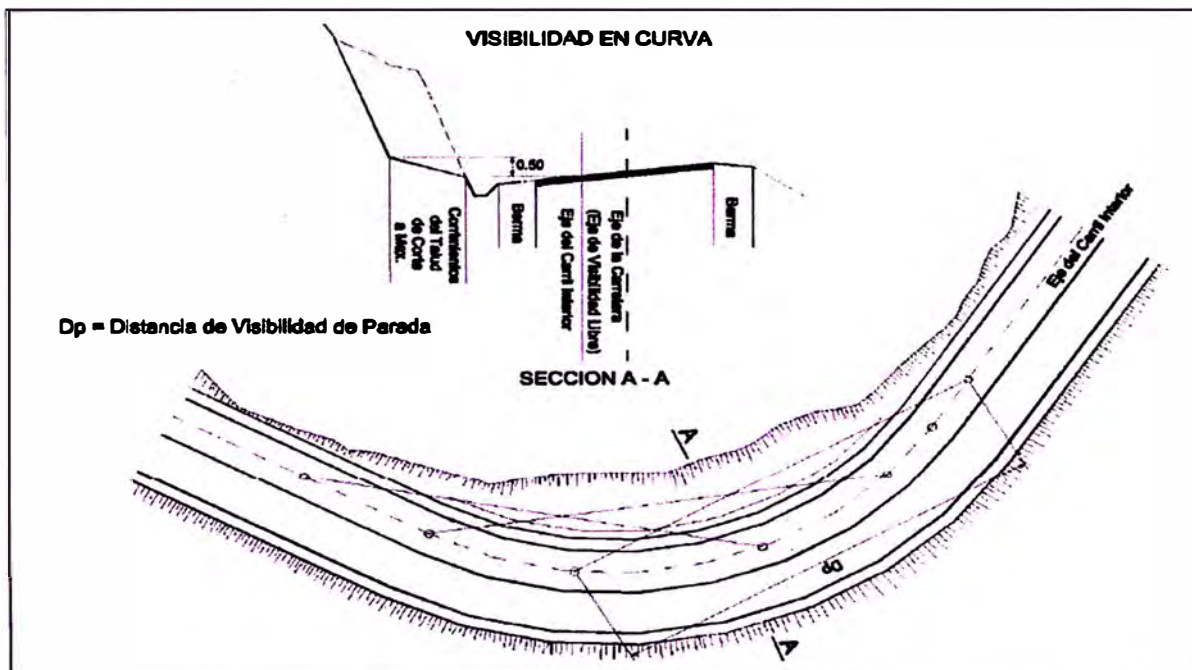


Figura N°1.4.- Visibilidad en curvas horizontales (DG-2001)

1.1.14 Visibilidad de Curvas Verticales

La función de las curvas verticales es el de enlazar las tangentes verticales de diferentes gradientes, para ello se proyectarán curvas verticales cuando la diferencia de pendientes sea mayor a 1% para vías de pavimento superior, y de 2% para las vías con otro tipo de pavimento. Exclusivamente se usan curvas parabólicas para conectar tangentes verticalmente, por las facilidades que ofrecen para calcular las ordenadas verticales. Esas parábolas, que son de 2do grado, son definidas por su parámetro de curvatura K , que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente:

$$K = \frac{L}{A}$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical

A = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Las curvas verticales de enlace, se proyectarán obedeciendo a los siguientes criterios:

- **Criterio de Comodidad:** Se aplica a curvas verticales cóncavas donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar la dirección, se suma al peso, generalmente queda englobado por el criterio de seguridad.
- **Criterio de Operación:** Aplicado a curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de Drenaje:** Para las curvas verticales convexas o cóncavas cuando están alojadas en corte. Para advertir al diseñador la necesidad de modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.
- **Criterio de Seguridad:** Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud debe ser tal que en toda la curva, la Distancia de Visibilidad sea mayor o igual a la distancia de parada o frenado.

Por consideraciones estéticas, la longitud de la curva vertical cumplirá la condición:

$$L \geq V$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical en metros.

V = Velocidad directriz (Km/h)

Sin embargo, en la práctica, se debe diseñar siempre con L mucho mayor a V.

De preferencia se proyectarán curvas verticales simétricas, las curvas verticales asimétricas se han empleado para adecuar una curva simétrica a obras existentes o donde no puede introducirse una curva simétrica por condiciones impuestas por el alineamiento.

1.2 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

En el presente informe se aplica la normatividad peruana exigida en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC, aprobado según Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02, de fecha 03 de Mayo del 2000.

En concordancia con las mejoras que se realicen a la geometría, se debe dotar al tramo de carretera en estudio, con adecuados dispositivos de señalización y seguridad vial para brindar una mayor seguridad de movimiento vehicular en la vía y consecuentemente evitar o minimizar los accidentes de tránsito.

A continuación se describe la metodología utilizada para un correcto diseño de de los dispositivos de señalización y seguridad vial:

- ✓ Inspección de campo; actividad realizada con el propósito de conocer con mayor detalle el medio físico donde se desarrolla la vía y las zonas que han merecido la atención del caso.
- ✓ Identificación de los factores que contribuyen a crear inseguridad en el tráfico; con la finalidad de evaluar los sectores que representan riesgo o inseguridad vial y las condiciones de tránsito bajo las cuales se desenvolverán los usuarios de la vía.

1.2.1 Señalización Vertical

Las señales verticales, son dispositivos instalados a nivel del camino ó sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, centros de recreo, lugares turísticos y culturales, así como dificultades existentes en las carreteras.

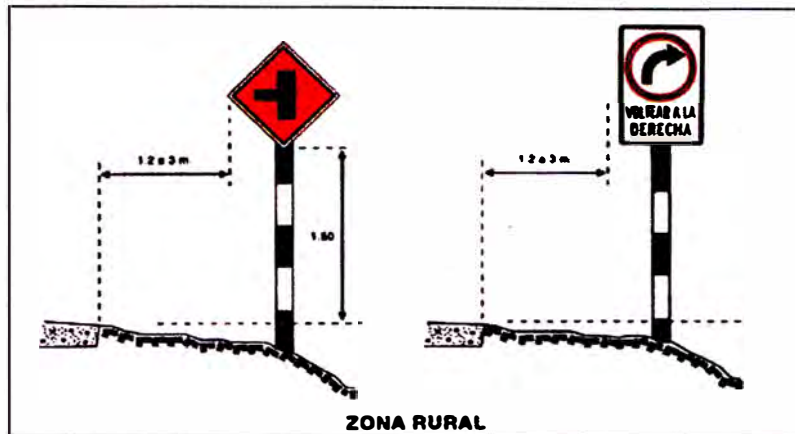


Figura N°1.5.- Señales verticales

Las señales de tránsito por lo general deben estar colocadas a la derecha en el sentido del tránsito. En algunos casos estarán colocadas en lo alto sobre la vía (señales elevadas).

En casos excepcionales, como señales adicionales, se podrán colocar al lado izquierdo en el sentido del tránsito.

En zona rural las señales deberán colocarse a una distancia del borde de la calzada no menor de 1.20m. ni mayor de 3.0m

Las señales se clasifican en:

Señales Reglamentarias

La inclusión de señales reglamentarias generará un ordenamiento en el tránsito vehicular, además de dar a conocer al usuario de la vía sobre la existencia de las limitaciones y prohibiciones que regulan su uso. En el presente informe se ha considerado la utilización de señales de carácter reglamentario, y como clasificación señales prohibitivas o restrictivas.

Las señales reglamentarias son de forma circular roja inscritas en una placa rectangular de 0.80m x 1.20m con la leyenda explicativa del mensaje que encierra la simbología utilizada, con fondo de color blanco con símbolo y marco negro; una franja oblicua trazada del cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho, representa prohibición.



Figura N°1.6.- Señales reglamentarias

Señales Preventivas

Serán ubicadas y diseñadas de acuerdo al alineamiento de la vía, en las zonas que representan un peligro real o potencial, que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando las precauciones del caso.

Serán de forma cuadrada de 0.75m x 0.75m con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales especiales de «ZONA DE NO ADELANTAR» que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva «CHEVRON» que serán de forma rectangular.

Las señales preventivas son con fondo y borde: Amarillo caminero; símbolos, letras y marco: Negro

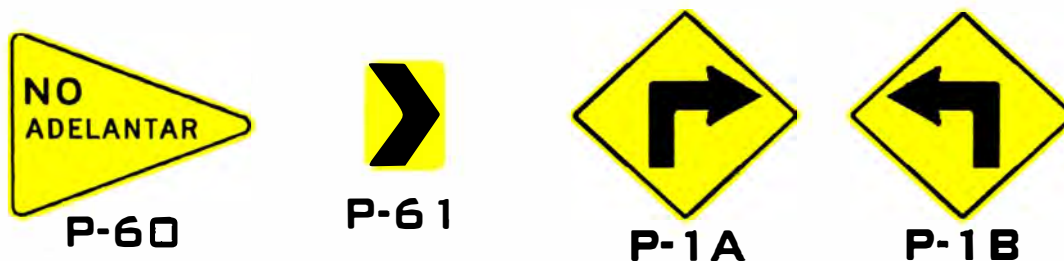


Figura N°1.7.- Señales preventivas

Señales Informativas

Tienen como finalidad guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. También tienen por objeto identificar puntos notables o de interés, tales como ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información precisa y oportuna que ayude al usuario que utiliza la vía.

1.2.2 Señalización Horizontal

Las marcas en el pavimento o en los obstáculos son utilizados con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirven, en algunos casos, como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

Los colores de pintura de tráfico u otro elemento demarcador a utilizarse en las marcas en el pavimento serán blancos y amarillos, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas en el manual de dispositivos.

Las Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.

Las Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

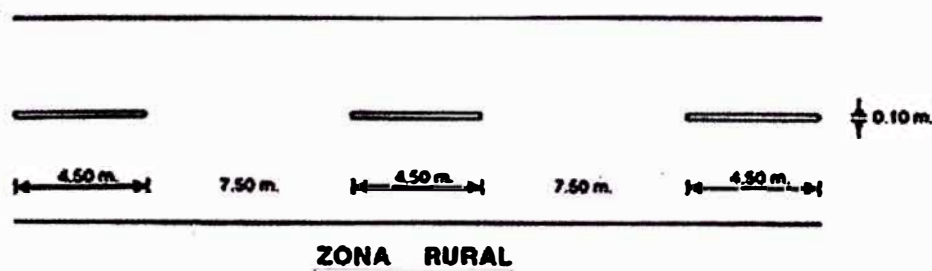


Figura N°1.8.- Marcas en el pavimento

Líneas de borde; ubicadas a ambos lados de la vía, de color blanco con un ancho de 10cm. Opcionalmente se utilizarán líneas discontinuas con segmentos de 1.50 metro espaciadas 1.50 metro, las mismas que permitirán el cruce vehicular (zonas de acceso, intersecciones, estacionamientos u otros).

Línea central; continua y/o discontinua sobre el eje de la vía, de color amarillo con un ancho de 10cm. El detalle del esparcimiento en la demarcación de estas líneas en zonas rurales y urbanas, se deben detallar en los planos de señalización correspondiente.

1.2.3 Seguridad Vial

La seguridad vial es un tema que siempre debe incluirse en los diferentes estudios de carreteras, últimamente se viene invirtiendo mucho en dispositivos

que ayuden a reducir los accidentes, todo elemento que ayude a los conductores debe ser diseñado y analizado cuidadosamente ya que en ciertas situaciones en lugar de reducir los accidentes podría agravarlos aún más.

Tachas

Tachas bidireccionales retro-reflectantes, son elementos de guía óptica que se fijan sobre la calzada, los mismos que serán utilizados para demarcar algunos sectores de la vía que por sus condiciones de diseño (geométricos) o condiciones atmosféricas (zonas de neblina o escasa visibilidad nocturna), requieren ser resaltados. Las tachas Bi-direccionales a colocarse en el eje de la vía, serán de color amarillo en ambas caras; mientras que las que se coloquen en los bordes, serán de color blanco en el sentido del tráfico y de color rojo en el sentido contrario.

Postes Delineadores

Tienen como función servir como guía a los conductores durante la conducción nocturna y no como señal de advertencia de peligro alguno. Los postes serán de concreto armado prefabricado u otro material que se pueda encontrar en el mercado actual y se colocarán de manera que se dificulte su sustracción por parte de terceras personas. Además estos elementos verticales deben de contar con elementos retroreflectivos (láminas) de tal manera que cumplan su función de indicar y señalar las zonas de alguna aproximación de riesgo. También serán utilizados en zonas de curva con radios amplios o sectores en tangente de poca longitud con desniveles.

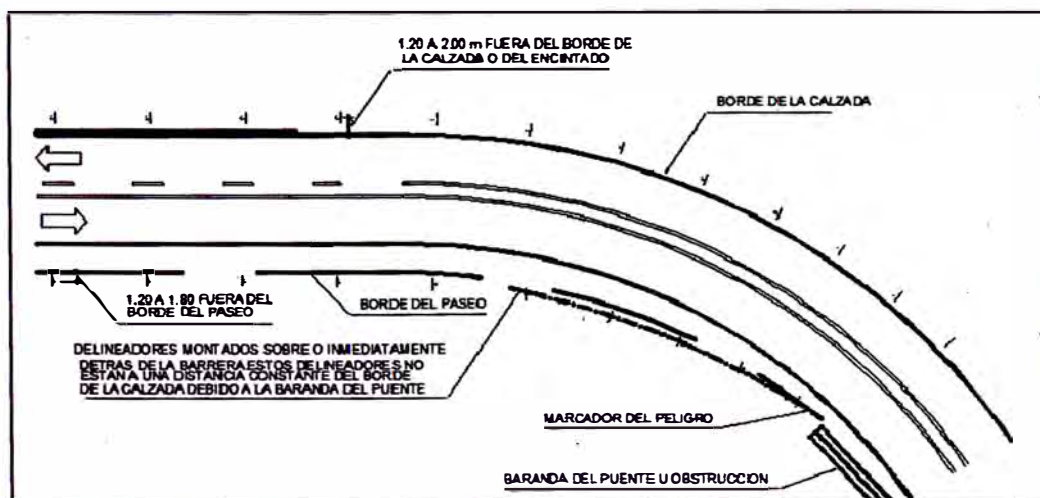


Figura N°1.9.- Ubicación de postes delineadores

Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad

Para determinar el tipo de guardavía certificado necesario para un proyecto de carretera, se debe consultar las tablas de la Directiva N°007-2008-MTC/02 según los estudios de tráfico. Es muy recomendable utilizar estos sistemas certificados ya que son respaldados con pruebas a escala real. Todo elemento de contención debe ir acompañado de los certificados de ensayos al nivel requerido, con ello se garantiza que absorberá la energía liberada.

En la tabla 1.12 se relaciona los niveles de contención de acuerdo a las normativas internacionales como la NCHRP Report 350 de los Estados Unidos y la EN 1317 de la comunidad Europea.

La nomenclatura “P” corresponde a la equivalencia aplicada en Perú.

Tabla N°1.12.- Niveles de contención

Nivel de contención	NCHRP Report 350	EN 1317
P1 – Bajo	TL2	N1
P2 - Medio	TL3	N2
P3 - Medio alto	TL4	H1 H2 H3
P4 - Alto	TL5 o TL6	H4a
P5 - Muy alto	-	H4b

Fuente: Directiva N°007-2008-MTC/02 tabla 01

Nivel de Ancho de Trabajo:

El ancho de trabajo es la distancia entre la cara más próxima al flujo de tráfico antes del impacto, y la posición lateral más alejada que alcanza cualquier parte esencial del sistema de contención o vehículo. Los anchos de trabajo van desde el W1 al W8, de 0.60 a 3.50m respectivamente; lo que conviene es tener el menor ancho de trabajo posible.

Nivel de Severidad de Impacto:

La severidad es una manera de medir el daño que sufrirán los ocupantes. El índice de severidad de impacto debe ser preferiblemente A, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N°1.13.- Índices de severidad de impacto

Índice de severidad del impacto	Valor de los índices		
A	ASI ≤ 1.0	y	THIV ≤ 33 km/h
B	ASI ≤ 1.4		PHD ≤ 20g

NOTA:

- El índice de severidad A proporciona una mayor seguridad para los ocupantes que el B, y es preferible en las mismas circunstancias.
- En localizaciones especialmente peligrosas, donde la contención del vehículo incontrolado (por ejemplo vehículos pesados) es un condicionante primordial, puede ser necesario instalar un sistema de contención sin un índice específico de severidad del impacto. Sin embargo, el valor de los índices determinado en las pruebas debe quedar reflejado en el informe de los mismos.

Fuente: Directiva N°007-2008-MTC/02 tabla 02

THIV: Velocidad teórica de choque de la cabeza.

El ASI y PDH corresponden a las deceleraciones que se producen al interior del vehículo, si son excesivas producen daños graves, por lo que es necesario limitarlos.

Demanda de Tráfico:

Tabla N°1.14.- Clasificación del tipo de tráfico

Tipo de Tráfico	IMDA	% vehículos con masa > 18t
A	>4000	≥25
B	>4000	<25
C	350-4000	≥25
D	350-4000	<25
E	<350	≥25
F	<350	<25

Fuente: Directiva N°007-2008-MTC/02 tabla 05

Nivel de Contención:

Tabla N°1.15.- Nivel de contención según tipo de tráfico

Tipo de Via	Tipo de Tráfico	Barrera central	Barrera lateral	Barrera para puentes(1)
AP, MC	A B	P5-P4 P4-P3-P2	P4-P3 P4-P3-P2	P5-P4 P4
DC	C D	-	P3 P3-P2	P4-P3 P3
BVT	E F	-	P2 P1	P3-P2 P2

(1) Para puentes de luz menores a 10m será equivalente a colocar una barrera lateral.

Donde:

AP : Autopista
MC: Carretera multicarril o dual (dos calzadas)
DC: Carretera de dos carriles
BVT: Carretera de bajo volumen de tránsito

Fuente: Directiva N°007-2008-MTC/02 tabla 06

En la tabla 1.15 se puede observar la variabilidad de los niveles de contención, es decir se puede escoger el nivel de contención de acuerdo a la energía liberada por el vehículo de diseño o el vehículo al cual se desea proteger.

Para el presente estudio se escogió a los buses de pasajeros como vehículo de diseño, el cual está representado por un vehículo tipo C3.

Como se puede observar, una vez que se tiene clasificado el tráfico se determina los niveles de contención requeridos. Para determinar con mayor precisión el nivel, se debe calcular la energía liberada por el vehículo que se desea proteger y que representa la condición más crítica de pérdida humana o material según sea el caso de protección, de esa manera se escoge el nivel más adecuado, y no el nivel más caro.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA CARRETERA E IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON PROBLEMAS GEOMÉTRICOS

2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El tramo de carretera seleccionado para el análisis se encuentra ubicado entre los departamentos de Ica y Ayacucho, pertenece al Corredor Vial Interoceánica Sur Tramo I.

El tramo con necesidad de mejoramiento es el tramo Nazca-Puquio entre el Km 2+500 al Km 153+000, perteneciente a la provincia de Lucanas - Ayacucho.

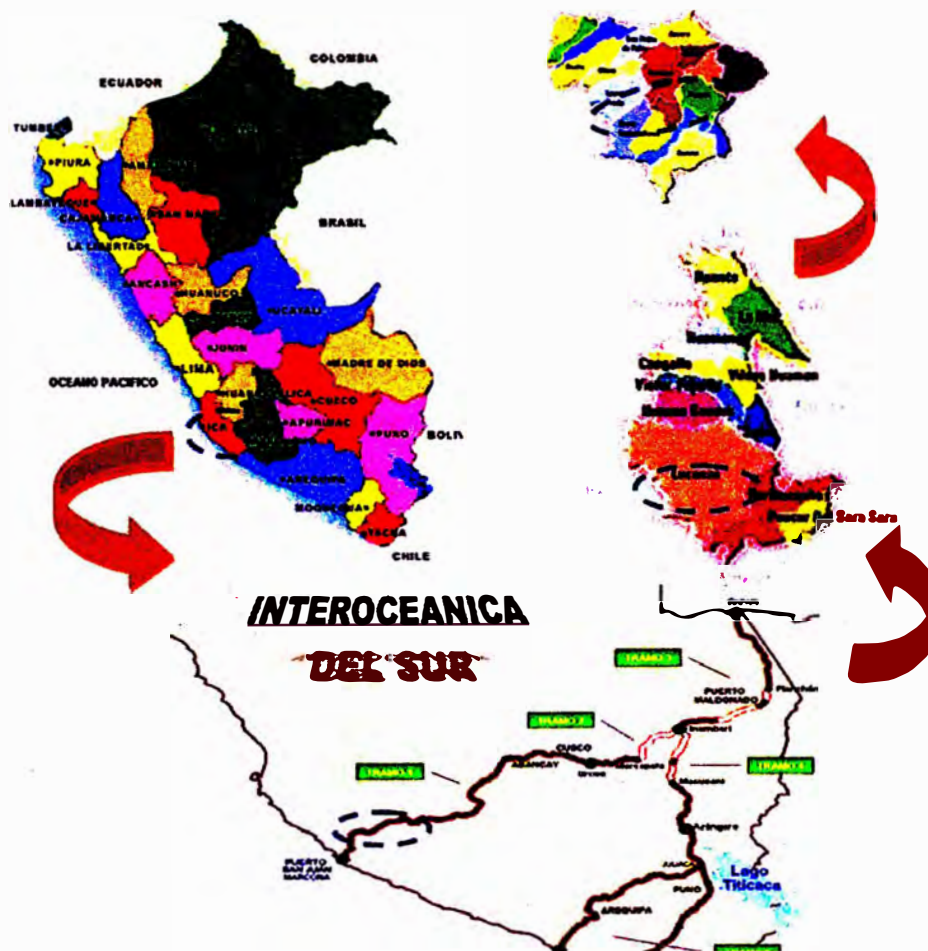


Figura N°2.1.- Ubicación geográfica de la carretera en estudio

PROGRESVA	NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
15+360	8°36'0,624.41	519,802.53	1,027.71
153+000	8°37'4,970.71	592,642.21	3,251.10

Datum: WGS 84

Zona: 18S



Figura N°2.2.- Plano clave de la carretera en estudio

2.2 ANALISIS DE ACCIDENTES

La carretera Nazca-Puquio se encuentra concesionada, por lo que se puede obtener fácilmente los registros de accidentes, ya que es obligación de la concesionaria registrar los eventos a lo largo de la carretera.

La información de accidentes es muy útil para diagnosticar la situación de la vía, la seguridad vial en una carretera de esa importancia debe ser materia de preocupación, ya que los niveles de tráfico aumentan considerablemente y están superando las proyecciones iniciales.

Con los registros de accidentes podemos determinar los sectores que presentan mucha frecuencia de incidentes y de esa manera se puede intervenir mediante la mejora geométrica o la señalización respectiva.

En la mayoría de carreteras del país no se llevan registros detallados de accidentes, eso no permite tener estadísticas que nos sirvan en la proyección de futuras carreteras. En la tabla 2.1 se puede apreciar el resumen de los accidentes registrados desde que la concesión tomó la administración de la carretera.

Tabla N°2.1.- Resumen de accidentes

Fecha	Accidentes				Daños Personales	
	Leves	Graves	Muy Graves	Total	Heridos	Fallecidos
2008	18	9	5	32	23	6
2009	48	15	5	68	30	7
2010	61	14	5	80	57	5
2011	64	22	1	87	55	2
2012	36	12	1	49	32	1
	227	72	17	316	197	21

Fuente: Concesión SURVIAL

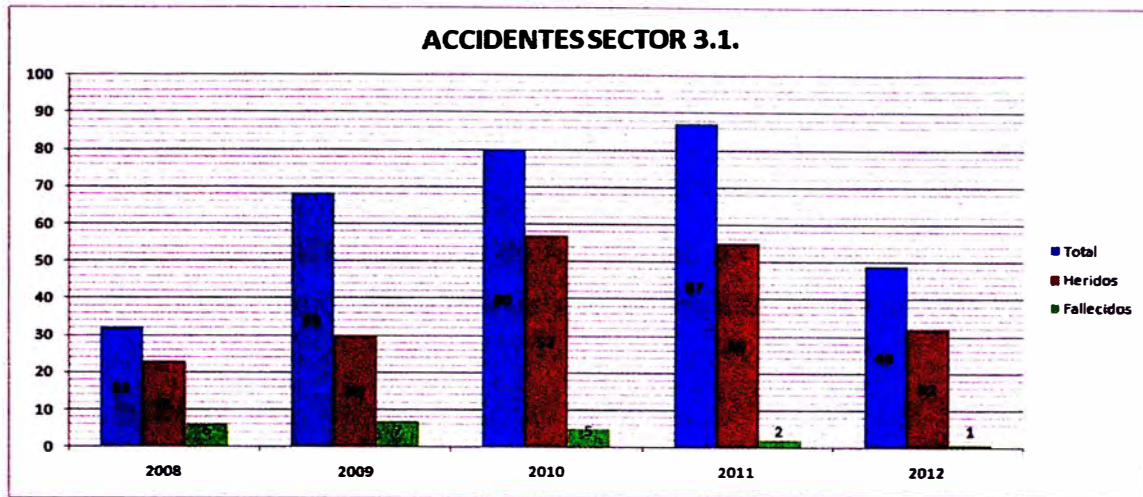


Figura N°2.3.- Grafico de barras, accidentes carretera Nazca - Puquio

Los datos de la figura N°2.3, están actualizados hasta junio del 2012, por ello es que los registros de accidentes del año 2012 no llegan a los datos de años anteriores, es decir si seguimos con ese ritmo de accidentes seguramente se superará la cifra del año 2011.

Analizando los datos de accidentes podemos apreciar que la cantidad de accidentes no disminuye a lo largo del tiempo, inclusive va en aumento, y la cantidad de heridos, se mantiene casi constante, esto nos da una idea de que la mejora de señalización no está ayudando a disminuir el volumen de accidentes, por tanto es necesario intervenir urgentemente tomando medidas en la mejora geométrica.

En el anexo N°2, se adjuntan los registros completos de los accidentes ocurridos a lo largo de estos años de concesión hasta junio del 2012. En estos registros se aprecian las progresivas, el tipo de accidente y causas. Como ejemplo se presenta un extracto de los registros en la tabla N°2.2.

Tabla N°2.2.- Registro de accidentes 2012

Fecha	Gravedad de Accidentes				Total	Daños Personales		Progresivas	Tipo de Accidente	Causa del Accidente
	Leves	Graves	Muy graves	Heridos		Fallecidos				
17/02/2012	1				1			49 + 550	Despiste	Volcadura
22/02/2012		1			1	8		26 + 870	Choque frontal	Invasión de carril contrario
25/02/2012		1			1	2		71 + 000	Choque frontal	Invasión de carril contrario
29/02/2012	1				1			99 + 930	Volcadura	Posible exceso de velocidad
04/03/2012		1			1	1		105+450	Volcadura	Conductor exhausto
04/03/2012		1			1	5		3+150	Choque frontal	Invasión de carril contrario
11/03/2012	1				1			43 + 050	Volcadura	Maniobra evasiva
12/03/2012	1				1			42 + 600	Despiste	Conductor exhausto
12/03/2012		1			1	1		83 + 150	Despiste	Exceso de velocidad
12/03/2012		1			1	2		84 + 480	Despiste	Exceso de velocidad
17/03/2012	1				1			0 + 880	Despiste	Exceso de velocidad
31/03/2012		1			1	1		128 + 140	Volcadura	Maniobra evasiva
01/04/2012		1			1	1		78 + 600	Volcadura	Maniobra evasiva
04/04/2012	1				1			112 + 400	Choque lateral	Invasión de carril contrario
05/04/2012	1				1			117 + 850	Volcadura	Maniobra evasiva

Fuente: Concesión SURVIAL

Con la información obtenida de los accidentes, se determina los puntos críticos de seguridad vial, de esa manera se puede proyectar la intervención, sea con mejora geométrica o señalización.

2.2.1 Factores para Prevención de Accidentes de Tránsito

Los factores más importantes que inciden en los accidentes son los siguientes:

Factor humano

Son la causa del mayor porcentaje de accidentes de tránsito, pueden convertirse en agravantes a la culpabilidad del conductor causante, según la legislación de tránsito de cada país.

Factor mecánico

Representan las causas referidas a las condiciones del vehículo que opera en la vía, normalmente las fallas se deben a los sistemas de frenos, dirección o suspensión y a la falta de mantenimiento.

Factor climatológico

La condición de lluvia, niebla o viento fuerte, incrementa el riesgo de ocurrencia de un accidente de tránsito. Sin embargo, esto puede contrarrestarse con una señalización en buen estado.

Factor operacional de la vía

Una vía correctamente diseñada, es aquella que le proporciona al usuario un alto grado de seguridad, tanto en el diseño geométrico como en la señalización que se coloque. Rectas muy largas en las que al final hay una curva de radio mínimo, así como vías pavimentadas sin corrección geométrica, la falta de peraltes y poca distancia de visibilidad, son las causas de inseguridad en la vía.

2.3 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO

Para poder plantear modificaciones a la geometría de la vía existente, es necesario recopilar cierta información básica con la cual se proyectarán los cambios necesarios en el caso de requerir una mejora geométrica.

La información requerida es la siguiente:

Datos del contrato de concesión

El contrato de concesión determina algunos parámetros importantes como el ancho de calzada, ancho de bermas, bombeo transversal y algunas consideraciones que se deben tratar de respetar, ya que son las condiciones con las cuales el concesionario viene trabajando.

Tabla N°2.3.- Parámetros de la Concesión

Velocidad	30 Km/h
Para curvas de vuelta	30 Km/h
Ancho de plataforma	7.40 m
Ancho de berma	0.70 m
Radio mínimo	25.00 m
Radio mínimo curvas de vuelta	15.00 m
Pendiente máxima longitudinal	12.00%
Longitud mínima de curva vertical	50.00 m
Ancho de calzada	6.00 m
Bombeo de la calzada	De acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras del MTC. Versión DG-2001
Peralte máximo	
Sobreancho máximo	
Talud de relleno H < 3 m	
Talud de relleno H > 3 m	
Talud de corte	

Fuente: Concesión SURVIAL

Planos Post Construcción (As Built)

Los planos necesarios para proyectar mejoras y diseños, deben ser los de post construcción, ya que en dichos planos se muestra la geometría tal y como fue construida, entendiéndose que durante la ejecución de la carretera se hicieron modificaciones a la ingeniería del estudio, por tanto en estos planos se puede encontrar el eje existente y la topografía actualizada.

Topografía Complementaria

Para poder realizar los cambios geométricos, se requiere de una topografía complementaria en las zonas donde la franja inicial no abarca el área mejorada. Para estimar la topografía necesaria, se debe realizar una visita de campo para estimar hacia donde se debe trazar la geometría mejorada.

Geología y Geotecnia

El recorrido de campo debe realizarse en conjunto con los especialistas de Geotecnia e Hidrología, los trazados en montaña siempre están muy

relacionados con la geodinámica externa. Los datos importantes son los relacionados con los taludes de corte proyectados y los sectores críticos. El especialista en Geotecnia nos determinará los sectores donde no es posible cortar o donde los cortes pueden ser muy elevados, en esos casos se puede optar por la opción de muros de contención, en cuyo caso el geotecnista estimará el fondo de cimentación para el muro proyectado.

Depósitos de Material Excedente

Cuando se estiman opciones de trazado, se debe tener los datos referidos a la ubicación de canteras y botaderos para cuantificar la distancia de transporte, lo cual nos puede ayudar a descartar opciones de corte.

Volumen de tránsito actual y proyectado

Los volúmenes de tránsito son muy importantes para establecer los criterios de diseño y el nivel de las mejoras proyectadas. Para proponer mejoras en la geometría se debe tener muy en cuenta los volúmenes de tráfico proyectados hacia un año horizonte de diseño. Los datos del tráfico actual se obtuvieron de las casetas de peaje ubicadas a lo largo de la carretera en estudio. En la tabla 2.4 se encuentran los volúmenes de tráfico contabilizados por la concesión, en dicha tabla se puede observar el tráfico contabilizado por la estación de peaje, lo cual demuestra que la proyección inicial fue superada por las nuevas tasas de crecimiento. Se remarcó en celeste los datos tomados de la estación de peaje en el 2011, con lo cual se puede comparar con la proyección al 2012 y se verifica el que el tráfico actual supera largamente la proyección realizada durante el estudio del 2007.

Tabla N°2.4.- Proyección de tráfico del año 2007

ITEM	Auto	Cmta. Rural	Micro	Omnib 2 Ejes	Camión Unitario	Camión Acoplado	IMD
(1↔) 2007-2012	1.039	1.039	1.039	1.040	1.042	1.052	
(1↔) 2013-2032	1.039	1.039	1.039	1.040	1.042	1.043	
2007	101	20	2	69	78	75	345
2012	127	24	2	90	139	97	479
2017	155	29	3	111	169	119	587
2022	189	35	4	137	209	147	721
2027	231	43	4	169	254	182	883
2032	277	52	5	202	299	225	1,060
2011 peaje	167	33	3	107	121	118	547

Fuente: Concesión SURVIAL

2.4 IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON DEFICIENCIAS GEOMÉTRICAS

La carretera Nazca – Púquio se construyó hace décadas, a lo largo del tiempo ha sido mejorada parcialmente con las normas de esa época. Después de analizar la geometría de la carretera existente, se pudo identificar muchos sectores que necesitan urgente intervención en cuanto a su geometría, así como sectores que requieren cambios geométricos de menor envergadura.

La sectorización tiene como criterio principal ubicar deficiencias geométricas que incidan fuertemente en la probable ocurrencia de accidentes, es decir se prioriza la intervención, donde se prevé que el problema geométrico se convierte en un factor que disminuye la seguridad vial.

Para poder identificar con mayor precisión los problemas de la carretera, se necesitó viajar a la zona para observar las condiciones de sitio, esta labor es muy importante, ya que nos da la información necesaria para poder proyectar las soluciones que se acomoden mejor a los espacios disponibles. En el anexo N°3, se adjunta la lista completa de los sectores con deficiencias geométricas. En el presente informe se detallan las intervenciones en 21 sectores representativos, ya que en muchos casos los defectos en la geometría son muy parecidos.

Sector 01: Km 2+650 al Km 3+870

En este sector se aprecia una deficiencia en el diseño reflejado en un número alto de accidentes. El trazo existente no es consecuente con la topografía y el entorno, la geometría antes y después está diseñada para una velocidad mayor a 50km/h, los radios de las curvas y las entre-tangencias no soportan velocidades mayores a 40km/h, por lo que es necesario mejorar la geometría para una $V_d=50\text{km/h}$, ya que actualmente está reglamentada para $V_d=30\text{km/h}$.

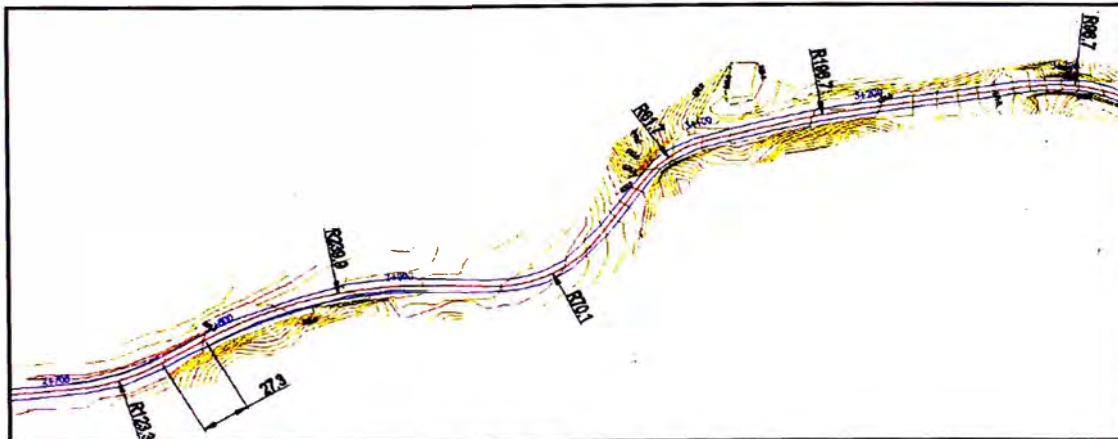


Figura N°2.4.- Sector 01-1, tramo a mejorar

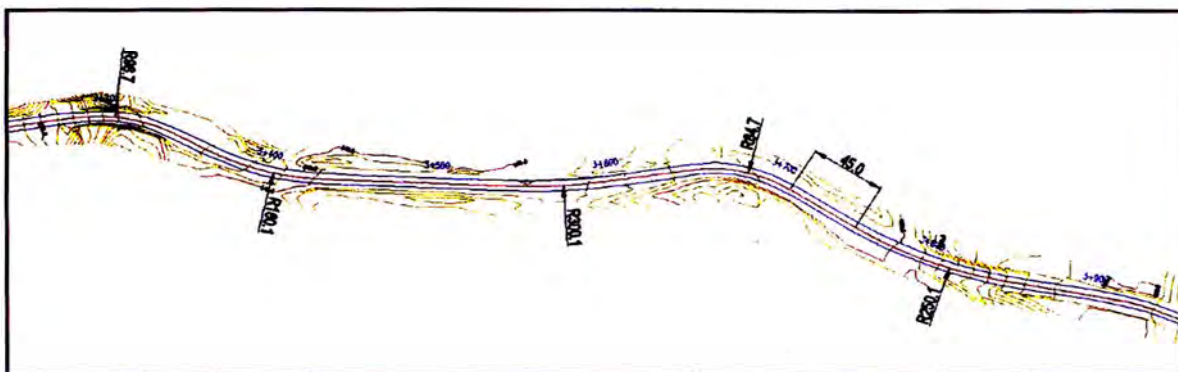


Figura N°2.5.- Sector 01-2, tramo a mejorar

Sector 02: Km 15+360 al Km 15+720

En este sector se aprecia que el radio de la curva de volteo no tiene la dimensión requerida para la importancia de la vía, se han registrado algunos accidentes en esta curva. La topografía es poco accidentada por lo que se puede dotar de un mejor radio sin incrementar mucho el movimiento de tierras. Se recomienda mejorar el radio y las entre-tangencias con las curvas adyacentes ya que la curva de radio 96.3m está muy próxima a la curva de volteo. También se recomienda el uso de espirales para una correcta transición del peralte y sobreebancho.

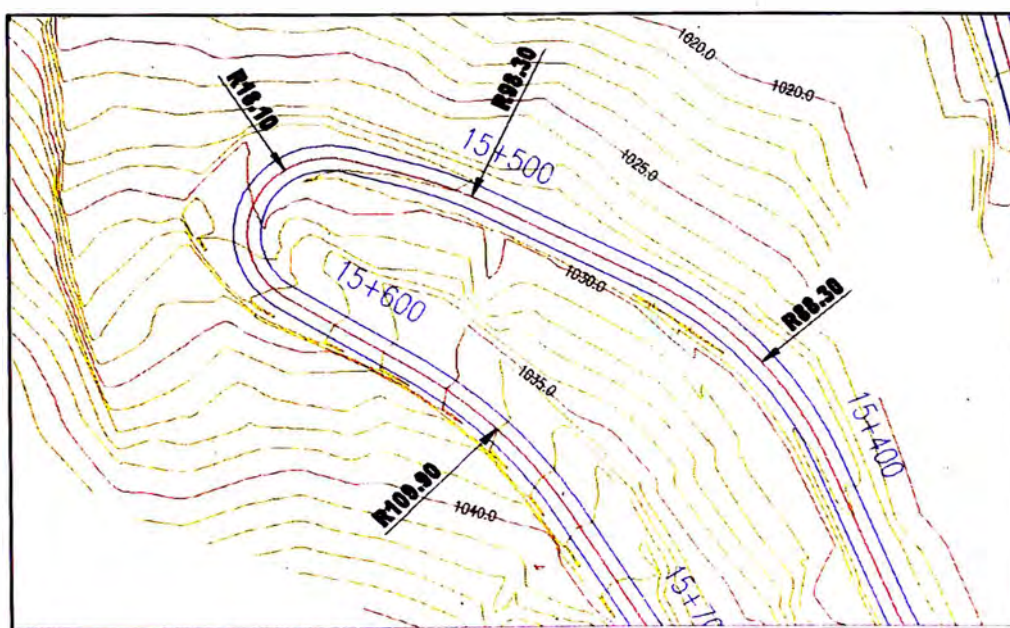


Figura N°2.6.- Sector 02, tramo a mejorar

Sector 03: Km 20+370 al Km 20+987

En este sector se aprecia que los radios de las curvas de volteo no tienen la dimensión requerida para la importancia de la vía. Este sector representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Se recomienda mejorar el radio y las entre-tangencias con las curvas adyacentes usando espirales para una correcta transición del peralte y sobreebancho.

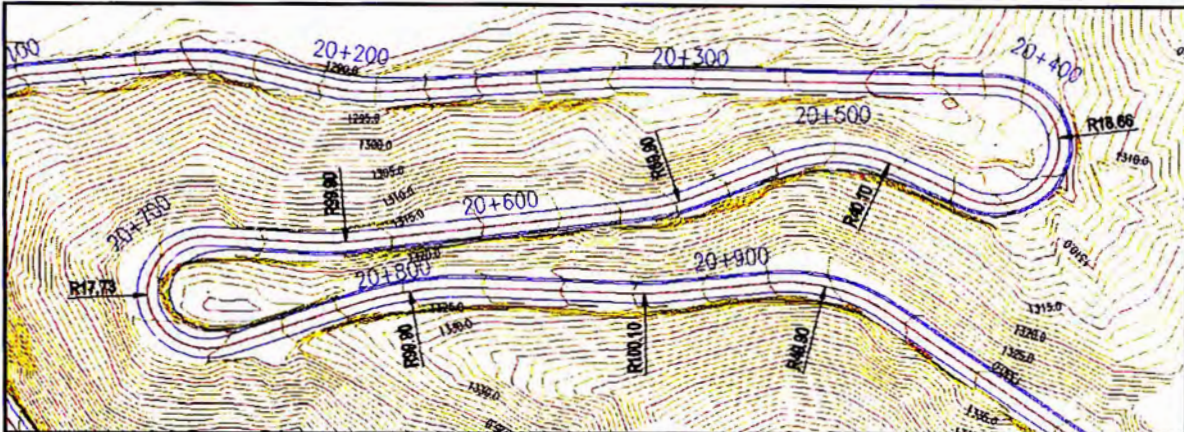


Figura N°2.7.- Sector 03, tramo a mejorar

Sector 04: Km 21+290 al Km 21+457

Este sector presenta una curva con radio menor al mínimo reglamentario. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. Se registra un accidente en este sector sin consecuencias fatales ni heridos.

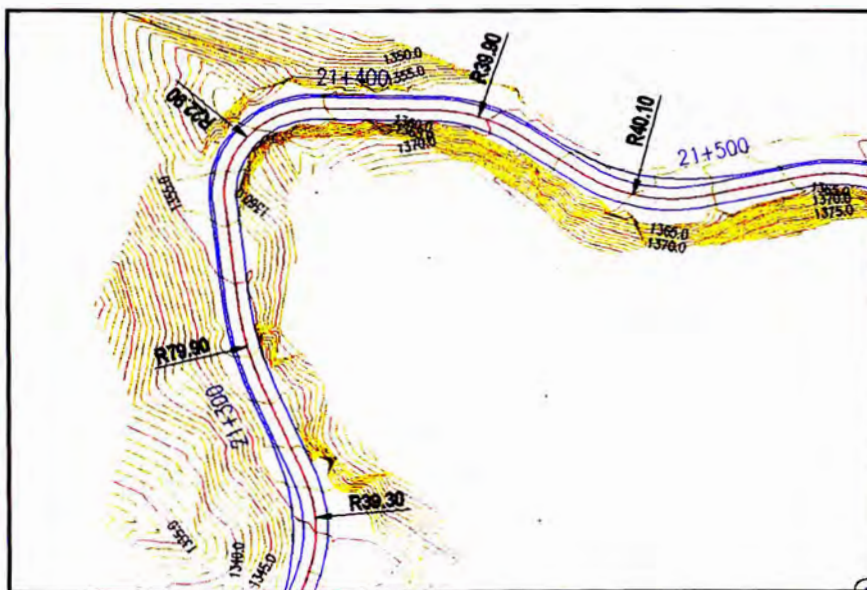


Figura N°2.8.- Sector 04, tramo a mejorar

Sector 05: Km 22+525 al Km 22+853

En este sector se aprecia que el radio de la curva de volteo no tiene la dimensión requerida para la importancia de la vía. Este sector representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Se recomienda mejorar el radio y las entre-tangencias con las curvas adyacentes usando espirales para una correcta transición del peralte.

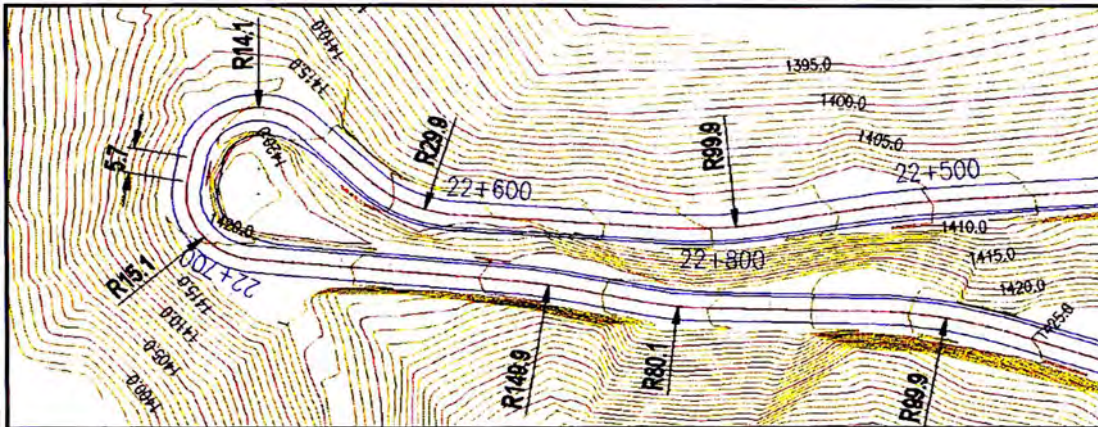


Figura N°2.09.- Sector 05, tramo a mejorar

Sector 06: Km 23+510 al Km 23+748

Este sector presenta una curva con radio menor al mínimo reglamentario. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales.

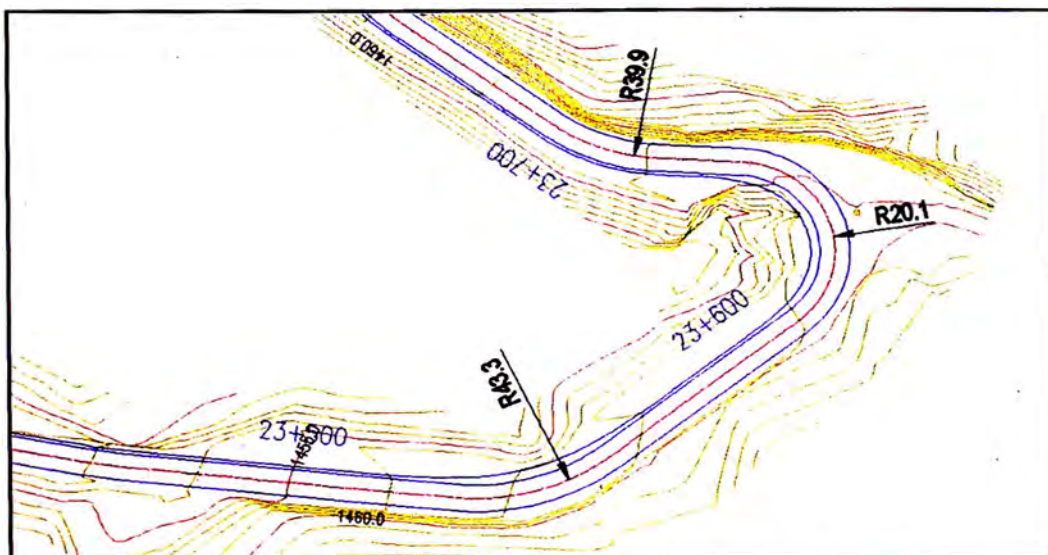


Figura N°2.10.- Sector 06, tramo a mejorar

Sector 09: Km 30+290 al Km 30+436

Este sector presenta un radio mínimo luego de tangentes muy largas. Se recomienda la mejora geométrica ampliando el radio para una velocidad mínima de 40km/h. También es necesario el uso de espirales para una adecuada transición del peralte y sobreebancho.

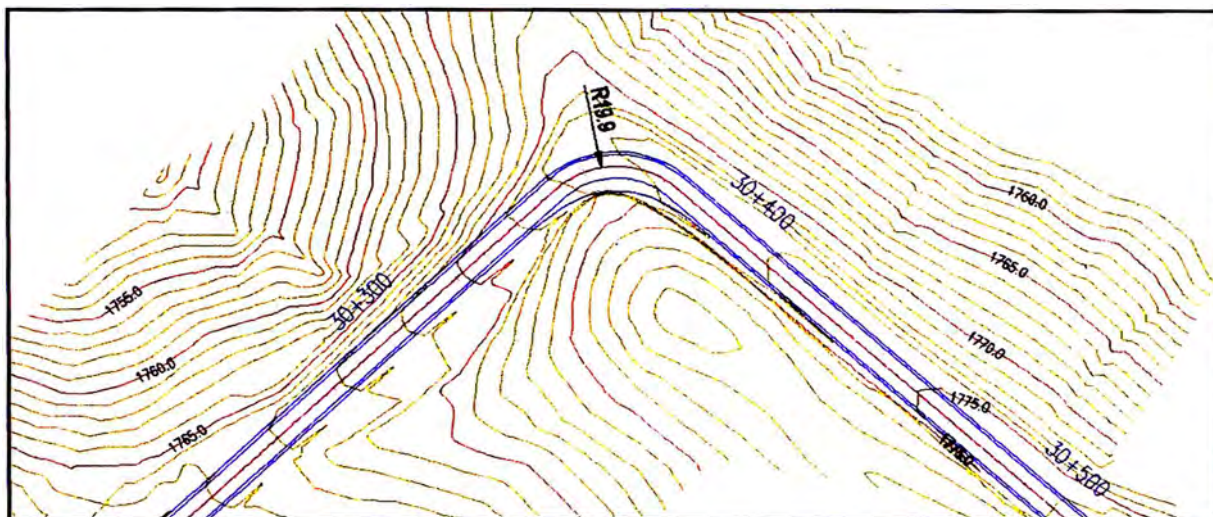


Figura N°2.13.- Sector 09, tramo a mejorar

Sector 10: Km 35+080 al Km 35+315

En este sector se aprecia que el radio de la curva de volteo no tiene la dimensión requerida para la importancia de la vía. Este sector representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Se recomienda mejorar el radio y las entre-tangencias con las curvas adyacentes usando espirales para una correcta transición del peralte.

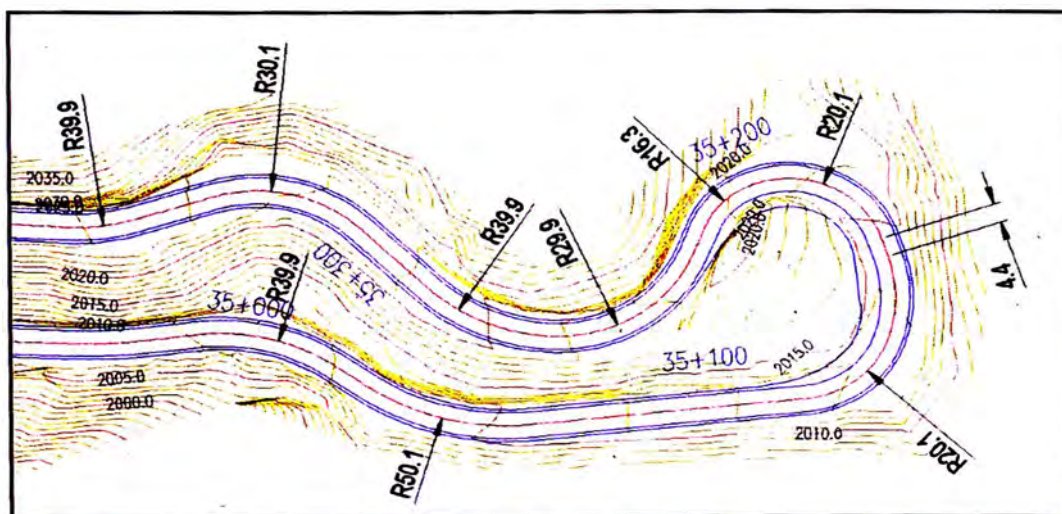


Figura N°2.14.- Sector 10, tramo a mejorar

Sector 11: Km 107+090 al Km 107+517

Este sector presenta varias curvas con radios menores al mínimo reglamentario registrándose un accidente sin consecuencias fatales. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. La topografía es accidentada por lo que se debe proyectar algunos muros de contención para disminuir los cortes.

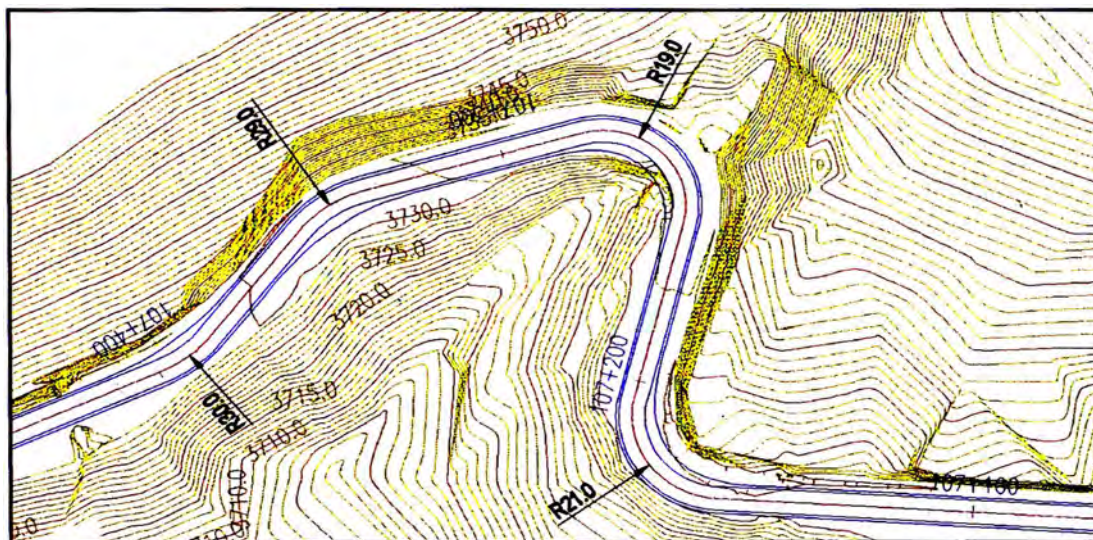


Figura N°2.15.- Sector 11, tramo a mejorar

Sector 12: Km 109+680 al Km 109+986

Este sector presenta el inconveniente de trazo precedente y posterior de buena geometría y de pronto un pequeño sector muy sinuoso con radios menores al mínimo y con poca visibilidad. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. La topografía es poco accidentada por lo que se puede proyectar la solución solamente al corte.

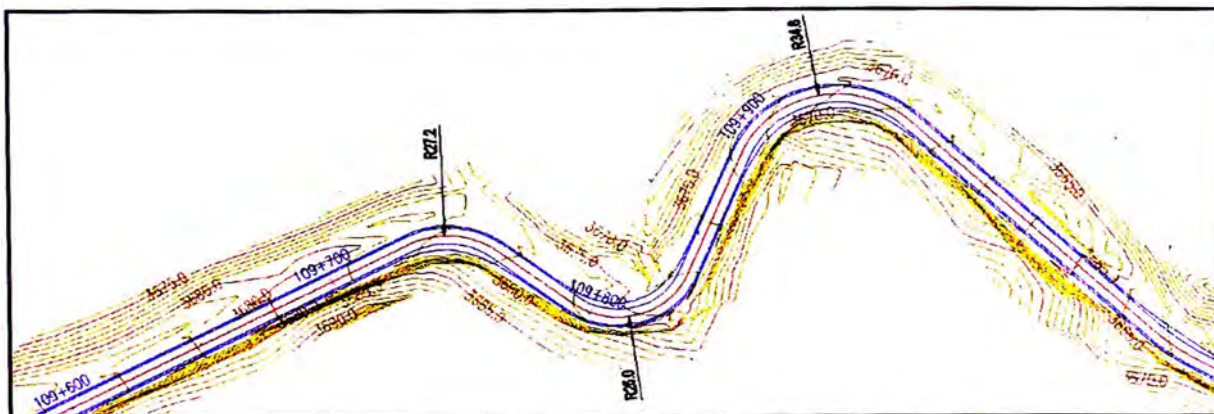


Figura N°2.16.- Sector 12, tramo a mejorar

Sector 13: Km 111+930 al Km 112+801

En este sector se aprecia que el radio de la curva de volteo, así como otros radios, no tiene la dimensión requerida para la importancia de la vía. Este sector representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario, se registran varios accidentes en este tramo. Se recomienda mejorar el radio y las entre-tangencias con las curvas adyacentes usando espirales para una correcta transición del peralte.

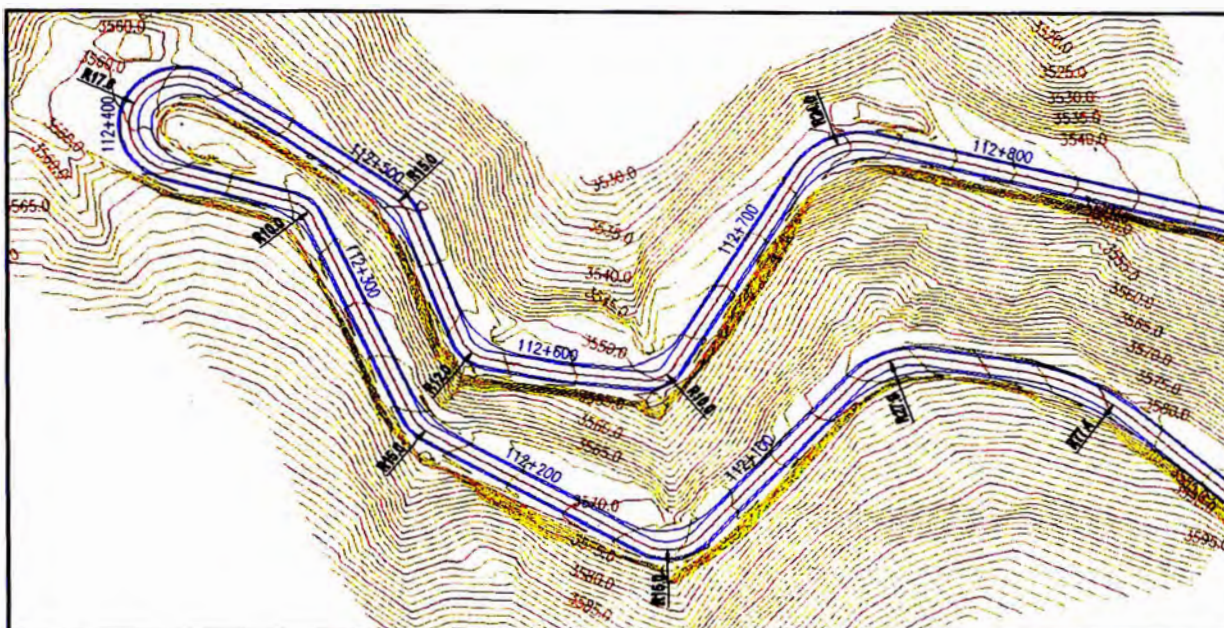


Figura N°2.17.- Sector 13, tramo a mejorar

Sector 14: Km 122+470 al Km 122+894

Este sector presenta varias curvas con radios menores al mínimo reglamentario registrándose varios accidentes. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. La topografía es accidentada por lo que se debe proyectar algunos muros de contención para disminuir los cortes.

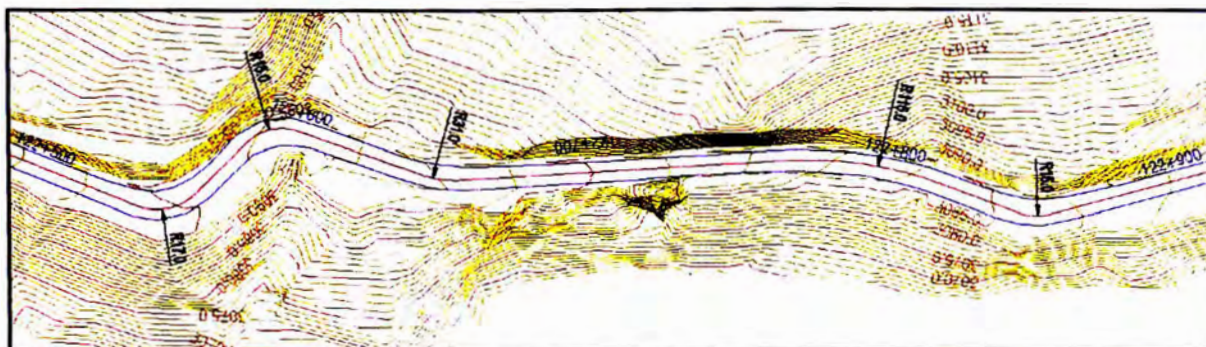


Figura N°2.18.- Sector 14, tramo a mejorar

Sector 15: Km 123+650 al Km 123+914

Este sector presenta una curva con radio menor al mínimo reglamentario, así como curva del mismo sentido con poca tangente entre sí. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. Existe un puente de 8m de luz sobre la quebrada.

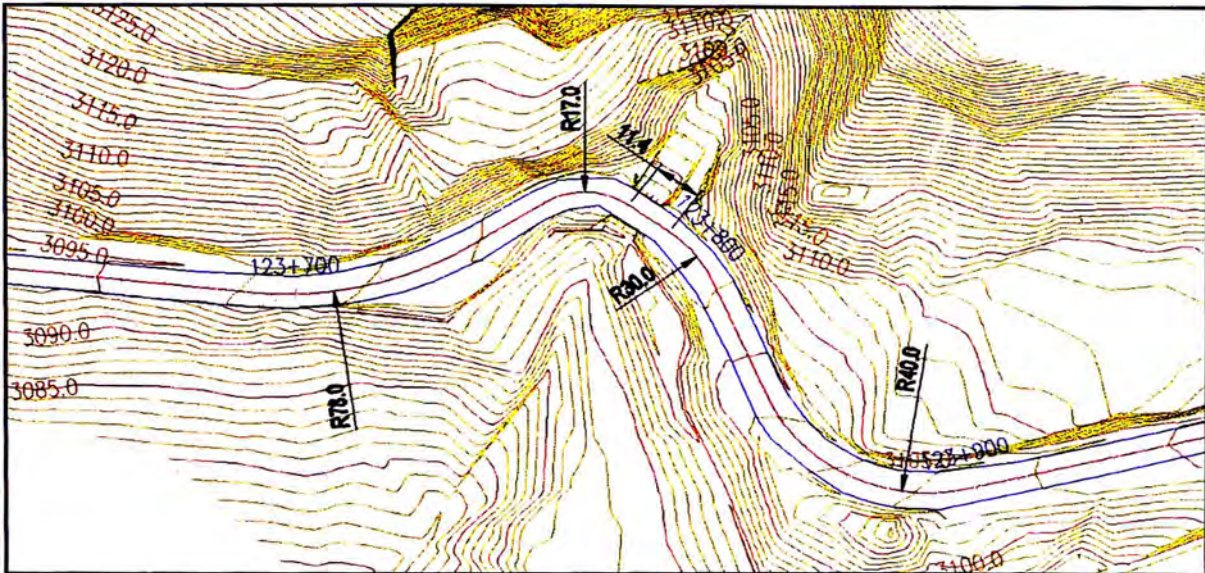


Figura N°2.19.- Sector 15, tramo a mejorar

Sector 16: Km 130+640 al Km 130+854

Este sector presenta una mala combinación de curva contra curva, ya que la diferencia de radios es muy alta, ocasionando mucho riesgo a la seguridad vial, esto se refleja en el número elevado de accidentes en este punto. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace entre curvas, también es necesario el uso de espirales.

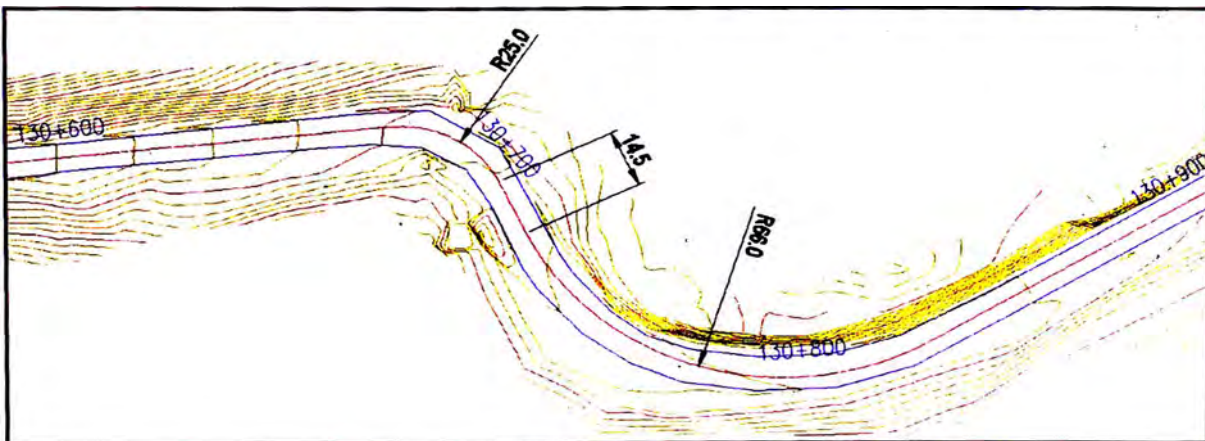


Figura N°2.20.- Sector 16, tramo a mejorar

Sector 17: Km 135+370 al Km 135+655

Este sector presenta varias curvas con radios menores al mínimo reglamentario. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. La topografía es poco accidentada por lo que se puede proyectar el trazo priorizando el corte.

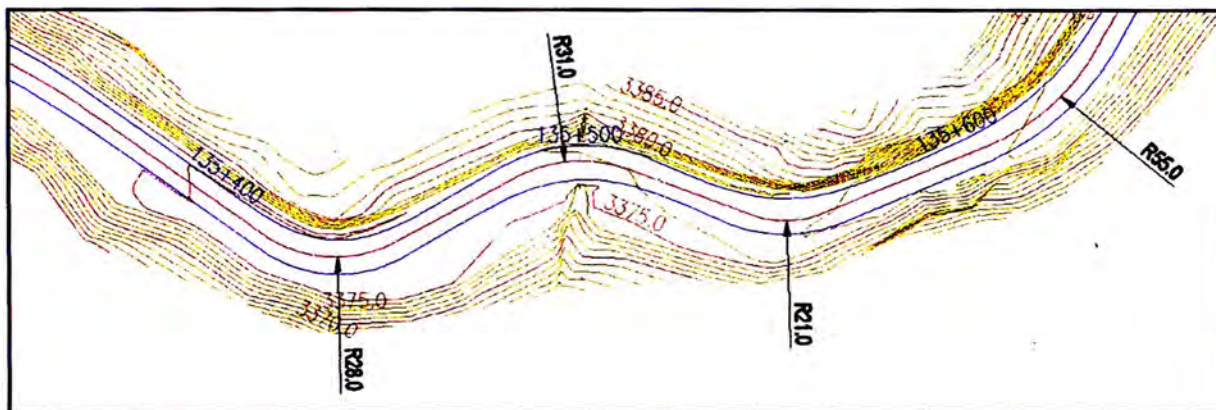


Figura N°2.21.- Sector 17, tramo a mejorar

Sector 18: Km 136+770 al Km 137+142

Este sector presenta una curva con radio menor al mínimo reglamentario. Se recomienda la mejora geométrica con un correcto enlace con las curvas adyacentes, también es necesario el uso de espirales. Existe un puente de 8m de luz sobre la quebrada en la salida de la curva, lo cual es un riesgo para la seguridad vial pues no existe una buena transición.

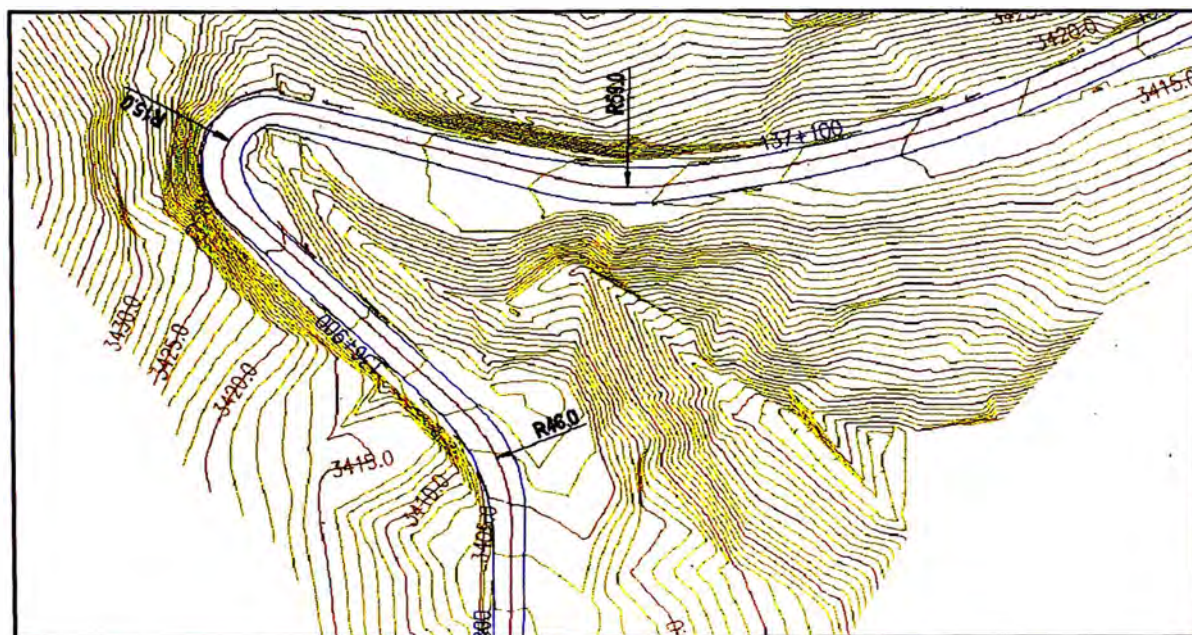


Figura N°2.22.- Sector 18, tramo a mejorar

Sector 19: Km 140+070 al Km 140+196

Este sector presenta una curva con radio menor al mínimo reglamentario. Se recomienda la mejora geométrica con el uso de espirales. Se han registrado varios accidentes en esta curva.

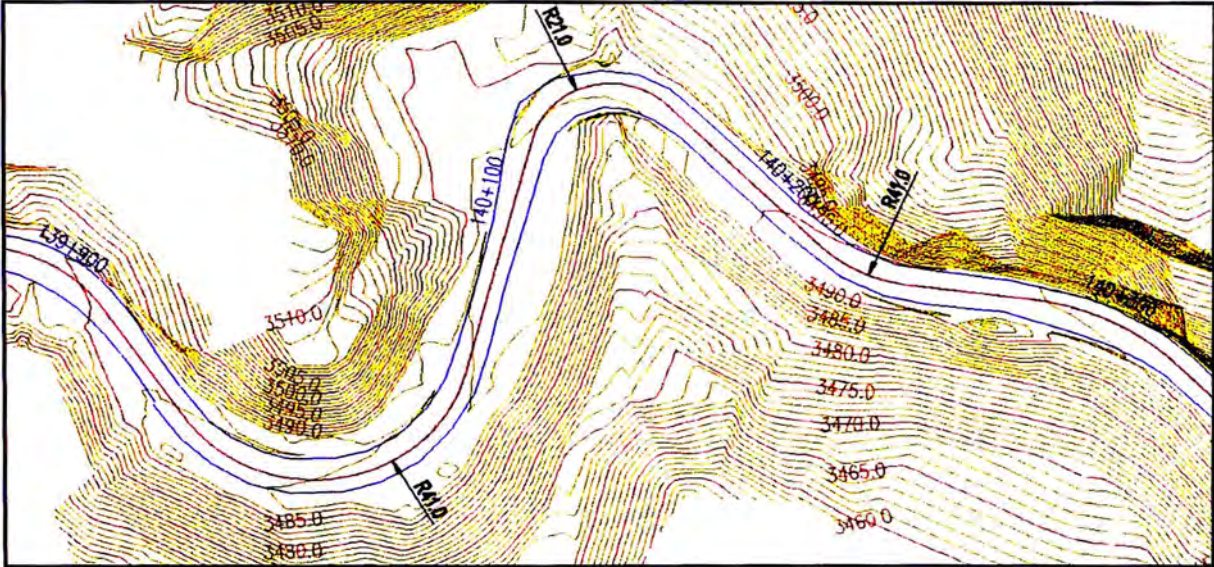


Figura N°2.23.- Sector 19, tramo a mejorar

Sector 20: Km 140+615 al Km 141+083

En este sector existen varias curvas con radios menores al mínimo reglamentario, lo cual representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Se recomienda mejorar los radios y las entre-tangencias con las curvas adyacentes.

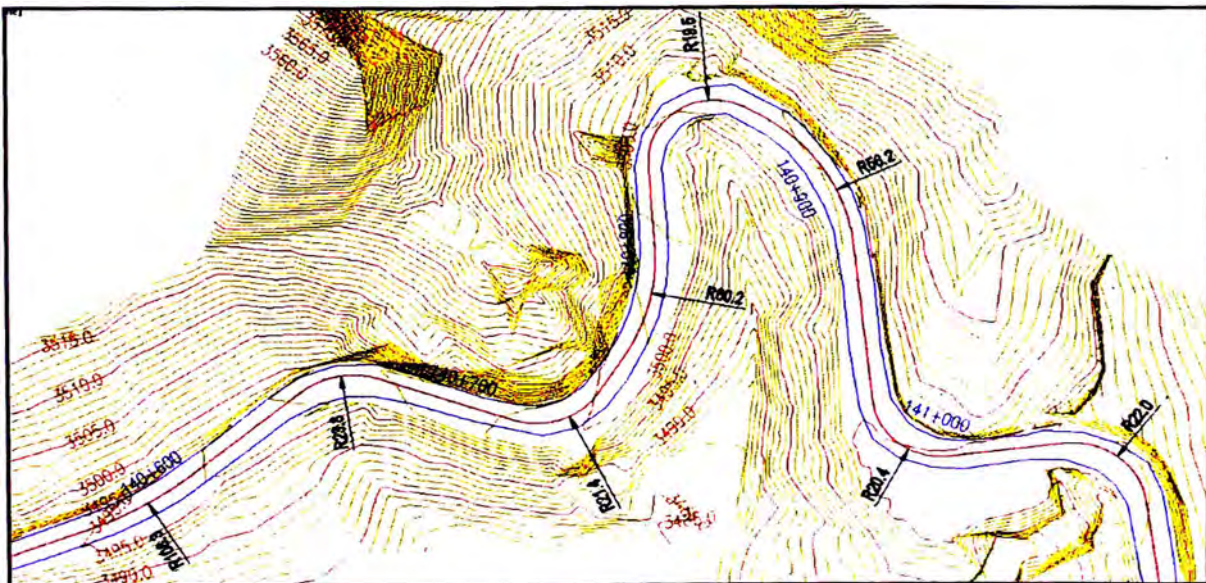


Figura N°2.24.- Sector 20, tramo a mejorar

Sector 21: Km 152+550 al Km 152+995

En este sector existen varias curvas con radios menores al mínimo reglamentario, lo cual representa un riesgo para la seguridad vial ya que los vehículos tienen dificultad al girar e invaden el carril contrario. Se recomienda mejorar los radios y las entre-tangencias con las curvas adyacentes.

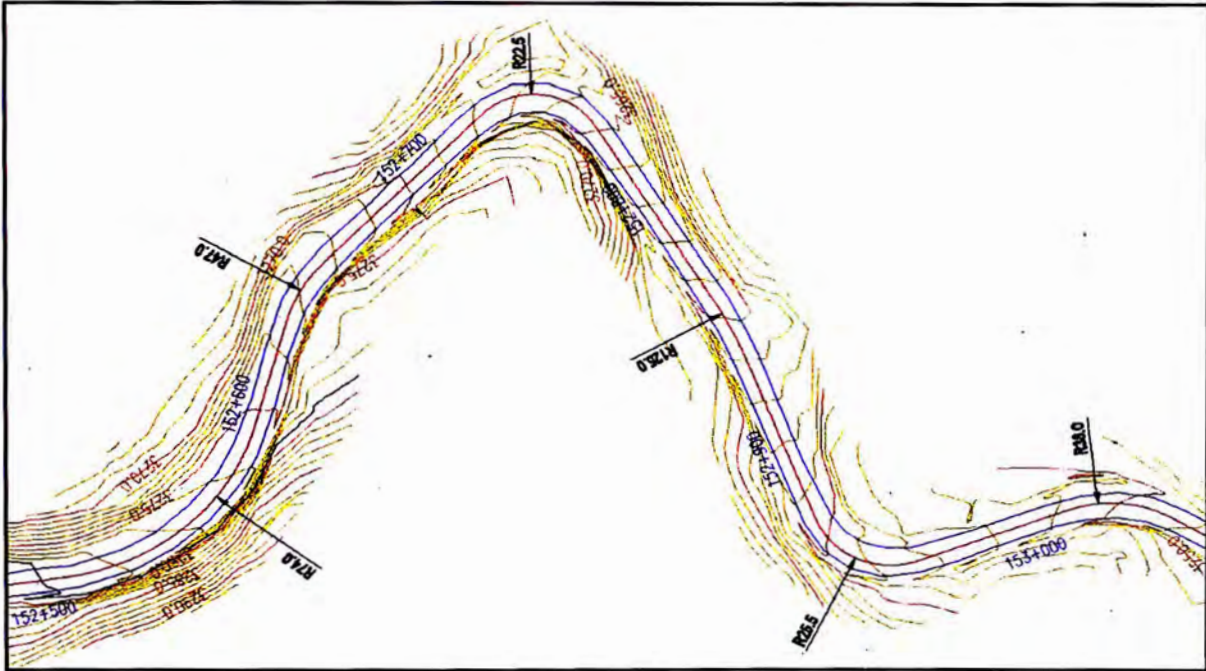


Figura N°2.25.- Sector 21, tramo a mejorar

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO PARA MEJORAR LA GEOMETRÍA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ECONÓMICA

3.1 CRITERIOS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO

3.1.1 Parámetros de Diseño

De la teoría expuesta en el capítulo I y de los datos establecidos en el contrato de concesión, se extraen los siguientes parámetros de diseño para una orografía accidentada:

Tabla N°3.1.- Parámetros de Diseño Geométrico

Parámetro	Característica
Clasificación de la Carretera, según su función	Red Vial Nacional
Tipo de Superficie de Rodadura	Asfaltada
Ancho de carril	3.0m (ancho de calzada 6.0m)
Ancho de berma	0.70m a cada lado
Vehículo de diseño	C2 y C3
Velocidad Directriz	30 km/h
Normas	Manual de Diseño Geométrico DG-2001
Radio mínimo normal	30 m
Radio mínimo excepcional	22 m (en curvas de volteo)
Pendiente máxima	8.0%
Sobrecancho	Calculado para un C2 en radios mayores a 30m, en radio menores a 30m se modeló con un C3. Las curvas de volteo se verificaron para el giro de un T3S3
Peralte máximo	8%
Bombeo	2.0%
Cunetas	Revestidas de concreto
S.A.C.	0.50m

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Sección Tipo

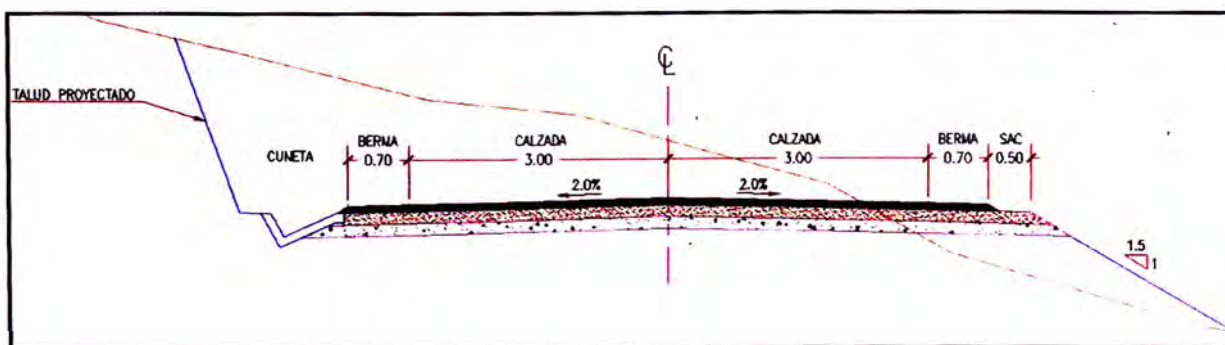
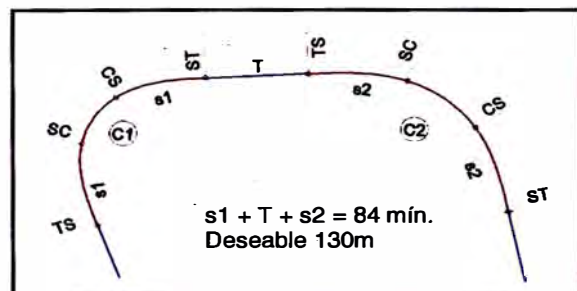
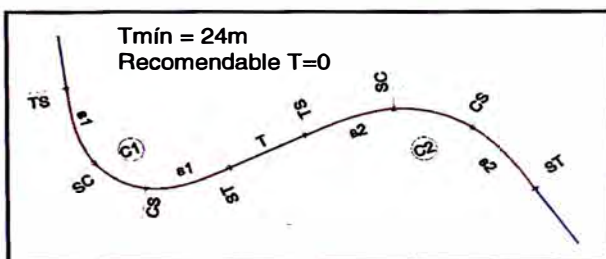


Figura N°3.1.- Sección Típica en Tangente

3.1.3 Recomendaciones de Diseño

El diseño de la geometría de carreteras para caminos sinuosos es un poco complejo, ya que la mejor solución debe ser compatible con las distintas especialidades tales como la geotecnia, hidráulica y la seguridad vial. Las principales recomendaciones para el diseño están sujetas a la disponibilidad de espacios y condiciones topográficas. A continuación se listan algunas recomendaciones muy importantes en el trazado de caminos sinuosos en topografías accidentadas:

- Se debe considerar que en estas condiciones de sitio es posible prescindir del término comodidad y agrado visual, asegurando primordialmente el aspecto de la seguridad vial y la estética del trazado.
- En trazados con curvas de sentido contrario y curvas del mismo sentido, es muy importante dotar de las entre-tangencias suficientes para al menos asegurar una adecuada transición de peraltes y sobrecanchos, según lo dicho en el tópico 402.02 de la DG-2001. En las figuras 3.2 y 3.3 se indican las longitudes de tangente mínima en cada situación en situaciones de topografía accidentada.



Figuras N°3.2 y 3.3.- Enlace de curvas sentido contrario y del mismo sentido

En el caso de las curvas reversas, la tangente intermedia no debe ser menor a 24m, en caso contrario se alargarán las espirales hasta eliminar dicha tangente. cuando se tiene el caso de curvas reversas donde una de ellas lleva espiral y la otra no, en ese caso se debe dejar una tangente suficiente para al menos asegurar la transición del peralte, con ello se debe lograr que $s1+T=45m$ como mínimo.

Para las curvas del mismo sentido se dispondrá de una tangente mínima de 24m para lograr que la suma de la tangente, más las espirales adyacentes a la misma sea mayor a 84m, en caso contrario se reemplazará el sistema por una sola curva amplia, por una curva policéntrica de tres centros o por un ovoide (dos

curvas y una espiral que las enlaza). Para reforzar el sustento del uso de una tangente de 24m, nos podemos referir al manual chileno de carreteras, en el cual se permite el uso de una tangente de 25m para topografías accidentadas con velocidad de proyecto de 30km/h. En la tabla 3.2 se establecen las tangentes sugeridas en el manual chileno.

Tabla N°3.2.- Tangentes recomendadas para curvas del mismo sentido

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Los valores indicados corresponden a Deseables y Mínimos.

Fuente: Manual chileno de carreteras Volumen N°3 tabla 3.203.203(2).A

- Para el cálculo de las espirales, se debe tomar en cuenta las recomendaciones de la DG-2001 establecidas en el ítem 402.07.04 de la guía de diseño.

3.2 PROGRAMAS DE CÓMPUTO UTILIZADOS

En nuestro medio existen muchos programas de cómputo para el procesamiento de carreteras, muchos de ellos son un apoyo para el proyectista, pues nunca reemplazará el buen criterio que se tiene cuando existen situaciones muy complejas. La mayoría de programas funcionan de manera similar, algunos de ellos deben ser previamente configurados, otros en cambio vienen ya preparados con módulos específicos para el procesamiento de carreteras y su configuración es muy simple.

3.2.1 Programa Inroad XM

El programa de carreteras Inroad XM, es muy versátil y sencillo de utilizar, ya que las opciones no requieren de muchas configuraciones pues está orientado al desarrollo específico de carreteras. Los datos ingresados pueden provenir de otros programas de procesamiento de carreteras como el LAND o el Civil 3D.

El software funciona de la siguiente manera:

- Se carga la topografía generada por el software LAND o similar
- Luego se genera un alineamiento según el trazado requerido mediante las herramientas del software
- Se edita el alineamiento ingresando los radios de curva y espirales

- El perfil longitudinal es generado con una simple opción ya que la superficie topográfica está en memoria
- Se debe crear la plantilla típica de la sección transversal de la carretera con la cual se calcularán los metrados de movimiento de tierras
- Los metrados se reportan de manera fácil y sencilla
- El laminado se reproduce con ayuda del programa para reducir tiempos de dibujo.

3.2.2 Autotrack

El programa Autotrack es una herramienta utilizada para modelar el paso de vehículos sobre un alineamiento específico, es muy utilizado para asegurar el giro de vehículos extra-pesados por curvas de radio mínimo. El software ayuda mucho en la obtención de los radios de giro mínimos cuando los espacios son reducidos, la aplicación se vuelve importante ya que en algunas ocasiones el transporte de carga ancha y pesada no puede girar especialmente por las curvas de volteo, en dichas curvas es necesario modelar el giro mínimo para estar seguros del paso de los vehículos articulados.

El software funciona de la siguiente manera:

- Se importa el alineamiento sobre el cual se modelará el giro vehicular
- Se configura la velocidad de giro, se escoge el tipo de vehículo y se establecen las dimensiones de la carga transportada para obtener el barrido de carga.
- También es posible obtener el modelamiento sobre el perfil longitudinal.
- El software también ofrece la posibilidad de modelar en 3D

3.3 PLANTEAMIENTO DE MEJORA GEOMETRICA

Las mejoras propuestas están basadas en los criterios de diseño y las recomendaciones para un correcto enlace de curvas y tangentes. En cada sector se evaluó algunas alternativas de trazo, considerando en cada caso las condiciones de sitio tales como; la topografía, construcciones existentes y afectación de la propiedad de terceros. La Topografía es un punto muy importante en la toma de decisiones, ya que lo accidentado de cada sector no permite una mejora mas óptima. En el anexo N°04 se adjuntan los planos de

planta y perfil para los 21 sectores analizados, donde se puede apreciar los elementos de curva utilizados en la mejora geométrica, también se adjuntan los planos de las secciones transversales de algunos sectores procesados. Después de evaluar varias opciones se proponen las siguientes modificaciones:

Sector 01: Km 2+650 al Km 3+870

Se mejoran los radios y entre-tangencias para una $V_d=50\text{km/h}$, con ello se reducen la posibilidad de accidentes ya que la geometría proyectada puede soportar velocidades de operación de hasta 60km/h para vehículos pesados y de hasta 70km/h para vehículos livianos. Adicionalmente se debe proyectar la señalización necesaria para reglamentar la velocidad a 50km/h máximo.

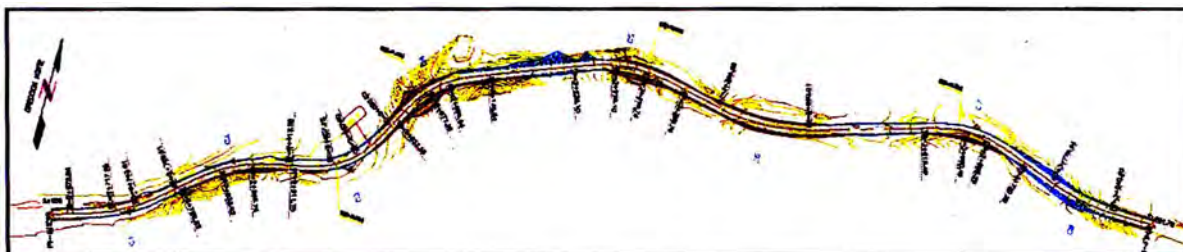


Figura N°3.4.- Sector 01, tramo mejorado

Sector 02: Km 15+360 al Km 15+720

Se mejora el radio de la curva de volteo de 18.1m a 25.0m . Se deja la longitud de tangente suficiente en los casos de curva contra curva y curva del mismo sentido.

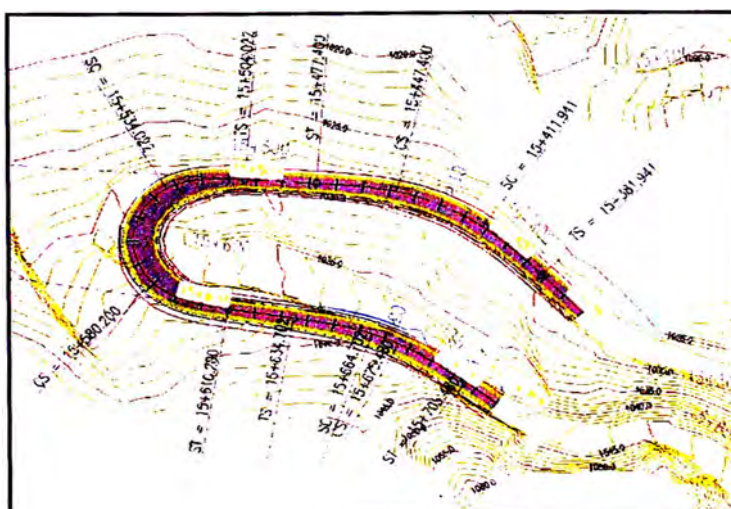


Figura N°3.5.- Sector 02, tramo mejorado

Sector 03: Km 20+370 al Km 20+987

Se mejora el radio de las curvas de vuelta de $R=18.6\text{m}$ y $R=17.7$ a $R=22.0\text{m}$, con lo cual se logra el radio mínimo reglamentario. No es posible aumentar más el radio ya que la zona presenta una topografía muy accidentada, debido a esto es necesario construir muros de contención para contener la plataforma.

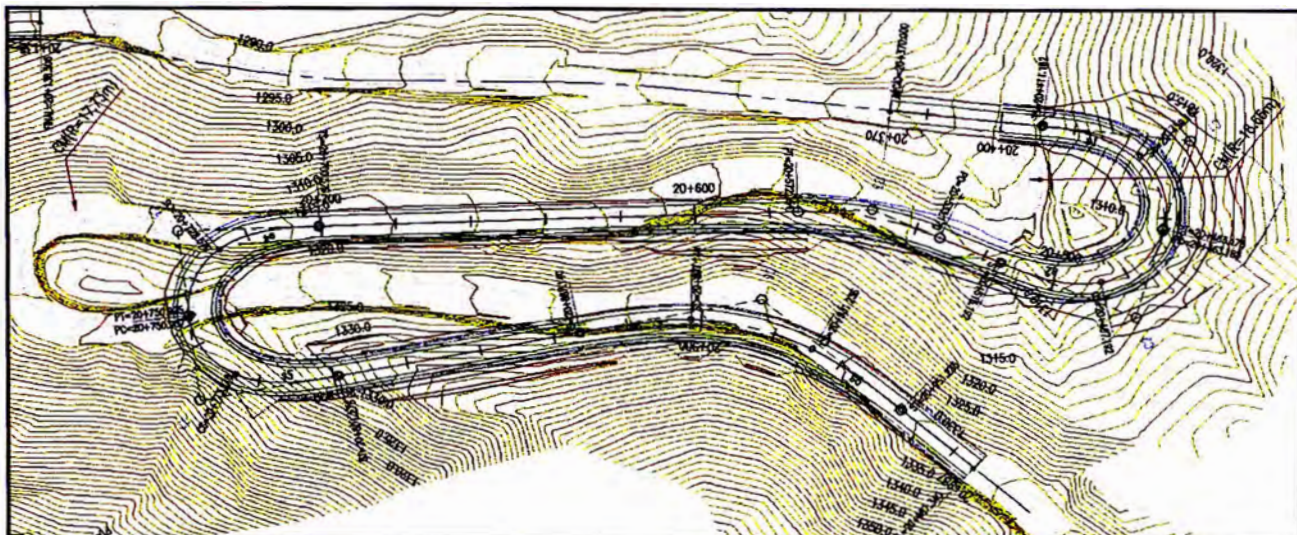


Figura N°3.6.- Sector 03, tramo mejorado

Sector 04: Km 21+290 al Km 21+457

Se mejora la curva de $R=22.9\text{m}$ a $R=44.0\text{m}$ con lo cual se logra un radio mayor al mínimo reglamentario. La solución es netamente al corte y elimina varias curvas del mismo sentido reemplazándolas por una sola curva.

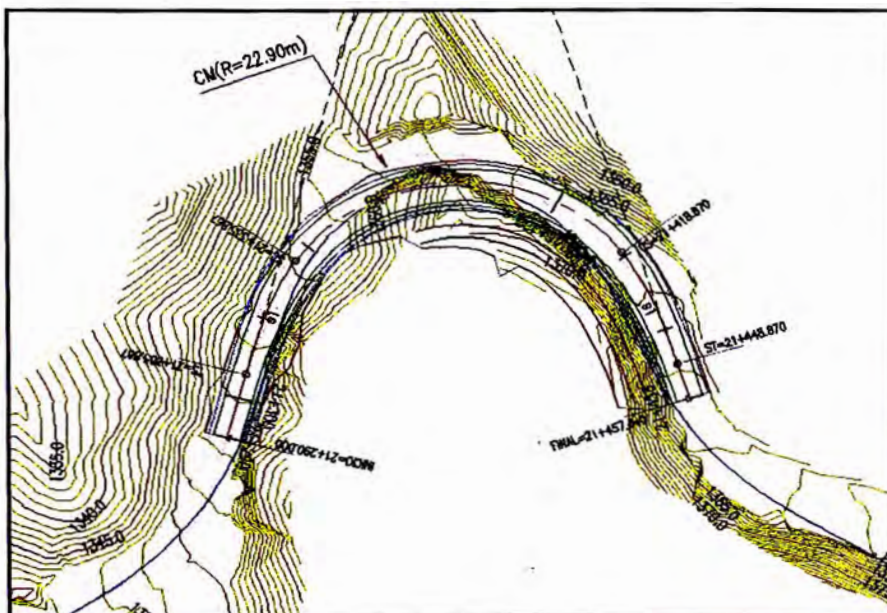


Figura N°3.7.- Sector 04, tramo mejorado

Sector 05: Km 22+525 al Km 22+853

Se mejora los radios de la curva de vuelta de $R=14.1\text{m}$ y $R=15.1$ a $R=22.0\text{m}$, con lo cual se logra el radio mínimo reglamentario. No es posible aumentar más el radio ya que la zona presenta una topografía muy accidentada, debido a esto es necesario construir muros de contención para contener la plataforma.

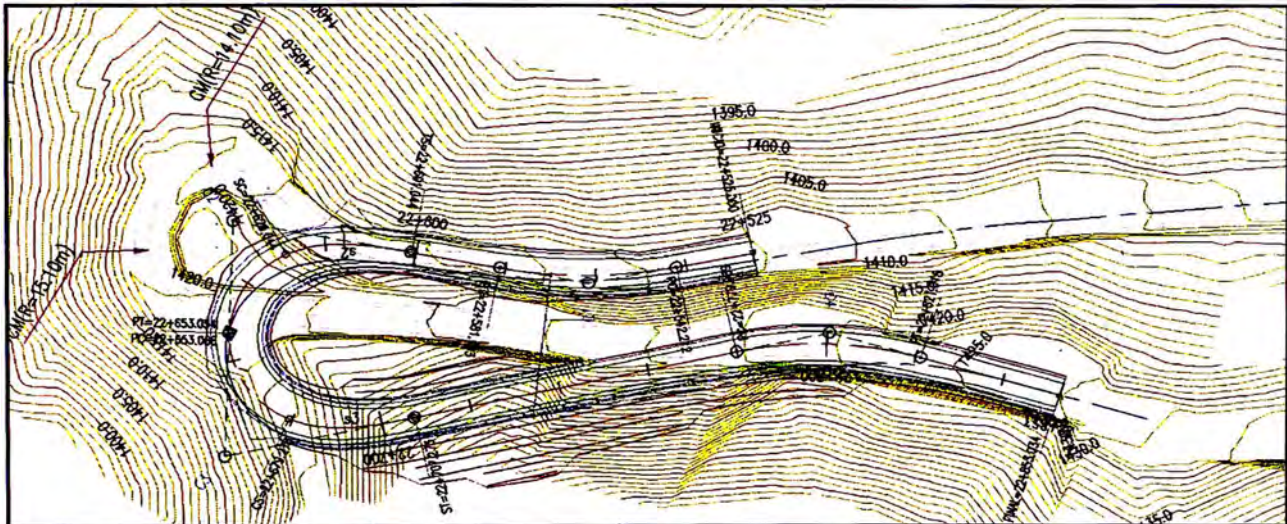


Figura N°3.8.- Sector 05, tramo mejorado

Sector 06: Km 23+510 al Km 23+748

Se mejora la curva de $R=20.1\text{m}$ a $R=40.0\text{m}$ con lo cual se logra un radio mayor al mínimo reglamentario, reemplazando varias curvas por una sola curva. La solución se plantea con corte y muros de contención.

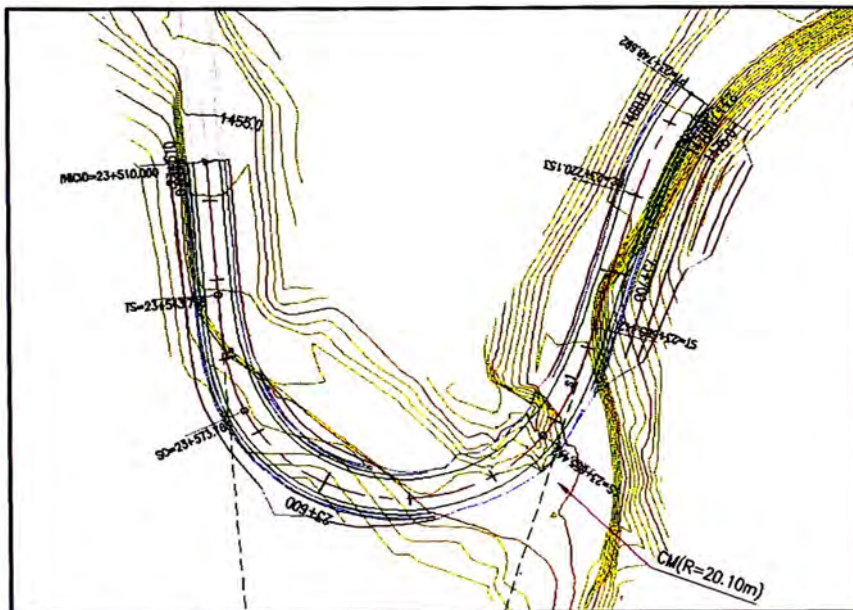


Figura N°3.9.- Sector 06, tramo mejorado

Sector 07: Km 25+420 al Km 25+749

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=29.9\text{m}$ a $R=46.0\text{m}$, $R=19.1\text{m}$ a $R=24.0\text{m}$ y $R=19.9\text{m}$ a $R=60.0\text{m}$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores según los criterios de diseño y las recomendaciones para casos de alta sinuosidad. La solución se plantea con corte y muros de contención.

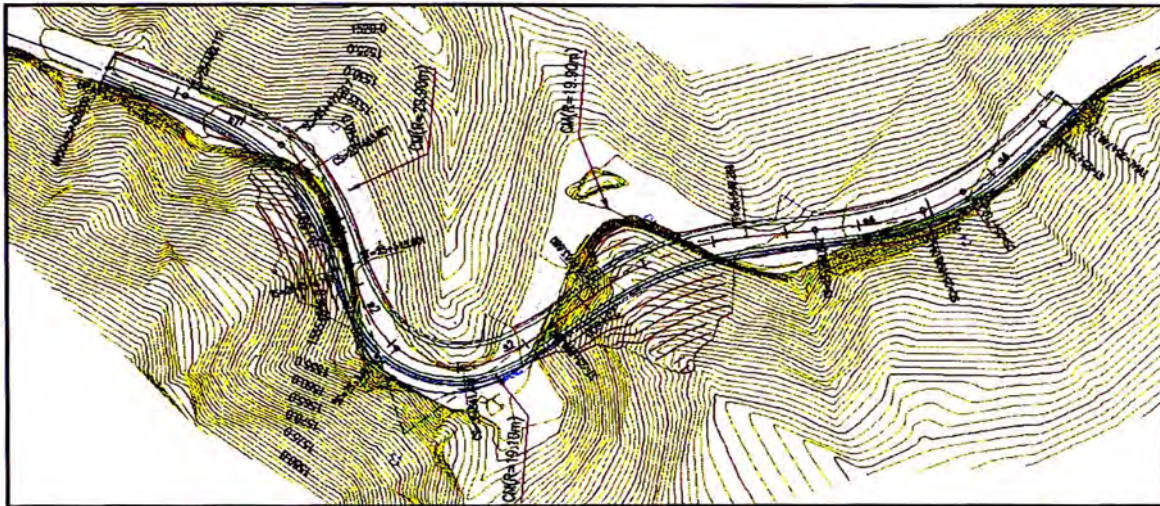


Figura N°3.10.- Sector 07, tramo mejorado

Sector 08: Km 26+550 al Km 26+874

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=20.7\text{m}$ a $R=48.0\text{m}$, $R=20.1\text{m}$ a $R=90.0\text{m}$ y $R=16.7\text{m}$ a $R=36.0\text{m}$, se elimina la curva de radio $R=21.7\text{m}$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores según los criterios de diseño y las recomendaciones para casos de alta sinuosidad. La solución se plantea priorizando el corte.

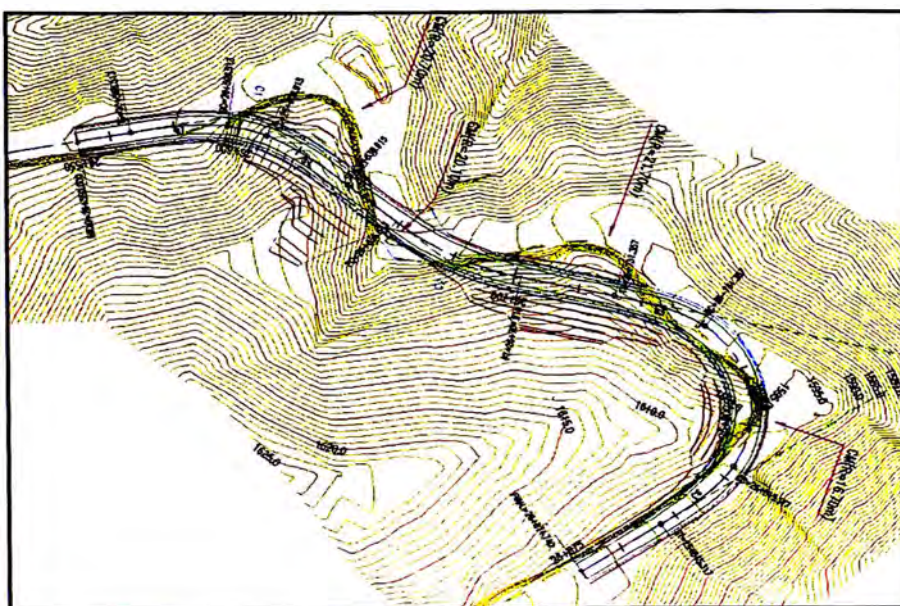


Figura N°3.11.- Sector 08, tramo mejorado

Sector 09: Km 30+290 al Km 30+436

Se mejora la curva de $R=19.9m$ a $R=50.0m$ con lo cual se logra un radio mayor al mínimo reglamentario, de esa manera se logra tener una curva con mucho mayor radio luego de tangentes largas. La solución se plantea al corte.

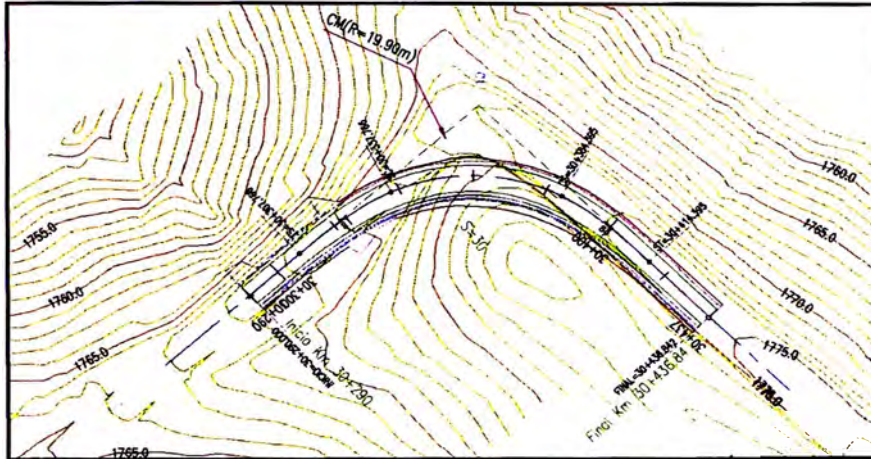


Figura N°3.12.- Sector 09, tramo mejorado

Sector 10: Km 35+080 al Km 35+315

Se mejora los radios de la curva de vuelta de $R=20.1m$ a $R=23.0m$, con lo cual se logra el radio mínimo reglamentario. No es posible aumentar más el radio ya que la zona presenta una topografía muy accidentada.

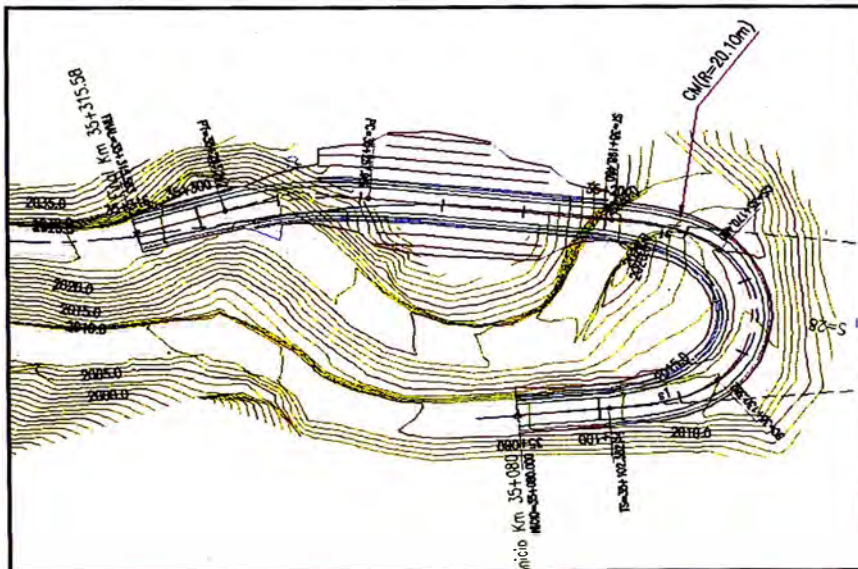


Figura N°3.13.- Sector 10, tramo mejorado

Sector 11: Km 107+090 al Km 107+517

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=21.0\text{m}$ a $R=40.0\text{m}$ y $R=19.0\text{m}$ a $R=40.0\text{m}$, se elimina la curva de radio $R=29.0\text{m}$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores mayores al mínimo recomendado. La solución se plantea con cortes y muros de contención.

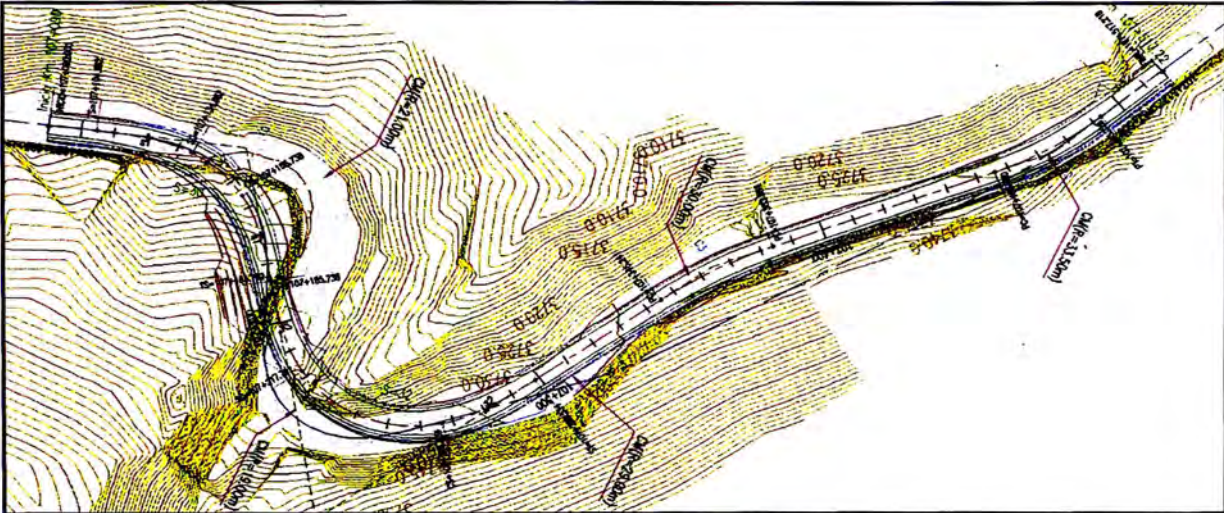


Figura N°3.14.- Sector 11, tramo mejorado

Sector 12: Km 109+680 al Km 109+986

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=27.1\text{m}$ a $R=44.0\text{m}$, $R=25.0$ a $R=30\text{m}$ y $R=34.8\text{m}$ a $R=40.0\text{m}$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores mayores al mínimo recomendado según los criterios de diseño y las recomendaciones para casos de alta sinuosidad. La solución se plantea priorizando el corte.

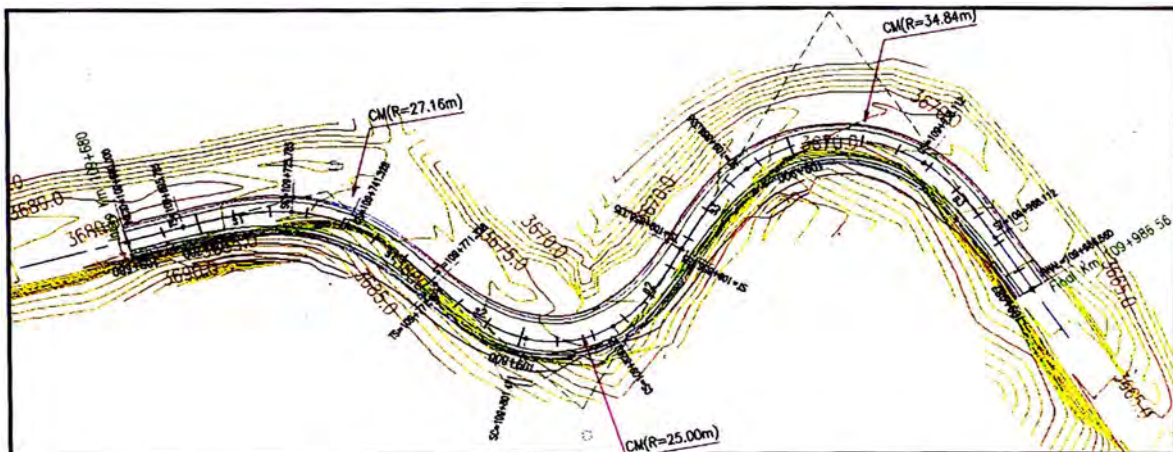


Figura N°3.15.- Sector 12, tramo mejorado

Sector 13: Km 111+930 al Km 112+801

Este sector ha sido rediseñado completamente con nuevos radios y enlaces con espirales, algunas curvas fueron anuladas para reemplazarlas por una sola curva, con lo cual se logra aumentar los radios a valores mayores al mínimo recomendado. La solución se plantea priorizando el corte.



Figura N°3.16.- Sector 13, tramo mejorado.

Sector 14: Km 122+470 al Km 122+894

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=17.0m$ a $R=50.0m$ y $R=15.0$ a $R=66.0m$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores mayores al mínimo recomendado. La solución se plantea priorizando el corte.

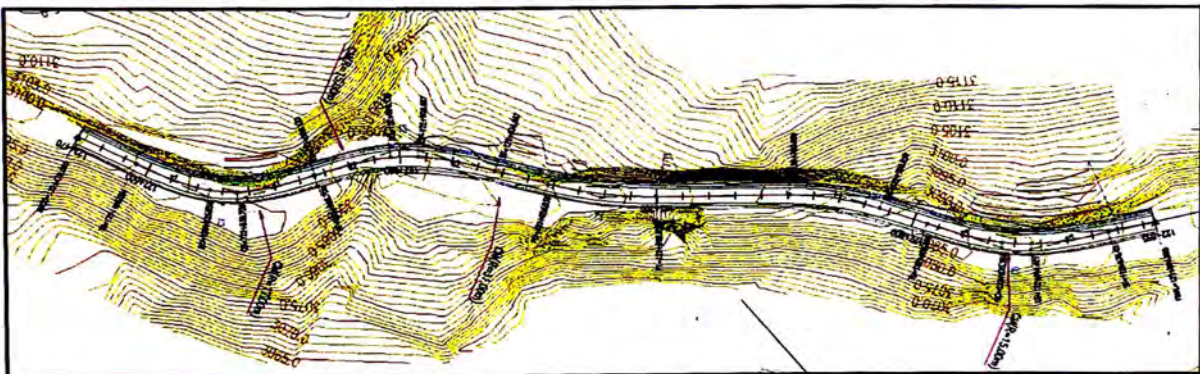


Figura N°3.17.- Sector 14, tramo mejorado

Sector 17: Km 135+370 al Km 135+655

Este sector ha sido rediseñado completamente con nuevos radios y enlaces con espirales, algunas curvas fueron anuladas para reemplazarlas por una sola curva, con lo cual se logra aumentar los radios a valores mayores al mínimo recomendado. La solución se plantea priorizando el corte.

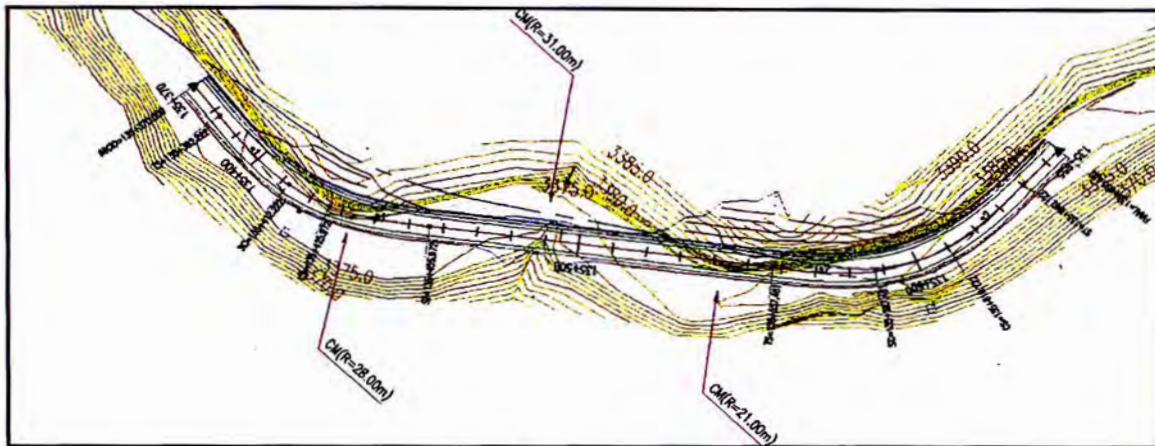


Figura N°3.20.- Sector 17, tramo mejorado

Sector 18: Km 136+770 al Km 137+142

En este sector se realiza una mejora completa de todo el trazado, se proyecta la construcción de un nuevo puente de 8.0m de luz aguas abajo. La opción de corte es demasiado elevada y no mejora el radio significativamente.

El curva donde se proyecta el puente tendrá un radio de 28.0m, los problemas de geodinámica externa no permiten dotar de un mayor radio.

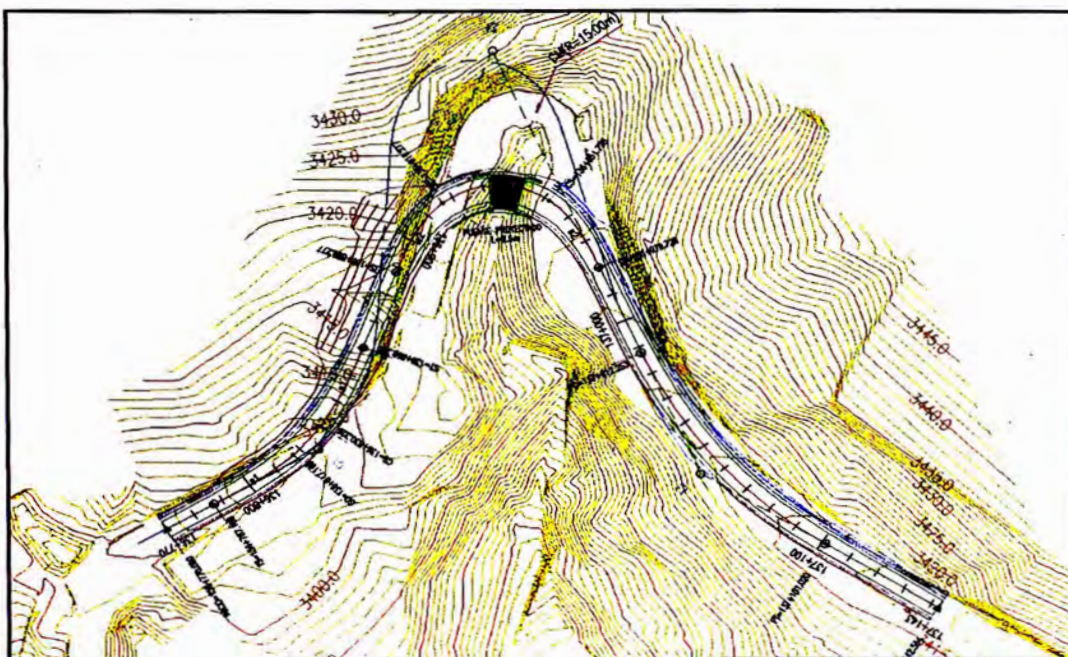


Figura N°3.21.- Sector 18, tramo mejorado

Sector 19: Km 140+070 al Km 140+196

Se mejora la curva de $R=21.0\text{m}$ a $R=28.0\text{m}$ con lo cual se logra un radio mayor al mínimo reglamentario. La solución se proyecta mejorando una sola curva para aprovechar al máximo la vía existente.

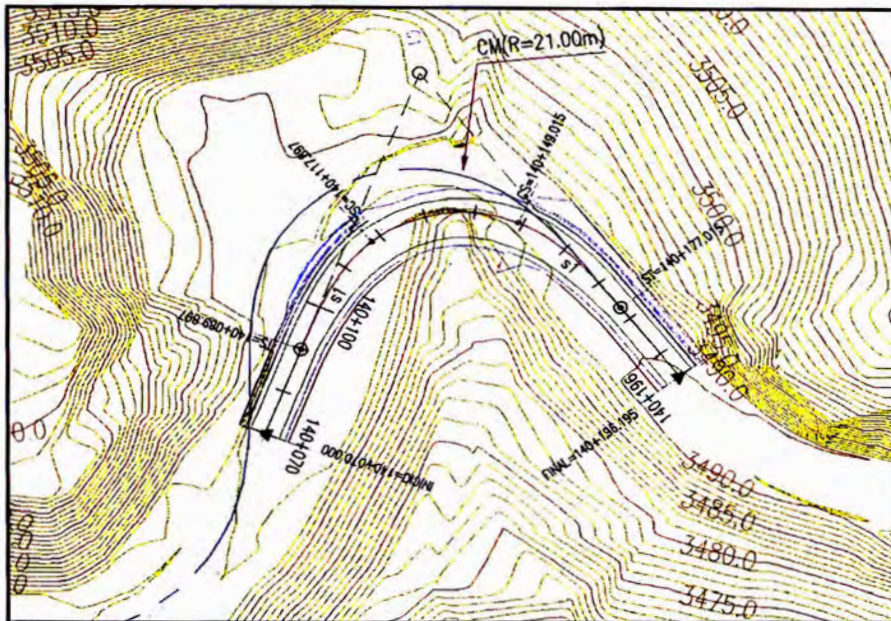


Figura N°3.22.- Sector 19, tramo mejorado.

Sector 20: Km 140+615 al Km 141+083

Se mejoran las curvas de la siguiente manera $R=23.8\text{m}$ a $R=38.0\text{m}$, $R=21.4\text{m}$ a $R=35\text{m}$, $R=19.5\text{m}$ a $R=26\text{m}$, $R=20.4$ a $R=40.0\text{m}$ y $R=22.0\text{m}$ a $R=36\text{m}$, con lo cual se logra aumentar los radios a valores según los criterios de diseño y las recomendaciones para casos de alta sinuosidad. La zona entre el Km 140+650 al Km 140+830 es muy accidentada, los taludes de corte son muy altos, por lo que el trazo proyectado se planteó más cercano hacia el talud inferior. Para estabilizar la plataforma se necesitará de la construcción de muros de contención, además de colocar barreras de seguridad para evitar la caída al abismo. A medida que el tráfico aumente quizá sea necesario construir un túnel para mejorar la geometría eliminando una de las curvas.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El presente informe ha permitido cumplir con el objetivo de plantear mejoras geométricas en las zonas que representan un riesgo para la seguridad vial, dichos planteamientos se ajustan a la normativa vigente.
- Siempre es posible llegar a acuerdos con el MTC, sobre el uso de excepciones indicadas en la norma DG-2001, estableciendo en conjunto valores mínimos y máximos que se encuentren enmarcados en la conservación de la seguridad vial.
- La velocidad de diseño casi siempre es rebasada por los vehículos ligeros y camiones con poca carga, estos vehículos siempre buscan que adelantar a los más lentos, por ello es importante seleccionar una buena velocidad de diseño, que se acerque lo más posible a las velocidades de operación en carreteras similares.
- El uso de los parámetros de diseño están muy relacionados al uso y funcionalidad de la vía proyectada, tanto en los primeros años como en el año horizonte de diseño.
- La Maniobra prevista en las curvas de volteo se modela con el giro en simultáneo de dos vehículos tipo C3, el cual es equivalente a un bus de pasajeros. La elección del vehículo debe corresponder al volumen y distribución del tráfico proyectado, teniendo en cuenta la situación de giro más probable dentro de una curva de retorno.
- En el análisis de los accidentes se puede concluir que un mal diseño geométrico aumenta el riesgo de accidentes, sobre todo cuando no se utilizan los valores recomendados por la normatividad según la velocidad de diseño proyectada.
- En tramos sinuosos la probabilidad de ocurrencia de accidentes es alta, en estos casos se proyecta una buena distancia de visibilidad de parada.
- Es evidente la relación de la accidentalidad y las características geométricas de una vía, especialmente en topografía accidentada.
- Mejorar la geometría ayuda a reducir la magnitud del accidente, ya que ante un evento de colisión o choque se dispondrá de mayor distancia de visibilidad de parada.

- El elección correcta en el uso las barreras certificadas, nos proporcionan una mejora en la seguridad vial, ya que reduce la magnitud del accidente.
- Para lograr un óptimo diseño fue necesario plantear alternativas de trazo con el fin de descartar inversiones muy elevadas, considerando en primer lugar una condición segura antes que trazos muy cómodos.
- A pesar de los esfuerzos realizados en mejorar la geometría y dotar de mayor seguridad vial, los accidentes continúan, ello nos obliga a seguir investigando en la mejora continua para reducir los accidentes.

4.2 RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

- El ancho de bermas para el paso de puentes y alcantarillas no debe reducirse, ya que sirven como guiado óptico y evitan que los conductores invadan el carril contrario debido a la sensación de estrangulamiento.
- Las vías que reciban mantenimiento y mejoras de pavimento, deben ir acompañadas de correcciones geométricas acordes con la nueva condición de la superficie de rodadura, ya que al mejorar la superficie los vehículos tienden a aumentar la velocidad de operación.
- En los sectores donde la intervención con un cambio geométrico es muy costoso, se recomienda adicionar carriles de ascenso donde las pendientes están cerca del máximo permitido, de esta manera se mejora la seguridad vial permitiendo mayores longitudes de adelantamiento.
- Se debe invertir en un constante mantenimiento de la señalización vial, así mismo exigir a las empresas concesionarias que mantengan un buen nivel de servicio para minimizar el riesgo de accidentes.
- Los constructores deben respetar los diseños geométricos de la ingeniería y no tratar de cambiar los alineamientos por cuestiones económicas o de facilidad constructiva.
- Todo desarrollo en la mejora de una geometría está bien relacionado con la educación vial, esta es un arma muy importante para combatir los accidentes, es decir, se debe instruir desde edades tempranas a los futuros conductores en las normas del sistema vial.
- Las normas deben contemplar las mejoras de potencia y frenado que presentan los vehículos modernos, de esa manera se pueden actualizar algunos parámetros mínimos y ajustarlos al actual parque automotor.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington, D.C.: ASSHTO, 2004.
2. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001”, Segunda Edición, Lima – Perú, 2001.
3. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras”, RM N°210-2000-MTC/15.02, Lima – Perú, 2000.
4. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Sistema de Contención de Vehículos tipo Barreras de Seguridad”, Directiva N°007-2008-MTC/02, Lima – Perú, 2008.
5. Ministerio de Obras Públicas (MOP) – Dirección de Vialidad, “Manual de Carreteras”, Séptima Edición, Santiago – Chile, 2008.

ANEXOS

ANEXO 01: MODELAMIENTO DE GIRO EN CURVAS DE VOLTEO

ANEXO 02: REGISTRO DE ACCIDENTES EN CARRETERA NAZCA - PÚQUIO

ANEXO 03: LISTADO DE LAS CURVAS CON DEFICIENCIAS GEOMÉTRICAS

ANEXO 04: PLANOS DE PLANTA Y PERFIL DE SECTORES PROCESADOS

ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 01: MODELAMIENTO DE GIRO EN CURVAS DE VOLTEO

PLANOS DEL 01 AL 04

ANEXO 02: REGISTRO DE ACCIDENTES EN CARRETERA NAZCA - PÚQUIO

Sector Procesado	Proyecto	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Leve	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos	
	0+800	Volcadura	Exceso de velocidad	5/1/11	1					Presencia de intersección a nivel, usar islas canalizadoras y mejorar señalización.
	0+820	Volcadura.	Exceso de Velocidad.	18/4/10		1		1		
	0+880	Despiste	Exceso de velocidad	17/3/12	1					
	1+200	Despiste	Conductor ebrio o drogado	18/3/09	1					Sector con presencia de buenos radios y tangentes largas. Mejorar señalización, restringir velocidad a 60km/h, usar bandas sonoras.
	1+400	Choque frontal	Invasión de Carril Contrario.	21/6/10	1					
	1+770	Despiste	Probable conductor ebrio	15/5/11	1					
	1+900	Choque por alcance	Falla mecánica	25/9/11	1					
	2+050	Choque frontal	Invasión de carril contrario	19/12/11		1		2		
	2+300	Choque frontal	Invasión de carril contrario	27/3/11	1					
	3+050	Volcadura	Conductor ebrio o drogado	10/12/09		1		3		
1	3+080	Despiste	Exceso de velocidad	17/12/11		1		1		MEJORA GEOMETRICA. Tramo corto y muy sinuoso para el entorno topográfico, los trazos precedentes son para Vd=60km/h, por tanto se debe mejorar el trazo para igualar a la misma velocidad precedente.
	3+100	Choque frontal	Invasión de carril contrario.	12/9/10		1		6		
	3+100	Choque frontal	Invasión de carril contrario.	12/10/10	1					
	3+140	Choque Lateral	Exceso de velocidad.	19/6/10	1					
	3+150	Choque frontal	Invasión de carril contrario	4/3/12		1		5		
	3+220	Despiste	Falla mecánica	24/9/11	1					
	3+400	Volcadura	Exceso de velocidad	18/1/12		1		1		
	7+630	Choque lateral	Invasión de carril contrario	16/1/12	1					Sector con presencia de buenos radios y tangentes largas. Mejorar señalización, restringir velocidad a 60km/h, usar bandas sonoras.
	9+700	Despiste Vehicular	Maniobra evasiva.	1/7/10	1					
	10+700	Volcadura	Exceso de velocidad	12/12/10			1	3	1	
	11+100	Despiste	Maniobra evasiva	21/11/10	1					
	11+400	Despiste	Exceso de velocidad	4/3/11	1					
	11+420	Despiste	Maniobra evasiva	14/12/11	1					
	11+640	Despiste	Invasión de carril	12/3/09	1					Mejorar señalización, restringir velocidad a 30km/h. Usar bandas sonoras.
	12+720	Volcadura.	Conductor Exhausto.	29/4/10	1					
	13+580	Despiste	Exceso de velocidad	8/6/11	1					MEJORA GEOMETRICA
2	15+500	Despiste Vehicular	Falla Mecánica	14/4/09	1					
	15+540	caída de carga	Carga sobre dimensionada.	20/6/10	1					
	15+560	Volcadura	Exceso de velocidad.	8/7/10	1					
	16+680	Despiste	Conductor exhausto	14/4/11	1					MEJORA GEOMETRICA
	17+000	Choque lateral	Exceso de velocidad	27/9/11	1					
	17+040	Despiste	Maniobra evasiva	21/10/11	1					
	17+100	Choque frontal	Invasión de carril contrario	17/8/11		1		3		
	17+440	Despiste	Maniobra evasiva	26/7/11	1					
	18+900	Volcadura	Conductor exhausto	15/1/11	1					Usar reductores de velocidad
3	20+900	Volcadura	Exceso de velocidad	10/5/09	1					MEJORA GEOMETRICA
	21+150	Despiste Vehicular	Falla mecánica	28/8/08	1					Usar reductores de velocidad
4	21+400	Choque lateral	Exceso de velocidad	25/7/11	1					MEJORA GEOMETRICA
	21+700	Volcadura	Maniobra evasiva	6/10/11	1					Usar reductores de velocidad
	22+120	Despiste vehicular	Falla mecánica.	31/8/09		1		1		MEJORA GEOMETRICA
	22+160	Caída de carga.	Carga sobredimensionada.	17/7/10	1					

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones	
					Leve	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos		
	23+163	Despiste	Maniobra evasiva	4/5/12	1					Mejora de señalización, usar Usar bandas sonoras	
	23+800	Despiste Vehicular	Conductor Exhausto.	2/3/10	1						
	24+600	Volcadura	Conductor exhausto	11/9/09				1		MEJORA GEOMETRICA	
	24+620	Despiste	Conductor exhausto.	18/6/10	1						
	25+000	Despiste	Conductor exhausto	10/1/08			1		1	Mejora de señalización, Usar bandas sonoras	
	25+350	Despiste Vehicular	Exceso de Velocidad	20/11/08		1		2			
7	25+600	Despiste	Exceso de velocidad	1/6/11	1					MEJORA GEOMETRICA	
	25+850	Choque por alcance	Falla mecánica.	4/8/10	1					Mejora de señalización, Usar bandas sonoras	
	25+300	Despiste	Falla mecánica.	11/8/10	1						
8	26+500	Volcadura de Carreta	Exceso de Velocidad.	21/12/09	1					MEJORA GEOMETRICA	
	26+870	Choque frontal	Invasión de carril contrario	22/2/12		1		8			
	27+300	Choque vehicular	Conductor exhausto	3/3/09	1					Usar bandas sonoras	
	27+950	Despiste vehicular	Falla mecánica	12/10/09	1					MEJORA GEOMETRICA	
	28+170	Choque lateral	Invasión de carril contrario.	9/3/10	1						
	28+250	Despiste Vehicular	Mal estacionamiento.	27/6/10	1					MEJORA GEOMETRICA	
	28+280	Despiste	Conductor exhausto	7/2/11	1						
	28+420	Volcadura	Conductor exhausto	13/6/12	1					Mejora de señalización, usar reductores de velocidad	
	30+150	Volcadura	Conductor exhausto	20/11/08	1						
	31+400	Despiste Vehicular	Maniobra evasiva.	20/2/10	1						
	31+950	Volcadura	Conductor exhausto	7/6/11			1	3	2		
	33+760	Despiste vehicular	Falla mecánica	30/10/09	1						
	34+060	Despiste	Conductor exhausto	10/4/12	1						
	35+500	Despiste vehicular	Falla Mecánica	18/11/09	1						
	35+600	Despiste vehicular	Conductor exhausto.	8/8/09	1						
	35+950	Volcadura	Conductor exhausto	27/2/09	1						
	36+950	Despiste	Falla mecánica	25/6/12	1						
	37+000	Despiste	Conductor exhausto	17/1/11		1		1			
	37+180	Despiste	Exceso de velocidad	18/8/11		1		2			
	37+200	Volcadura	Exceso de Velocidad	3/7/11	1						
	38+600	Choque Vehicular	Exceso de Velocidad	29/4/09	1						
	38+620	Despiste	Conductor Exhausto.	16/11/10		1					
	38+820	Despiste	Conductor exhausto	25/9/11	1						
	39+800	Choque por alcance	Exceso de velocidad	24/10/11	1						MEJORA GEOMETRICA
	39+800	Despiste	Conductor exhausto	16/6/12	1						

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Lave	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos	
	39+950	Despiste	Maniobra evasiva	6/4/11	1					Mejora de señalización, usar reductores de velocidad y bandas sonoras
	40+710	Volcadura	Falla Mecánica	16/11/09	1					
	40+840	Despiste	Falla mecánica	10/7/11	1					
	41+300	Volcadura	Conductor Exhausto	20/8/11	1					
	41+560	Choque frontal	Probable conductor ebrio	20/12/10		1		2		
	41+570	Choque por alcance	Exceso de Velocidad	9/1/10	1					
	41+600	Despiste vehicular	Falla Mecánica	30/10/09	1					
	41+920	Despiste Vehicular.	Conductor exhausto.	27/5/10	1					
	41+950	Despiste	Exceso de velocidad	22/3/09	1					
	42+600	Despiste	Conductor exhausto	12/3/12	1					
	43+050	Volcadura	Maniobra evasiva	11/3/12	1					
	45+000	Volcadura	Exceso de velocidad	4/11/08		1		1		
	46+440	Despiste Vehicular.	Conductor Exhausto	20/2/10	1					
	46+760	Despiste	Conductor exhausto	8/1/12	1					
	47+520	Despiste Vehicular.	Maniobra Evasiva.	12/3/10	1					
	48+040	Volcadura	Conductor exhausto	14/6/11	1					
	48+150	Despiste Vehicular	Falla mecánica	15/1/09	1					La geometría existente presenta buenos radios. Mejora de señalización, usar bandas sonoras
	48+350	Despiste	Conductor exhausto	8/3/09	1					
	48+500	Choque	Invasión de carril	29/5/08	1					
	48+500	Volcadura	Exceso de velocidad	9/11/11	1					
	48+660	Despiste	Conductor Exhausto	2/2/11	1					
	48+680	Despiste Vehicular.	Exceso de Velocidad.	1/4/10	1					Mejora de señalización, usar reductores de velocidad
	49+550	Despiste	Volcadura	17/2/12	1					
	50+440	Despiste vehicular	Exceso de velocidad	11/12/09	1					
	50+800	Volcadura	Invasión de carril	21/1/08	1					
	52+040	Despiste	Conductor exhausto	29/12/10	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	52+200	Despiste	Maniobra evasiva	26/1/11	1					
	52+560	Despiste	Conductor Exhausto	1/2/11		1		2		
	52+560	Despiste	Conductor exhausto	4/1/12	1					
	52+560	Despiste	Exceso de velocidad	11/2/12	1					
	53+000	Despiste	Falla mecánica	1/9/08	1					
	54+000	Volcadura	Falla mecánica	6/4/11		1		2		
	54+180	Despiste	Conductor exhausto	26/5/12		1		2		
	54+800	Despiste/Volcadura	Conductor exhausto	7/3/09	1					
	54+920	Volcadura	Conductor exhausto.	22/8/10	1					
	55+200	Despiste Vehicular.	Exceso de Velocidad.	25/4/10		1		1		
	55+300	Despiste	Maniobra evasiva	14/8/11	1					
	55+900	Despiste Vehicular.	Falla Mecánica.	24/9/09		1		1		MEJORA GEOMETRICA
	55+950	Despiste	Conductor exhausto	1/11/11		1		3		
	56+038	Volcadura	Exceso de velocidad.	1/8/09			1		2	

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Leve	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos	
	56+560	Volcadura	Falla mecánica.	4/8/09	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	57+960	Volcadura	Exceso de velocidad	15/9/11		1		3		
	58+000	Choque frontal	Invasión de carril contrario	20/5/12			1	3	1	
	58+400	Volcadura	Exceso de velocidad	7/12/09		1		2		
	58+500	Volcadura	Falla mecánica	2/5/12	1					
	61+720	Despiste	Conductor exhausto	9/10/11	1					
	65+020	Despiste	Falla mecánica	16/9/11	1					
	65+040	Despiste	Carga sobredimensionada	8/12/10	1					
	65+800	Despiste	Exceso de velocidad.	15/5/10	1					
	65+800	Despiste	Conductor exhausto	11/10/11	1					
	67+720	Despiste	Conductor exhausto	8/2/11	1					
	68+580	Despiste.	Conductor exhausto	8/6/10	1					
	68+780	Volcadura	Exceso de velocidad	2/8/11	1					
	69+700	Despiste	Conductor exhausto	8/2/12	1					
	70+440	Volcadura	Conductor exhausto	11/12/11	1					
	70+500	Despiste Vehicular	Exceso de velocidad	3/7/08	1					
	71+000	Choque frontal	Invasión de carril contrario	25/2/12		1		2		
	71+500	Choque frontal	Invasión de carril contrario	10/9/11		1		3		
	71+540	Volcadura	Exceso de velocidad	25/10/11		1		2		
	72+200	Despiste Vehicular.	Falla Mecánica	24/1/10	1					
	73+800	Incendio	Falla mecánica	21/11/08	1					
	75+000	Despiste	Conductor exhausto	5/3/11	1					
	75+325	Despiste Vehicular	Falla Mecánica	15/6/09	1					
	75+680	Despiste Vehicular.	Falla Mecánica.	5/3/10	1					
	75+820	Choque frontal	Invasión de carril contrario	14/6/11		1		1		
	76+220	Volcadura	Conductor exhausto.	13/12/09			1	1	1	
	76+260	Choque por alcance	Exceso de velocidad.	26/6/10		1		1		
	77+330	Volcadura.	Carga Sobredimensionada.	18/3/10	1					
	77+700	Despiste Vehicular.	Falla Mecánica.	27/12/09	1					
	77+700	Volcadura	Conductor exhausto	13/1/12	1					
	77+720	Despiste	Conductor exhausto	23/3/11	1					
	77+860	Volcadura	Maniobra evasiva	2/10/11	1					
	78+600	Volcadura	Maniobra evasiva	1/4/12		1		1		
	78+800	Despiste	Exceso de velocidad	6/8/11	1					
	78+925	Despiste vehicular	Exceso de velocidad	4/9/09	1					
	79+300	Despiste vehicular	Conductor exhausto	4/12/09	1					
	79+500	Choque múltiple	Vehículo detenido en la vía	13/9/09	1					
	79+580	Atropello	Cruce intempestivo de ganado	30/4/11	1					
	80+240	Despiste	Conductor Exhausto	19/8/11	1					
	81+860	Despiste	Conductor exhausto	19/5/12	1					

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Leve	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos	
	82+220	Despiste Vehicular.	Invasión de Carril Contrario	21/1/10	1					Mejora de señalización, usar bandas sonoras, reglamentar velocidad Vd=60km/h
	82+900	Despiste	Exceso de velocidad	29/12/11		1		4		
	83+150	Despiste	Exceso de velocidad	12/3/12		1		1		
	84+000	Despiste	Exceso de velocidad	28/9/11	1					
	84+000	Volcadura	Exceso de velocidad	10/2/12	1					
	84+480	Despiste	Exceso de velocidad	12/3/12		1		2		
	85+050	Despiste Vehicular	Exceso de velocidad	31/10/08		1		1		
	85+900	Despiste	Exceso de velocidad	16/3/08		1		2		
	86+000	Despiste.	Exceso de velocidad	6/6/10	1					
	86+000	Despiste	Falla mecánica.	13/8/10			1		1	
	86+820	Despiste Vehicular.	Conductor Exhausto.	23/4/10	1					
	87+700	Despiste	Conductor exhausto	15/9/09		1		3		
	88+050	Despiste	Conductor exhausto	17/5/12	1					
	88+900	Despiste	Exceso de velocidad	22/4/11	1					
	89+200	Despiste	Falla mecánica	6/10/11	1					
	89+420	Choque por alcance	Exceso de velocidad.	26/9/10	1					
	90+300	Despiste Vehicular	Conductor Exhausto	5/5/09		1		3		
	91+900	Despiste vehicular	Conductor exhausto	10/9/09	1					
	92+080	Volcadura	Exceso de velocidad	22/3/11		1		1		
	93+300	Despiste vehicular	Conductor exhausto.	7/8/09	1					
	93+500	Volcadura	Conductor exhausto	30/6/12	1					
	94+500	Choque	Falla mecánica	24/1/08		1		2		
	96+200	Despiste	Maniobra evasiva.	28/8/10	1					
	96+230	Despiste Vehicular.	Conductor exhausto.	22/5/10	1					
	96+250	Atropello	Exceso de velocidad	3/9/10			1			
	96+250	Atropello	Exceso de velocidad	1/10/10	1					
	96+500	Volcadura	Exceso de velocidad.	30/8/09	1					
	96+500	Atropello	Exceso de velocidad	1/9/09			1		1	
	96+760	Despiste	Conductor exhausto	1/5/11	1					
	96+900	Volcadura	Exceso de velocidad	3/7/11		1		1		
	97+080	Choque lateral	Invasión de carril contrario	7/4/11	1					
	97+240	Despiste	Conductor exhausto	23/7/11	1					
	97+800	Volcadura	Conductor exhausto	26/11/10	1					
	99+300	Despiste Vehicular.	Maniobra evasiva.	9/2/10	1					
	99+500	Despiste Vehicular	Conductor ebrio o drogado	27/7/08	1					
	99+560	Despiste	Maniobra evasiva	21/12/11	1					
	99+610	Despiste	Exceso de velocidad	14/4/11	1					
	99+850	Despiste y volcadura	Exceso de velocidad	23/5/08		1		2		
	99+900	Volcadura	Exceso de velocidad	5/9/08	1					
	99+930	Volcadura	Posible exceso de velocidad	29/2/12	1					
	99+980	Despiste Vehicular.	Exceso de Velocidad.	13/4/10		1		2		

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Leve	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos	
	100+580	Despiste	Conductor exhausto	6/4/12	1					
	100+600	Volcadura	Conductor Exhausto.	18/11/10		1				La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	100+620	Volcadura	Exceso de Velocidad	4/1/10			1	22	1	
	100+750	Volcadura	Exceso de Velocidad	4/1/09			1	1	1	
	101+400	Despiste Vehicular	Conductor Exhausto.	27/9/09	1					
	101+800	Choque	Conductor exhausto	17/6/08	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	103+180	Despiste.	Falla mecánica.	9/6/10	1					
	103+600	Volcadura	Conductor Exhausto	24/6/09	1					
	104+450	Despiste	Conductor Exhausto	24/6/09	1					
	104+500	Despiste	Exceso de velocidad	20/3/09	1					MEJORA GEOMETRICA
	105+450	Volcadura	Conductor exhausto	4/3/12		1		1		La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	105+600	Volcadura	Exceso de velocidad	22/6/11		1		2		
	106+000	Choque por alcance	Exceso de velocidad	2/5/12	1					MEJORA GEOMETRICA
	106+129	Volcadura	Exceso de velocidad	5/11/08		1		2		
	106+200	Despiste vehicular	Falla mecánica	13/10/09	1					
11	107+200	Despiste	Conductor Exhausto.	14/11/10	1					
	107+920	Volcadura	Conductor exhausto.	21/5/10		1		5		Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
12	109+850	Despiste Vehicular	Falla Mecánica	6/11/09	1					MEJORA GEOMETRICA
	109+860	Volcadura	Exceso de velocidad	18/4/11	1					MEJORA GEOMETRICA
	111+780	Despiste	Exceso de velocidad	12/7/11	1					Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
13	112+100	Volcadura	Exceso de velocidad	15/1/12	1					MEJORA GEOMETRICA
	112+380	Choque por alcance	Exceso de velocidad	21/4/12	1					
	112+400	Choque lateral	Invasión de carril contrario	4/4/12	1					
	112+450	Volcadura	Exceso de velocidad	19/8/11	1					
	112+780	Choque frontal	Invasión de carril contrario	2/10/09	1					
	113+680	Choque Frontal.	Invasión de Carril Contrario.	2/6/10	1					MEJORA GEOMETRICA
	114+280	Caída de carga.	Carga sobredimensionada.	6/3/10	1					
	115+500	Volcadura	Conductor exhausto	2/11/11	1					
	116+280	Caída de pasajero.	Carga sobre dimensionada.	19/6/10		1		4		
	116+500	Volcadura	Conductor Exhausto	24/6/09	1					Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	116+950	Choque Lateral	Exceso de velocidad	11/6/10	1					MEJORA GEOMETRICA
	117+350	Despiste	Exceso de velocidad.	14/5/10		1			1	
	117+400	Despiste	Conductor exhausto	13/4/11		1		10		
	117+850	Volcadura	Maniobra evasiva	5/4/12	1					
	119+000	Choque Lateral	Exceso de Velocidad	20/5/09		1		1		
	119+380	Despiste	Exceso de velocidad	16/4/11	1					
	119+475	Aprotello	Invasión de carril contrario	12/11/09		1		1		
	120+100	Volcadura	Exceso de velocidad	10/6/09		1		1		La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Usar reductores de velocidad
	121+600	Despiste	Invasión de carril	24/3/09	1					

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones
					Leve	Grave	Muy Grave	Hendos	Fallidos	
14	122+000	Despiste	Falla mecánica	3/7/11	1					MEJORA GEOMETRICA
	122+000	Volcadura	Exceso de velocidad	25/12/11	1					
	122+550	Despiste vehicular	Maniobra evasiva.	23/8/09		1		1		
	122+740	Despiste	Maniobra Evasiva	28/1/12	1					
15	123+800	Volcadura	Falla mecánica	17/10/08	1					MEJORA GEOMETRICA
	124+150	Despiste	Conductor exhausto	7/1/12	1					Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	125+200	Despiste vehicular	Exceso de velocidad	11/10/09		1		1		La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	125+200	Volcadura	Exceso de velocidad	7/12/09			1	1	2	
	125+230	Volcadura	Exceso de velocidad.	5/8/10		1		3		
	125+500	Despiste	Exceso de velocidad	27/6/08	1					
	126+200	Despiste	Conductor exhausto	17/6/12	1					
	126+450	Despiste	Conductor exhausto	16/6/11	1					
	127+450	Choque lateral	Invasión de carril contrario.	11/2/11		1		1		
	128+140	Volcadura	Maniobra evasiva	31/3/12		1		1		
	128+200	Despiste Vehicular.	Conductor Exhausto.	27/4/10	1					
	128+700	Despiste vehicular	Falla mecánica	1/9/09	1					
	128+800	Despiste	Conductor exhausto.	14/2/11	1					
	129+800	Despiste Vehicular	Conductor exhausto	13/7/08	1					
	130+550	Volcadura	Exceso de velocidad	7/10/08			1	3	1	
16	130+700	Volcadura.	Maniobra Evasiva.	4/2/10	1					
	130+720	Volcadura	Exceso de velocidad.	1/7/10		1		2		
	130+740	Volcadura	Exceso de velocidad	2/5/12		1		3		
	130+750	Despiste Vehicular	Exceso de Velocidad	9/4/09	1					
	130+850	Despiste	Exceso de velocidad	23/5/12	1					
	130+990	Despiste Vehicular.	Conductor Exhausto.	28/12/09	1					Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	132+000	Volcadura	Exceso de velocidad	5/10/11		1		1		MEJORA GEOMETRICA
	135+150	Despiste	Exceso de velocidad	13/2/12	1					Mejorar la señalización, usar reductor de velocidad
17	135+450	Despiste Vehicular	Falla Mecánica	5/7/09		1		4		MEJORA GEOMETRICA
	136+600	Despiste	Conductor exhausto	30/4/12	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
	136+640	Volcadura	Exceso de velocidad	15/9/10	1					
	136+640	Volcadura	Exceso de velocidad	20/10/10	1					
18	136+980	Despiste vehicular	Maniobra evasiva	3/10/09	1					MEJORA GEOMETRICA
	138+070	Despiste	Conductor exhausto	5/12/11	1					MEJORA GEOMETRICA
	139+000	Despiste de Vehiculo	Exceso de velocidad	30/5/08	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Usar reductores de velocidad
	139+300	Volcadura	Exceso de Velocidad	19/12/08			1		1	
19	140+000	Choque lateral	Conductor ebrio o drogado	12/12/09		1		2		MEJORA GEOMETRICA
	140+150	Volcadura.	Exceso de velocidad.	30/5/10	1					
	140+160	Volcadura	Carga sobre dimensionada.	24/6/10	1					
	140+180	Despiste	Maniobra evasiva	30/3/11	1					
	140+300	Despiste	Exceso de Velocidad	16/1/08	1					Mejorar la señalización, usar reductor de velocidad

Sector Procesado	Progresiva	Tipo de Accidente	Causa del Accidente	Fecha	Accidentes			Daños Personales		Recomendaciones	
					Lava	Grave	Muy Grave	Heridos	Fallecidos		
20	140+820	Despiste	Conductor exhausto	14/5/12	1					MEJORA GEOMETRICA	
	140+850	Despiste	Conductor exhausto	3/6/11		1		4			
	140+900	Despiste de vehiculo	Conductor exhausto	14/3/08	1						
	141+000	Despiste de Vehiculo	Maniobra evasiva	25/2/08			1		1		
	141+000	Despiste	Conductor exhausto	15/12/10	1						
	141+400	Choque Lateral.	Invasión de Carril Contrario.	9/5/10	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras	
	141+400	Despiste	Exceso de velocidad	11/9/10	1						
	141+400	Despiste	Exceso de velocidad	9/10/10	1						
	142+300	Despiste	Falla mecánica.	5/12/10	1						
	142+300	Despiste	Exceso de velocidad	31/12/11		1		2			
	143+200	Choque Frontal.	Invasión de Carril Contrario.	29/4/10	1						
	143+300	Choque	Invasión de carril	1/6/08	1						
	143+400	Choque frontal	Invasión de carril contrario	4/3/11	1						
	145+150	Despiste Vehicular	Invasión de carril	16/1/09		1		2			
	145+240	Volcadura.	Exceso de Velocidad	25/1/10	1						
	146+760	Despiste	Maniobra evasiva	29/5/12	1						
	146+770	Choque lateral	Invasión de carril contrario	15/5/11	1						
	146+950	Volcadura.	Carga sobredimensionada.	31/5/10	1						
	147+220	Volcadura	Falla mecánica	6/6/11	1						
	147+940	Despiste	Conductor exhausto	3/11/11	1					MEJORA GEOMETRICA	
	148+050	Despiste	Otros-Clima	16/6/08	1						
	148+150	Despiste Vehicular	Conductor exhausto	27/1/09	1						
	149+000	Despiste Vehicular	Invasión de carril	28/1/09	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras	
	149+100	Despiste Vehicular	Conductor exhausto	17/7/09	1						
	149+760	Choque frontal.	Invasión de carril contrario.	16/3/10		1		5			
	149+900	Volcadura	Exceso de velocidad	26/7/11		1		1			
	150+000	Volcadura	Falla mecánica	27/2/08		1		3			
	150+000	Despiste	Conductor exhausto	10/3/09	1						
	151+600	Despiste vehicular	Conductor exhausto	20/11/09	1						
	151+800	Volcadura	Exceso de Velocidad	10/11/08		1		5			
	151+800	Despiste Vehicular	Exceso de Velocidad	14/1/09	1						
	151+800	Despiste Vehicular.	Conductor Exhausto.	21/3/10	1						
	152+300	Despiste	Falla mecánica	19/1/12		1		2			
21	152+820	Volcadura	Exceso de velocidad	10/9/10	1					MEJORA GEOMETRICA	
	152+820	Volcadura	Exceso de velocidad	7/10/10			1		1		
	153+000	Despiste	Exceso de velocidad	14/1/12	1						
		153+150	Volcadura	Exceso de velocidad.	3/11/10	1					La geometría existente cumple para Vd=30km/h. Mejorar la señalización, usar bandas sonoras
		153+300	Volcadura	Otros-Clima	21/2/08			1		2	
	153+380	Volcadura	Conductor exhausto.	12/2/11	1						
	153+740	Despiste.	Conductor ebrio o drogado.	10/6/10	1						
	153+850	Despiste	Exceso de velocidad	15/9/09	1						

ANEXO 03: LISTADO DE LAS CURVAS CON DEFICIENCIAS GEOMÉTRICAS

RELACION DE CURVAS CON PROBLEMAS GEOMÉTRICOS

Ubicación de Curva	Radio Actual	Observación y motivo de mejora
15+550	18	Curva de radio menor al mínimo
17+040	26.7	Aumento de radio por visibilidad
17+350	22.7	Curva de radio menor al mínimo
19+035	16	Curva de radio menor al mínimo
19+770	22.1	Curva de radio menor al mínimo
20+080	24.7	Aumento de radio por visibilidad
20+460	18.5	Curva de radio menor al mínimo
20+720	17.7	Curva de radio menor al mínimo
21+370	22.9	Curva de radio menor al mínimo
22+140	17.5	Curva de radio menor al mínimo
22+660	16	Curva de radio menor al mínimo
23+640	20.1	Curva de radio menor al mínimo
24+150	20.1	Curva de radio menor al mínimo
24+400	20.1	Curva de radio menor al mínimo
24+460	24.7	Curva de radio menor al mínimo
24+650	17.1	Curva de radio menor al mínimo
24+750	19.7	Curva de radio menor al mínimo
25+040	21.7	Curva de radio menor al mínimo
25+075	96.7	Curva de radio menor al mínimo
25+200	19.9	Curva de radio menor al mínimo
25+480	29.9	Aumento de radio por visibilidad
25+560	19.1	Curva de radio menor al mínimo
25+640	19.9	Curva de radio menor al mínimo
25+920	22.1	Curva de radio menor al mínimo
26+000	21.7	Curva de radio menor al mínimo
26+310	19.9	Curva de radio menor al mínimo
26+400	20.1	Curva de radio menor al mínimo
26+630	20.7	Curva de radio menor al mínimo
26+700	20.1	Curva de radio menor al mínimo
26+750	21.7	Curva de radio menor al mínimo
26+850	16.7	Curva de radio menor al mínimo
27+930	20.1	Curva de radio menor al mínimo
28+150	21.1	Curva de radio menor al mínimo
30+360	19.8	Curva de radio menor al mínimo
31+000	96-32	Aumento de radio por visibilidad, eliminar curva compuesta
31+430	26.3	Aumento de radio por visibilidad
32+560	29.9	Aumento de radio por visibilidad
32+700	27.2	Curva de radio menor al mínimo
34+210	29.9	Curva de radio menor al mínimo, curva contra curva desfavorable
34+470	27.1	Curva de radio menor al mínimo
35+120	20.1	Curva de radio menor al mínimo
35+180	20.1	Curva de radio menor al mínimo
35+210	16.3	Aumento de radio por visibilidad
36+600	31.7	Radio Mínimo por visibilidad- Longitud de curva corta
38+790	18.1	Curva de radio menor al mínimo
39+920	15.6	Curva de radio menor al mínimo
45+880	17	Curva de radio menor al mínimo
55+970	17	Curva de radio menor al mínimo
56+350	20-21	Curva de radio menor al mínimo
67+300	29	Radio Mínimo Curva Normal
74+250	29	Curva de radio menor al mínimo, longitud de curva corta
101+400	29	Aumentar radio, viene de tangente larga
102+200	29	Aumentar radio, longitud de curva corta

MEJORAMIENTO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD VIAL Y REDUCIR LOS ACCIDENTES - CARRETERA NAZCA - PÚQUIO

Bach. Sevilla Gonzales, José Antonio

Ubicación de Curva	Radio Actual	Observación y motivo de mejora
104+550	20	Aumentar radio, longitud de curva corta, convertir en una sola curva
106+150	21.6	Aumentar radio, viene de tangente larga
107+180	21	Aumentar radio, viene de tangente larga
107+260	19	Curva de radio menor al mínimo
107+340	29	Curva de radio menor al mínimo
107+390	30	Aumento de radio por visibilidad
107+520	33.5	Aumentar radio, longitud de curva corta
107+640	35	Aumentar radio, longitud de curva corta
108+500	21.6	Curva de radio menor al mínimo
108+800	27.8	Curva de radio menor al mínimo
109+080	19.5	Curva de radio menor al mínimo
109+400	24.4	Curva de radio menor al mínimo
109+750	27.15	Aumento de radio por visibilidad
109+820	25.1	Curva de radio menor al mínimo
109+930	34.9	Aumento de radio por visibilidad
110+350	26	Aumento de radio por visibilidad
111+410	19.6	Curva de radio menor al mínimo
112+040	27.9	Aumento de radio por visibilidad
112+150	15	Curva de radio menor al mínimo
112+240	15	Curva de radio menor al mínimo
112+330	10	Curva de radio menor al mínimo
112+420	17.6	Curva de radio menor al mínimo
112+515	15	Curva de radio menor al mínimo
112+580	12	Curva de radio menor al mínimo
112+640	10	Curva de radio menor al mínimo
112+740	24	Aumento de radio por visibilidad
113+580	30	Aumentar radio, longitud de curva corta
113+650	16.6	Curva de radio menor al mínimo
113+950	10	Curva de radio menor al mínimo
114+020	17.99	Curva de radio menor al mínimo
114+210	23	Curva de radio menor al mínimo
114+280	18	Curva de radio menor al mínimo
114+980	23.4	Curva de radio menor al mínimo
115+400	17	Curva de radio menor al mínimo
115+820	25	Curva de radio menor al mínimo
115+880	20	Curva de radio menor al mínimo
115+970	30	Aumento de radio por visibilidad
116+210	22	Curva de radio menor al mínimo
116+370	25	Curva de radio menor al mínimo
116+430	22	Curva de radio menor al mínimo
117+220	20	Curva de radio menor al mínimo
117+340	29.2	Curva de radio menor al mínimo
117+410	18	Curva de radio menor al mínimo
117+600	21	Curva de radio menor al mínimo
117+830	22	Curva de radio menor al mínimo
117+890	18	Curva de radio menor al mínimo
118+160	21.5	Curva de radio menor al mínimo
118+580	28	Curva de radio menor al mínimo
118+870	26	Curva de radio menor al mínimo, zona urbana
119+000	21.77	Curva de radio menor al mínimo, zona urbana
119+450	19.9	Curva de radio menor al mínimo, zona urbana
119+570	31	Aumento de radio por visibilidad
119+700	30	Aumento de radio por visibilidad
119+790	18	Curva de radio menor al mínimo
121+070	19	Curva de radio menor al mínimo
121+130	19	Curva de radio menor al mínimo

Ubicación de Curva	Radio Actual	Observación y motivo de mejora
121+460	16	Curva de radio menor al mínimo
121+540	39	Aumento de radio por visibilidad
121+850	16.5	Curva de radio menor al mínimo
122+060	24	Curva de radio menor al mínimo
122+545	15	Curva de radio menor al mínimo
122+580	15	Curva de radio menor al mínimo
122+850	15	Curva de radio menor al mínimo
123+400	25	Curva de radio menor al mínimo
123+600	20	Curva de radio menor al mínimo
123+780	17	Curva de radio menor al mínimo
126+250	18	Curva de radio menor al mínimo
127+750	25	Curva de radio menor al mínimo
127+860	20	Curva de radio menor al mínimo
127+950	30	Curva de radio menor al mínimo
128+500	28	Curva de radio menor al mínimo
128+570	20	Curva de radio menor al mínimo
128+640	20	Curva de radio menor al mínimo
130+690	25	Curva de radio menor al mínimo, combinación de curva
131+440	20	Curva de radio menor al mínimo
131+690	26	Curva de radio menor al mínimo
131+740	30	Aumento de radio por visibilidad
131+970	19	Curva de radio menor al mínimo
132+050	37	Aumento de radio por visibilidad
132+230	20	Curva de radio menor al mínimo
132+450	20	Curva de radio menor al mínimo
133+090	20	Curva de radio menor al mínimo
135+100	24	Curva de radio menor al mínimo
135+430	28	Aumento de radio por visibilidad
135+550	21	Aumento de radio por visibilidad
136+040	24	Curva de radio menor al mínimo
136+970	15	Curva de radio menor al mínimo
137+620	20	Curva de radio menor al mínimo
137+670	26	Curva de radio menor al mínimo
138+080	18	Curva de radio menor al mínimo
139+470	28	Aumento de radio por visibilidad
139+520	28	Curva de radio menor al mínimo, longitud de curva corta
140+140	21	Curva de radio menor al mínimo
140+660	23.8	Curva de radio menor al mínimo
140+730	21.4	Curva de radio menor al mínimo
140+852	19.5	Curva de radio menor al mínimo
141+000	20.4	Curva de radio menor al mínimo
141+060	22	Curva de radio menor al mínimo
144+600	20.91	Curva de radio menor al mínimo
148+020	21	Curva de radio menor al mínimo
149+280	29	Curva de radio menor al mínimo
152+250	22	Curva de radio menor al mínimo
152+380	25	Curva de radio menor al mínimo
152+750	22.5	Curva de radio menor al mínimo

ANEXO 04: PLANOS DE PLANTA Y PERFIL DE SECTORES PROCESADOS

**PLANOS DEL
05 AL 041**

ANEXO 05: PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto01: Giro de un T2S2 sobre la curva de volteo del sector 05 Km 22+650, se observa la necesidad de invadir el carril contrario para poder girar antes del ingreso a la curva. Este vehículo tiene una longitud total aproximada de 16.5m, con la ampliación del radio de curva ya no será necesario que invada el otro carril, disminuyendo con ello la posibilidad de accidentes.



Foto02: Giro del vehículo de diseño tipo C3 sobre una curva de radio $R=19.9\text{m}$ en el sector 07 Km 25+650, el radio existente es menor al mínimo exigido por la norma DG. Se observa la necesidad del vehículo de invadir el carril contrario, aumentando el riesgo de choque frontal.



Foto03: Giro de T3S2 sobre una curva de radio $R=20.7\text{m}$ en el sector 08 Km 26+630, el radio existente es menor al mínimo exigido por la norma DG. Se observa la necesidad del vehículo de invadir el carril contrario, aumentando el riesgo de choque frontal.



Foto04: Giro del mismo vehículo de la foto03 terminando de pasar la curva del km 26+630. Se observa que sigue invadiendo el carril contrario ya que la curva tiene un radio muy bajo y no le permite mantener su carril. Esta circunstancia es muy peligrosa y conlleva a posibles choques frontales o despistes. La combinación de curva y contracurva no posee la longitud de transición adecuada, es decir debe dotarse de espirales con la longitud reglamentaria.



Foto05: Cruce de T2S3 sobre puente existente en sector 15 Km 123+760, se observa la necesidad de invadir el carril contrario para poder girar.



Foto06: Cruce de un T3S3 sobre puente existente en sector 18 Km 136+940, se observa la necesidad de invadir el carril contrario para poder girar antes del ingreso al puente. Este sector presenta problemas de visibilidad por la constante neblina, por ello es necesario dotar de un mejor radio de curva y una adecuada curva de transición para que los vehículos mantengan su carril.