

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



**PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA
CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA
DEL Km. 69+000 AL Km. 72+000
APLICACIÓN DE LAS CURVAS DE TRANSICION**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

JAVIER LUIS PALOMINO SALAZAR

Lima- Perú

2006

INDICE

	Pág.
RESUMEN	01
INTRODUCCION	03
CAPITULO I ANTECEDENTES DEL PROYECTO	
1.1 Generalidades	05
1.2 Evaluación del Trazo Existente	05
1.3 Propuestas de Alternativas de Solución	09
1.4 Selección de la Alternativa a Desarrollar	10
1.5 Ajuste del Trazo a las Nuevas Características de Diseño	11
1.6 Diseño Final Propuesto	15
1.7 Conclusiones y Recomendaciones de los Antecedente del Proyecto	29
CAPITULO II CURVAS DE TRANSICION	
2.1 Definiciones Básicas	31
2.2 Descripción y desarrollo matemático	37
2.3 Obtención de longitud de curva de transición	45
2.4 Replanteo de la curva de transición en campo	51
CAPITULO III DESARROLLO DEL PERALTE EN LAS CURVAS DE TRANSICION	
3.1 Definiciones Básicas	61
3.2 Desarrollo de radio de curvatura mínimo	61
3.3 Criterios en la obtención del peralte en curvas de transición	66
3.4 Desarrollo del peralte en curvas de transición	67
CAPITULO IV SOBREANCHO EN CURVAS DE TRANSICION	
4.1 Definiciones Básicas	73
4.2 Características del sobreancho aplicado en curvas de transición	73
4.3 Distribución del sobreancho en curvas de transición.	74

CAPITULO V	DESARROLLO DE APLICACIONES TEORICAS Y PRACTICAS EN LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA, TRAMO COCACHACRA – MATUCANA, SECTOR KM. 69+000 A KM. 72+000	
5.1	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición por ángulos de inflexión.	77
5.2	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición por Coordenadas.	85
5.3	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición desde un punto intermedio.	88
5.4	Desarrollo de cálculo del sobreancho en curva de transición.	90
5.5	Desarrollo de ejemplo de replanteo del peralte en curvas de transición realizando el giro en el eje.	92
5.6	Desarrollo de las curvas de transición en la Carretera Héroe de La Breña, Tramo Cocachacra – Matucana, Sector Km. 69+000 a Km. 72+000.	95
CONCLUSIONES		100
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFIA		106
ANEXOS		108

RESUMEN

El presente trabajo describe un tema importante en el desarrollo de la parte de diseño geométrico de todo proyecto de vialidad, el tema a desarrollar en el presente informe es la **APLICACIÓN DE LAS CURVAS DE TRANSICION**, en forma general para todo tipo de proyecto a elaborarse en nuestro medio, y en este caso aplicado puntualmente en el informe final del Grupo Nro. 09 del Proyecto de Vialidad, del cual formo parte y cuyo titulo es **PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA DEL Km. 69+000 AL Km. 72+000**.

El trabajo a desarrollar consta de cinco capítulos, los cuales se describen de una manera rápida a continuación.

El Capítulo I, Antecedentes del Proyecto, hace referencia al informe final que se presento, en forma general a todos los temas desarrollados para su elaboración, y en forma específica al Capítulo de Trazo y Diseño Geométrico que contiene dicho informe.

El Capítulo II, Curvas de Transición; desarrolla el tema escogido para este informe tanto en sus definiciones básicas, descripción y desarrollo matemático, las formas de obtención de la longitud de curvas de transición, así como también los métodos de trazo y replanteo de curvas de transición en campo.

El Capítulo III, Desarrollo del Peralte en las Curvas de Transición; en el cual se toca los puntos de las definiciones básicas, los radios de curva mínimo a utilizar para el desarrollo del peralte, los criterios en la obtención del peralte en las curvas de transición, y por ultimo el desarrollo del peralte.

El Capítulo IV, Sobreancho en Curvas de Transición; se hace referencia a los conceptos básicos del sobreancho en general según el Manual de Diseño Geométrico del 2001, así como las características del sobreancho en curvas de

transición, y como se realiza la distribución del sobreancho en las curvas de transición.

El Capítulo V, Desarrollo de Aplicaciones Teóricas y Practicas en la Carretera Héroes de la Breña, Tramo Cocachacra – Matucana, Sector Km. 69+000 A Km. 72+000; capítulo en el cual se plasman los conocimientos adquiridos en los cuatro primeros capítulos desarrollados en el presente informe, mostrándose ejemplos explicativos sobre el replanteo de las curvas de transición, y también desarrollándose ejemplos sobre la aplicación del sobreancho y peralte, siendo todo esto por ultimo aplicado en el proyecto de vialidad encargado.

INTRODUCCION

La finalidad del trabajo que se presenta es de proporcionar a los profesionales y estudiantes dedicados al área de diseño geométrico de carreteras, así como de su construcción; de una herramienta de trabajo que les sirva como guía para realizar un diseño y desarrollo óptimo de esta.

También es objetivo de este trabajo, el dar las pautas para diseñar una curva de transición, aplicando las Normas del Manual de Diseño geométrico del 2001.

Se denominan curvas de transición a aquellas curvas que se colocan en los extremos de las curvas circulares simples, de forma tal que el cambio de curvatura entre el tramo recto y el arco circular sea suave y gradual y que el peralte en todos sus puntos este acorde con el grado de curvatura.

La necesidad de la curva de transición se comprende cuando analizamos el movimiento de un vehículo entre un tramo recto y uno circular. Cuando un vehículo que circula por un tramo recto de carretera llega a uno circular, debe colocar sus ruedas delanteras con un nuevo ángulo, que depende del radio de la curva circular por la cual va a transitar. Se comprende que este movimiento no puede ser realizado instantáneamente, sino que se necesita un intervalo de tiempo para poder realizarlo; creando así la necesidad de una curva de transición cuya longitud es igual a la velocidad del vehículo por el tiempo.

Entre las curvas de transición más usualmente empleadas pueden citarse:

- CLOTOIDE; En la cual se cumple que el radio de curvatura es inversamente proporcional a su longitud.
- LEMNISCATA DE BERNOULLI; En la cual se cumple que el grado de curvatura es directamente proporcional al radio vector.

- **ESPIRAL CUBICA;** Es una curva dada por las mismas expresiones de la clotoide, pero despreciando en la ecuación de "y" algunos términos.

De todas ellas, la más difundida es la clotoide o espiral, ya que su forma se adapta a la trayectoria seguida por un vehículo que viaja a velocidad constante y cuyo volante es accionado de forma uniforme.

Las ventajas de la curva de transición sobre la curva circular simple pueden resumirse en lo siguiente:

- Producen una fácil y natural trayectoria para los vehículos, de forma tal que la fuerza centrífuga aumenta y disminuye gradualmente cuando un vehículo entra o sale de dicha curva. Este hecho tiende a garantizar una velocidad uniforme; así como aumentar las condiciones de seguridad.
- Producen la longitud deseable para el desarrollo del peralte, y toda ella puede ser distribuida en dicha curva.
- Donde la sección transversal del pavimento de la vía en la parte circular tiene que ser ensanchado, las espirales facilitan la longitud deseable para la transición en ancho.
- La estética de una carretera es altamente favorecida con su utilización.

CAPITULO I: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 GENERALIDADES

El tramo de la vía en estudio, pertenece a la Carretera Héroes de la Breña (Ex Carretera Central), el cual esta comprendido en el Tramo Cocachacra – Matucana Sector Km. 69+000.00 al Km. 72+000.00.

La característica de diseño existente preponderante es la de tener una velocidad de diseño para la vía actual en uso de 50 Km/hr, modificándose para los nuevos requerimientos de nuestro proyecto se debe tener una Vd entre 55 – 60 Km/hr, lo cual ocasiona en el trazo existente algunas variantes, también se encuentran algunas deficiencias al revisar el proyecto anterior, especialmente entre los tramos tangentes y curvos carecen de curvas de transición, a pesar de que el manual de diseño geométrico recomienda que en vías cuya velocidad de diseño sea superior a 30 Km/hr se hace necesario el uso de curvas de transición para proveer a lo usuarios de una mayor seguridad, no siendo necesario para nuestro caso utilizar curvas de transición para curvas cuyo radio sea mayor a 275 m, esto en carreteras cuya velocidad de diseño sea 55 Km/hr como es en nuestro caso.

1.2 EVALUACION DEL TRAZO EXISTENTE

Al examinar el trazo original con las nuevas características de diseño, en especial la de velocidad directriz igual a 55 Km/h, se observa que algunos tramos en curva y tangente no cumplen con los requerimientos mínimos solicitados en el manual de diseño geométrico, teniendo para ello que modificar el trazo existente en algunos sectores, a continuación se presentan un cuadro de resumen que nos ayudará a visualizar los inconvenientes del trazo existente a ser considerados en el acondicionamiento a las nuevas características de diseño.

DESCRIPCION Y VERIFICACION DEL TRAZO (ORIGINAL)

Nro. Curva	Sentido	Tipo	Radio (m)	* Radio Mínimo = 87.5 mts	PC	PT	Longitud de Curva (m)	Lmin = 3V (m)	Lmin = (2Ltp curva + V ² /23.5) (m)	Δ	Tramo Tangente (m)	Peralte %	Bombeo %	Ltp (m)	Ltp en Tang.	Ltp en Curva	** Tramo Tangente mín (m)	Tang mín = Ltp1 + Ltp2
85	I	S	106	Si cumple, dejar	69+099.44	69+184.80	85.363	No cumple, ver Ltp	47.36	46.141	155.872	11.5	2.5	42	33.6	8.4		
86	D	S	390	Si cumple, dejar	69+374.91	69+443.52	68.613	No cumple, ver Ltp	44.24	10.080	190.111	5.1	2.5	22.8	15.96	6.84	Cumple	49.56 Cumple
87	D	O	230	Si cumple, dejar	69+527.41	69+599.14	71.728	No cumple, ver Ltp	42.20	17.868	83.885	7.2	2.5	29.1	23.28	5.82	No cumple	39.24 Cumple
88	D	O	160	Si cumple, dejar	69+860.81	69+902.76	41.95	No cumple, ver Ltp	44.84	15.022	261.674	9.4	2.5	35.7	28.56	7.14	Cumple	51.84 Cumple
89	I	S	185	Si cumple, dejar	69+973.20	70+031.84	58.64	No cumple, ver Ltp	44.36	18.161	70.44	9	2.5	34.5	27.6	6.9	No cumple	56.16 Cumple
90	D	S	195	Si cumple, dejar	70+143.88	70+223.30	79.419	No cumple, ver Ltp	43.76	23.335	112.04	8.5	2.5	33	26.4	6.6	Cumple	54 Cumple
91	D	O	315	Si cumple, dejar	70+278.94	70+352.12	73.182	No cumple, ver Ltp	45.32	13.311	55.641	5.7	2.5	24.6	17.22	7.38	No cumple	43.62 Cumple
92	I	S	160	Si cumple, dejar	70+790.93	70+827.81	36.876	No cumple, ver Ltp	44.84	13.205	438.808	9.4	2.5	35.7	28.56	7.14	Cumple	45.78 Cumple
93	D	S	107	Si cumple, dejar	70+889.68	70+955.01	65.329	No cumple, ver Ltp	47.24	34.982	61.878	11.4	2.5	41.7	33.36	8.34	No cumple	61.92 No cumple
94	I	S	108	Si cumple, dejar	70+999.46	71+067.27	67.805	No cumple, ver Ltp	47.24	35.972	44.448	11.4	2.5	41.7	33.36	8.34	No cumple	66.72 No cumple
95	D	S	103	Si cumple, dejar	71+129.44	71+189.89	60.451	No cumple, ver Ltp	47.36	33.627	62.175	11.5	2.5	42	33.6	8.4	No cumple	66.96 No cumple
96	I	S	75	No cumple, cambiar	71+264.34	71+358.60	94.26	No cumple, ver Ltp	47.96	72.009	74.451	12	2.5	43.5	34.8	8.7	No cumple	68.4 Cumple
97	D	S	200	Si cumple, dejar	71+443.74	71+661.79	218.05	Si cumple	43.16	62.467	85.136	8	2.5	31.5	25.2	6.3	Cumple	60 Cumple
98	D	O	130	Si cumple, dejar	71+882.43	71+921.06	38.634	No cumple, ver Ltp	46.16	17.027	220.637	10.5	2.5	39	31.2	7.8	Cumple	55.4 Cumple
99	I	S	85	No cumple, cambiar	71+971.71	72+022.88	51.173	No cumple, ver Ltp	47.96	34.494	50.645	12	2.5	43.5	34.8	8.7	No cumple	66 No cumple
100	D	S	90	Si cumple, dejar	72+049.35	72+103.88	54.529	No cumple, ver Ltp	47.96	34.714	26.474	12	2.5	43.5	34.8	8.7	No cumple	69.6 No cumple

* Según tabla 402.02, se observa que para velocidad directriz de 55 Kph, se tiene que Rmin es de 87.5 mts
 ** Según tabla 402.01

CUADRO DESCRIPTIVO DEL TRAZO ORIGINAL

Nro. Curva	Observaciones en Tramos Curvos	Observaciones en Tramos Tangentes
85	Cumple con los requerimientos.	
86	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
87	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "O".
88	No cumple, problema con la longitud minima de curva, modificar.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "O".
89	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
90	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
91	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "O".
92	No cumple, no supera la longitud minima de curva, modificar.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
93	Cumple con los requerimientos.	No cumple con la longitud de tangente minima, modificar, curva tipo "S"..
94	Cumple con los requerimientos.	No cumple con la longitud de tangente minima, modificar, curva tipo "S"..
95	Cumple con los requerimientos.	No cumple con la longitud de tangente minima, modificar, curva tipo "S"..
96	No cumple, no supera la longitud minima de radio, modificar.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
97	Cumple con los requerimientos.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "S".
98	No cumple, no supera la longitud minima de curva, modificar.	Cumple con los requerimientos, tangente entre curvas tipo "O".
99	No cumple, no supera la longitud minima de radio, modificar.	No cumple con la longitud de tangente minima, modificar, curva tipo "S"..
100	Cumple con los requerimientos.	No cumple con la longitud de tangente minima, modificar, curva tipo "S"..

CURVAS VERTICALES

Pendiente (%)	Diferencia (%)	Curva Vertical	Longitud de Curva		Descripcion de Curva
			Long. Min.	Long. Usada	
4.55	1.37	No necesita	-	-	Concava un sentido
5.92					
6.76	0.84	No necesita	-	-	Concava un sentido
1.88	4.88	Si necesita	40	80	Convexa un sentido
2.62	0.74	No necesita	-	-	Concava un sentido
-2.33	4.95	Si necesita	40	60	Convexa Normal
2.16	4.49	Si necesita	40	40	Concava Normal
6.85	4.69	Si necesita	40	40	Concava un sentido
3.3	3.55	Si necesita	40	220	Convexa un sentido
7.51	4.21	Si necesita	40	180	Concava un sentido
8.62	1.11	No necesita	-	-	Convexa un sentido
8.11	0.51	No necesita	40	-	Convexa un sentido
0.5	7.61	Si necesita	40	60	Convexa un sentido
1	0.5	No necesita	-	-	Concava un sentido
6.59	5.59	Si necesita	40	120	Concava un sentido

Nota: En el presente cuadro se explica el trazo y diseño geométrico del proyecto ejecutado el cual esta en uso actualmente, notándose características resaltantes como el no cumplimiento del uso de las curvas verticales, siendo estas necesarias cuando la diferencia algebraica entre las pendientes es mayor al 1% (condición para carreteras de pavimento del tipo superior), según el Manual DG-2001, con lo cual uno puede concluir que el manual sugiere ciertas normas no siendo restrictivo y dejando al criterio del proyectista la toma de decisiones, en este caso el proyectista considera hasta valores que alcanzan el 1.37% en la diferencia algebraica de pendientes, esto debido a que la topografía es abrupta y muy accidentada, provocando la superposición entre curvas horizontales y verticales, teniendo que omitirse una de estas para un mayor confort óptico del usuario.

1.3 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Alternativa N° 1

Mejoramiento y adecuación de la geometría actual de la vía respetando los lineamientos establecidos en la normatividad vigente. Para ello se plantea tomar como base el eje actual de la vía y replantearla en aquellos sectores que se presenten discordantes con lo establecido en las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras del MTC (DG-2001).

Alternativa N° 2

Ensanche de la plataforma. Para ello se considera la ampliación de la sección transversal al lado izquierdo de la vía existente. El valor del ancho a incrementar se calcula en función a la siguiente condición: Incrementar dos carriles adicionales, proveyendo a la vía de un total de cuatro carriles (2 de ascenso y 2 de descenso), tal que facilite a los vehículos rápidos el adelantamiento de otros que circulan a menor velocidad.

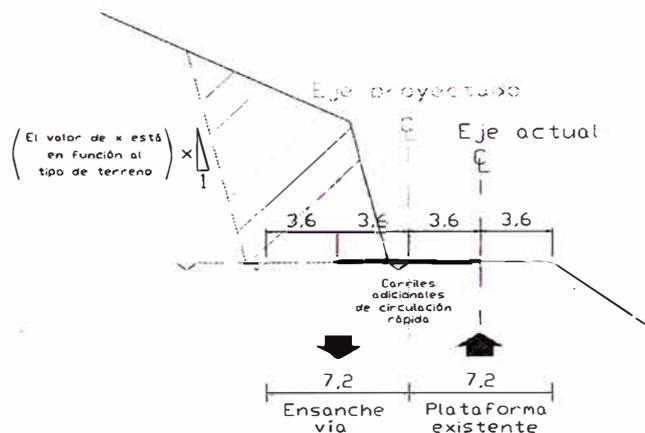


Figura 1.3.1

Descripción gráfica de la Alternativa N° 2

Alternativa N° 3

Duplicación de calzada a desnivel. Construcción de una calzada separada de la existente para destinar a cada una de ellas un sentido único de circulación. Para ello se plantea construir una nueva calzada, la cual estará ubicada en forma paralela al eje de la vía actual, a media ladera y en un nivel superior por

encima de la plataforma existente.

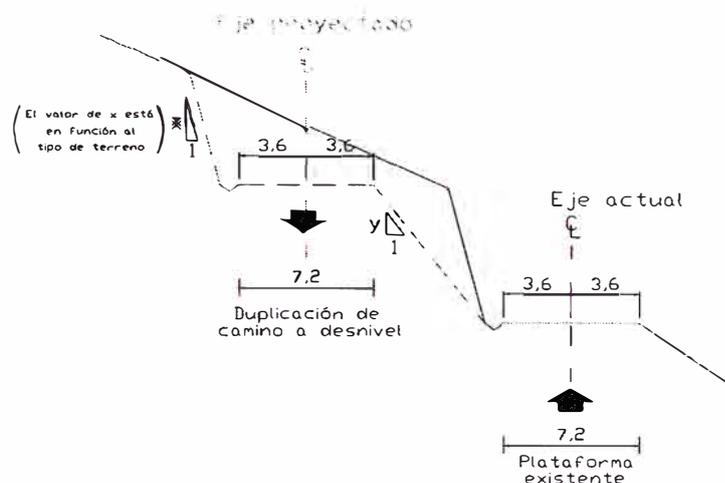


Figura 1.3.2

Descripción gráfica de la Alternativa N° 3

1.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR

Para la selección de la alternativa se tomará en cuenta los factores técnicos que sean favorables para cada una de las alternativas del proyecto.

Para lo cual se desarrolló una matriz relacionando cada alternativa con los diferentes factores técnicos a considerar.

MATRIZ DE EVALUACION DE LA ALTERNATIVA

CUADRO 01

FACTORES TECNICOS DE INGENIERIA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
ESTUDIO TRANSITO	1	2	3
ESTUDIO DISEÑO VIAL	3	1	2
ESTUDIO HIDROLOGIA Y DRENAJE	2	1	1
ESTUDIO GEOLOGIA Y GEOTECNIA	2	1	0
ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL	2	0	1
PUNTAJE	10	5	7

PUNTAJACIÓN 0: MALO

PUNTAJACIÓN 2: BUENO

PUNTAJACIÓN 1: REGULAR

PUNTAJACION 3: EXCELENTE

De acuerdo al resultado de la matriz podemos llegar a la conclusión que la alternativa 1 es la mas conveniente por ser técnicamente mas favorable.

1.5 AJUSTE DEL TRAZO A LAS NUEVAS CARACTERISTICAS DE DISEÑO

El principal parámetro de diseño que vario con respecto al del proyecto ejecutado es el de la velocidad de diseño, debido a que la vía existente tenia una Vd de 50 Km/hr y la solicitada para nuestro proyecto debe estar en el rango de 55 a 60 Km/hr, además de contar con un volumen de trafico mayor al del diseño de la vía actual, considerando un periodo de diseño de la carretera de 20 años, se ubica a nuestro sector como una vía de Clasificación Superior del Tipo 3 Doble Carril, como se examino el trazo original y se observo que habían tramos tangentes y curvos que no se adecuaban a las nuevas características de diseño, se modifico el trazo en lo menos posible esto con el objetivo de realizar un menor costo en lo que vendría ha ser un mejoramiento y mantenimiento de la carretera en el tramo que se esta estudiando. A continuación en los cuadros siguientes se muestra la descripción a groso modo de lo realizado.

En el presente proyecto no se han proyectado variantes de gran magnitud, manteniendo el eje de la vía anterior con algunas modificaciones como es la inclusión de curvas de transición, y el corrimiento lateral del eje en algunas zonas.

El perfil longitudinal expresado en los planos, corresponde al de la carretera existente bajo la denominación de "cota terreno", en el que figura el respectivo registro de inflexiones, curvas verticales y pendientes.

A continuación se muestran los cuadros de descripción que son preliminares al trazo definitivo, estos estarán sujetos al criterio del diseñador al momento de realizar el trazo en planta y perfil, pudiendo variarlos de acuerdo a las restricciones existentes.

DESCRIPCION Y VERIFICACION DEL TRAZO (OPCION 1)

Nro. Curva	Sentido	Tipo	Radio (m)	* Radio Mínimo = 87.5 mts	PC	PT	Longitud de Curva (m)	Lmin = 3V (m)	Lmin = (2Ltp curva + V ² /23.6) (m)	Δ	Peralte %	Bombeo %	Ltp (m)	Ltp en Tang.	Ltp en Curva	Tramo Tangente (m)	Tramo Tangente mín (m)	Tang min = Ltp1 + Ltp2
85	I	S	106	Si cumple, dejar	69099.44	69184.8	85.363	No cumple, ver Ltp	47.36	46.141	11.5	2.5	42	33.6	8.4	155.872		
86	D	O	390	Si cumple, dejar	69374.91	69443.52	68.613	No cumple, ver Ltp	44.24	10.080	5.1	2.5	22.8	15.96	6.84	190.111	Cumple	49.96 Cumple
87	D	O	230	Si cumple, dejar	69527.41	69599.14	71.728	No cumple, ver Ltp	42.20	17.868	7.2	2.5	29.1	23.28	5.82	83.885	No cumple	39.24 Cumple
88	D	S	175	Si cumple, dejar	69858.83	69904.72	45.884	No cumple, ver Ltp	44.60	15.023	9.2	2.5	35.1	28.08	7.02	259.695	Cumple	51.36 Cumple
89	I	S	185	Si cumple, dejar	69973.18	70031.82	58.64	No cumple, ver Ltp	44.36	18.161	9	2.5	34.5	27.6	6.9	68.461	No cumple	55.68 Cumple
90	D	O	195	Si cumple, dejar	70143.86	70223.28	79.419	No cumple, ver Ltp	43.76	23.335	8.5	2.5	33	26.4	6.6	112.04	Cumple	54 Cumple
91	D	S	315	Si cumple, dejar	70278.92	70352.1	73.182	No cumple, ver Ltp	45.32	13.311	5.7	2.5	24.6	17.22	7.38	55.641	No cumple	43.62 Cumple
92	I	S	195	Si cumple, dejar	70786.85	70831.8	44.944	No cumple, ver Ltp	43.76	13.206	8.5	2.5	33	26.4	6.6	434.756	Cumple	43.62 Cumple
93	D	S	90	Si cumple, dejar	70894.96	70949.93	54.951	No cumple, ver Ltp	47.96	34.983	12	2.5	43.5	34.8	8.7	63.183	No cumple	61.2 Cumple
94	I	S	90	Si cumple, dejar	71020.58	71077.09	56.505	No cumple, ver Ltp	47.96	35.972	12	2.5	43.5	34.8	8.7	70.648	No cumple	69.6 Cumple
95	D	S	109.666	Si cumple, dejar	71145.59	71195.5	49.917	No cumple, ver Ltp	46.76	26.079	11	2.5	40.5	32.4	8.1	68.5	No cumple	67.2 Cumple
96	I	S	90	Si cumple, dejar	71269.7	71370.95	101.256	No cumple, ver Ltp	47.96	64.462	12	2.5	43.5	34.8	8.7	74.194	No cumple	67.2 Cumple
97	D	O	200	Si cumple, dejar	71435.95	71654	218.05	No cumple, ver Ltp	43.16	62.467	8	2.5	31.5	25.2	6.3	65	No cumple	60 Cumple
98	D	S	152	Si cumple, dejar	71871.35	71915.65	44.308	No cumple, ver Ltp	44.24	16.702	8.9	2.5	34.2	27.36	6.84	217.343	Cumple	52.56 Cumple
99	I	S	90	Si cumple, dejar	71979.1	72033.29	54.184	No cumple, ver Ltp	47.96	34.495	12	2.5	43.5	34.8	8.7	63.448	No cumple	62.16 Cumple
100	D	S	88	Si cumple, dejar	72102.9	72158.89	55.992	No cumple, ver Ltp	47.96	36.456	12	2.5	43.5	34.8	8.7	69.61	No cumple	69.6 Cumple

* Según tabla 402.02, se observa que para velocidad directriz de 55 Kph, se tiene que Rmin es de 87.5 mts.

** Según tabla 402.01

CARACTERISTICAS DE LAS CURVAS DE TRANSICION UTILIZADAS PARA SU DISEÑO

V(Km/h)	Nro.	R (m)	J (m/s ³)	A	Lesp (m)	Lesp efectiva	Lesp a usar	Lesp efectiva	Lesp defini.
55	85	106	0.7	49.87	23.46	25	23.46	25	25
55	86	390	0.7	28.99					
55	87	230	0.7	39.4	6.75	10	25.56	25	25
55	88	175	0.7	40.63	9.43	10	19.44	20	35
55	89	185	0.7	39.16	8.29	10	20.56	25	35
55	90	195	0.7	39.36	7.94	10	21.67	25	35
55	91	315	0.7	35.41					
55	92	195	0.7	39.36	7.94	10	21.67	22	35
55	93	90	0.7	52.77	30.94	35	30.94	30	45
55	94	90	0.7	52.77	30.94	35	30.94	30	45
55	95	109.67	0.7	50.14	22.92	25	22.92	23	40
55	96	90	0.7	52.77	30.94	35	30.94	30	45
55	97	200	0.7	40.89	8.36	10	22.22	25	25
55	98	152	0.7	46.91	14.48	15	16.89	20	35
55	99	90	0.7	52.77	30.94	35	30.94	30	45

CURVAS VERTICALES

Pendiente (%)	Diferencia (%)	Curva Vertical	Longitud de Curva		Descripción de Curva
			Long. Min.	Long. Usada	
4.55					
5.92	1.37	No necesita	-	-	Concava un sentido
6.73	0.81	No necesita	-	-	Concava un sentido
1.99	4.74	Si necesita	40	80	Convexa un sentido
2.55	0.56	No necesita	-	-	Concava un sentido
-2.21	4.76	Si necesita	40	60	Convexa Normal
2.29	4.5	Si necesita	40	40	Concava Normal
6.84	4.55	Si necesita	40	40	Concava un sentido
3.33	3.51	Si necesita	40	220	Convexa un sentido
7.64	4.31	Si necesita	40	180	Concava un sentido
8.62	0.98	No necesita	-	-	Convexa un sentido
4.63	3.99	Si necesita	40	110	Convexa un sentido
0.92	3.71	Si necesita	40	62.72	Convexa un sentido
2.2	1.28	No necesita	-	-	Concava un sentido
6.57	4.37	Si necesita	40	120	Concava un sentido

Nota 1: En el presente cuadro se explica el trazo y diseño geométrico del proyecto presentado, notándose características resaltantes como el no cumplimiento del uso de las curvas verticales, siendo estas necesarias cuando la diferencia algebraica entre las pendientes es mayor al 1% (condición para carreteras de pavimento del tipo superior), según el Manual DG-2001, con lo cual uno puede concluir que el manual sugiere ciertas normas no siendo restrictivo y dejando al criterio del proyectista la toma de decisiones.

Nota 2: También se describe el uso del valor de $J = 0.7 \text{ m}^3/\text{s}^3$ como J_{max} , el cual solo se utilizara cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

1.6 DISEÑO FINAL PROPUESTO

El diseño final propuesto se rescato, basándose en principios de hacer factible la ejecución del proyecto económicamente, para ello se busco hacer las menores modificaciones posibles en el trazo ya existente, teniendo por ello pequeñas variantes, antes del Puente Collana, como alternativa de trazo en el sector para cumplir con los requisitos de diseño solicitados, se retiro el eje de la carretera hacia al lado derecho de la misma unos 7 metros en general entre el Km. 71+000 – 71+200(considerar sentido de la carretera Cocachacra – Matucana), y posteriormente entrando hacia el lado izquierdo de la carretera entre el Km. 71+200 – 71+400, lo que quiere decir que en el primer caso se habla de un sector aparente de relleno y en el segundo de un sector de corte, manteniendo en esencia en el resto del sector el trazo original con la modificación de las curvas horizontales y la inclusión de las curvas de transición.

A continuación se describe el diseño geométrico definitivo, obtenido con la ayuda de un software de ingeniería aplicada en este campo.

DISEÑO DE TRAZO EN PLANTA DEFINITIVO

Datos de Espiral/Curva

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 86.84 Curso: N 50-25-42 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 25.00 L Tan: 16.68
Radio: 106.00 S Tan: 8.34
Teta: 6-45-24 P: 0.25
X: 24.97 K: 12.49
Y: 0.98 A: 51.48
Cuerda: 24.98 Curso: N 48-10-35 E
Ts: 57.75

Dato de Curva Circular

Delta: 32-37-40 Tipo: IZQ
Radio: 106.00 DOC: 54-03-09
Longitud: 60.36 Tangente: 31.02
Flecha: 4.27 Externa: 4.45
Cuerda: 59.55 Curso: N 27-21-28 E
Es: 9.48

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 25.00 L Tan: 16.68
Radio: 106.00 S Tan: 8.34
Teta: 6-45-24 P: 0.25
X: 24.97 K: 12.49
Y: 0.98 A: 51.48
Cuerda: 24.98 Curso: N 06-32-21 E
Ts: 57.75

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 177.51 Curso: N 04-17-14 E

Dato de Curva Circular

Delta: 10-04-48 Tipo: RIGHT
Radio: 390.00 DOC: 14-41-28
Longitud: 68.61 Tangente: 34.40
Flecha: 1.51 Externa: 1.51
Cuerda: 68.52 Curso: N 09-19-38 E
Es: 1.51

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 71.37 Curso: N 14-22-03 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 25.00 L Tan: 16.67
Radio: 230.00 S Tan: 8.34
Teta: 3-06-50 P: 0.11
X: 24.99 K: 12.50
Y: 0.45 A: 75.83
Cuerda: 25.00 Curso: N 15-24-19 E

Datos de Espiral/Curva

Ts: 48.67

Dato de Curva Circular

Delta: 11-38-26 Tipo: RIGHT
Radio: 230.00 DOC: 24-54-40
Longitud: 46.73 Tangente: 23.44
Flecha: 1.19 Externa: 1.19
Cuerda: 46.65 Curso: N 23-18-06 E
Es: 2.94

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 25.00 L Tan: 16.67
Radio: 230.00 S Tan: 8.34
Teta: 3-06-50 P: 0.11
X: 24.99 K: 12.50
Y: 0.45 A: 75.83
Cuerda: 25.00 Curso: N 31-11-52 E
Ts: 48.67

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 229.65 Curso: N 32-14-09 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.35
Radio: 175.00 S Tan: 11.68
Teta: 5-43-46 P: 0.29
X: 34.97 K: 17.49
Y: 1.17 A: 78.26
Cuerda: 34.98 Curso: N 34-08-44 E
Ts: 40.61

Dato de Curva Circular

Delta: 03-33-47 Tipo: RIGHT
 Radio: 175.00 DOC: 32-44-26
 Longitud: 10.88 Tangente: 5.44
 Flecha: 0.08 Externa: 0.08
 Cuerda: 10.88 Curso: N 39-44-49 E
 Es: 1.81

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.35
 Radio: 175.00 S Tan: 11.68
 Teta: 5-43-46 P: 0.29
 X: 34.97 K: 17.49
 Y: 1.17 A: 78.26
 Cuerda: 34.98 Curso: N 45-20-54 E
 Ts: 40.61

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 33.39 Curso: N 47-15-29 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34

Datos de Espiral/Curva

Radio: 185.00 S Tan: 11.68
 Teta: 5-25-12 P: 0.28
 X: 34.97 K: 17.49
 Y: 1.10 A: 80.47
 Cuerda: 34.99 Curso: N 45-27-05 E
 Ts: 47.11

Dato de Curva Circular

Delta: 07-19-17 Tipo: IZQ
 Radio: 185.00 DOC: 30-58-14
 Longitud: 23.64 Tangente: 11.84
 Flecha: 0.38 Externa: 0.38
 Cuerda: 23.62 Curso: N 38-10-38 E
 Es: 2.63

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34
Radio: 185.00 S Tan: 11.68
Teta: 5-25-12 P: 0.28
X: 34.97 K: 17.49
Y: 1.10 A: 80.47
Cuerda: 34.99 Curso: N 30-54-12 E
Ts: 47.11

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 76.95 Curso: N 29-05-48 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34
Radio: 195.00 S Tan: 11.68
Teta: 5-08-31 P: 0.26
X: 34.97 K: 17.50
Y: 1.05 A: 82.61
Cuerda: 34.99 Curso: N 30-48-38 E
Ts: 57.82

Dato de Curva Circular

Delta: 13-03-05 Tipo: RIGHT
Radio: 195.00 DOC: 29-22-57
Longitud: 44.42 Tangente: 22.31
Flecha: 1.26 Externa: 1.27
Cuerda: 44.32 Curso: N 40-45-51 E
Es: 4.38

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34
Radio: 195.00 S Tan: 11.68
Teta: 5-08-31 P: 0.26
X: 34.97 K: 17.50
Y: 1.05 A: 82.61
Cuerda: 34.99 Curso: N 50-43-05 E
Ts: 57.82

Datos de Espiral/Curva

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 38.09 Curso: N 52-25-55 E

 Dato de Curva Circular

Delta: 13-18-41 Tipo: RIGHT
 Radio: 315.00 DOC: 18-11-21
 Longitud: 73.18 Tangente: 36.76
 Flecha: 2.12 Externa: 2.14
 Cuerda: 73.02 Curso: N 59-05-15 E
 Es: 2.14

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 417.23 Curso: N 65-44-35 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34
 Radio: 195.00 S Tan: 11.68
 Teta: 5-08-31 P: 0.26
 X: 34.97 K: 17.50
 Y: 1.05 A: 82.61
 Cuerda: 34.99 Curso: N 64-01-45 E
 Ts: 40.10

Dato de Curva Circular

Delta: 02-55-17 Tipo: IZQ
 Radio: 195.00 DOC: 29-22-57
 Longitud: 9.94 Tangente: 4.97
 Flecha: 0.06 Externa: 0.06
 Cuerda: 9.94 Curso: N 59-08-26 E
 Es: 1.57

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.34
 Radio: 195.00 S Tan: 11.68
 Teta: 5-08-31 P: 0.26
 X: 34.97 K: 17.50
 Y: 1.05 A: 82.61
 Cuerda: 34.99 Curso: N 54-15-06 E
 Ts: 40.10

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 22.91 Curso: N 52-32-16 E

Dato de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	45.00	L Tan:	30.10
Radio:	90.00	S Tan:	15.09
Teta:	14-19-26	P:	0.94
X:	44.72	K:	22.45
Y:	3.73	A:	63.64
Cuerda:	44.88	Curso:	N 57-18-36 E
Ts:	51.11		
Dato de Curva Circular			
Dato de Curva Circular			
Dato de Espiral/Curva			
Delta:	06-20-03	Tipo:	RIGHT
Radio:	90.00	DOC:	63-39-43
Longitud:	9.95	Tangente:	4.98
Flеча:	0.14	Externa:	0.14
Cuerda:	9.94	Curso:	N 70-01-44 E
Es:	5.34		
Dato de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	45.00	L Tan:	30.10
Radio:	90.00	S Tan:	15.09
Teta:	14-19-26	P:	0.94
X:	44.72	K:	22.45
Y:	3.73	A:	63.64
Cuerda:	44.88	Curso:	N 82-44-52 E
Ts:	51.11		
Dato de Tramo Tangente			
Longitud:	25.14	Curso:	N 87-31-11 E
Dato de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	45.00	L Tan:	30.10
Radio:	90.00	S Tan:	15.09
Teta:	14-19-26	P:	0.94
X:	44.72	K:	22.45
Y:	3.73	A:	63.64
Cuerda:	44.88	Curso:	N 82-44-52 E
Ts:	51.98		
Dato de Curva Circular			
Delta:	07-19-26	Tipo:	IZQ
Radio:	90.00	DOC:	63-39-43
Longitud:	11.50	Tangente:	5.76
Flеча:	0.18	Externa:	0.18
Cuerda:	11.50	Curso:	N 69-32-02 E
Es:	5.61		

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	45.00	L Tan:	30.10
Radio:	90.00	S Tan:	15.09
Teta:	14-19-26	P:	0.94
X:	44.72	K:	22.45
Y:	3.73	A:	63.64
Cuerda:	44.88	Curso:	N 56-19-13 E
Ts:	51.98		

Datos de Tramo Tangente	
Longitud:	25.62 Curso: N 51-32-53 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	40.00	L Tan:	26.71
Radio:	109.67	S Tan:	13.38
Teta:	10-26-57	P:	0.61
X:	39.87	K:	19.98

Datos de Espiral/Curva			
Y:	2.43	A:	66.23
Cuerda:	39.94	Curso:	N 55-01-49 E
Ts:	45.52		

Dato de Curva Circular			
Delta:	05-10-52	Tipo:	RIGHT
Radio:	109.67	DOC:	52-14-45
Longitud:	9.92	Tangente:	4.96
Flecha:	0.11	Externa:	0.11
Cuerda:	9.91	Curso:	N 64-35-16 E
Es:	3.53		

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE			
Longitud:	40.00	L Tan:	26.71
Radio:	109.67	S Tan:	13.38
Teta:	10-26-57	P:	0.61
X:	39.87	K:	19.98
Y:	2.43	A:	66.23
Cuerda:	39.94	Curso:	N 74-08-44 E
Ts:	45.52		

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 31.03 Curso: N 77-37-39 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 45.00 L Tan: 30.10
Radio: 90.00 S Tan: 15.09
Teta: 14-19-26 P: 0.94
X: 44.72 K: 22.45
Y: 3.73 A: 63.64
Cuerda: 44.88 Curso: N 72-51-20 E
Ts: 79.79

Dato de Curva Circular

Delta: 35-48-49 Tipo: IZQ
Radio: 90.00 DOC: 63-39-43
Longitud: 56.26 Tangente: 29.08
Flecha: 4.36 Externa: 4.58
Cuerda: 55.34 Curso: N 45-23-49 E
Es: 17.50

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 45.00 L Tan: 30.10
Radio: 90.00 S Tan: 15.09
Teta: 14-19-26 P: 0.94
X: 44.72 K: 22.45
Y: 3.73 A: 63.64
Cuerda: 44.88 Curso: N 17-56-18 E
Ts: 79.79

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 29.38 Curso: N 13-09-58 E

Datos de Espiral/Curva

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 25.00 L Tan: 16.67
Radio: 200.00 S Tan: 8.34
Teta: 3-34-52 P: 0.13
X: 24.99 K: 12.50
Y: 0.52 A: 70.71
Cuerda: 25.00 Curso: N 14-21-35 E
Ts: 133.86

Dato de Curva Circular

Delta: 55-18-17 Tipo: RIGHT
Radio: 200.00 DOC: 28-38-52
Longitud: 193.05 Tangente: 104.79
Flecha: 22.84 Externa: 25.79
Cuerda: 185.64 Curso: N 44-23-58 E
Es: 34.05

 Longitud: 25.00 L Tan: 16.67
 Radio: 200.00 S Tan: 8.34
 Teta: 3-34-52 P: 0.13
 X: 24.99 K: 12.50
 Y: 0.52 A: 70.71
 Cuerda: 25.00 Curso: N 74-26-21 E
 Ts: 133.86

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 187.22 Curso: N 75-37-58 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.35
 Radio: 152.00 S Tan: 11.68
 Teta: 6-35-48 P: 0.34
 X: 34.95 K: 17.49
 Y: 1.34 A: 72.94
 Cuerda: 34.98 Curso: N 77-49-53 E
 Ts: 40.30

Dato de Curva Circular

Delta: 03-50-03 Tipo: RIGHT
 Radio: 152.00 DOC: 37-41-41
 Longitud: 10.17 Tangente: 5.09
 Flecha: 0.09 Externa: 0.09
 Cuerda: 10.17 Curso: N 84-08-47 E
 Es: 2.03

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 35.00 L Tan: 23.35
 Radio: 152.00 S Tan: 11.68
 Teta: 6-35-48 P: 0.34
 X: 34.95 K: 17.49
 Y: 1.34 A: 72.94
 Cuerda: 34.98 Curso: S 89-32-18 E
 Ts: 40.30

Datos de Espiral/Curva

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 23.16 Curso: S 87-20-23 E

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 45.00 L Tan: 30.10
 Radio: 90.00 S Tan: 15.09
 Teta: 14-19-26 P: 0.94
 X: 44.72 K: 22.45
 Y: 3.73 A: 63.64
 Cuerda: 44.88 Curso: N 87-53-17 E
 Ts: 50.90

Dato de Curva Circular

Delta: 06-05-22 Tipo: IZQ
Radio: 90.00 DOC: 63-39-43
Longitud: 9.57 Tangente: 4.79
Flecha: 0.13 Externa: 0.13
Cuerda: 9.56 Curso: N 75-17-29 E
Es: 5.28

Datos de Curva Espiral: CLOTOIDE

Longitud: 45.00 L Tan: 30.10
Radio: 90.00 S Tan: 15.09
Teta: 14-19-26 P: 0.94
X: 44.72 K: 22.45
Y: 3.73 A: 63.64
Cuerda: 44.88 Curso: N 62-41-42 E
Ts: 50.90

Datos de Tramo Tangente

Longitud: 46.47 Curso: N 57-55-22 E

PROGRESIVAS DE PVI Y CURVAS VERTICALES

Perfil Longitudinal Definitivo

Alineamiento Vertical

PVI	Progresiva	Cota	Pendiente (%)	Longitud de Curva
1	69+000.000	2128.51	4.55	
2	69+228	2138.88	5.92	
3	69+291.500	2142.64	6.73	
4	69+573.194	2161.61	1.99	80
Informacion de Curva Vertical: (Curva Concava)				
	Progresiva PVC: 69+533.194	Cota: 2158.92		
	Progresiva PVI: 69+573.194	Cota: 2161.61		
	Progresiva PVT: 69+613.194	Cota: 2162.41		
	Pendiente de Entrada (%): 6.73	Pendiente de Salida(%): 1.99		
	Diferencia (%): 4.74	K: 16.87		
	Longitud de Curva: 80			
	Distancia de sobrepaso: 139.75	Distancia de Parada: 82.64		
5	69+650.643	2163.16	2.55	
6	69+717.502	2164.86	-2.21	60
Informacion de Curva Vertical: (Curva Concava)				
	Progresiva PVC: 69+687.502	Cota: 2164.1		
	Progresiva PVI: 69+717.502	Cota: 2164.86		
	Progresiva PVT: 69+747.502	Cota: 2164.2		
	Pendiente de Entrada (%): 2.55	Pendiente de Salida(%): -2.21		
	Diferencia (%): 4.76	K: 12.6		
	Longitud de Curva: 60			
	Punto Alto: 69+719.617	Cota: 2164.51		
	Distancia de sobrepaso: 129.28	Distancia de Parada: 72.43		

PVI	Progresiva	Cota	Pendiente (%)	Longitud de Curva
7	69+807.950	2162.86	2.29	40
Informacion de Curva Vertical: (Curva Convexa)				
	Progresiva PVC: 69+787.950	Cota: 2163.3		
	Progresiva PVI: 69+807.950	Cota: 2162.86		
	Progresiva PVT: 69+827.950	Cota: 2163.32		
	Pendiente de Entrada (%): -2.21	Pendiente de Salida(%): 2.29		
	Diferencia (%): 4.51	K: 8.88		
	Longitud de Curva: 40			
	Punto Bajo: 69+807.604	Cota: 2163.08		
	Distancia de Visibilidad: 54.39			
8	69+863.899	2164.14	6.84	40
Informacion de Curva Vertical: (Curva Convexa)				
	Progresiva PVC: 69+843.899	Cota: 2164.14		
	Progresiva PVI: 69+863.899	Cota: 2165.51		
	Progresiva PVT: 69+883.899	Cota: 2165.51		
	Pendiente de Entrada (%): 2.29	Pendiente de Salida(%): 6.84		
	Diferencia (%): 4.55	K: 8.8		
	Longitud de Curva: 40			
	Distancia de Visibilidad: 53.9			
9	70+629.656	2216.5	3.33	220
Informacion de Curva Vertical: (Curva Concava)				
	Progresiva PVC: 70+519.656	Cota: 2208.97		
	Progresiva PVI: 70+629.656	Cota: 2216.5		
	Progresiva PVT: 70+739.656	Cota: 2220.16		
	Pendiente de Entrada (%): 6.84	Pendiente de Salida(%): 3.33		
	Diferencia (%): 3.51	K: 62.7		
	Longitud de Curva: 220			
	Distancia de sobrepaso: 244.77	Distancia de Parada: 159.21		
10	70+937.788	2226.75	7.64	180
Informacion de Curva Vertical: (Curva Convexa)				
	Progresiva PVC: 70+847.788	Cota: 2223.75		
	Progresiva PVI: 70+937.788	Cota: 2226.75		
	Progresiva PVT: 71+027.788	Cota: 2233.62		
	Pendiente de Entrada (%): 3.33	Pendiente de Salida(%): 7.64		
	Diferencia (%): 4.31	K: 41.77		
	Longitud de Curva: 180			
	Distancia de Visibilidad: 174.54			

PVI	Progresiva	Cota	Pendiente (%)	Longitud de Curva
11	71+253.637	2250.87	8.62	
12	71+353.637	2259.49	4.63	110
Informacion de Curva Vertical: (Curva Concava)				
	Progresiva PVC: 71+298.637	Cota: 2254.75		
	Progresiva PVI: 71+353.637	Cota: 2259.49		
	Progresiva PVT: 71+408.637	Cota: 2262.04		
	Pendiente de Entrada (%): 8.62	Pendiente de Salida(%): 4.63		
	Diferencia (%): 3.99	K: 27.54		
	Longitud de Curva: 110			
	Distancia de sobrepaso: 173.38	Distancia de Parada: 105.51		
13	71+440	2263.49	0.92	62.72
Informacion de Curva Vertical: (Curva Concava)				
	Progresiva PVC: 71+408.640	Cota: 2262.04		
	Progresiva PVI: 71+440	Cota: 2263.49		
	Progresiva PVT: 71+471.360	Cota: 2263.78		
	Pendiente de Entrada (%): 4.63	Pendiente de Salida(%): 0.92		
	Diferencia (%): 3.71	K: 16.92		
	Longitud de Curva: 62.72			
	Distancia de sobrepaso: 158.96	Distancia de Parada: 85.9		
14	71+640.801	2265.33	2.2	
15	71+707.253	2266.79	6.57	120
Informacion de Curva Vertical: (Curva Convexa)				
	Progresiva PVC: 71+647.253	Cota: 2265.48		
	Progresiva PVI: 71+707.253	Cota: 2266.79		
	Progresiva PVT: 71+767.253	Cota: 2270.74		
	Pendiente de Entrada (%): 2.2	Pendiente de Salida(%): 6.57		
	Diferencia (%): 4.38	K: 27.42		
	Longitud de Curva: 120			
	Distancia de Visibilidad: 122.61			
16	72+000.647	2286.08		

1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS ANTECEDENTES DEL PROYECTO

- ✓ En nuestro caso se mantiene prácticamente el trazo de la carretera anterior, teniendo que ampliarse el ancho de la vía en algunos tramos, esto debido a los sobreaños ocasionados por las nuevas curvas de un mayor radio que los anteriores, además de las ocasionadas por la curva de transición.
- ✓ Se nota claramente como pueden verse afectadas las características del trazo existente de una vía al alterarse la velocidad de diseño, como es nuestro caso, teniendo como velocidad de diseño anterior de 50 Km/hora, y ahora se tiene un requerimiento de esta entre 55 a 60 Km/hora, lo cual hace que se mantenga el eje existente en casi la totalidad de nuestro sector, pero variándose los tramos tangentes y curvos para cumplir con los requerimientos mínimos del Manual de Diseño si fuese necesario.
- ✓ En el acceso al Puente Collana se realiza una pequeña variante, al trasladar el trazo de la carretera existente hacia el lado derecho (sentido considerado de Chosica a Matucana) en una longitud del eje de 200mts, no teniendo ningún inconveniente debido a que la zona tiene una explanada la cual se encuentra dentro del derecho de vía, la cual esta siendo ocupada por los lavaderos de carro y otros, pudiendo estos ser reubicados sin mayor problema; inmediatamente a esta variante se traslada el eje existente hacia el lado izquierdo de la carretera lo cual propicia una zona de corte que se encuentra dentro del derecho de vía todo esto en una longitud aproximada de 150mts; ambas variantes se realizaron con el fin de obtener una mayor velocidad de diseño con sus respectivas curvas y tangentes mínimas solicitadas en los reglamentos.
- ✓ Como resultado de las variantes anteriores se tendrán nuevas áreas a asfaltar, y quedaran restos de la vía anterior asfaltada, la cual se podrá utilizar como berma y ser un punto de parada como un mirador debido al esplendido paisaje con que se cuenta en la zona.

- ✓ En el nuevo trazo se plantea el uso de las curvas de transición entre tramos tangentes y curvos, esto con el fin de proveer a los usuarios de una mayor comodidad al trasladarse por esta vía, y no se sientan los efectos bruscos del cambio del tramo tangente hacia el tramo curvo y viceversa ocasionadas por la fuerza centrífuga, todo esto en razón a las normas del manual de diseño que solicitan el uso de curvas de transición para velocidades de diseño superior a los 30 Km/hora.

- ✓ En el trazo planteado, se tuvo problemas con las longitudes mínimas de tramos tangente entre curvas tipo "S", tomándose como alternativa de solución el incrementar la longitud de las curvas de transición tipo clotoide de tal manera que estas absorban toda la longitud de desarrollo del peralte y del sobreebanco tanto en el tramo recto como en el curvo, esto se fundamenta en que la variación del tramo tangente al tramo curvo no es perceptible al ser usado la curva de transición, se aprovecha esto para incluir el desarrollo del peralte y del sobreebanco totalmente en la curva de transición, lo cual está especificado en el manual y se ha utilizado en el presente trabajo.

- ✓ Se debe tener en cuenta que la velocidad de diseño utilizada en el presente proyecto es de 55 Km/hora en los tramos curvos y tangentes, pudiendo estas llegar en algunos casos a 60 Km/hora en los tramos tangentes como es lo solicitado, debiendo tenerse en cuenta para ello la señalización informativa pertinente para poder informar a los chóferes las limitaciones en la velocidad de desplazamiento de los vehículos, con el fin de evitar así futuros accidentes esto debido al exceso de velocidad de los vehículos.

CAPITULO II: CURVAS DE TRANSICION

2.1 DEFINICIONES BASICAS

El alineamiento en planta de una vía consiste en el desarrollo de la proyección de su eje sobre un plano horizontal, dicho alineamiento esta formado por tramos rectos (tangentes) enlazados con curvas (circulares simples, circulares compuestas y espirales de transición).

Tradicionalmente en nuestro medio se ha utilizado, se sigue utilizando y se seguirá utilizando en muchos proyectos, el trazado convencional donde solo se emplean tramos rectos empalmados con arcos circulares simples. En estos diseños, la curvatura pasa bruscamente de cero en la recta a un valor constante de $1/R$ en la curva circular de radio R , tal como se muestra en la siguiente figura:

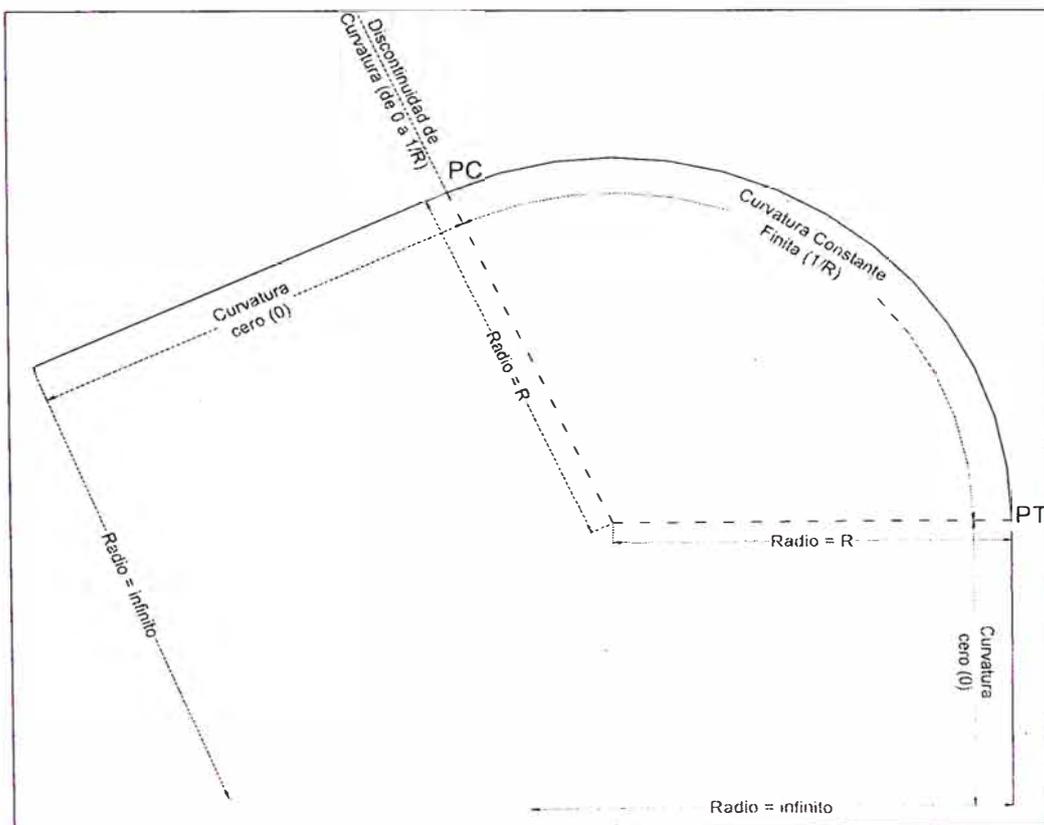


Figura 2.1.1

Trazo Convencional: Tramo recto – Arco Circular Simple

Eventualmente, también en los trazados, se empalman los tramos rectos con curvas circulares compuestas de dos o más radios, como lo son las de dos o tres radios por ejemplo.

Pero la experiencia demuestra que los conductores, sobre todo aquellos que circulan por el carril exterior, por comodidad tienden a cortar la curva circular, como se aprecia en la siguiente figura.

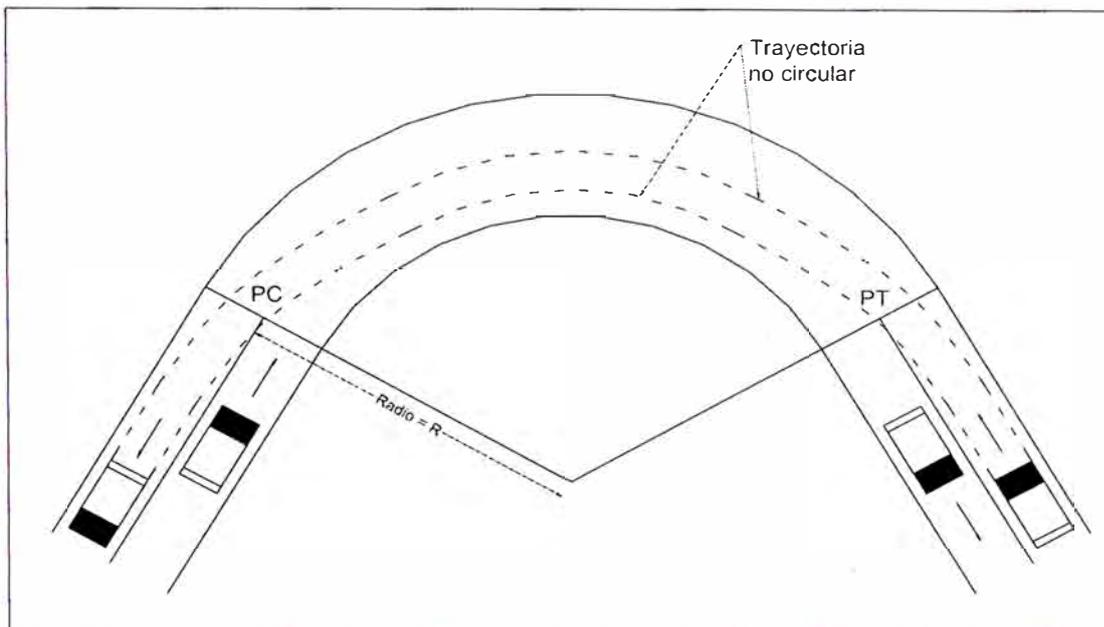


Figura 2.1.2

Trayectoria de los vehículos en una curva circular

Observamos en la figura como el vehículo describe trayectoria no circular e invade el carril del sentido opuesto, en carreteras de dos carriles de dos sentidos, con el consiguiente peligro potencial de accidentes.

Realmente estas trayectorias no circulares se generan debido a que los vehículos al entrar en la curva circular experimentan la fuerza centrífuga que tiende a desviarlos de su carril de circulación, por lo que sus conductores instintivamente maniobran sus vehículos tratando de evitar la incomodidad y contrarrestando la fuerza centrífuga, a través de la ocupación del carril de dirección contraria, lo cual como es lógico representa peligro de choque con otro

vehículo, especialmente en condiciones de poca visibilidad y en presencia de radios pequeños.

Por estas razones, se hace necesario emplear una **CURVA DE TRANSICION**, entre el tramo en recta y la curva circular sin que la trayectoria del vehículo experimente cambios bruscos, pasando paulatinamente del radio infinito de la alineación recta (curvatura cero) al radio constante de la alineación circular (curvatura finita), al mismo tiempo que la inclinación de la calzada cambie gradualmente del bombeo en la recta al peralte en la curva circular.

Esta configuración, curva de transición – curva circular – curva de transición, aparece en la figura 2.1.3.

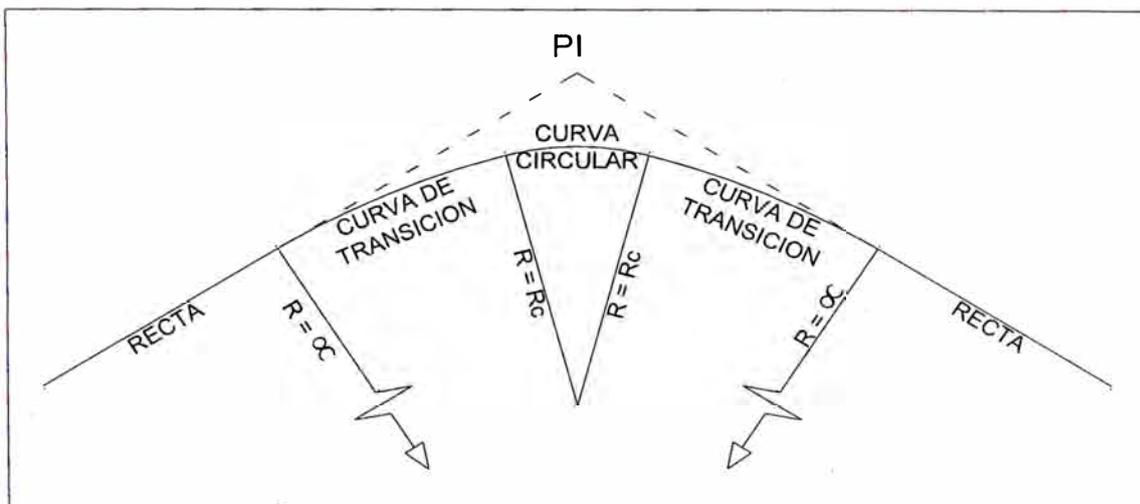


Figura 2.1.3

Curvatura en enlace de tramos rectos con una curva circular con curvas de transición

Entonces:

Las curvas de transición tienen por finalidad evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de elementos del trazado.

La curva de transición es un arco de clotoide desde el radio ∞ (unión a una recta) hasta el radio del arco circular.

El requerimiento de estas curvas de transición esta limitado por la siguiente tabla:

TABLA 402.08 (Manual DG – 2001)
RADIOS SOBRE LOS CUALES SE PUEDE
PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición; ello es optativo y dependerá en parte del sistema de trabajo en uso.

La curva de transición, en general proveen un cambio gradual en su mayoría entre una tangente y una curva o entre curvas de diferente radio. El uso de estos elementos, permite que un vehículo, circulando a la velocidad de diseño, se mantenga en el centro del carril. Esto no ocurre por lo general al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centrote su carril incluso lo puede hacer invadir el adyacente, con el peligro que ello implica. Por tanto, como elemento de curvatura variable. Por lo tanto, como elemento de curvatura variable en curvas de transición, o como elemento de trazado, se empleara la clotoide.

Llamada también la Ecuación de Euler, la clotoide es una curva de la familia de las espirales que presenta las siguientes ventajas:

- Producen una fácil y natural trayectoria para los vehículos, de forma tal que la fuerza centrífuga aumenta y disminuye gradualmente cuando un vehículo

entra o sale de dicha curva. Este hecho tiende a garantizar una velocidad uniforme; así como aumentar las condiciones de seguridad.

- Producen la longitud deseable para el desarrollo del peralte, y toda ella puede ser distribuida en dicha curva.
- Donde la sección transversal del pavimento de la vía en la parte circular tiene que ser ensanchado, las clotoides facilitan la longitud deseable para la transición en ancho.
- La estética de una carretera es altamente favorecida con su utilización.
- Las múltiples combinaciones de desarrollo versus curvatura facilitan la adaptación del trazado a las características del terreno, lo que en oportunidades permite disminuir el movimiento de tierras logrando trazados mas económicos.

En la figura 2.1.4 se observa la representación de una curva de transición; la notación utilizada es la siguiente:

TS: Punto de cambio de tangente a espiral.

SC: Punto de cambio de espiral a circular.

CS: Punto de cambio de circular a espiral.

ST: Punto de cambio de espiral a tangente.

l: Arco de espiral desde el TS o ST a un punto cualquiera de dicha curva.

ls: Longitud total de la espiral desde el TS al SC o desde el CS al ST.

θ : Angulo central del arco de espiral "l".

θ_s : Angulo central del arco de espiral "ls"; llamado ángulo de la espiral.

α : Angulo de inflexión de la espiral medido desde el TS o ST y tomando como referencia la tangente inicial, hasta un punto cualquiera de la curva espiral.

g: Grado de curvatura de la espiral en un punto (variable)

Gc: Grado de curvatura del círculo desplazado, al que resulta tangente la espiral; en el SC y CS.

Δ : Angulo de inflexión en el PI; igual al ángulo central que subtiende a toda la curva de transición.

Δ_c : Angulo central que subtiende el arco circular intermedio de desarrollo Dc, entre el SC y el CS.

y: Ordenada a la tangente de cualquier punto de la espiral con referencia al TS o ST y la tangente inicial.

ys: Ordenada a la tangente en el SC o CS.

x: Distancia sobre la tangente de cualquier punto de la espiral con referencia al TS o ST y la tangente inicial.

Xs: Distancia sobre la tangente del SC o CS.

W: Retranqueo. Menor distancia que separa al arco circular prolongado y la tangente inicial.

t: Abscisa del retranqueo.

Ts: Tangente de la espiral. Distancia entre el PI y el TS o entre el PI y el ST.

Es: Externa de la espiral.

Lc: Cuerda larga.

LT: Tangente larga.

ST: Tangente corta.

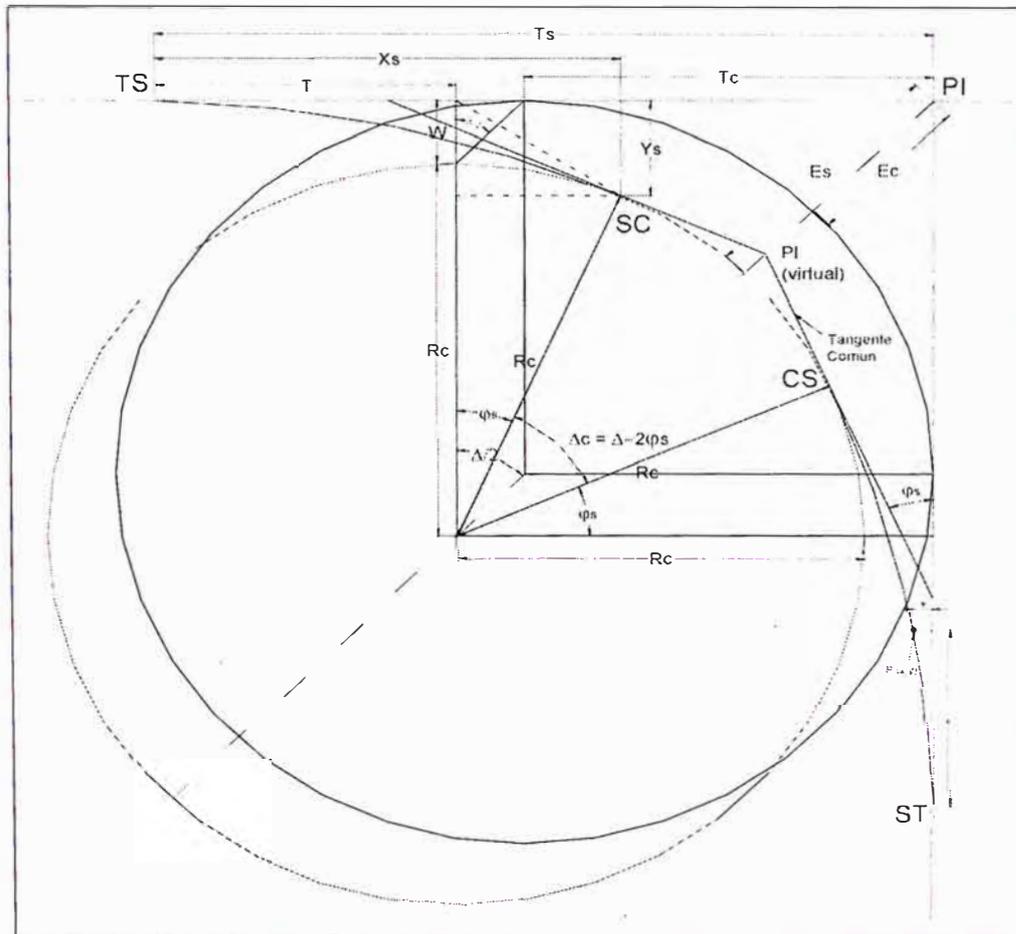


Figura 2.1.4

Grafica de Curva Circular adaptada por una Espiral junto con la Curva Original no adaptada.

2.2 DESCRIPCION Y DESARROLLO MATEMATICO

2.2.1 Calculo de las coordenadas de un punto "p" sobre la Curva de Transición.

Se desea determinar las expresiones que permiten calcular las coordenadas "x" e "y" de cualquier punto sobre la curva de transición, con el objetivo de obtener las formulas que rigen las inflexiones en dichas curvas y así poder replantearlas en el terreno.

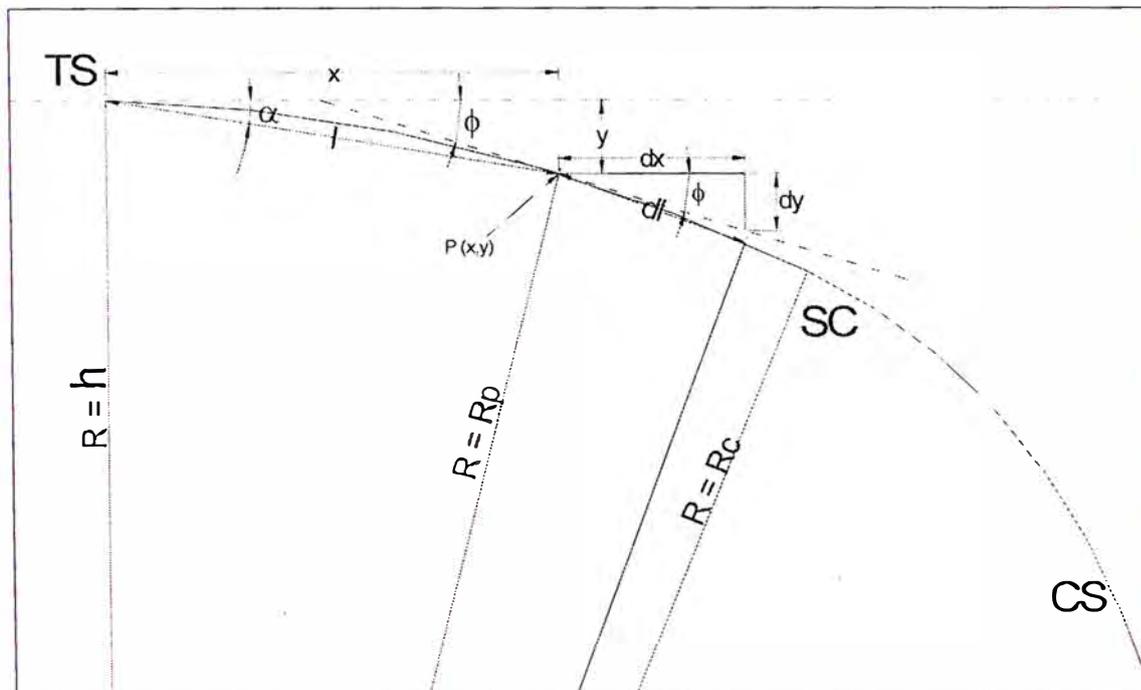


Figura 2.2.1

Ubicación de un punto "P" sobre la Curva de Transición.

De la figura 2.2.1 se tiene que:

R : Radio variable en un punto "p" de la curva de transición (R es ∞ en TS o ST mientras que R es igual a R_c en SC o CS).

Se sabe que un vehículo que se mueva a una velocidad uniforme V sobre una curva de transición de radio variable R , experimenta una aceleración radial o centrífuga ac , cuyo valor es:

$$ac = \frac{V^2}{R}$$

En la curva de transición, ac varia de manera continúa desde cero en la recta hasta V^2/R_c en la curva circular de radio R_c .

Esto es:

$$\text{En el tramo recto: } R = \infty \quad , \quad ac = \frac{V^2}{\infty} = 0$$

$$\text{En la curva circular: } R = R_c \quad , \quad ac = \frac{V^2}{R_c}$$

La variación de la aceleración centrífuga “ ac ” por unidad de longitud “ ls ” es:

$$\frac{ac}{ls} = \frac{V^2}{R_c} = \frac{V^2}{R_c \times ls} \left(\frac{m/s^2}{m} \right)$$

En un punto “ p ” de la curva de transición, la aceleración centrífuga “ ac ”, será:

$$ac = \left(\frac{V^2}{R_c \times ls} \right) \times l = \frac{V^2}{R}$$

De donde:

$$R \times l = R_c \times ls$$

Pero, el producto de “ R_c ” por “ ls ” puede hacerse igual a A^2 , esto es:

$$Rc \times ls = A^2 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde: A es una magnitud constante, puesto que también lo son "Rc" y "Lc".

De esta manera obtenemos la ecuación de la espiral tipo clotoide o espiral de Euler:

$$R \times l = A^2 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Para cualquier punto "p" sobre la curva, el producto del radio de curvatura "R" por su longitud "l" desde el origen hasta ese punto es igual a una constante A².

A la constante "A" se le llama parámetro de la espiral, puesto que para una misma clotoide siempre es constante.

Hacemos (2.2)/(2.1):

$$\frac{R}{Rc} = \frac{ls}{l}$$

$$R = \frac{Rc \times ls}{l} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

De la figura 2.2.1:

$$dl = R \times d\phi$$

Despejando dφ y reemplazando R:

$$d\phi = \frac{l \times dl}{Rc \times ls} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Integrando:

$$\phi = \frac{l^2}{2 \times Rc \times ls} + C$$

Pero para l = 0, φ = 0, entonces:

$$\phi = \frac{l^2}{2 \times Rc \times ls} \dots\dots\dots (2.5)$$

Pero para $l = ls$, $\phi = \phi_s$, entonces:

$$\phi_s = \frac{ls}{2 \times Rc} \dots\dots\dots (2.6)$$

(2.5) / (2.6) y despejando:

$$\phi = \frac{l^2 \times \phi_s}{ls^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

De la figura 2.2.1:

$$\text{Sen}\phi = \frac{dy}{dl}$$

Entonces desarrollando la serie de senos:

$$\frac{dy}{dl} = \phi - \frac{\phi^3}{3!} + \frac{\phi^5}{5!} - \dots\dots\dots (2.8)$$

Despejando $l \times dl$ de (2.4) e integrando:

$$l = \sqrt{2 \times Rc \times ls \times \phi} \dots\dots\dots (2.9)$$

Despejando dl de (2.4) y reemplazando l de (2.9):

$$dl = \frac{\sqrt{2 \times Rc \times ls}}{2} \times \phi^{-1/2} \times d\phi \dots\dots\dots (2.10)$$

Reemplazando (2.10) en (2.8):

$$dy = \frac{\sqrt{2 \times Rc \times ls}}{2} \times \left(\phi - \frac{\phi^3}{3!} + \frac{\phi^5}{5!} - \dots \right) \times \phi^{-1/2} \times d\phi \dots\dots\dots (2.11)$$

$$dy = \frac{\sqrt{2 \times Rc \times ls}}{2} \times \left(\phi^{1/2} - \frac{\phi^{5/2}}{3!} + \frac{\phi^{9/2}}{5!} - \dots \right) \times d\phi$$

Resolviendo:

$$y = \frac{\sqrt{2 \times Rc \times ls}}{2} \times \left(\frac{\phi^{3/2}}{3/2} - \frac{\phi^{7/2}}{3 \times 7/2} + \frac{\phi^{11/2}}{5 \times 11/2} - \dots \right)$$

Extrayendo el factor $\phi^{1/2}$ para dar la forma de la ecuación (2.4), obtenemos:

$$y = l \times \left(\frac{\phi}{3} - \frac{\phi^3}{42} + \frac{\phi^5}{1320} - \frac{\phi^7}{75600} + \dots \right) \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

De igual forma se puede obtener "x", de la figura 2.2.1 obtenemos:

$$\text{Cos } \phi = \frac{dx}{dl}$$

Entonces desarrollando la serie de cosenos:

$$\frac{dx}{dl} = 1 - \frac{\phi^2}{2!} + \frac{\phi^4}{4!} - \dots\dots\dots (2.13)$$

Resolviendo de la misma forma que se obtuvo "y", tenemos:

$$x = l \times \left(1 - \frac{\phi^2}{10} + \frac{\phi^4}{216} - \frac{\phi^6}{9360} + \frac{\phi^8}{685440} - \dots \right) \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

también de la figura 2.2.1 tenemos:

$$\text{Tang } \alpha = \frac{y}{x} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Reemplazando (2.12) y (2.14) en (2.15):

$$\text{Tang } \alpha = \frac{y}{x} = \left(\frac{\phi}{3} + \frac{\phi^3}{105} + \frac{\phi^5}{5997} \dots \right) \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Hacemos:

$$\text{Tang } \alpha = \frac{\phi}{3} + Q \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\phi}{3} + Q \right)$$

Desarrollando la serie arc tan y sustituyendo el valor de Q tenemos:

$$\alpha = \frac{\phi}{3} - \frac{8 \times \phi^3}{2835} - \frac{32 \times \phi^5}{467775} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Hacemos:
$$\alpha = \frac{\phi}{3} - C \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Donde "C" es la sobre corrección la cual es siempre sustractiva y puede demostrarse que es despreciable para valores de $\phi < 15^\circ$, para esto desarrollamos la siguiente tabla:

TABLA 2.2.1

ϕs°	C(")	ϕs°	C(")	ϕs°	C(")
5	0.4	14	8.5	23	37.9
6	0.7	15	10.5	24	43.0
7	2.1	16	12.7	25	48.7
8	1.6	17	15.3	26	54.8
9	2.3	18	18.1	27	61.3
10	3.1	19	21.3	28	68.4
11	4.1	20	24.9	29	76.1
12	5.4	21	28.8	30	84.3
13	6.8	22	33.1	31	93.0

Se puede deducir entonces que para la mayoría de casos en el diseño de curvas de transición, el valor del ángulo α será:

$$\alpha = \frac{\phi}{3} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Si reemplazamos el valor de ϕ de la ecuación (2.7), obtenemos una expresión que nos permite determinar las inflexiones a las estaciones pares de trazado al estar en función de "l", y donde "l" y "ls" están metros; α y ϕs están en grados sexagesimales.

$$\alpha = \frac{\phi s}{3 \times ls^2} \times l^2 \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

2.2.2 Determinación de las ecuaciones fundamentales de las Curvas de Transición.

Como se observa en la figura 2.1.4 para introducir las espirales se ha trasladado radialmente el arco circular hacia adentro una distancia W , a este desplazamiento radial W se le llama retranqueo, y se puede determinar con la siguiente expresión:

$$W = Y_s - R_c \times (1 - \text{Cos} \phi_s) \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

De igual manera podemos hallar la abcisa de retranqueo T , que es la distancia entre el TS o ST al punto m o m' en las tangentes a la curva:

$$T = X_s - R_c \times \text{Sen} \phi_s \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

De la figura 2.1.4:

$$E_s = E_c + W \times \text{Sec}(\Delta/2) \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

ó
$$E_s = (R_c + W) \times \text{Sec}(\Delta/2) - R_c \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Donde:

E_c : Externa del arco original (sin desplazamiento).

E_s : Externa del arco desplazado.

$$T_s = T + W \times \text{Tan}(\Delta/2) + T_c \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

$$T_c = R_c \times \text{Tan}(\Delta/2) \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

Donde:

T_c : Tangente a la curva circular no desplazada.

T_s : Tangente al arco de espiral (distancia total del PI al TS o ST).

2.2.3 Grado de Curvatura (G).

El grado de curvatura se define como el ángulo central que subtiende una longitud de arco de 10 m.

$$\begin{aligned} \text{Si } 360^\circ & \dots\dots\dots 2\pi R \\ G^\circ & \dots\dots\dots 10 \end{aligned}$$

Entonces: $G^\circ = \frac{572.9578}{R}$; donde R esta en metros.

Hay otras que definen el grado de curvatura como el ángulo central que subtiende una longitud de 20 m (Vías de Comunicación de Carlos Crespo Villalaz).

$$\begin{aligned} \text{Si } 360^\circ & \dots\dots\dots 2\pi R \\ G^\circ & \dots\dots\dots 20 \end{aligned}$$

Entonces: $G^\circ = \frac{1145.91559}{R}$; donde R esta en metros.

De la figura 2.1.4, siendo Dc la longitud del arco circular comprendido entre el SC y el CS se puede obtener de la siguiente forma:

$$Dc = Rc \times \Delta c \dots\dots\dots (2.28)$$

Reemplazando:

$$Dc = \frac{1145.91559}{Gc^\circ} \times (\Delta - 2 \times \phi s)^\circ \times \frac{\pi rad}{180^\circ} \dots\dots\dots (2.29)$$

Resolviendo:

$$Dc = \frac{20 \times (\Delta - 2 \times \phi s)}{Gc} \dots\dots\dots (2.30)$$

Donde:

Dc en metros

Gc, Δ, φs, en grados sexagesimales.

2.2.4 Grado de Curvatura (G) de la Curva de Transición.

La ley de curvatura de la clotoide es:

$$A = \sqrt{L \times R} \dots\dots\dots (2.31)$$

Donde:

R: Radio de la espiral en un punto p cualquiera perteneciente a la misma.

L: Longitud por la curva espiral entre el TS o ST y el punto p.

A: Parámetro de la curva espiral.

Es decir, que para cada valor del parámetro A, el producto de la longitud L y del radio R es el mismo en todos los puntos de la clotoide, por lo tanto, el parámetro A expresa unívocamente el tamaño de la clotoide.

El parámetro "K" se define como la razón de cambio del grado de curvatura de la espiral, por estaciones de "n" metros; es decir, como la espiral es una curva de grado de curvatura uniformemente variable ($g=0$ en el TS y $g=G_c$ en el SC), este parámetro indica como es la variación del grado de curvatura por estaciones de "n" metros, y es una constante para una misma curva espiral y su uso se reduce cuando se trabaja utilizando el método normal de proyección de carreteras.

2.3 OBTENCIÓN DE LONGITUD DE CURVA DE TRANSICIÓN

Para determinar la longitud de la curva de transición se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.
- Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario.
- Longitud mínima de curva de transición por confort óptico.

2.3.1 Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.

Para velocidades bajo 60 Kph, si se utilizan radios del orden mínimo, o en calzadas de mas de dos carriles, la longitud de la curva de transición "L" correspondiente a A_{min} puede resultar menor que la longitud requerida para

desarrollar el peralte de la curva de transición. En estos casos se determinara A, imponiendo la condición que "L=ls" sea igual al desarrollo del peralte "p", requerido a partir del punto en que la pendiente transversal de la calzada o carril es nula.

De acuerdo a las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

Si R requiere $p > 3\%$. Se debe usar curva de transición.

Si R requiere $p < 3\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V < 100$ Kph.

Si R requiere $p < 2.5\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V > 100$ Kph.

Para determinar los valores máximos de pendientes longitudinales de los bordes con respecto a su eje, se puede usar la siguiente tabla:

TABLA 2.3.1

Velocidad de Diseño Vd (KMP)	Pendiente Longitudinal Máxima
30	1/100
40	1/125
50	1/150
60	1/175
70	1/190
80	1/200
90	1/215
100	1/225
110	1/240
120	1/250

De acuerdo a este criterio la longitud mínima de curva de transición se puede dar por la siguiente expresión:

$$l_s(\min) = P_{\max} \times p \times (a/2) \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

Donde:

P_{\max} : denominador de la pendiente longitudinal máxima obtenido en la tabla 2.3.1,

a : ancho de la vía; en metros.

p : peralte máximo correspondiente a la curva; en m/m.

$l_s(\min)$: longitud mínima de clotoide por transición de peralte; en metros.

2.3.2 Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el calculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme ($J - m/s^3$), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar.

**TABLA 402.06 (Manual DG – 2001)
 VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN
 TRANSVERSAL POR UNIDAD DE TIEMPO**

V (Km/h)	$V < 80$	$80 \leq V < 100$	$100 \leq V < 120$	$120 \leq V$
J (m/s³)	0,5	0,4	0,4	0,4
J_{máx} (m/s³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Solo se usaran los valores de J_{\max} cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la continuidad.

A continuación desarrollamos la formula:

Sabemos que:
$$a = \frac{V^2}{R} \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

Donde:

a: Aceleración transversal; en m/s²

V: Velocidad de diseño, en m/s

R: Radio en un punto p de la curva de transición; en metros.

Si se consideran valores de peralte, la aceleración transversal se ve disminuida por el efecto de la inclinación de la sección transversal de la vía, o sea:

$$a = \frac{V^2}{R} - g \times \text{Sen} \alpha \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

Donde:

g: Aceleración de la gravedad (g=9.81 m/s²)

α: Angulo de inclinación transversal de la vía

Pero para valores de α pequeños se cumple que Sen α = Tan α = p.

Entonces:

$$a = \frac{V^2}{R} - g \times p \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

Donde:

p: Peralte de la vía.

Reemplazando la ecuación (2.3) en (2.35), y obtenemos:

$$a = \frac{V^2 \times l}{Rc \times ls} - g \times p \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

Si esta expresión la derivamos con respecto al tiempo, se obtiene la variación de la aceleración transversal:

$$\frac{da}{dt} = \frac{V^2}{Rc \times ls} \times \frac{dl}{dt} - g \times \frac{dp}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

$$J = \frac{da}{dt} = \frac{V^3}{Rc \times ls} - g \times \frac{dp}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.38)$$

Pero:
$$p = \frac{P \max}{ls} \times l \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

Si derivamos la expresión (2.39):

$$\frac{dp}{dt} = \frac{P \max}{ls} \times \frac{dl}{dt} = \frac{P \max}{ls} \times V \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

Reemplazamos (2.40) en (2.38):

$$J = \frac{V^3}{Rc \times ls} - \frac{g \times P \max \times V}{ls} \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

Despejando ls y expresando V en Km/h:

$$ls(\min) = \frac{V}{46.65 \times J} \left(\frac{V^2}{Rc} - 127 \times P \max \right) \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

Donde:

V: Velocidad de diseño; en Km/h

Rc: Radio de la curva circular; en mts.

J: Variación de la aceleración transversal, en m/s³

Pmax: Peralte máximo correspondiente; en mts/mts.

2.3.3 Longitud mínima de curva de transición por confort óptico.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

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

La condición $A > R/3$ corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor δ s mínimo de 3.5 grados centesimales.

$$\phi_s = \frac{l_s}{2 \times R_c} (\text{rad}) = \frac{100 \times l_s}{\pi \times R_c} \text{ (grados centesimales)} \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\phi_s = \frac{100 \times l_s}{\pi \times R_c} = 3.5 \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

$$l_s(\text{min}) = \frac{3.5 \times \pi \times R_c}{100} = \frac{R_c}{9} \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

2.3.4 Longitud mínima de curva de transición considerando el desarrollo total del peralte solo en la curva de transición.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$l_s(\text{min}) = \frac{(P_f - P_i) \times B}{I_{p_{\max}}}$$

Donde: $I_{p_{\max}} = 1.80 - 0.01 \times V_d$

$I_{p_{\max}}$: Máxima inclinación de un borde de la calzada respecto al eje en porcentaje (%).

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

Pf: Peralte final con su signo (%)

Pi: Peralte inicial con su signo (%)

Una vez calculada la longitud de la curva de transición: l_s

$$L_{total} = D_c + l_s$$

Donde:

D_c : Es el arco de circunferencia entre SC y CS.

$$\frac{L_{total}}{4} < l_s < \frac{L_{total}}{2}$$

2.4 REPLANTEO DE LA CURVA DE TRANSICIÓN EN CAMPO

Los trabajos en campo se refieren al conjunto de operaciones que deben realizarse en el terreno para llegar a replantear la curva de transición.

Para ello podemos destacar los siguientes métodos:

- Replanteo por ángulos de inflexión.
- Replanteo por coordenadas.
- Replanteo desde un punto intermedio.

2.4.1 Replanteo por ángulos de inflexión.

Es el método mas generalizado para el replanteo de las curvas de transición en carreteras. La formula que rige las inflexiones esta dada por la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{\phi s}{3 \times l s^2} \times l^2 \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Donde:

- ø s: Ángulo de inflexión de la curva de transición (°).
- α: ángulo de inflexión (°).
- l s: Longitud de la curva de transición (m).
- l: Longitud entre el TS o ST de la curva espiral y el punto al cual se quiere determinar la inflexión (m).

En la ecuación (2.46) podemos expresar ø s en grados y α' en minutos sexagesimales, se obtiene:

$$\alpha = 20 \times \frac{\phi s}{l s^2} \times l^2 \quad \dots\dots\dots (2.47)$$

Esta expresión es la mas generalizada para determinar las inflexiones α' a la curva de transición. No obstante se puede demostrar otra expresión para determinar las inflexiones α' en función del parámetro K de la curva de transición. Para ello hacemos lo siguiente:

$$\alpha = \frac{800}{40} \times \frac{l^2}{ls^2} \times \phi s \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

Establecemos ahora la siguiente relación:

$$\frac{g}{l} = \frac{k}{20}$$

$$k = \frac{20 \times g}{l} \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

Evaluamos la expresión (2.49) en el punto SC o CS:

$$k = \frac{20 \times Gc}{ls} \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

Sabemos:

$$Gc = \frac{20}{Rc} \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

$$g = \frac{Gc \times l}{ls} = \frac{20 \times l}{Rc \times ls} \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\phi s = \frac{ls}{2 \times Rc} \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

Multiplicando y dividiendo la expresión (2.52) por $2 \times ls$ y sabiendo que:

$$g = \frac{20 \times l}{Rc \times ls} \times \frac{2 \times ls}{2 \times ls} = \frac{40 \times l}{ls^2} \times \frac{ls}{2 \times Rc} = \frac{40 \times l}{ls^2} \times \phi s \quad \dots\dots\dots (2.54)$$

Reemplazando (2.54) en (2.49):

$$K = \frac{20}{l} \times \frac{40 \times l \times \phi s}{ls^2} = \frac{800 \times \phi s}{ls^2} \quad \dots\dots\dots (2.55)$$

Reemplazando (2.55) en (2.48):

$$\alpha' = \frac{k \times l^2}{40} \quad \dots\dots\dots (2.56)$$

La expresión anterior es una de las mas utilizadas para la determinación de las inflexiones α' a la curva de transición en función del parámetro K. A continuación se determinara la expresión que rige las inflexiones α' en una curva de transición en función del parámetro A.

Sabemos que: $A = Rc \times ls$ (2.57)

$$k = \frac{20 \times Gc}{ls} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$Gc = \frac{1145.92}{Rc} \dots\dots\dots (2.59)$$

Por tanto: $k = \frac{20 \times 1145.92}{Rc \times ls} \dots\dots\dots (2.60)$

(2.57) en (2.60): $k = \frac{22918.40}{A^2} \dots\dots\dots (2.61)$

Si reemplazamos la formula (2.61) en (2.56) obtenemos la formula de las inflexiones a cualquier punto de la curva de transición, en función del parámetro "A":

$$\alpha' = \frac{572.96 \times l^2}{A^2} \dots\dots\dots (2.62)$$

Desarrollaremos a continuación las formulas de Cuerda Larga (CL), Tangente Larga (TL) y Tangente Corta (TC).

$$CL = \frac{Xs}{\text{Cos}\left(\frac{\phi s}{3}\right)} \dots\dots\dots (2.63)$$

$$TC = \frac{Ys}{\text{Sen}(\phi s)} \dots\dots\dots (2.64)$$

$$TL = Xs - TC \times \text{Cos}(\phi s) \dots\dots\dots (2.65)$$

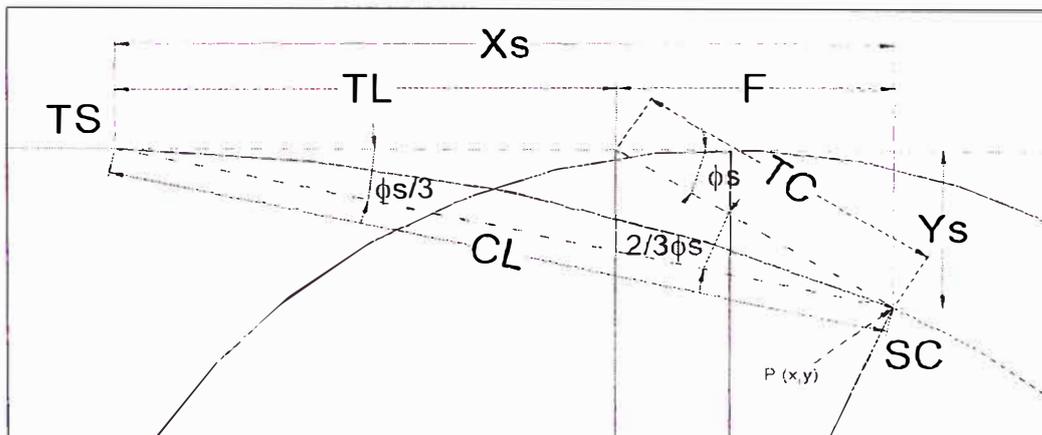


Figura 2.4.1

Descripción grafica de los elementos Cuerda Larga (CL),
Tangente Larga (TL), Tangente Corta (TC).

Procedimiento para realizar el replanteo por el método de ángulos de inflexión:

- i. Haciendo estación en el PI se coloca sobre cada una de las tangentes la distancia TS, la que definirá los puntos notables TS y ST. A partir, del PI también se puede situar el extremo de la abcisa X_s , midiendo la distancia $Ts-X_s$. Por ultimo se mide en el PI el ángulo $(180-\Delta)/2$ y con una distancia igual a la externa de la espiral E_s , se replantea la estaca del punto medio de la curva espiral PM.
- ii. En el extremo X_s se levanta una perpendicular de longitud Y_s . Cuando esta distancia sea tan pequeña que no puede ser observado el regatón del jalón, desde este punto, se colocara un punto auxiliar para medirla. Los extremos de esas medidas, es decir, las ordenadas Y_s , son los puntos notables SC y CS.
- iii. Ubicando la estación en el TS se comienza a replantear la primera espiral con la primera cuerda y el primer ángulo de inflexión, obteniendo así la posición de la primera estación par. A partir de este punto, con una cuerda de 20m y la lectura correspondiente a esa

estación se determinara la próxima estación par. Se procede en igual forma hasta la ultima estación par dentro de la espiral y, por ultimo, con la cuerda al SC y el ángulo $\alpha' = \phi s/3$, se comprueba el SC ya situado por ordenadas. De igual forma se procede a partir del ST con las cuerdas y lecturas correspondientes, con diferencia que se biseca al PI con una lectura de $\phi s/3$ y se van restando las inflexiones hasta leer $0^{\circ}00'$ que debe coincidir con la estaca del CS.

- iv. Se coloca el instrumento de medición angular en el SC. Si la inflexión es derecha se biseca el TS con una lectura de $180 - 2\phi s/3$, cuando gire el anteojo del instrumento en forma antihoraria (o $180 + 2\phi s/3$ de forma horaria) y aparezca en el limbo de lectura $0^{\circ}00'$ estaremos en la dirección y sentido del PI (virtual) de la curva circular y listo para reiniciar el replanteo de las estaciones pares de la curva circular hasta el PM. Como comprobación al leer en el limbo del instrumento la lectura $\Delta c/4$, se comprueba la estaca del PM ya situada. Si la inflexión es izquierda se estaciona en el SC y se biseca el TS con una lectura de $180 + 2\phi s/3 + \Delta c/4$. Cuando se gire el anteojo del instrumento en forma antihoraria y aparezca la lectura $\Delta c/4$ (o visamos con un ángulo $180 - 2\phi s/3$ y al girar de forma horaria aparezca $0^{\circ}0'0''$), estaremos en la dirección y el sentido del PI (virtual) de la curva circular y listos para iniciar el replanteo de las estaciones pares de la curva hasta el PM. Como comprobación al leer en el limbo del instrumento $0^{\circ}00'$ se comprueba la estaca del PM previamente replanteada.
- v. La forma de proceder en el CS es similar a lo explicado para el SC.

2.4.2 Replanteo por coordenadas.

Se demostró que el ángulo central ϕ en cualquier punto de una curva de transición varía entre $\phi = 0$ y $\phi = \phi s$, y responde a la siguiente formula:

$$\phi = \frac{l^2}{l_s^2} \times \phi s \quad \dots\dots\dots (2.66)$$

Si se evalúa esta expresión para una curva espiral dada, los ángulos centrales resultantes serán los correspondientes a las estaciones pares de trazado. Si estos valores de θ se sustituyen en las expresiones (2.12) y (2.14), se obtienen las coordenadas "x" e "y", correspondientes también a las estaciones pares del trazado y se tendrá resuelto el problema de replanteo por coordenadas desde la tangente

2.4.3 Replanteo desde un punto intermedio.

La solución de replanteo de una curva espiral desde un punto intermedio, no es tan simple como lo es el replanteo de las curvas circulares.

Para resolver este problema se utilizara la propiedad de la divergencia angular y lineal, la cual plantea lo siguiente:

"Como una recta y un círculo tienen ambos curvatura constante y la espiral es una curva de curvatura uniformemente variable, es cierto que la espiral diverge en ángulo y ordenada, para una distancia dada, en la misma relación que para la tangente inicial".

En la figura 2.4.3.1 se muestra una espiral que diverge de la línea recta AN con las mismas ordenadas que el círculo CF.

Si se divide la espiral en partes iguales, las ordenadas a los puntos 1; 2; 3; etc. del círculo a sus correspondientes de la espiral: 7; 6; 5; etc., son las mismas que las ordenadas perpendiculares desde la tangente inicial, para las mismas distancias anteriores, a los puntos 1; 2; 3; etc., de la espiral; respectivamente.

Además el ángulo $\angle 7C1$ es igual al ángulo $\angle NA1$; el ángulo $\angle 6C2$ es igual al ángulo $\angle NA2$ y así sucesivamente.

Pero los ángulos $\angle NA1$ y $\angle NA2$ obedecen a las expresiones (2.56); o sea:

$$NA1 = \frac{k \times l_{A1}^2}{40} = 7C1 \quad \dots\dots\dots (2.67)$$

$$NA2 = \frac{k \times l_{A2}^2}{40} = 6C2 \quad \dots\dots\dots (2.68)$$

Esta ultima propiedad, o sea, la de los ángulos, es la utilizada para el replanteo desde un punto intermedio de la espiral.

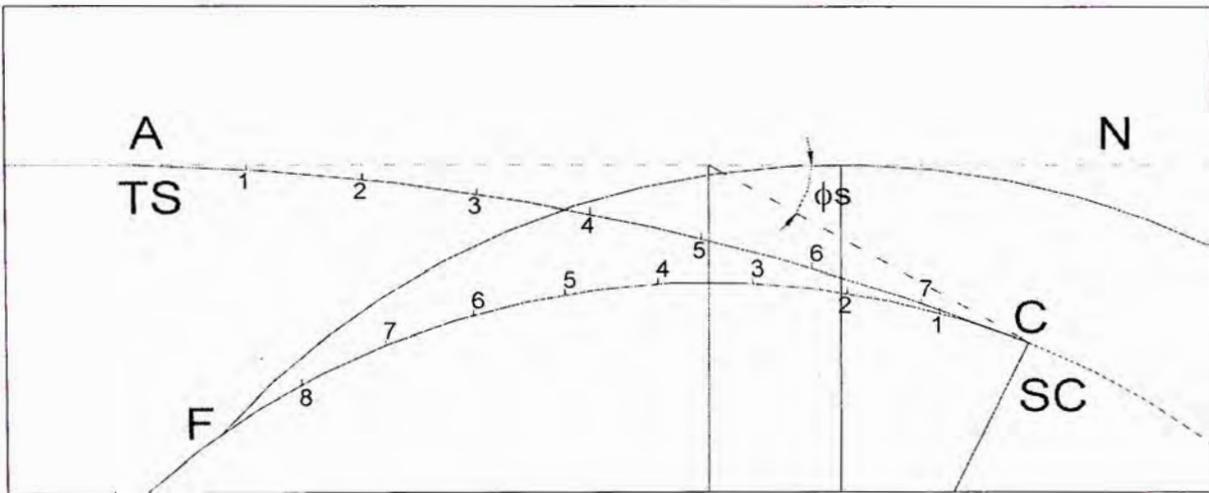


Figura 2.4.3.1

Divergencia de la espiral con respecto a la línea AN

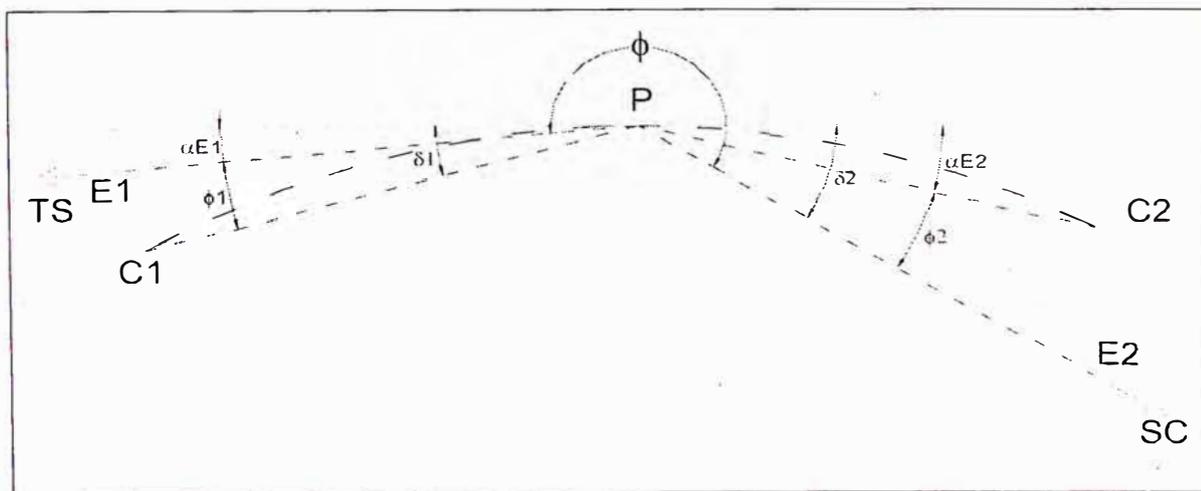


Figura 2.4.3.2

Grafico de proceso de replanteo de E2 visando E1

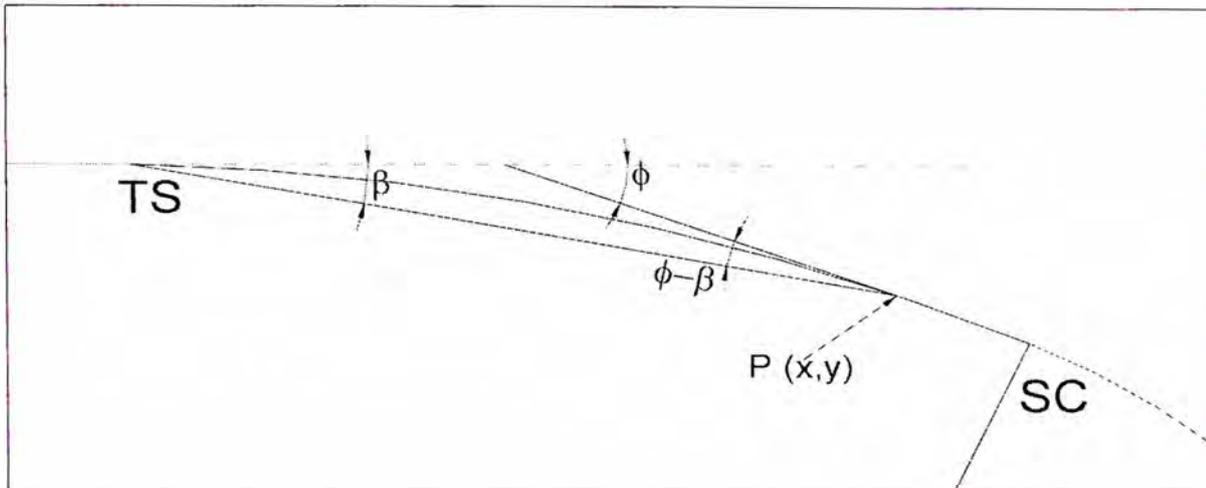


Figura 2.4.3.3

Lectura al punto P visando desde TS

En la figura 2.4.3.2 se muestra la forma práctica de proceder para determinar el ángulo de dirección a girar para replantear la estación E2, si se estaciona el instrumento de medición angular en la estación P, y se biseca la estación E1.

El procedimiento consiste en trazar un círculo oscultriz tangente a la tangente de la espiral por el punto P; o sea, que tenga el mismo radio o grado de curvatura que la espiral en el punto P; y determinar las imágenes de los puntos E1 y E2 sobre este círculo, que llamaremos C1 y C2. Se trazan las cuerdas entre el punto P y los puntos C1 y C2; E1 y E2, del círculo oscultriz y la espiral respectivamente. Por último, se designan por αE los ángulos formados por la tangente al punto P y las cuerdas de la espiral; por \emptyset , los ángulos formados entre las cuerdas del círculo oscultriz y las cuerdas de la espiral; y por γ , los ángulos formados entre la tangente al punto P y las cuerdas al círculo oscultriz.

En la figura 2.4.3.2 se muestra La forma práctica de proceder para determinar el ángulo de dirección a girar para replantear la estación E2, si se estaciona el instrumento de medición angular en la estación P, y se biseca la estación E1 ya replanteada desde el TS de la espiral.

El ángulo entre una tangente y una curva circular obedece a la siguiente

expresión:

$$\delta 1' = 1.5 \times gp \times dist(PC1) \dots\dots\dots (2.69)$$

$$\delta 2' = 1.5 \times gp \times dist(PC2) \dots\dots\dots (2.70)$$

Y aplicando la propiedad de la divergencia angular:

$$\phi 1' = \frac{k \times [Dist(PE1)]^2}{40} \dots\dots\dots (2.71)$$

$$\phi 2' = \frac{k \times [Dist(PE2)]^2}{40} \dots\dots\dots (2.72)$$

En las expresiones (2.69) y (2.70) el gp (grado de curvatura de la espiral en el punto p, que es el mismo que el del círculo osculatríz) puede ser calculado por la expresión:

$$gp = \frac{Gc \times l}{ls} \dots\dots\dots (2.73)$$

Donde:

l: Distancia entre el TS o ST y el punto p sobre la espiral.

En las expresiones (2.71) y (2.72) la “k” (variación del grado de curvatura por estaciones de 20 metros) se puede calcular por la expresión:

$$k = \frac{20 \times Gc}{ls} \dots\dots\dots (2.74)$$

Por lo tanto: $\alpha' E1 = \delta 1' - \phi 1' \dots\dots\dots (2.75)$

$$\alpha' E2 = \delta 2' - \phi 2' \dots\dots\dots (2.76)$$

Reemplazando (2.69) y (2.71) en (2.75) y (2.70), y (2.72) en (2.76):

$$\alpha' E1 = 1.5 \times gp \times dist(PC1) - k \times (Dist(PE1))^2 / 40 \dots\dots\dots (2.77)$$

$$\alpha' E2 = 1.5 \times gp \times dist(PC2) - k \times (Dist(PE2))^2 / 40 \dots\dots\dots (2.78)$$

Como el ángulo de dirección puede ser medido en la primera o en la segunda rama de curva espiral, la expresión general será:

$$\phi = 180^\circ \pm (\alpha' E1 + \alpha E2) \dots\dots\dots (2.79)$$

Con la expresión (2.79) puede ser resuelto cualquier caso de replanteo desde un punto intermedio de la curva espiral.

Para calcular la divergencia angular se utilizo la expresión (2.66), aunque podía haberse utilizado también la expresión (2.47).

La expresión (2.79) se simplifica notablemente cuando el punto bisecado es la estación notable TS o ST; en este caso se demuestra que (ver figura

2.4.3.3):

$$\beta = \phi/3$$

$$\phi = 3 \times \beta$$

Por tanto:

$$\phi - \beta = 3 \times \beta - \beta = 2 \times \beta$$

$$\phi - \beta = 2 \times \beta \quad \dots\dots\dots (2.80)$$

En la expresión (2.80), β no es más que la lectura del punto p, bisecado desde el TS. Este valor aparece tabulado en el registro de replanteo.

En la figura 2.4.3.3 se muestra el caso anteriormente planteado, y se observa que la expresión general (2.79) se transforma en:

$$\phi = 180^\circ \pm (2 \times \beta + \alpha E^2) \quad \dots\dots\dots (2.81)$$

Donde: β : Lectura al punto p bisecado desde el TS o ST.

CAPITULO III: DESARROLLO DEL PERALTE EN LAS CURVAS DE TRANSICION

3.1 DEFINICIONES BASICAS

Durante el movimiento de un vehículo en un tramo recto, actúan sobre este fuerzas, tales como:

- La fuerza de inercia.
- El peso propio.
- Las reacciones normal del terreno.
- La fuerza de rozamiento por rotación.

Ahora, durante el movimiento de un vehículo en una curva, este corre el peligro de perder la estabilidad debido a dos tipos de peligro, tales como:

- Peligro de desplazamiento transversal.
- Peligro de volteo.

Se puede demostrar que primero se manifiesta el desplazamiento transversal, y que por lo tanto será necesario inclinar la sección transversal de la vía un ángulo tal que pueda contrarrestar la tendencia al deslizamiento.

Es necesario entonces mencionar el llamado **peralte** (p), que no es otra cosa que la diferencia de elevaciones en una sección transversal inclinada, entre su borde interior (BI) y su borde exterior (BE).

3.2 RADIO DE CURVATURA MINIMO

Tal como se ve en el grafico adjunto, un vehículo que no experimenta deslizamiento transversal conservan las fuerzas que actúan sobre el en equilibrio.

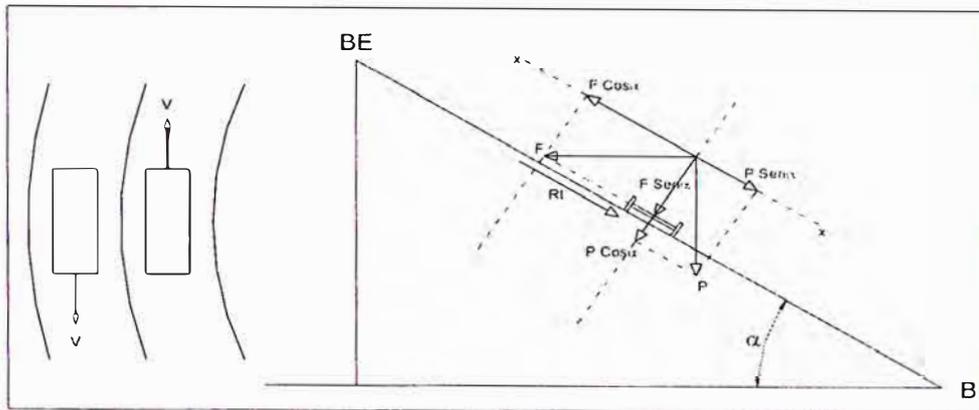


Figura 3.2

Fuerzas que actúan sobre un vehículo en una curva

Donde:

- S: Superelevación (m)
- α : Angulo de inclinación de la sección transversal de la vía ($^{\circ}$)
- F: Fuerza Centrifuga (Kgf)
- P: Peso del vehículo (Kgf)
- Rt: Reacción de rozamiento transversal por rotación (Kgf)

Si hacemos sumatoria de fuerzas en el eje X-X, tenemos:

$$F \times \text{Cos} \alpha = P \times \text{Sen} \alpha + R_t \quad \dots\dots (3.1)$$

Pero:
$$F = M \times A = M \times \frac{V^2}{R} \quad \dots\dots (3.2)$$

Pero:
$$P = M \times g \quad \dots\dots (3.3)$$

Entonces (3.3) e (3.2):
$$F = \frac{P \times V^2}{g \times R} \quad \dots\dots (3.4)$$

Donde:

- P: Peso del vehículo (Kgf)
- V: Velocidad de diseño (m/s)
- g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
- R: Radio de curvatura (m)
- F: Fuerza centrífuga (Kgf)

Podemos también decir que:

$$F = \frac{P \times V^2}{127.14 \times R} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

Donde:

- P: Peso del vehículo (Kgf)
- V: Velocidad de diseño (m/s)
- R: Radio de curvatura (m)
- F: Fuerza centrífuga (Kgf)

De la figura: $Rt = f \times (F \times Sen\alpha + P \times Cos\alpha) \quad \dots\dots\dots (3.6)$

Donde:

f: Coeficientes de fricción transversal, el cual ha sido obtenido para diversas condiciones de estado de los neumáticos y superficie de pavimento, y depende además, de la velocidad, estado de neumáticos y estado de la superficie de pavimento.

En la siguiente tabla mostramos diferentes valores de "f" para distintas velocidades de diseño:

Velocidad de Diseño (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente "f"	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09

Ahora sustituimos las expresiones (3.5) y (3.6) obtenemos:

$$\frac{P \times V^2}{127.14 \times R} \times Cos\alpha = P \times Sen\alpha + f \times \left(\frac{P \times V^2}{127.14 \times R} \times Sen\alpha + P \times Cos\alpha \right) \dots\dots (3.7)$$

Despejando R, obtenemos: $R = \frac{V^2 \times (1 - f \times Tan\alpha)}{127.14 \times (Tan\alpha + f)} \quad \dots\dots\dots (3.8)$

Podemos hacer que $(1 - f \times Tan\alpha) = 1$, para aumentar el grado de seguridad, ya que aumenta el radio de la curva para una determinada condición. además: $Tan\alpha = p$ (peralte)

Entonces:
$$R = \frac{V^2}{127.14 \times (p + f)} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

Esta expresión proporciona el radio mínimo de la curva horizontal, para una velocidad de diseño determinada, el coeficiente de fricción de rozamiento transversal correspondiente a esa velocidad y el peralte máximo adoptado, es decir, no puede utilizarse para calcular valores de peralte para radios mayores que el mínimo.

Los valores máximos de peralte adoptados dependen de varias condiciones, entre las cuales se encuentran:

- Condiciones climatológicas.
- Condiciones topográficas del terreno.
- Tipo de zona (rural o urbana).
- Frecuencia de vehículos lentos.

Las condiciones climatológicas son las que tienen mayor peso ya que por ejemplo en regiones libres de hielo y nieve, pueden utilizarse valores máximos de peralte entre 0.12 y 0.10 m/m.

En caso de que existan pavimentos cubiertos de hielo, se utilizarán valores de peralte de 0.08 m/m y pueden recomendarse aun valores de 0.06 m/m en regiones sujetas a condiciones invernales severas.

En el Perú, los valores adoptados como peralte máximo son:

- 4% para área urbana.
- 6% para áreas rurales con peligro de hielo
- 8% para áreas rurales en terreno llano, ondulado o montañoso
- 12% para áreas rurales en terreno montañoso o escarpado

Los valores de radio mínimo para cada una de las velocidades de diseño, según el tipo de zona se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 402.02 (Manual DG – 2001)

**RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA
DISEÑO DE CARRETERAS**

Ubicación de la Vía	Velocidad de diseño (Kph)	P máx%	Radio Mínimo (m)
área Urbana (Alta)	30	4,00	35
	40	4,00	60
	50	4,00	100
	60	4,00	150
	70	4,00	215
	80	4,00	280
	90	4,00	375
	100	4,00	495
	110	4,00	635
	120	4,00	875
	130	4,00	1110
	140	4,00	1405
	150	4,00	1775
área Rural (con peligro de Hielo)	30	6,00	30
	40	6,00	55
	50	6,00	90
	60	6,00	135
	70	6,00	195
	80	6,00	255
	90	6,00	335
	100	6,00	440
	110	6,00	560
	120	6,00	755
	130	6,00	950
	140	6,00	1190
	150	6,00	1480
Área Rural(Tipo 1,2 ó 3)	30	8,00	30
	40	8,00	50
	50	8,00	85
	60	8,00	125
	70	8,00	175
	80	8,00	230
	90	8,00	305
	100	8,00	395
	110	8,00	505
	120	8,00	670
	130	8,00	835
140	8,00	1030	
150	8,00	1265	

Continúa Tabla 402.02 (Manual DG – 2001):

Ubicación de la Vía	Velocidad de diseño (Kph)	μ máx%	Radio Mínimo (m)
área Rural (Tipo 3 ó 4)	30	12,00	25
	40	12,00	45
	50	12,00	70
	60	12,00	105
	70	12,00	150
	80	12,00	195
	90	12,00	255
	100	12,00	330
	110	12,00	415
	120	12,00	540
	130	12,00	665
	140	12,00	815
	150	12,00	985

3.3 CRITERIOS EN LA OBTENCION DEL PERALTE EN LAS CURVAS DE TRANSICION

Deseamos determinar los valores de peralte que le corresponden a las curvas con las siguientes características:

Curvas cuyo grado de curvatura es menor que el grado máximo.

Curvas cuyo radio es mayor que el mínimo.

Ambas para una misma velocidad de diseño.

Las variaciones del peralte están comprendidas entre dos extremos bien definidos:

Uno de estos extremos es el peralte máximo establecido por condiciones prácticas y utilizado para determinar la curvatura máxima para cada velocidad de diseño.

El otro extremo es cero, no siendo necesario peralte en las tangentes del trazado.

Para los radios comprendidos entre estos dos valores extremos y para una velocidad de diseño determinada, el peralte se distribuirá de forma tal, que exista una relación entre el factor de fricción lateral y la razón de peralte aplicada.

Los métodos para la determinación de peralte son cuatro:

METODO 1

La razón de peralte es directamente proporcional al grado de curvatura.

METODO 2

La razón del peralte es tal, que un vehículo que viaje a la velocidad de diseño tiene la totalidad de la fuerza centrífuga equilibrada por el peralte en curvas hasta donde se requiera el valor máximo de peralte, con el peralte máximo en todas las curvas fuertes del trazado.

METODO 3

Idéntico al método 2 excepto que se basa en la velocidad promedio de marcha.

METODO 4

La razón de peralte esta en razón curvilínea con el grado de curvatura, adoptando valores entre los métodos 1 y 3.

3.4 DESARROLLO DEL PERALTE EN CURVAS DE TRANSICION

El desarrollo del peralte se realiza en toda la longitud de la curva de transición. El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta antes del TS y después del ST, en una longitud de 40m para carreteras de calzadas separadas y de 20m en carreteras de calzada única, de la siguiente forma:

Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.

Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la curva de transición.

Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollara en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la curva de transición (peralte nulo) al 2% en una longitud máxima de 40m, para carreteras de calzada única.
- Desde el punto de peralte 2%, hasta el peralte correspondiente a la curva (punto de tangencia), el peralte aumentara linealmente.

En el caso de que la longitud de la curva circular sea menor de 30m, los tramos de transición del peralte se desplazaran de forma tal que exista un tramo de 30m con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.

Cabe mencionar que para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición pueden también expresarse en función del peralte de la curva:

- Si R requiere $p > 3\%$. Se debe usar curva de transición.
- Si R requiere $p < 3\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V < 100$ Kph.
- Si R requiere $p < 2.5\%$. Se puede prescindir de la curva de transición para $V > 100$ Kph.

Se recomienda no aumentar significativamente las longitudes y parámetros mínimos obtenidos anteriormente salvo expresa justificación. La longitud máxima de cada curva de transición no será superior a una vez y media su longitud mínima.

**TABLA 402.08 (Manual DG – 2001)
RADIOS SOBRE LOS CUALES SE PUEDE
PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN**

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición; ello es optativo y dependerá en parte del sistema de trabajo en uso.

El desarrollo del peralte se realiza, al igual que en las curvas circulares simples, girando la sección transversal de la vía:

- Por el eje.
- Por el borde interior (BI) de la vía.
- Por el borde exterior (BE) de la vía.

3.4.1 Giro de la sección transversal por el eje de la vía.

Es el método más recomendable en la mayoría de casos ya que se conserva el perfil de la rasante dando como resultado un replanteo más sencillo.

La superelevación se alcanza de la siguiente forma:

- La sección transversal en A, en recta, esta formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la vía.
- En la sección transversal B (TS de la espiral) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y la mitad interior ha permanecido inalterada.
- En la sección transversal C, la mitad exterior ha alcanzado una inclinación igual al bombeo, la mitad anterior ha permanecido inalterada y la vía se ha convertido en un plano inclinado cuya pendiente transversal es igual al factor de bombeo. En ese punto comienza a girar la mitad interior. Por construcción la distancia $AB = BC$ obedece a la siguiente practica en el Perú:
$$AB = BC = 20\text{m (Para vías de calzada única)}$$
$$AB = BC = 40\text{m (Para vías de calzadas separadas)}$$
- En la sección transversal D (SC de la espiral) se ha alcanzado el valor máximo de la superelevación y así permanece durante toda la curva circular, hasta el CS en que comienza el proceso inverso.

En la figura 3.4.1 se muestra el esquema de giro de la sección transversal por el eje de la vía.

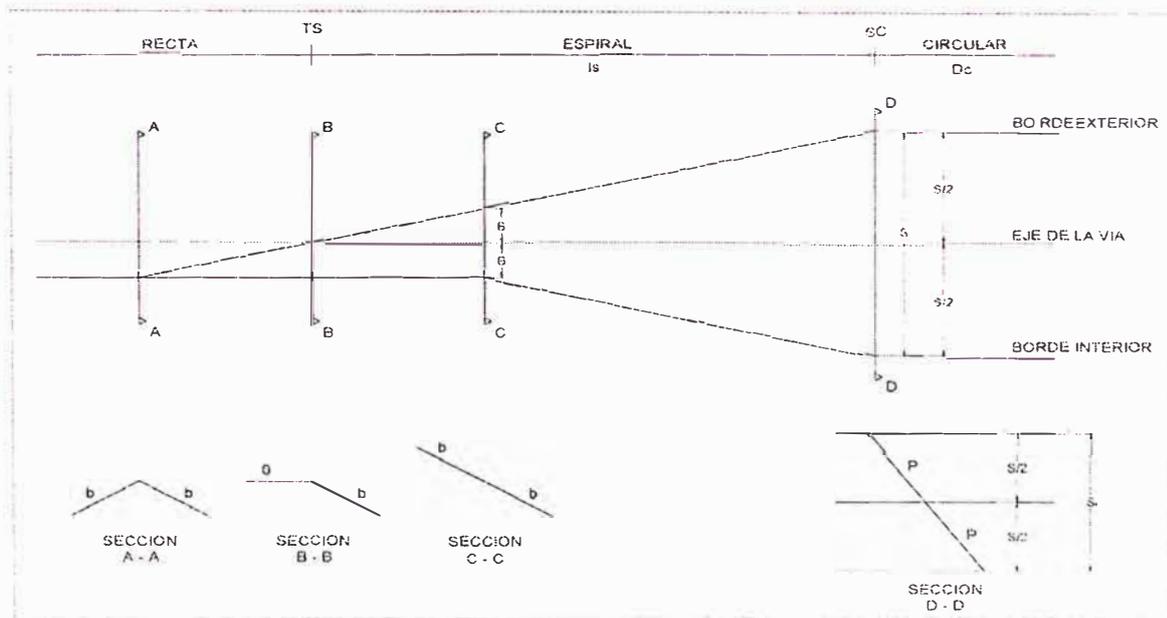


Figura 3.4.1.
Giro por el eje de la vía

3.4.2 Giro de la sección transversal por el borde interior de la vía.

Es el giro recomendable cuando existen problemas de drenaje en zonas de corte, ya que al no deprimirse el borde interior se facilita el desagüe de la cuneta de ese lado además, en las zonas de corte la excavación a realizar es menor, sucediendo lo contrario en las zonas de terraplén, donde motivado por el giro, aumentan los mismos.

El perfil de la rasante calculada por el eje de la vía se afecta, aumentando el valor de sus cotas en una cantidad igual a la diferencia entre el producto del factor de superelevación por el semiancho de la sección (mas el ensanche si lo hubiese), menos el valor del bombeo. El perfil del borde externo se calcula aumentando el valor de sus cotas una cantidad (con respecto a la rasante) igual al producto del factor de superelevación por el ancho de la vía (mas el ensanche si lo hubiese) menos el valor del bombeo.

La superelevación se alcanza de la forma siguiente:

- El eje es la línea base.

- La sección transversal A (en recta) esta formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la carretera. En esta sección el borde exterior comienza a elevarse.
- En la sección transversal B (TS) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y la mitad interior ha permanecido inalterada.
- En la sección transversal C, la mitad exterior del pavimento ha alcanzado una inclinación igual al factor de bombeo y como la mitad interior no ha variado, la sección transversal se ha convertido en un plano inclinado.
- En la sección C comienza a elevarse el eje de la vía, permaneciendo inalterable el borde interior. En la sección transversal D (SC) el plano inclinado ha alcanzado el valor máximo de peralte y así permanece a lo largo de toda la curva circular, hasta que en el CS comience el proceso inverso.

En la figura 3.4.2 se muestra el giro por el borde interior de la vía, como puede observarse, el perfil de la rasante por el eje de la vía, permanece inalterable hasta la sección C, donde se afecta, aumentando su valor en función de la pendiente para el desarrollo de la superelevación. Para condiciones uniformes de perfil, la utilización de este método provoca una distorsión del borde exterior, en comparación con el método del giro por el eje de la vía.

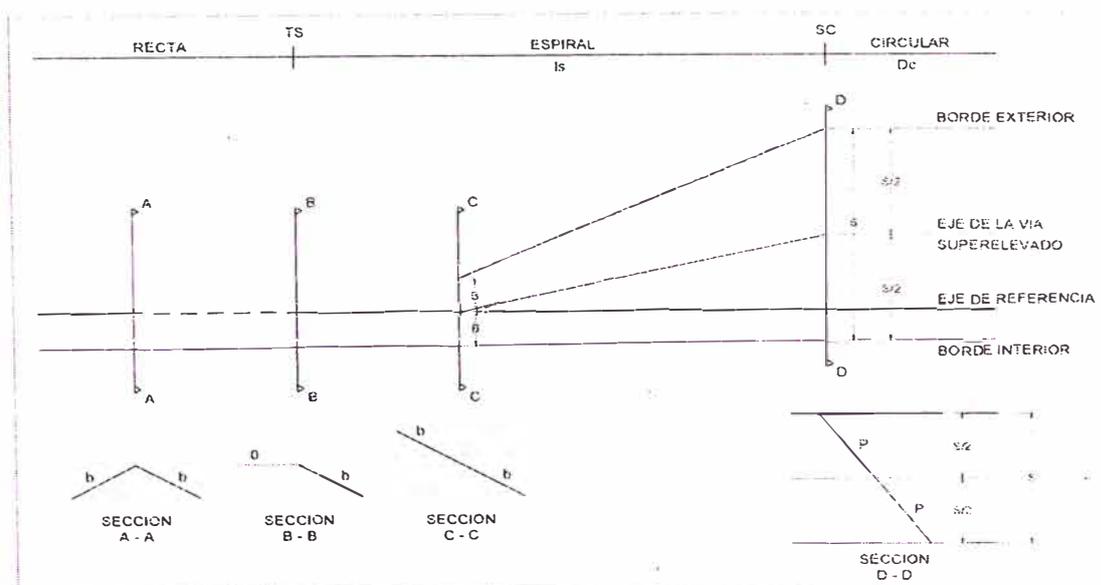


Figura 3.4.2

Giro por el borde interior de la vía

3.4.3 Giro de la sección transversal por el borde exterior de la vía.

Es el método recomendado cuando existen terraplenes altos, ya que al deprimirse la vía con respecto al borde exterior se disminuyen los volúmenes ocasionados por aquellos. Es el eje de la vía es la línea de referencia, y la superelevación se alcanza de la siguiente forma:

- La sección transversal A (en recta) esta formada por dos planos inclinados con el bombeo normal de la vía. En esta sección el eje de la vía y el borde interior comienza a deprimirse.
- En la sección transversal B (TS) la mitad exterior del pavimento ha alcanzado la posición horizontal y el borde interior se ha deprimido una cantidad igual al bombeo. El borde exterior permanece inalterable.
- En la sección transversal C, todo el pavimento ha girado, obteniéndose una inclinación igual al factor de bombeo. En este punto C continúan deprimiéndose el borde interior, permaneciendo inalterable el borde exterior.
- En la sección D (SC) el plano inclinado ha alcanzado el valor máximo de peralte, permaneciendo así en toda la curva circular hasta el CS, en que comienza el proceso inverso.

En la figura 3.4.3 se muestra el giro de la sección transversal por el borde exterior de la vía.

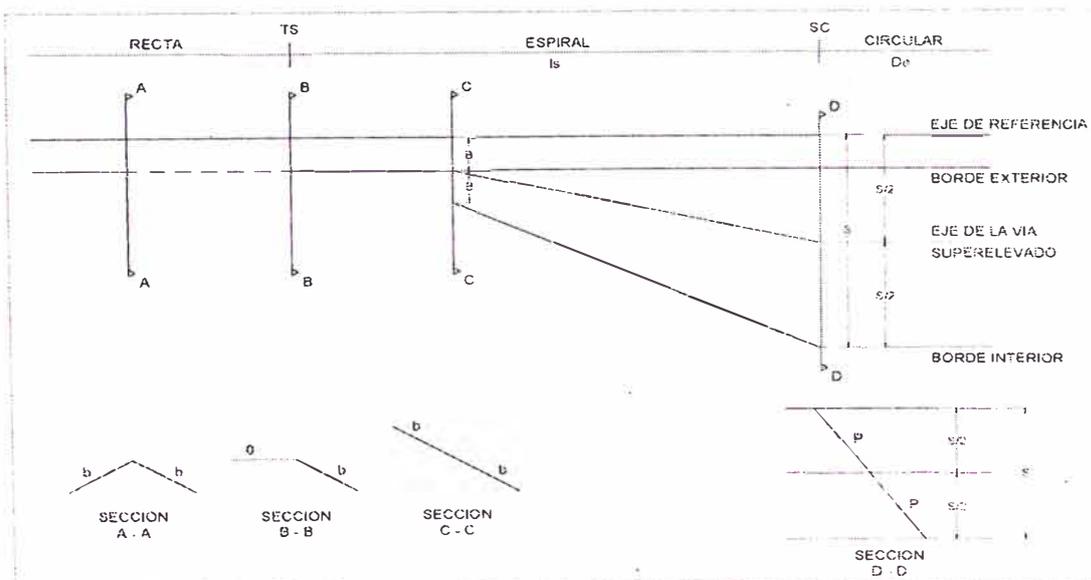


Figura 3.4.3

Giro por el borde exterior de la vía

CAPITULO V: DESARROLLO DE APLICACIONES TEORICAS Y PRACTICAS EN LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA, TRAMO COCACHACRA – MATUCANA, SECTOR KM. 69+000 A KM. 72+000

5.1 DESARROLLO DE EJEMPLO DE REPLANTEO DE CURVAS DE TRANSICION POR ANGULOS DE INFLEXION.

Datos:

$$PI = 2+156.25$$

$$Vd = 60 \text{ Km/h}$$

$$\Delta = 100^\circ$$

$$Rc = 140\text{m}$$

$$\text{Pendiente longitudinal} = 2\%$$

$$\text{Precipitación} = 280 \text{ mm / año}$$

Clasificación de la vía:

- Pavimento Superior.
- Zona con peligro de hielo.
- Primera Clase, DC, Tipo 1

A. Determinación del peralte (p), ancho de calzada (a), ancho de berma (B), sobrancho (s/a), bombeo (b).

A.1 De la tabla 402.08 (Manual DG – 2001) – Radio sobre los cuales se puede prescindir de la curva de transición.

Para nuestro problema, Determinamos si se requiere curva de transición:

$$Vd = 60 \text{ Km/h}$$

$$R = 325 \text{ m} > Rc = 140 \text{ m} \text{ ----- Entonces se debe usar curva de transición.}$$

A.2 De la figura 304.06 (Manual DG – 2001) – Peralte en zonas con peligro de hielo.

$$\text{Para } Vd = 60 \text{ Km/h} \quad p \text{ max} = 6\%$$

$$Rc = 140 \text{ m} \quad p = 6\%$$

A.3 De la tabla 304.01 (Manual DG – 2001) – Ancho de calzada de dos carriles.

Clasificación: Primera Clase

Característica: DC

Orografía: Tipo 1

Vd = 60 Km/h

Ancho de calzada: a = 7.20 m

A.4 De la tabla 304.02 (Manual DG – 2001) – Ancho de bermas.

Ancho de berma: B = 1.50 m

A.5 De la tabla 402.04 (Manual DG – 2001) – Valores de sobreancho.

Para Vd = 60 Km/h

Rc = 140 m

Sobreancho: Sa = 0.90 m

A.6 De la tabla 304.03 (Manual DG – 2001) – Bombeos de calzada.

Tipo de Superficie: Pavimento Superior

Precipitación = 280 mm/año < 500 mm/año ----- b = 2%

B. Determinación de la longitud de la curva de transición.

B.1 Longitud mínima de curva de transición para el desarrollo del peralte.

Velocidad de Diseño Vd (KMP)	Pendiente Longitudinal Máxima
30	1/100
40	1/125
50	1/150
60	1/175
70	1/190
80	1/200
90	1/215
100	1/225
110	1/240
120	1/250

$$Ls(\min) = P \max \times p \times (a/2) = 175 \times 0.06 \times (7.20/2) = 37.80 \text{ m}$$

B.2 Longitud mínima de curva de transición por confort dinámico y seguridad para el usuario

**TABLA 402.06 (Manual DG – 2001)
VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN
TRANSVERSAL POR UNIDAD DE TIEMPO**

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	0,8	0,5	0,4

Para V = 60 Km/h, entonces tenemos que: J = 0.5 m/s³

$$Ls(\min) = \frac{V}{46.65 \times J} \left(\frac{V^2}{Rc} - 127 \times P \max \right)$$

$$Ls(\min) = \frac{60}{46.65 \times 0.5} \left(\frac{60^2}{140} - 127 \times 0.06 \right)$$

$$Ls(\min) = 46.54 \text{ m}$$

B.3 Longitud mínima de curva de transición por confort óptico.

$$Ls(\min) = \frac{Rc}{9}$$

$$Ls(\min) = \frac{140}{9} = 15.50 \text{ m}$$

B.4 Longitud mínima de curva de transición considerando el desarrollo total del peralte solo en la curva de transición.

$$Ip_{\max} = 1.80 - 0.01 \times Vd$$

$$Ip_{\max} = 1.80 - 0.01 \times 60 = 1.20$$

$$ls(\min) = \frac{(Pf - Pi) \times B}{Ip_{\max}} = \frac{(6 - (-2)) \times 3.6}{1.20} = 24.00 \text{ m}$$

B.5 Elección de "Ls" de la curva de transición.

Se tiene que:

$$G_c = \frac{572.9578}{R} = \frac{572.9578}{140} = 4.0926^\circ$$

Tenemos que el valor mínimo de "Ls" para cumplir las condiciones anteriores es: Ls = 50 m.

$$\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} = \frac{50}{2 \times 140} = 0.18 \text{ rad} = 10.2314^\circ$$

$$D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c} = \frac{10 \times (100 - 2 \times 10.2314)}{4.0926} = 194.34 \text{ m}$$

$$L_t = D_c + L_s = 194.34 + 50 = 244.34 \text{ m}$$

Entonces verificamos si cumple: $\frac{L_t}{4} < L_s < \frac{L_t}{2}$

Reemplazando valores: $61.09 < 50 < 122.17$, lo cual no cumple, vemos con otro valor, el cual es Ls = 60 m.

$$\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} = \frac{60}{2 \times 140} = 0.21 \text{ rad} = 12.2777^\circ$$

$$D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c} = \frac{10 \times (100 - 2 \times 12.2777)}{4.0926} = 184.34 \text{ m}$$

$$L_t = D_c + L_s = 184.34 + 60 = 244.34 \text{ m}$$

Entonces verificamos si cumple: $\frac{L_t}{4} < L_s < \frac{L_t}{2}$

Reemplazando valores: $61.09 < 60 < 122.17$, lo cual no cumple, vemos con otro valor, el cual es Ls = 70 m.

$$\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R_c} = \frac{70}{2 \times 140} = 0.25 \text{ rad} = 14.3239^\circ$$

$$D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c} = \frac{10 \times (100 - 2 \times 14.3239)}{4.0926} = 174.34 \text{ m}$$

$$L_t = D_c + L_s = 174.34 + 70 = 244.34 \text{ m}$$

Entonces verificamos si cumple: $\frac{L_t}{4} < L_s < \frac{L_t}{2}$

Reemplazando valores: $61.09 < 70 < 122.17$ (OK)

TABLA 402.07 (Manual DG - 2001)
LONGITUD DE CURVA DE TRANSICIÓN MÍNIMA

Velocidad	Radio min	J	Peralte max.	A min	Longitud de Transición (L)	
					Calculada	Redondeada
KPH	m	m/seg ³	%	m	m	m
60	135	0,5	6	81	49	50

Entonces: $L_s = 70.00 \text{ m} > 50.00 \text{ m}$ (OK)

Por lo tanto: $L_s = 70.00 \text{ m}$

C. Calculo de los elementos de la curva de transición.

- Angulo central del arco de espiral: Φ_s

$$\phi_s = \frac{L_s}{2 \times Rc} = \frac{70}{2 \times 140} = 0.25 \text{ rad} = 14.3239^\circ$$

- Distancia sobre la tangente de SC: X_s

$$X_s = \sqrt{2 \times Rc \times L_s} \times \left(\phi_s^{1/2} \right)$$

$$X_s = \sqrt{2 \times 140 \times 70} \times \left(0.25^{1/2} \right) = 70.00 \text{ m}$$

- Ordenada a la tangente en el SC: Y_s

$$Y_s = \sqrt{2 \times Rc \times L_s} \times \left(\frac{\phi_s^{3/2}}{3} \right)$$

$$Y_s = \sqrt{2 \times 140 \times 70} \times \left(\frac{0.25^{3/2}}{3} \right) = 5.83 \text{ m}$$

- Ordenada desde la tangente inicial al círculo desplazado (Retranqueo): W

$$W = Y_s - Rc \times (1 - \text{Cos} \phi_s)$$

$$W = 5.83 - 140 \times (1 - \text{Cos} 14.3239^\circ) = 1.48 \text{ m}$$

- Abscisa de retranqueo: T

$$T = X_s - Rc \times \text{Sen} \phi_s$$

$$T = 70 - 140 \times \text{Sen} 14.3239^\circ = 35.36 \text{ m}$$

- Tangente a la curva circular no desplazada: T_c

$$Tc = Rc \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$Tc = 140 \times \tan\left(\frac{100}{2}\right) = 166.85 \text{ m}$$

- Tangente al arco espiral: Ts

$$Ts = T + W \times \tan(\Delta/2) + Tc$$

$$Ts = .35.36 + 1.48 \times \tan(100/2) + 166.85 = 203.97 \text{ m}$$

- Externa de la espiral: Es

$$Es = (Rc + W) \times \sec(\Delta/2) - Rc$$

$$Es = (140 + 1.48) \times \sec(100/2) - 140 = 80.10 \text{ m}$$

- Externa de la curva circular no desplazada: Ec

$$Ec = Es - W \times \sec(\Delta/2)$$

$$Ec = 80.10 - 1.48 \times \sec(100/2) = 77.80 \text{ m}$$

- Arco comprendido entre el SC y CS: Dc

$$Dc = \frac{10 \times \Delta c}{Gc} = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{Gc}$$

$$Dc = \frac{10 \times (100^\circ - 2 \times 14.3239^\circ)}{4.0926^\circ} = 174.34 \text{ m}$$

D. Cálculo de las progresivas notables de la curva de transición.

PI = 2+156.25	PI = 2+156.25
- Ts = 0+203.27	
TS = 1+952.98	TS = 1+952.98
+ Ls = 0+070.00	
SC = 2+022.98	SC = 2+022.98
+Dc = 0+174.34	
CS = 2+197.32	CS = 2+197.32
+ Ls = 0+070.00	
ST = 2+267.32	ST = 2+267.32

E. Replanteo por ángulos de inflexión de la curva de transición.

Siendo α el ángulo de inflexión de la espiral mediada desde el TS o ST y tomado como referencia la tangente inicial, hasta un punto cualquiera de la curva espiral.

El ángulo α podemos determinarlo de las siguientes maneras:

- En función de Φ_s (Expresión 2.47): $\alpha' = 20 \times \frac{\phi_s}{l_s^2} \times l^2$
- En función del parámetro K (Expresión 2.56): $\alpha' = \frac{k \times l^2}{40}$
- En función del parámetro A (Expresión 2.62): $\alpha' = \frac{572.96 \times l^2}{A^2}$

En nuestro problema utilizaremos la Expresión 1.47, esto es:

$$\alpha' = 20 \times \frac{\phi_s}{l_s^2} \times l^2$$

$$\alpha' = 20 \times \frac{14.3239^\circ}{70^2} \times l^2 = 0.0585 \times l^2$$

Construimos la siguiente tabla para replantear la espiral de entrada.

	Progresiva	Longitud Parcial (m)	Longitud Acumulada (m)	α	α
				(minutos)	(GMS)
TS	1+952.98	0.00	0.00	0.00	00°00'00"
	1+960.00	7.02	7.02	2.88	00°02'53"
	1+970.00	10.00	17.02	16.95	00°16'56.8"
	1+980.00	10.00	27.02	42.71	00°42'42.6"
	1+990.00	10.00	37.02	80.17	01°20'10.4"
	2+000.00	10.00	47.02	129.34	02°09'20.2"
	2+010.00	10.00	57.02	190.20	03°10'12"
	2+020.00	10.00	67.02	262.76	04°22'45.8"
SC	2+022.98	2.98	70.00	286.65	04°46'39"

Como $\phi_s = 14.3239^\circ < 15^\circ$, se puede decir que: $\alpha = \phi_s/3 = 4^\circ 46' 30''$, lo cual nos da un error mínimo con respecto al ángulo calculado en la tabla anterior.

Ahora pasamos a elaborar la tabla para replantear el arco circular:

$$\alpha^\circ = \frac{90 \times l}{\pi \times R_c} = \frac{90}{\pi \times 140} \times l = 0.2046 \times l$$

	Progresiva	Longitud Parcial (m)	Longitud Acumulada (m)	Angulo de Deflexión	
				α	α
				Parcial (GMS)	Acumulado (GMS)
SC	2+022.98	0.00	0.00	00°00'00"	00°00'00"
	2+030.00	7.02	7.02	01°26'11.4"	01°26'11.4"
	2+040.00	10.00	17.02	02°02'46.6"	03°28'57.9"
	2+050.00	10.00	27.02	02°02'46.6"	05°31'44.5"
	2+060.00	10.00	37.02	02°02'46.6"	07°34'31.2"
	2+070.00	10.00	47.02	02°02'46.6"	09°37'17.8"
	2+080.00	10.00	57.02	02°02'46.6"	11°40'04.4"
	2+090.00	10.00	67.02	02°02'46.6"	13°42'50.9"
	2+100.00	10.00	77.02	02°02'46.6"	15°45'37.5"
	2+110.00	10.00	87.02	02°02'46.6"	17°48'24.2"
	2+120.00	10.00	97.02	02°02'46.6"	19°51'10.8"
	2+130.00	10.00	107.02	02°02'46.6"	21°53'57.4"
	2+140.00	10.00	117.02	02°02'46.6"	23°56'43.9"
	2+150.00	10.00	127.02	02°02'46.6"	25°59'30.6"
	2+160.00	10.00	137.02	02°02'46.6"	28°02'17.2"
	2+170.00	10.00	147.02	02°02'46.6"	30°05'03.8"
2+180.00	10.00	157.02	02°02'46.6"	32°07'50.3"	
2+190.00	10.00	167.02	02°02'46.6"	34°10'36.9"	
CS	2+197.32	7.32	174.34	01°29'52.4"	35°40'29.3"

Como: $\Delta c = \Delta - 2 \times \phi_s$

Entonces: $\frac{\Delta c}{2} = \frac{\Delta - 2 \times \phi_s}{2} = \frac{100^\circ - 2 \times 14.3239^\circ}{2} = 35.6761^\circ = 35^\circ 40' 34''$

Lo cual como se ve, nos indica un error igual a: $e = 35^\circ 40' 34'' - 35^\circ 40' 29.3'' = 00^\circ 00' 04.7''$, lo cual es insignificante, y por ello consideramos satisfactorio los cálculos realizados.

Ahora elaboramos la tabla para replantear la espiral de salida, y utilizamos la siguiente expresión:

$$\alpha' = 20 \times \frac{\phi_s}{l_s^2} \times l^2$$

$$\alpha' = 20 \times \frac{14.3239^\circ}{70^2} \times l^2 = 0.0585 \times l^2$$

	Progresiva	Longitud Parcial (m)	Longitud Acumulada (m)	α	α
				(minutos)	(GMS)
ST	2+267.32	0.00	0.00	0.00	00°00'00"
	2+260.00	7.32	7.32	3.13	00°03'08.1"
	2+250.00	10.00	17.32	17.55	00°17'32.9"
	2+240.00	10.00	27.32	43.66	00°43'39.8"
	2+230.00	10.00	37.32	81.48	01°21'28.7"
	2+220.00	10.00	47.32	130.99	02°10'59.5"
	2+210.00	10.00	57.32	192.21	03°12'12.4"
	2+200.00	10.00	67.32	265.12	04°25'07.3"
CS	2+197.32	2.68	70.00	286.65	04°46'39"

5.2 DESARROLLO DE EJEMPLO DE REPLANTEO DE CURVAS DE TRANSICION POR COORDENADAS

Para lograr los resultados, utilizamos las siguientes expresiones:

$$X_s = \sqrt{2 \times R_c \times L_s} \times \left(\phi^{1/2} \right)$$

$$Y_s = \sqrt{2 \times R_c \times L_s} \times \left(\frac{\phi^{3/2}}{3} \right)$$

En ejemplo, los datos a utilizar son: $R_c = 140 \text{ m}$, $L_s = 70 \text{ m}$.

Entonces tenemos: $X_s = \sqrt{2 \times 140 \times 70} \times \left(\phi^{1/2} \right) = 140 \times$

$$Y_s = \sqrt{2 \times 140 \times 70} \times \left(\frac{\phi^{3/2}}{3} \right) = 46.67 \times \phi^{3/2}$$

Sustituyendo dichas expresiones con valores arbitrarios para ϕ_s entre 0° y 14.3239° , se obtiene la siguiente tabla:

ϕ_s°	ϕ_s (rad)	X	Y
0	0.00000	0.00	0.00
2	0.03491	26.16	0.30
4	0.06981	36.99	0.86
6	0.10472	45.30	1.58
8	0.13963	52.31	2.44
10	0.17453	58.49	3.40
12	0.20944	64.07	4.47
14	0.24435	69.20	5.64
14.3239	0.25000	70.00	5.83

Ahora replanteamos el arco de espiral entre los puntos TS y SC, y para ello calcularemos los ángulos centrales " ϕ " del arco de espiral "l", con la Expresión 2.5:

$$\phi = \frac{l^2}{2 \times Rc \times ls}$$

Entonces reemplazando los valores:

$$\phi = \frac{1}{2 \times 140 \times 70} \times l^2 = \frac{l^2}{19600} \text{ (rad)}$$

Y, de esta manera se obtienen las siguientes tablas, donde se calculan los valores de las ordenadas y abscisas de la espiral con respecto a la tangente de la misma:

	Progresiva	Longitud Parcial	Longitud Acumulada	ϕ	X	Y
		(m)	(m)	(rad)	(m)	(m)
TS	1+952.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1+960.00	7.02	7.02	0.00	7.02	0.01
	1+970.00	10.00	17.02	0.01	17.02	0.08
	1+980.00	10.00	27.02	0.04	27.02	0.34
	1+990.00	10.00	37.02	0.07	37.02	0.86
	2+000.00	10.00	47.02	0.11	47.02	1.77
	2+010.00	10.00	57.02	0.17	57.02	3.15
	2+020.00	10.00	67.02	0.23	67.02	5.12
SC	2+022.98	2.98	70.00	0.25	70.00	5.83

	Progresiva	Longitud Parcial	Longitud Acumulada	ϕ	X	Y
		(m)	(m)	(rad)	(m)	(m)
ST	2+267.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2+260.00	7.32	7.32	0.00	7.32	0.01
	2+250.00	10.00	17.32	0.02	17.32	0.09
	2+240.00	10.00	27.32	0.04	27.32	0.35
	2+230.00	10.00	37.32	0.07	37.32	0.88
	2+220.00	10.00	47.32	0.11	47.32	1.80
	2+210.00	10.00	57.32	0.17	57.32	3.20
	2+200.00	10.00	67.32	0.23	67.32	5.19
CS	2+197.32	2.68	70.00	0.25	70.00	5.83

También, se obtienen las siguientes tablas, donde se calcula el valor de la cuerda desde el TS o ST hasta el punto P (X, Y):

	Progresiva	Longitud Parcial	Longitud Acumulada	α	α	Cuerda
				=ArcTg(Y/X)		C
		(m)	(m)	(G°)	(GMS)	(m)
TS	1+952.98	0.00	0.00	0.00000	00°00'00"	0.00
	1+960.00	7.02	7.02	0.04802	00°02'52.9"	7.02
	1+970.00	10.00	17.02	0.28229	00°16'56.2"	17.02
	1+980.00	10.00	27.02	0.71142	00°42'41.1"	27.02
	1+990.00	10.00	37.02	1.33527	01°20'07"	37.03
	2+000.00	10.00	47.02	2.15346	02°09'12.5"	47.05
	2+010.00	10.00	57.02	3.16511	03°09'54.4"	57.11
	2+020.00	10.00	67.02	4.36860	04°22'07"	67.22
SC	2+022.98	2.98	70.00	4.76398	04°45'50.3"	70.24

	Progresiva	Longitud Parcial (m)	Longitud Acumulada (m)	α	α	Cuerda C (m)
				=ArcTg(Y/X) (G°)		
ST	2+267.32	0.00	0.00	0.00000	00°00'00"	0.00
	2+260.00	7.32	7.32	0.05222	00°03'08"	7.32
	2+250.00	10.00	17.32	0.29233	00°17'32.4"	17.32
	2+240.00	10.00	27.32	0.72730	00°43'38.3"	27.32
	2+230.00	10.00	37.32	1.35700	01°21'25.2"	37.33
	2+220.00	10.00	47.32	2.18100	02°10'51.6"	47.35
	2+210.00	10.00	57.32	3.19843	03°11'54.3"	57.41
	2+200.00	10.00	67.32	4.40765	04°24'27.5"	67.52
CS	2+197.32	2.68	70.00	4.76398	04°45'50.3"	70.24

5.3 DESARROLLO DE EJEMPLO DE REPLANTEO DESDE DE UN PUNTO INTERMEDIO

En el calculo del ángulo de dirección a girar para replantear la progresiva 2+000.00, si se estaciona en la progresiva 1+990.00 y se biseca en la progresiva 1+980.00.

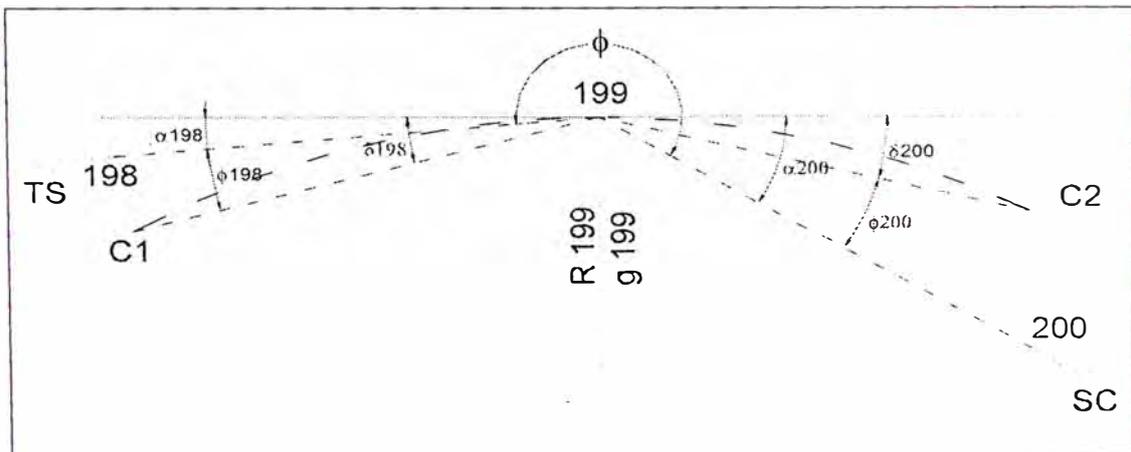


Figura 5.3.1

Gráfica descriptiva del ejemplo de replanteo desde un punto intermedio

Primero, se calcula el grado de curvatura del círculo oscultriz que pasa por la progresiva 1+990.00 de la curva espiral, utilizando la expresión (2.73):

$$g_p = \frac{Gc \times l}{l_s}$$

$$g_{199} = \frac{4.0926^\circ \times 37.02}{70} = 2.16^\circ$$

Después, se calcula las inflexiones entre la tangente y el círculo oscultriz; y entre el círculo oscultriz y la curva espiral, tanto para la progresiva 1+980.00 como para la progresiva 2+000.00.

$$\delta'_{198} = 1.5 \times g_{199} \times Dist(199 - 198)$$

$$\delta'_{198} = 1.5 \times 2.16 \times 10 = 32.4'$$

Donde: k es la variación del grado de curvatura por estaciones de 10m.

$$k = \frac{10 \times Gc}{l_s} = \frac{10 \times 4.0926}{70} = 0.58$$

$$\phi'_{198} = \frac{k \times [Dist(199 - 198)]^2}{40} = \frac{0.58 \times 10^2}{40} = 1.46'$$

Entonces de la figura:

$$\alpha'_{198} = \delta'_{198} - \phi'_{198}$$

$$\alpha'_{198} = 32.4' - 1.46'$$

$$\alpha'_{198} = 30.94'$$

Para la progresiva 2+000.00, se tiene:

$$\delta'_{200} = 1.5 \times g_{199} \times Dist(200 - 199)$$

$$\delta'_{200} = 1.5 \times 2.16 \times 10 = 32.4'$$

$$\phi'_{200} = \frac{k \times [Dist(200 - 199)]^2}{40} = \frac{0.58 \times 10^2}{40} = 1.46'$$

Entonces de la figura:

$$\alpha'_{200} = \delta'_{200} + \phi'_{200}$$

$$\alpha'_{200} = 32.4' + 1.46'$$

$$\alpha'_{200} = 33.86'$$

De los resultados obtenidos, se tiene que el ángulo de inflexión a girar:

$$\phi = 180^\circ + \alpha'_{198} + \alpha'_{200}$$

$$\phi = 180^\circ + 30.94' + 33.86'$$

$$\phi = 181^\circ 04' 48''$$

5.4 DESARROLLO DE CÁLCULO DEL SOBREAÑO EN CURVAS DE TRANSICION.

De acuerdo al Manual DG – 2001: la longitud normal para el desarrollo del ensanche en las curvas de transición es igual a 40.00m.

Si $l_s > 40m$, el comienzo del ensanche se ubicara 40.00m antes del SC y 40.00m después del CS.

Si $l_s < 40m$, el ensanche se realizara en toda la longitud de la curva de transición.

$$l_s/a = 40.00m$$

Como: $L_s = 70.00 > 40.00$, tenemos:

$\begin{array}{r} \text{SC} = 2+022.98 \\ - l_s/a = 0+040.00 \\ \hline \text{D} = 1+982.98 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{CS} = 2+197.32 \\ + l_s/a = 0+040.00 \\ \hline \text{D} = 2+237.32 \end{array}$
---	---

Sobreaño:

$$Sa = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \times \sqrt{R}}$$

Para: $L = 7.30m$ (Distancia del eje posterior y la parte frontal)

$n = 2$ (Numero de carriles)

$R_c = 140m$

$V = 60 \text{ Km/h}$

Entonces: $Sa = 0.90 \text{ m}$

El desarrollo del sobrancho lo obtenemos con la siguiente expresión:

$$Sa = \frac{Sa}{l_{s/a}} \times l_n = \frac{0.90}{40} \times l_n = 0.0255 \times l_n$$

De donde se obtiene la siguiente tabla:

	Progresiva	Longitud Parcial	Longitud Acumulada	San	Dist. al eje a/2+San
		(m)	(m)	(m)	(m)
D	1+982.98	0.00	0.00	0.000	3.600
	1+990.00	7.02	7.02	0.158	3.758
	2+000.00	10.00	17.02	0.383	3.983
	2+010.00	10.00	27.02	0.608	4.208
	2+020.00	10.00	37.02	0.833	4.433
SC	2+022.98	2.98	40.00	0.900	4.500
	2+030.00			0.9	4.500
	2+040.00			0.9	4.500
	2+050.00			0.9	4.500
	2+060.00			0.9	4.500
	2+070.00			0.9	4.500
	2+080.00			0.9	4.500
	2+090.00			0.9	4.500
	2+100.00			0.9	4.500
	2+110.00			0.9	4.500
	2+120.00			0.9	4.500
	2+130.00			0.9	4.500
	2+140.00			0.9	4.500
	2+150.00			0.9	4.500
	2+160.00			0.9	4.500
	2+170.00			0.9	4.500
	2+180.00			0.9	4.500
	2+190.00			0.9	4.500
CS	2+197.32	2.68	40.00	0.900	4.500
	2+200.00	10.00	37.32	0.840	4.440
	2+210.00	10.00	27.32	0.615	4.215
	2+220.00	10.00	17.32	0.390	3.990
	2+230.00	7.32	7.32	0.165	3.765
D'	2+237.32	0.00	0.00	0.000	3.600

5.5 DESARROLLO DE EJEMPLO DE REPLANTEO DEL PERALTE EN CURVAS DE TRANSICION REALIZANDO EL GIRO EN EL EJE

Longitud de aplanamiento: L_{apl} .

Longitud de Aplanamiento Desarrollada en Tangente	
Calzada Única (m)	Calzadas Separadas (m)
20	40

Primera Curva de Transición (Entrada)

$$\begin{array}{r} TS = 1+952.98 \\ - L_{apl} = 0+020.00 \\ \hline \mathbf{A = 1+932.98} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} TS = 1+952.98 \\ + L_{apl} = 0+020.00 \\ \hline \mathbf{B = 1+972.98} \end{array}$$

Segunda Curva de Transición (Salida)

$$\begin{array}{r} TS = 2+267.32 \\ - L_{apl} = 0+020.00 \\ \hline \mathbf{B' = 2+247.32} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} TS = 2+267.32 \\ + L_{apl} = 0+020.00 \\ \hline \mathbf{A' = 2+287.32} \end{array}$$

Del grafico adjunto se deduce que:

$$B.SC = B'.CS = l_s - L_{apl} = 70 - 20 = 50 \text{ m}$$

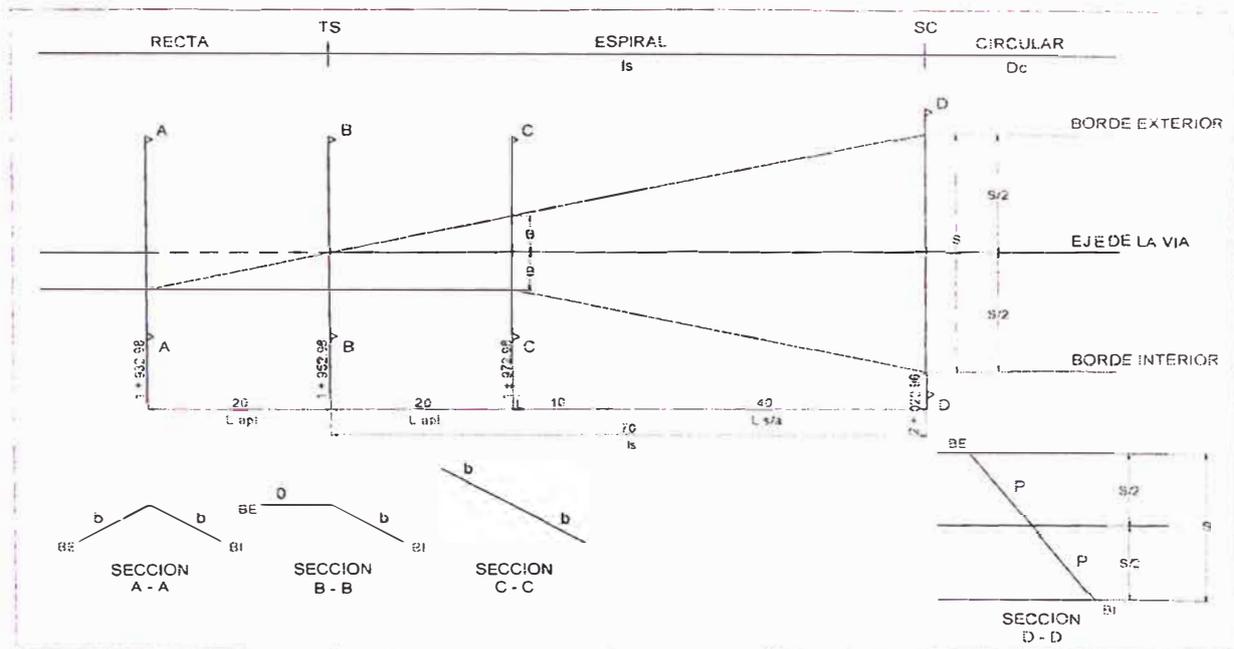


Figura 5.5.1

Giro por el eje de la vía

De la tabla 304.03 – Bombeos de la calzada

Tipo de Superficie: Pavimento Superior

Precipitación = 280 < 500 mm/año

Entonces: $b = 2\%$

De la figura 304.01 – Inclinación transversal de las bermas

Peralte: $p = 6\%$

Ancho de berma: $B = 1.50 \text{ m}$

Inclinación normal: $IN = 4\%$

Caso: $p > IN$, entonces:

$$\text{Inclinación berma exterior} = 8 - p$$

$$\text{Inclinación berma interior} = p$$

Con los cálculos anteriores y los datos anteriores, se procede a elaborar la siguiente de registro de peralte y sobreebancho.

	Progresiva	Longitud Parcial (m)	Cota Eje Rasante (m)	PERALTES					DESNIVEL (p% x abscisa)					COTAS						
				INTERIOR			EXTERIOR		INTERIOR			EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR				
				Sa	1 Incl. Berma (%)	2 Incl. s/a (%)	3 p int (%)	4 p ext. (%)	5 Incl. Berma (%)	Berma x (1) (%)	Sa x (2) (%)	a/2 x (.3) (%)	a/2 x (.4) (%)	Berma x (5) (%)	cota borde berma	cota borde s/a	3 cota borde calzada	4 cota borde calzada	5 cota borde berma	
Dato	1+902.51		126.100		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	125.998		126.028	126.028	125.920
	1+910.00	7.49	126.250		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	126.148		126.178	126.178	126.070
	1+920.00	10.00	126.450		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	126.348		126.378	126.378	126.270
	1+930.00	10.00	126.650		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	126.548		126.578	126.578	126.470
A	1+932.98	2.98	126.710		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	126.608		126.638	126.638	126.530
	1+940.00	7.02	126.850		-2		-2	-1.3	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.047	-0.108	126.748		126.778	126.803	126.695
	1+950.00	10.00	127.050		-2		-2	-0.3	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.011	-0.108	126.948		126.978	127.039	126.931
TS	1+952.98	2.98	127.110		-2		-2	0	-2	-6	-0.030		-0.072	0	-0.108	127.008		127.038	127.110	127.002
	1+960.00	7.02	127.250		-2		-2	0.7	-2	-6	-0.030		-0.072	0.025	-0.108	127.148		127.178	127.275	127.167
	1+970.00	10.00	127.450		-2		-2	1.7	-2	-6	-0.030		-0.072	0.061	-0.108	127.348		127.378	127.511	127.403
B	1+972.98	2.98	127.510		-2		-2	2	-2	-6	-0.030		-0.072	0.072	-0.108	127.408		127.438	127.582	127.474
	1+980.00	7.02	127.650		-2		-2.56	2.56	-2	-6	-0.030		-0.092	0.092	-0.108	127.528		127.558	127.742	127.634
D	1+982.98	2.98	127.710	0	-2	-2.8	-2.8	2.8	-2	-6	-0.030	0	-0.101	0.101	-0.108	127.579	127.609	127.609	127.811	127.703
	1+990.00	7.02	127.850	0.16	-2	-3.36	-3.36	3.36	-2	-6	-0.030	-0.005	-0.121	0.121	-0.108	127.694	127.724	127.729	127.971	127.863
	2+000.00	10.00	128.050	0.38	-2	-4.16	-4.16	4.16	-2	-6	-0.030	-0.016	-0.15	0.15	-0.108	127.854	127.884	127.900	128.200	128.092
	2+010.00	10.00	128.250	0.61	-2	-4.96	-4.96	4.96	-2	-6	-0.030	-0.03	-0.179	0.179	-0.108	128.011	128.041	128.071	128.429	128.321
	2+020.00	10.00	128.450	0.83	-2	-5.76	-5.76	5.76	-2	-6	-0.030	-0.048	-0.207	0.207	-0.108	128.165	128.195	128.243	128.657	128.549
SC	2+022.98	2.98	128.510	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	128.210	128.24	128.294	128.726	128.618
	2+030.00	7.02	128.650	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	128.350	128.380	128.434	128.866	128.758
	2+040.00	10.00	128.850	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	128.550	128.580	128.634	129.066	128.958
	2+050.00	10.00	129.050	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	128.750	128.780	128.834	129.266	129.158
	2+060.00	10.00	129.250	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	128.950	128.980	129.034	129.466	129.358
	2+070.00	10.00	129.450	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	129.150	129.180	129.234	129.666	129.558
	2+080.00	10.00	129.650	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	129.350	129.380	129.434	129.866	129.758
	2+090.00	10.00	129.850	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	129.550	129.580	129.634	130.066	129.958
	2+100.00	10.00	130.050	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	129.750	129.780	129.834	130.266	130.158
	2+110.00	10.00	130.250	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	129.950	129.980	130.034	130.466	130.358
	2+120.00	10.00	130.450	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	130.150	130.180	130.234	130.666	130.558
	2+130.00	10.00	130.650	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	130.350	130.380	130.434	130.866	130.758
	2+140.00	10.00	130.850	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	130.550	130.580	130.634	131.066	130.958
	2+150.00	10.00	131.050	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	130.750	130.780	130.834	131.266	131.158
	2+160.00	10.00	131.250	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	130.950	130.980	131.034	131.466	131.358
	2+170.00	10.00	131.450	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	131.150	131.180	131.234	131.666	131.558
	2+180.00	10.00	131.650	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	131.350	131.380	131.434	131.866	131.758
	2+190.00	10.00	131.850	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	131.550	131.580	131.634	132.066	131.958
CS	2+197.32	7.32	131.996	0.9	-2	-6	-6	6	-2	-6	-0.030	-0.054	-0.216	0.216	-0.108	131.696	131.726	131.780	132.212	132.104
	2+200.00	2.68	132.050	0.84	-2	-5.79	-5.79	5.79	-2	-6	-0.030	-0.049	-0.208	0.208	-0.108	131.763	131.793	131.842	132.258	132.150
	2+210.00	10.00	132.250	0.61	-2	-4.99	-4.99	4.99	-2	-6	-0.030	-0.03	-0.18	0.18	-0.108	132.010	132.040	132.070	132.430	132.322
	2+220.00	10.00	132.450	0.39	-2	-4.19	-4.19	4.19	-2	-6	-0.030	-0.016	-0.151	0.151	-0.108	132.253	132.283	132.299	132.601	132.493
	2+230.00	10.00	132.650	0.16	-2	-3.39	-3.39	3.39	-2	-6	-0.030	-0.005	-0.122	0.122	-0.108	132.493	132.523	132.528	132.772	132.664
D'	2+237.32	7.32	132.796	0	-2	-2.8	-2.8	2.8	-2	-6	-0.030	0	-0.101	0.101	-0.108	132.665	132.695	132.695	132.897	132.789
	2+240.00	2.68	132.850		-2		-2.59	2.59	-2	-6	-0.030		-0.093	0.093	-0.108	132.727		132.757	132.943	132.835
B'	2+247.32	7.32	132.996		-2		-2	2	-2	-6	-0.030		-0.072	0.072	-0.108	132.894		132.924	133.068	132.960
	2+250.00	2.68	133.050		-2		-2	1.73	-2	-6	-0.030		-0.072	0.062	-0.108	132.948		132.978	133.112	133.004
	2+260.00	10.00	133.250		-2		-2	0.73	-2	-6	-0.030		-0.072	0.026	-0.108	133.148		133.178	133.276	133.168
ST	2+267.32	7.32	133.396		-2		-2	0	-2	-6	-0.030		-0.072	0	-0.108	133.294		133.324	133.396	133.288
	2+270.00	2.68	133.450		-2		-2	-0.27	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.01	-0.108	133.348		133.378	133.440	133.332
	2+280.00	10.00	133.650		-2		-2	-1.27	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.046	-0.108	133.548		133.578	133.604	133.496
A'	2+287.32	7.32	133.796		-2		-2	-2	-2	-6	-0.030		-0.072	-0.072	-0.108	133.694		133.724	133.724	133.616

5.6 DESARROLLO DE LAS CURVAS DE TRANSICION EN LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA, TRAMO COCACHACRA – MATUCANA, SECTOR KM. 69+000 A KM. 72+000

Datos:

Vd = 55 - 60 Km/h

Δ = Variable

Rc = Variable

Precipitación < 500 mm / año

Ancho de Calzada = 7.20 m

Ancho de berma, en general no hay salvo en sectores con viviendas y en lavaderos de carros

Clasificación de la vía:

- Pavimento Superior.
- Zona rural (Tipo 1, 2 o 3).
- Primera Clase, DC, Tipo 3

CALCULO DE PERALTE (%), BOMBEO (%), ANCHO DE CALZADA (m), SOBREANCHO (m) DE CURVAS CIRCULARES EXISTENTES

Nro. de Curva	Sentido	Radio (m)	Longitud Curva Circular (m)	Angulo de Inflexion Δ°	Peralte (%) Fig. 304.04	Bombao (%) Tabla 304.03	Ancho de Calzada (m) Tabla 304.01	s/a (m) Tabla 402.04	F.R. del s/a Tabla 402.05	s/a definitivo (m)	¿Se necesita curva de transicion? Tabla 402.08
85	I	106	85.363	46.140940	8 %	2 %	7.2	1.1	0.58	0.6	SI
86	D	390	68.613	10.080091	4.5 %	2 %	7.2	0.4	0.07	0.3	NO
87	D	230	71.728	17.868312	6.2 %	2 %	7.2	0.6	0.3	0.3	SI
88	D	175	45.884	15.022626	7 %	2 %	7.2	0.8	0.41	0.3	SI
89	I	185	58.64	18.161214	6.6 %	2 %	7.2	0.8	0.4	0.3	SI
90	D	195	79.419	23.335249	6.5 %	2 %	7.2	0.7	0.38	0.3	SI
91	D	315	73.182	13.311174	5 %	2 %	7.2	0.5	0.16	0.3	SI
92	I	195	44.944	13.205649	6.5 %	2 %	7.2	0.7	0.38	0.3	SI
93	D	90	54.951	34.982893	8 %	2 %	7.2	1.1	0.6	0.7	SI
94	I	90	56.505	35.972200	8 %	2 %	7.2	1.1	0.6	0.7	SI
95	D	109.67	49.917	26.079491	8 %	2 %	7.2	1.1	0.56	0.6	SI
96	I	90	101.256	64.461572	8 %	2 %	7.2	1.1	0.6	0.7	SI
97	D	200	218.05	62.466724	6.5 %	2 %	7.2	0.7	0.38	0.3	SI
98	D	152	44.308	16.701720	7.2 %	2 %	7.2	0.9	0.47	0.4	SI
99	I	90	54.184	34.494606	8.0 %	2 %	7.2	1.1	0.6	0.7	SI

CALCULO DE LA LONGITUD DE LA CURVA DE TRANSICION

Por desarrollo del peralte							Por confort dinamico y seguridad					
$Ls(\min) = P \max \times p \times (a/2)$							$Ls(\min) = \frac{V}{46.65 \times J} \left(\frac{V^2}{Rc} - 127 \times P \max \right)$					
Nro. de Curva	Radio Rc (m)	Pend. Long. Max (Pmax)	Peralte (p)	Ancho de Calzada (a)	Ls Cal. (m)	Ls Red. (m)	Velocidad de Diseño (V)	Variacion de la Aceleracion Transversal (J) Tabla 402.06	Peralte Maximo (Pmax) Tabla 304.04	Ls Cal. (m)	Ls Red. (m)	
85	106	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	43.33	50	
86	390	162.5	4.5 %	7.2	26.325	30	55	0.5	0.08	-5.67	0	
87	230	162.5	6 %	7.2	36.27	40	55	0.5	0.08	7.06	10	
88	175	162.5	7 %	7.2	40.95	50	55	0.5	0.08	16.8	20	
89	185	162.5	7 %	7.2	38.61	40	55	0.5	0.08	14.6	20	
90	195	162.5	7 %	7.2	38.025	40	55	0.5	0.08	12.62	20	
91	315	162.5	5 %	7.2	29.25	30	55	0.5	0.08	-1.31	0	
92	195	162.5	7 %	7.2	38.025	40	55	0.5	0.08	12.62	20	
93	90	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	55.3	60	
94	90	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	55.3	60	
95	109.67	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	41.08	50	
96	90	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	55.3	60	
97	200	162.5	7 %	7.2	38.025	40	55	0.5	0.08	11.71	20	
98	152	162.5	7 %	7.2	42.12	50	55	0.5	0.08	22.97	30	
99	90	162.5	8 %	7.2	46.8	50	55	0.5	0.08	55.3	60	

Por estetica y confort optico					Por longitud minima de desarrollo del peralte					
$\frac{Rc}{9} \leq L_s \leq Rc$					$Ip_{\max} = 1.80 - 0.01 \times V$ $ls(\min) = \frac{(Pf - Pi) \times B}{Ip_{\max}}$					
Nro. de Curva	Radio Rc (m)	Longitud Espiral Minima Calculada $R_c/9$	Ls Red. (m)	Longitud Espiral Maxima R_c	Inclinacion maxima del borde de calzada (Ipmax)	Peralte final con su signo (Pf)	Peralte inicial con su signo (Pi)	Ls Cal. (m)	Ls Red. (m)	
85	106	11.78	20	106	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	
86	390	43.33	50	390	0.99	5 %	-2 %	23.64	30	
87	230	25.56	30	230	0.99	6 %	-2 %	29.82	30	
88	175	19.44	20	175	0.99	7 %	-2 %	32.73	40	
89	185	20.56	30	185	0.99	7 %	-2 %	31.27	40	
90	195	21.67	30	195	0.99	7 %	-2 %	30.91	40	
91	315	35	40	315	0.99	5 %	-2 %	25.45	30	
92	195	21.67	30	195	0.99	7 %	-2 %	30.91	40	
93	90	10	10	90	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	
94	90	10	10	90	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	
95	109.67	12.19	20	110	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	
96	90	10	10	90	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	
97	200	22.22	30	200	0.99	7 %	-2 %	30.91	40	
98	152	16.89	20	152	0.99	7 %	-2 %	33.45	40	
99	90	10	10	90	0.99	8 %	-2 %	36.36	40	

VERIFICACION DE LA LONGITUD DE LA CURVA DE TRANSICION

Nro. de Curva	Radio (m)	Angulo de Inflexion Δ°	Longitud Curva Circular Lc (m)	Ls Red. maxima (m)	Grado de Curvatura (%) $G_c = \frac{572.9578}{R}$	Angulo de la espiral (°) $\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R}$	Arco Circular desde SC hasta CS* $D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c}$	Si Dc > 0	Nuevos valores de Ls si son necesarios, y nuevos calculos		
									Ls Red. maxima (m)	Angulo de la espiral (°) $\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R}$	Arco Circular desde SC hasta CS $D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c}$
85	106	46.1409	85.363	50	5.4053	13.5132	35	OK	50	13.5132	35
86	390	10.0801	68.613	50	1.4691	3.6728	19	OK	50	3.6728	19
87	230	17.8683	71.728	40	2.4911	4.9822	32	OK	40	4.9822	32
88	175	15.0226	45.884	50	3.274	8.1851	-4	restar Ls*	40	6.5481	6
89	185	18.1612	58.64	40	3.0971	6.1941	19	OK	40	6.1941	19
90	195	23.3352	79.419	40	2.9382	5.8765	39	OK	40	5.8765	39
91	315	13.3112	73.182	40	1.8189	3.6378	33	OK	40	3.6378	33
92	195	13.2056	44.944	40	2.9382	5.8765	5	OK	40	5.8765	5
93	90	34.9829	54.951	60	6.3662	19.0986	-5	restar Ls*	50	15.9155	5
94	90	35.9722	56.505	60	6.3662	19.0986	-3	restar Ls*	50	15.9155	7
95	109.67	26.0795	49.917	50	5.2246	13.0614	0	restar Ls*	40	10.4491	10
96	90	64.4616	101.256	60	6.3662	19.0986	41	OK	60	19.0986	41
97	200	62.4667	218.05	40	2.8648	5.7296	178	OK	40	5.7296	178
98	152	16.7017	44.308	50	3.7695	9.4236	-6	restar Ls*	40	7.5389	4
99	90	34.4946	54.184	60	6.3662	19.0986	-6	restar Ls*	50	15.9155	4

* No se admiten valores negativos de Dc, se recomienda disminuir el valor de Ls en 10, para así disminuir el ángulo de la espiral, hasta que se cumpla con la obtención de valores de Dc positivos; esto se debe a los valores altos obtenidos para Ls por confort dinámico y seguridad y a los valores bajos de los ángulos de inflexión de las curvas circulares diseñadas.

ELECCION DEFINITIVA DE LA LONGITUD DE LA CURVA DE TRANSICION

Nro. de Curva	Radio (m)	Angulo de Inflexion Δ°	Longitud Curva Circular Lc (m)	Longitud Total $L_t = L_c + L_s$	Control según Searls $\frac{L_t}{4} < L_s < \frac{L_t}{2}$	Nuevos valores de Ls si son necesarios, y nuevos calculos			Longitud Total $L_t = L_c + L_s$	Control según Searls $\frac{L_t}{4} < L_s < \frac{L_t}{2}$	Entonces: Longitud de Espiral a utilizar Ls (m)
						Ls Red. maxima (m)	Angulo de la espiral (°) $\phi_s = \frac{L_s}{2 \times R}$	Arco Circular desde SC hasta CS* $D_c = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{G_c}$			
85	106	46.1409	85.363	135	Si cumple	50	13.5132	35	135	Si cumple	50
86	390	10.0801	68.613	119	Si cumple	50	3.6728	19	119	Si cumple	50
87	230	17.8683	71.728	112	Si cumple	40	4.9822	32	112	Si cumple	40
88	175	15.0226	45.884	86	Si cumple	40	6.5481	6	86	Si cumple	40
89	185	18.1612	58.64	99	Si cumple	40	6.1941	19	99	Si cumple	40
90	195	23.3352	79.419	119	Si cumple	40	5.8765	39	119	Si cumple	40
91	315	13.3112	73.182	113	Si cumple	40	3.6378	33	113	Si cumple	40
92	195	13.2056	44.944	85	Si cumple	40	5.8765	5	85	Si cumple	40
93	90	34.9829	54.951	105	Si cumple	50	15.9155	5	105	Si cumple	50
94	90	35.9722	56.505	107	Si cumple	50	15.9155	7	107	Si cumple	50
95	109.67	26.0795	49.917	90	Si cumple	40	10.4491	10	90	Si cumple	40
96	90	64.4616	101.256	161	Si cumple	60	19.0986	41	161	Si cumple	60
97	200	62.4667	218.05	258	No cumple**	80	11.4592	9	298	Si cumple	80
98	152	16.7017	44.308	84	Si cumple	40	7.5389	4	84	Si cumple	40
99	90	34.4946	54.184	104	Si cumple	50	15.9155	4	104	Si cumple	50

** Se incrementa el valor de Ls en múltiplos de 10, para nuestro caso se observa que el primer valor de Ls igual a 40, no verifica el control según Searls; y se puede verificar que también los valores de 50, 60 y 70 también no cumplen el control según Searls, es por esto que se tome el valor de 80 el cual si verifica la desigualdad.

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICION

Nro. de Curva	Rc (m)	Δ (°)	Lc (m)	Tc (m)	Ec (m)	Gc (°)	Ls (m)	Φs (°)	Δc (°)	Dc (m)	Xs (m)	Ys (m)	W (m)	T (m)	Ts (m)	Es (m)	CL (m)	TC (m)	TL (m)
85	106	46.1409	85.36	45.15	115.21	5.4053	50.00	13.5132	19.1145	35.36	50.00	3.93	1.00	25.23	70.81	116.3	50.15	16.82	33.65
86	390	10.0801	68.61	34.4	391.51	1.4691	50.00	3.6728	2.73449	18.61	50.00	1.07	0.27	25.02	59.44	391.78	50.01	16.7	33.33
87	230	17.8683	71.73	36.16	232.83	2.4911	40.00	4.9822	7.90391	31.73	40.00	1.16	0.29	20.03	56.24	233.12	40.02	13.36	26.69
88	175	15.0226	45.88	23.07	176.52	3.274	40.00	6.5481	1.92643	5.88	40.00	1.52	0.38	20.04	43.16	176.9	40.03	13.33	26.76
89	185	18.1612	58.64	29.57	187.35	3.0971	40.00	6.1941	5.77301	18.64	40.00	1.44	0.36	20.04	49.67	187.71	40.03	13.35	26.73
90	195	23.3352	79.42	40.27	199.11	2.9382	40.00	5.8765	11.5822	39.42	40.00	1.37	0.35	20.04	60.38	199.47	40.02	13.38	26.69
91	315	13.3112	73.18	36.76	317.14	1.8189	40.00	3.6378	6.03557	33.18	40.00	0.85	0.22	20.01	56.8	317.36	40.01	13.4	26.63
92	195	13.2056	44.94	22.57	196.3	2.9382	40.00	5.8765	1.45265	4.94	40.00	1.37	0.35	20.04	42.65	196.65	40.02	13.38	26.69
93	90	34.9829	54.95	28.36	94.36	6.3662	50.00	15.9155	3.15189	4.95	50.00	4.63	1.18	25.32	54.05	95.6	50.22	16.88	33.77
94	90	35.9722	56.51	29.22	94.62	6.3662	50.00	15.9155	4.1412	6.50	50.00	4.63	1.18	25.32	54.92	95.86	50.22	16.88	33.77
95	109.67	26.0795	49.92	25.4	112.56	5.2246	40.00	10.4491	5.18129	9.92	40.00	2.43	0.61	20.11	45.65	113.19	40.07	13.4	26.82
96	90	64.4616	101.26	56.74	106.4	6.3662	60.00	19.0966	26.2644	41.26	60.00	6.67	1.72	30.55	88.37	108.43	60.37	20.39	40.73
97	200	62.4667	218.05	121.28	233.9	2.8648	80.00	11.4592	39.5483	138.05	80.00	5.33	1.34	40.27	162.36	235.47	80.18	26.83	53.7
98	152	16.7017	44.31	22.31	153.63	3.7695	40.00	7.5389	1.62392	4.31	40.00	1.75	0.44	20.06	42.43	154.07	40.04	13.34	26.78
99	90	34.4946	54.18	27.94	94.23	6.3662	50.00	15.9155	2.66361	4.18	50.00	4.63	1.18	25.32	53.63	95.47	50.22	16.88	33.77

Donde:

- Radio de la curva circular: Rc
- Longitud de la curva circular original sin desplazamiento: Lc
- Angulo de inflexión del arco de la curva circular original: Δ
- Longitud total de la curva de transición desde el TS al SC; o desde el ST al CS: Ls
- Angulo central del arco circular de longitud "Dc", que va desde el SC al CS: Δc
- Grado de curvatura: Gc

$$Gc = \frac{572.9578}{Rc}$$

- Angulo central del arco de espiral: Φs

$$\phi_s = \frac{Ls}{2 \times Rc}$$

- Distancia sobre la tangente de SC: Xs

$$Xs = \sqrt{2 \times Rc \times Ls} \times \left(\phi_s^{1/2} \right)$$

- Ordenada a la tangente en el SC: Ys

$$Y_s = \sqrt{2 \times Rc \times Ls} \times \left(\frac{\phi_s^{3/2}}{3} \right)$$

- Ordenada desde la tangente inicial al círculo desplazado (Retranqueo): W

$$W = Y_s - Rc \times (1 - \text{Cos} \phi_s)$$

- Abscisa de retranqueo: T

$$T = X_s - Rc \times \text{Sen} \phi_s$$

- Tangente a la curva circular no desplazada: Tc

$$Tc = Rc \times \text{Tan} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

- Tangente al arco espiral: Ts

$$Ts = T + W \times \text{Tan}(\Delta/2) + Tc$$

- Externa de la espiral: Es

$$Es = (Rc + W) \times \text{Sec}(\Delta/2) - Rc$$

- Externa de la curva circular no desplazada: Ec

$$Ec = Es - W \times \text{Sec}(\Delta/2)$$

- Arco comprendido entre el SC y CS: Dc

$$Dc = \frac{10 \times \Delta c}{Gc} = \frac{10 \times (\Delta - 2 \times \phi_s)}{Gc}$$

- Cuerda Larga: CL

$$CL = \frac{X_s}{\text{Cos} \left(\frac{\phi_s}{3} \right)}$$

- Tangente Larga: TL

$$TL = X_s - TC \times \text{Cos}(\phi_s)$$

- Tangente Corta: TC

$$TC = \frac{Y_s}{\text{Sen}(\phi_s)}$$

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. Para realizar el diseño geométrico en carreteras se deberá de tener en cuenta el uso de las curvas de transición, esto con el objetivo de brindar un mayor confort y seguridad a los usuarios de las vías, el uso de las curvas de transición esta normado en el Manual de Diseño Geométrico del 2001, en el cual se tienen los parámetros máximos y mínimos recomendables.
2. En la ejecución de todo proyecto relacionado con caminos, el ensanche se realiza en el borde interior de la vía; aunque al delimitar los sentidos de circulación, el beneficio que se obtiene se distribuye en forma equitativa para cada sentido de circulación.
3. El desarrollo matemático de una curva de transición puede ser tedioso y hasta un poco difícil de comprender, pero esto se ve redituado con los resultados que se obtienen al replantear la curva, pues de esta forma únicamente se podrá asegurar las mejores expectativas de uso de la carretera.
4. El uso y aplicación de las curvas de transición es de vital importancia, pues a través de ella se puede desarrollar el peralte en forma parcial o total, esto debido a la variación gradual del radio de curvatura de la curva de transición, pudiéndose de esta manera disminuir la longitud de los tramos tangentes entre curvas circulares al ser conectadas por curvas de transición, lo cual es común en nuestro proyecto, esto debido a la topografía del terreno existente.
5. La curva de transición es importante también para el desarrollo del sobreebanco, pues en ella se puede realizar el sobreebanco de una forma particular, debido a que se puede pasar de la recta con un sobreebanco de cero a la curva circular con un sobreebanco total, siendo desarrollado este en toda la longitud de la curva de transición.

6. El uso de estos elementos, permite que un vehículo, circulando a la velocidad de diseño, se mantenga en el centro del carril. Esto no ocurre por lo general, al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su carril incluso lo puede hacer invadir el adyacente, con el peligro que ello implica.
7. En las carreteras modernas, la transición es un elemento de tanta importancia como el círculo y la recta. Su uso se hace obligatorio para evitar ópticas de los bordes de la vía, a la vez de la necesidad de adaptar el trazado a la configuración del terreno al comportamiento usual que la mayoría de los conductores induce a su empleo.
8. A pesar de que el IMDA proyectado para los veinte años de vida útil de nuestro proyecto la ubique en la clasificación como una Autopista o Multicarril, no se eligió esta opción debido a que saldría muy elevado el costo de ejecución del proyecto esto por los grandes movimientos de tierra que se ocasionarían y otras partidas mas que se generarían, es por ello que nuestro proyecto consiste en una ampliación y mejoramiento de la vía existente, y de acuerdo al Plan Vial con el que cuenta el MTC se sugiere la rehabilitación y mejoramiento de la vía de Acceso a la Sierra Central desde Lima y viceversa, a través de la Carretera Unich – Canta para así aliviar el trafico en las horas punta como ya se observo en nuestra visita de campo en la Carretera Héroes de la Breña (ex Carretera Central).

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda formular un planteamiento general para el diseño y calculo de las curvas de transición en las vías de transporte terrestre.
2. Se debe tener en cuenta que las curvas de transición se están condicionando, por exigencias de simplicidad, tanto en el cálculo como en su replanteo, sacrificándose objetivos con mayor perfeccionamiento, cuyo logro exigía entonces complejos cálculos de difícil ejecución y complicadas operaciones de campo.
3. Para la ejecución del diseño del trazo geométrico de una carretera, se deberá de tener en cuenta el uso del Manual de Diseño Geométrico del 2001, no queriendo decir esto, que se debe de cumplir estrictamente todo lo señalado en este manual, dejando a criterio del diseñador el aplicar sus conocimientos y criterios propios, los cuales se deberán de sustentar de una manera convincente, además de poder recurrir a otros textos referidos a la materia en estudio.
4. Tendrá en cuenta el diseñador más por aspectos económicos que por otra índole, que cuando se tengan curvas circulares metidas mas en zonas de corte que en zonas de relleno, o estar en secciones encajonadas completamente, se recomienda el uso de las curvas circulares con un retranqueo alto, con el objetivo de disminuir la zona de corte como se dio en la elaboración de nuestro proyecto, esto siempre y cuando el diseño y trazo lo permitan.
5. Cualquiera que sea el procedimiento que se seleccione para realizar la transición, esta debe satisfacer los requerimientos exigidos por la dinámica del movimiento, la maniobrabilidad del vehículo, el confort del conductor y la geometría del trazado.

6. Se recomienda que el método a utilizar para el replanteo de la curva de transición, dependerá de las condiciones con las cuales nos encontremos en el terreno, por ejemplo si no se tiene problemas de visibilidad entre los puntos de inicio y termino de la curva se recomienda el uso del método de ángulos de inflexión o por coordenadas, siendo por lo contrario el método desde un punto intermedio.
7. El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de la norma. Por el contrario, él requiere buen juicio y flexibilidad, por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación.
8. Se sugiere el uso de la clotoide como curva de transición, debido a que permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, lo que permite mejorar la armonía y apariencia de la carretera.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1- Hickerson, T. Levantamiento y trazado de caminos. FIC-UNI. Lima, 1970.
- 2- Benítez, R. Trazado de vías. Propio. La Habana, 1987.
- 3- Escario, J. Caminos. Tomo I. Editorial Científico Técnica. La Habana, 1967.
- 4- Carciente, J. Carreteras, estudio y proyecto. Ediciones Vega S.A. Madrid, 1985.
- 5- Newman, E. Las carreteras modernas. Editorial Labor. Barcelona, 1965.
- 6- Laurence, I. Ingeniería de Carreteras. Ediciones Continental S.A. México, 1960.
- 7- Sotirov, D. Proyecto de Carreteras. Ediciones Técnicas. Sofía, 1974.
- 8- Benítez, R. Proyecto de carreteras. Empresa de producciones del MES. La Habana, 1988.
- 9- Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, 2001.
- 10- Kreuz y Osterloh. Curvas de transición en carreteras. Madrid, 1961.
- 11- Ing. Mercedes Rodríguez. Apuntes de clase en Curso de Titulación "Proyecto de Vialidad". Lima, 2005 – 2006.

ANEXOS

**TABLA 402.01 (Manual DG – 2001)
LONGITUD DE 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

Siendo:

$L_{min.s}$ = Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{min.o}$ = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{máx}$ = Longitud máxima (m).

V_d = Velocidad de diseño (Km/h)

TABLA 402.02 (Manual DG – 2001)

**RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA
DISEÑO DE CARRETERAS**

Ubicación de la Vía	Velocidad de diseño (Kph)	P máx%	Radio Mínimo (m)
área Urbana (Alta)	30	4,00	35
	40	4,00	60
	50	4,00	100
	60	4,00	150
	70	4,00	215
	80	4,00	280
	90	4,00	375
	100	4,00	495
	110	4,00	635
	120	4,00	875
	130	4,00	1110
	140	4,00	1405
150	4,00	1775	
área Rural (con peligro de Hielo)	30	6,00	30
	40	6,00	55
	50	6,00	90
	60	6,00	135
	70	6,00	195
	80	6,00	255
	90	6,00	335
	100	6,00	440
	110	6,00	560
	120	6,00	755
	130	6,00	950
	140	6,00	1190
Área Rural(Tipo 1,2 ó 3)	150	6,00	1480
	30	8,00	30
	40	8,00	50
	50	8,00	85
	60	8,00	125
	70	8,00	175
	80	8,00	230
	90	8,00	305
	100	8,00	395
	110	8,00	505
	120	8,00	670
	130	8,00	835
140	8,00	1030	
150	8,00	1265	

Continua TABLA 402.02 (Manual DG – 2001)

Ubicación de la Vía	Velocidad de diseño (Kph)	ρ máx%	Radio Mínimo (m)
área Rural (Tipo 3 ó 4)	30	12,00	25
	40	12,00	45
	50	12,00	70
	60	12,00	105
	70	12,00	150
	80	12,00	195
	90	12,00	255
	100	12,00	330
	110	12,00	415
	120	12,00	540
	130	12,00	665
	140	12,00	815
150	12,00	985	

TABLA 402.06 (Manual DG – 2001)
VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN
TRANSVERSAL POR UNIDAD DE TIEMPO

V (Km/h)	$V < 80$	$80 \leq V < 100$	$100 \leq V < 120$	$120 \leq V$
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

TABLA 402.07 (Manual DG - 2001)
LONGITUD DE CURVA DE TRANSICIÓN MÍNIMA

Velocidad	Radio min	J	Peralte Max.	A min	Longitud de Transición (L)	
					Calculada	Redondeada
KPH	M	m/seg ³	%	m	m	m
60	135	0,5	6	81	49	50

TABLA 402.08 (Manual DG – 2001)
RADIOS SOBRE LOS CUALES SE PUEDE
PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000

TABLA 304.01 (Manual DG – 2001)
ANCHO DE CALZADA DE DOS CARRILES

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
VEH/DIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP ⁽²⁾				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																			6,00	6,00
40 KPH																6,60	6,60	6,60	6,60	
50 KPH										7,00	7,00				6,60	6,60	6,60	6,60		
60 KPH					7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 KPH				7,20	7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00		7,00			
80 KPH	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,00	7,00					
90 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,00							
100 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20				7,00							
110 KPH	7,30	7,30			7,30															
120 KPH	7,30	7,30			7,30															
130 KPH	7,30																			
140 KPH	7,30																			
150 KPH																				

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual (dos calzadas)

DC: Carretera De Dos Carriles

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía Dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad.

**TABLA 304.02 (Manual DG – 2001)
ANCHO DE BERMAS**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
IMPORTANCIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP ⁽²⁾				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																			0,50	0,50
40 KPH															1,20	0,90	0,90	0,50		
50 KPH										1,20	1,20			1,20	1,20	0,90	0,90	0,90		
60 KPH					1,80	1,80	1,50	1,50	1,50	1,50	1,20	1,20	1,50	1,50	1,20	1,20	0,90	0,90		
70 KPH			1,80	1,80	1,80	1,80	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,20	1,50	1,50	1,50	1,20	1,20			
80 KPH	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,50	1,50	1,50		1,20				
90 KPH	1,80	1,80			1,80	1,80	1,80		1,80	1,80			1,50	1,50						
100 KPH	2,00	2,00			2,00	2,00	1,80		1,80				1,50							
110 KPH	2,00	2,00			2,00	2,00														
120 KPH	2,50	2,50			2,00															
130 KPH	2,50																			
140 KPH	2,50																			
150 KPH																				

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual (dos calzadas)

DC : Carretera De Dos Carriles

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique, por demanda, la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía de segundo orden y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad.

**TABLA 304.03 (Manual DG – 2001)
BOMBEO DE LA CALZADA**

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500 mm/año	Precipitación: > 500 mm/año
Pavimento Superior	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 ^(*)	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 ^(*)	3,0 – 4,0

(*) En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2%.

**TABLA 304.04 (Manual DG – 2001)
VALORES DE PERALTE MÁXIMO**

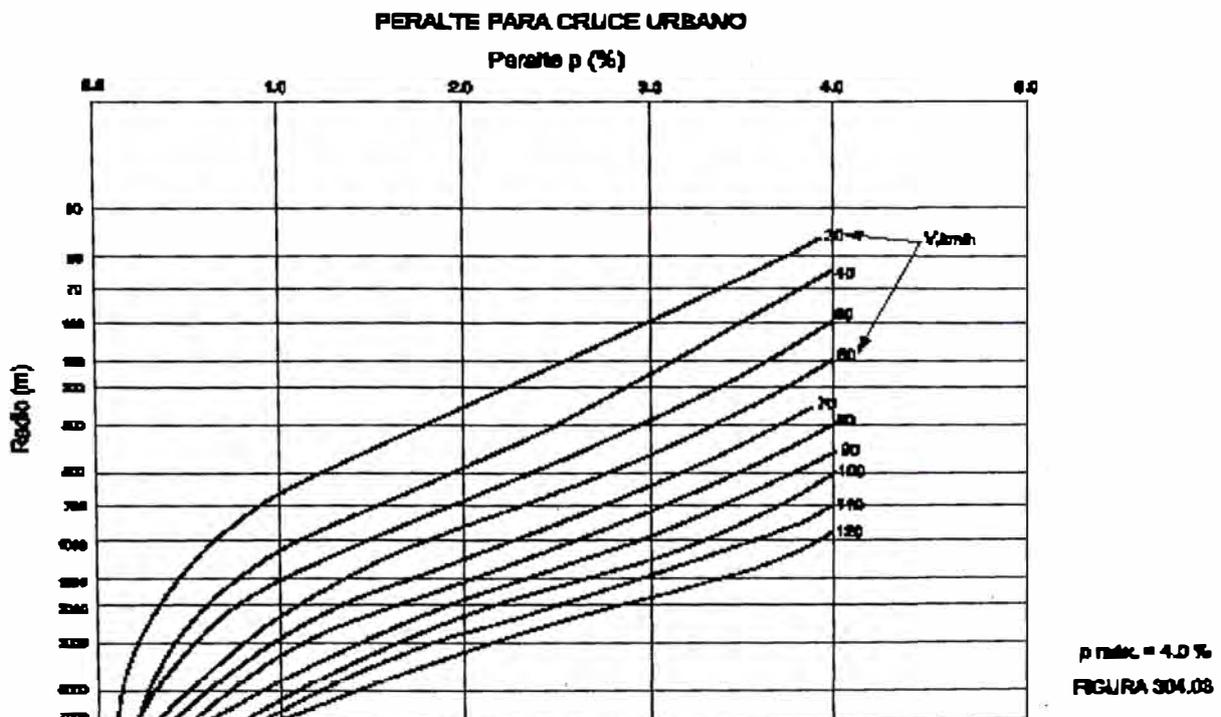
	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Cruce de Areas Urbanas	6,0 %	4,0 %	<u>304.03</u>
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)*	8,0 %	6,0 %	<u>304.04</u>
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %	<u>304.05</u>
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %	<u>304.06</u>

(*) El tipo corresponde a la clasificación vial según condiciones orográficas

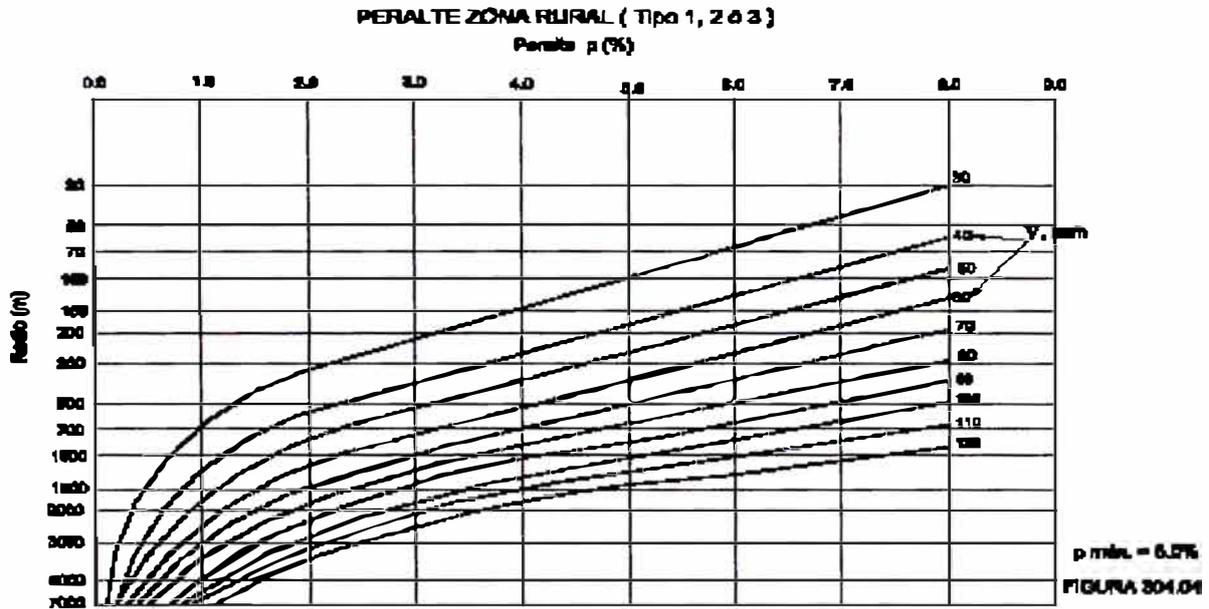
**TABLA 304.05 (Manual DG – 2001)
PROPORCIÓN DEL PERALTE A DESARROLLAR EN TANGENTE**

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5p	0,7p	0,8p

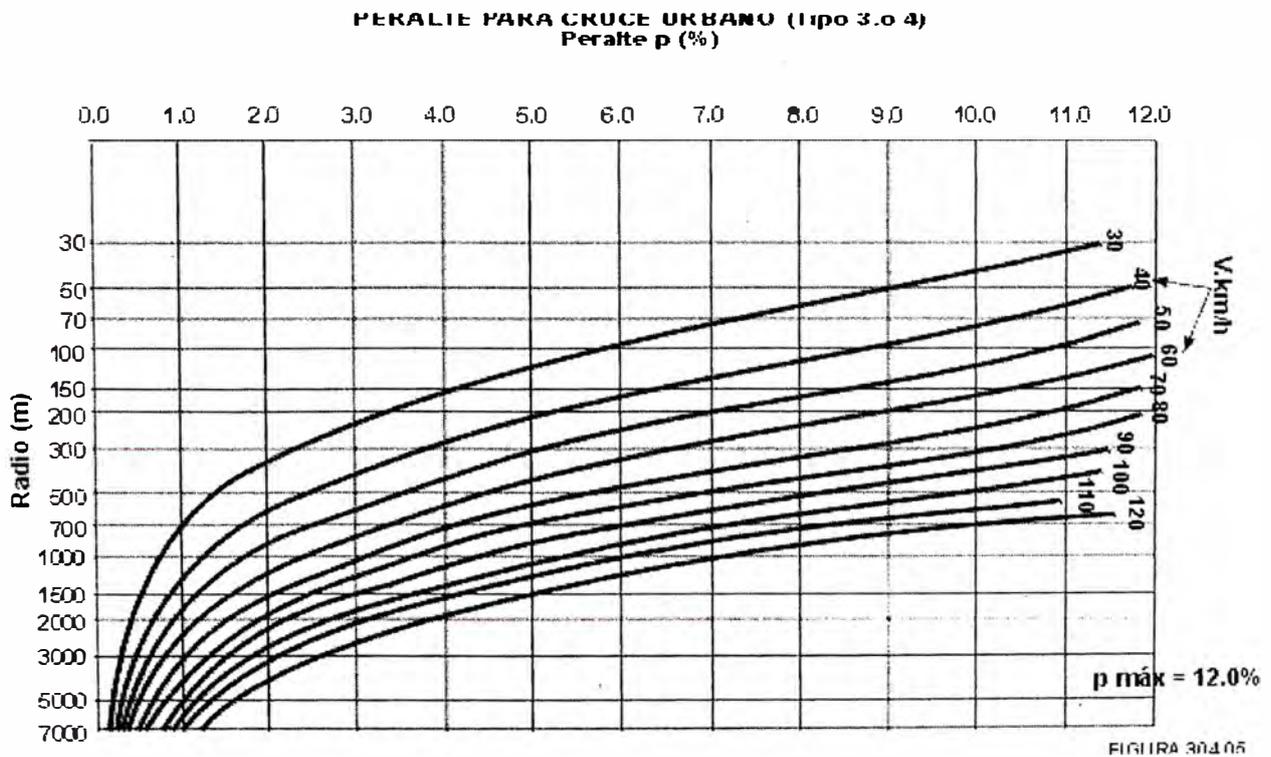
**PERALTE PARA CRUCE URBANO
Figura 304.03 (Manual DG – 2001)**



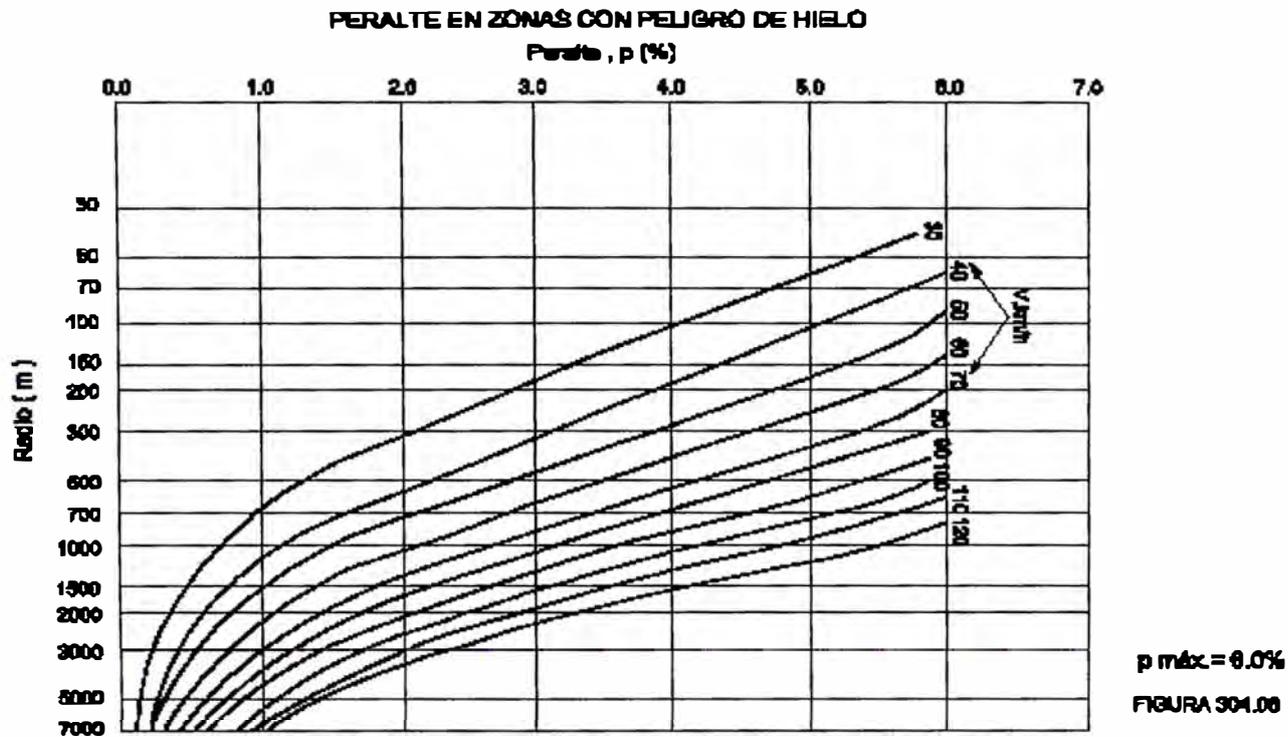
PERALTE EN ZONA RURAL Figura 304.04 (Manual DG – 2001)



PERALTE EN ZONA RURAL (Tipo 3 ó 4) Figura 304.05 (Manual DG – 2001)



PERALTE EN ZONAS CON PELIGRO DE HIELO
Figura 304.06 (Manual DG – 2001)



$$Sa = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \times \sqrt{R}}$$

TABLA 402.04 (MANUAL DG – 2001)
VALORES DEL SOBRECANTO
L (EJE POSTERIOR. - PARTE FRONTAL) : 7,30 m (C2)
Nº DE CARRILES : 2

	V = 30 KPH		V = 40 KPH		V = 50 KPH		V = 60 KPH		V = 70 KPH		V = 80 KPH	
	Calculo	Redondeo										
R	(m)	(m)										
25	2.78	2.8										
28	2.5	2.5										
30	2.35	2.4										
35	2.05	2.1										
37	1.95	2										
40	1.82	1.9										
45	1.64	1.7	1.79	1.8								
50	1.5	1.5	1.64	1.7								
55	1.38	1.4	1.51	1.5								
60	1.28	1.3	1.41	1.4								
70	1.12	1.2	1.24	1.3	1.36	1.4						
80	1	1	1.11	1.1	1.23	1.2						
90	0.91	0.9	1.01	1	1.12	1.1						
100	0.83	0.9	0.93	0.9	1.03	1	1.13	1.1				
120	0.72	0.8	0.81	0.8	0.9	0.9	0.99	1				
130	0.67	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.94	1				
150	0.6	0.6	0.68	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.93	0.9		
200	0.48	0.5	0.55	0.6	0.62	0.6	0.69	0.7	0.76	0.8	0.83	0.8
250	0.4	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.59	0.6	0.66	0.7	0.72	0.7
300	0.35	0.4	0.41	0.4	0.47	0.55	0.52	0.5	0.58	0.6	0.64	0.6
350	0.31	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.58	0.6
400	0.28	0.3	0.33	0.4	0.38	0.4	0.43	0.4	0.48	0.5	0.53	0.5
450			0.31	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.5	0.5
500					0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.46	0.5
550							0.35	0.4	0.4	0.4	0.44	0.4
600							0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4
650									0.36	0.4	0.4	0.4
700									0.34	0.3	0.38	0.4
800											0.35	0.4

**TABLA 304.07 (Manual DG – 2001)
VALORES DE RADIOS CON PERALTE MÍNIMO**

Velocidad Directriz (Km/h)	Peralte 2% para curvas con radio mayor de m.
30	330
40	450
50	650
60	850
70	1150
80	1400
90	1700
100	2000
110	2400
≥ 120	3000

**TABLA 402.05 (Manual DG – 2001)
FACTORES DE REDUCCION DEL SOBREAÑO PARA ANCHOS DE
CALZADA EN RECTA > 7m.**

RADIO (R) (m)	FACTOR DE REDUCCION	RADIO (R) (m)	FACTOR DE REDUCCION
25	0.86	130	0.52
28	0.84	150	0.47
30	0.83	200	0.38
35	0.81	250	0.27
37	0.8	300	0.18
40	0.79	350	0.12
45	0.77	400	0.07
50	0.75	450	0.08
55	0.72	500	0.05
60	0.7		
70	0.69		
80	0.63		
90	0.6		
100	0.59		
120	0.54		

NOTA: El valor mínimo del sobreaño a aplicar es de 0,30 m.

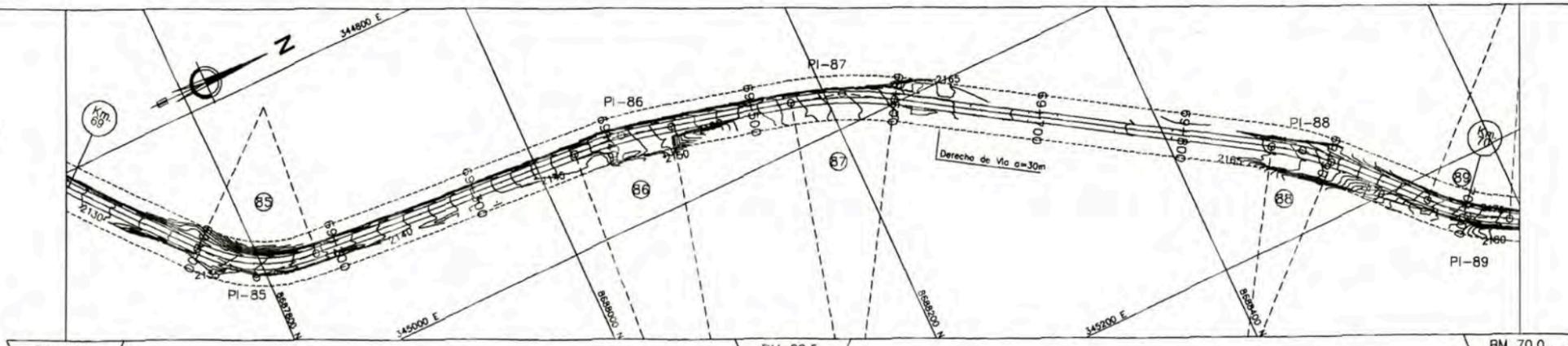
**CAPITULO V DESARROLLO DE APLICACIONES TEORICAS
Y PRACTICAS EN LA CARRETERA HEROES
DE LA BREÑA, TRAMO COCACHACRA –
MATUCANA, SECTOR KM. 69+000 A KM. 72+000**

5.1	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición por ángulos de inflexión.	77
5.2	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición por Coordenadas.	85
5.3	Desarrollo de ejemplo de replanteo de curvas de transición desde un punto intermedio.	88
5.4	Desarrollo de cálculo del sobreancho en curva de transición.	90
5.5	Desarrollo de ejemplo de replanteo del peralte en curvas de transición realizando el giro en el eje.	92
5.6	Desarrollo de las curvas de transición en la Carretera Héroes de La Breña, Tramo Cocachacra – Matucana, Sector Km. 69+000 a Km. 72+000.	95
CONCLUSIONES		100
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFIA		106
ANEXOS		108
PLANOS		119

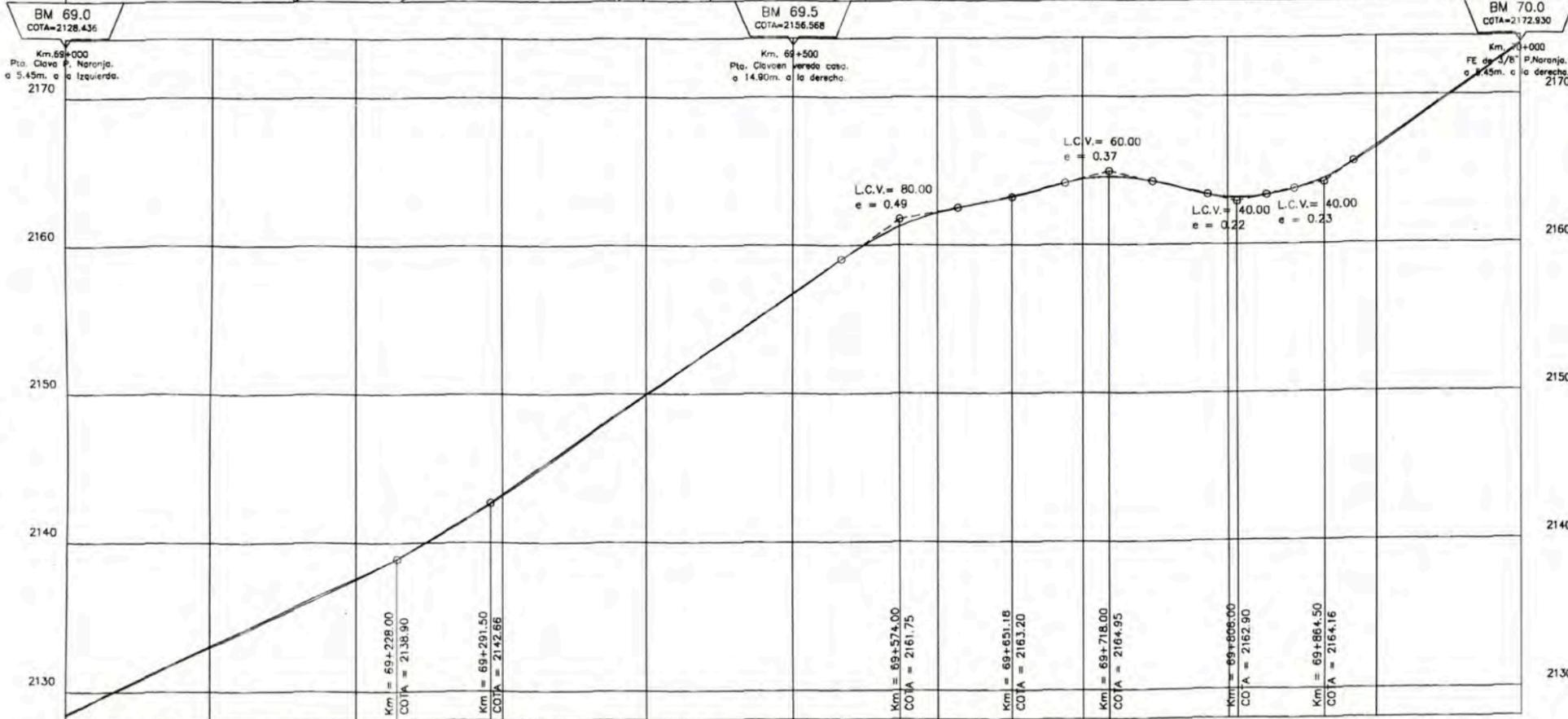
PLANOS

PROYECTO ORIGINAL

ESCALA
H : 1/2000



ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



PENDIENTE	-4.55% en 278m				-5.92% en 63.50m				6.76% en 282.50m				-1.88% en 77.18m		-2.62% en 66.82m		-2.33% en 88.00m		2.16% en 58.50m		6.85% en 765.5m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
COTA CAPA NIVELANTE	2126.51	2129.44	2130.35	2131.26	2132.17	2133.08	2133.99	2134.90	2135.81	2136.72	2137.63	2138.54	2139.45	2140.36	2141.27	2142.18	2143.09	2144.00	2144.91	2145.82	2146.73	2147.64	2148.55	2149.46	2150.37	2151.28	2152.19	2153.10	2154.01	2154.92	2155.83	2156.74	2157.65	2158.56	2159.47	2160.38	2161.29	2162.20	2163.11	2164.02	2164.93	2165.84	2166.75	2167.66	2168.57	2169.48	2170.39	2171.30	2172.21	2173.12	2174.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2126.42	2129.37	2130.25	2131.16	2132.06	2132.97	2133.84	2134.79	2135.67	2136.56	2137.51	2138.51	2139.57	2140.69	2141.87	2143.14	2144.53	2146.01	2147.57	2149.22	2150.96	2152.78	2154.68	2156.66	2158.72	2160.86	2163.07	2165.34	2167.67	2170.06	2172.51	2175.02	2177.59	2180.22	2182.91	2185.66	2188.47	2191.34	2194.27	2197.26	2200.31	2203.42	2206.59	2209.82	2213.11	2216.46	2219.87	2223.34	2226.87	2230.46	2234.11	2237.82	2241.59	2245.42	2249.31	2253.26	2257.27	2261.34	2265.47	2269.66	2273.91	2278.22	2282.59	2287.02	2291.51	2296.06	2300.67	2305.34	2310.07	2314.86	2319.71	2324.62	2329.59	2334.62	2339.71	2344.86	2350.06	2355.31	2360.62	2366.00	2371.43	2376.91	2382.44	2388.02	2393.65	2399.34	2405.08	2410.87	2416.71	2422.60	2428.54	2434.53	2440.57	2446.66	2452.80	2458.99	2465.23	2471.52	2477.86	2484.25	2490.69	2497.18	2503.72	2510.31	2516.95	2523.64	2530.38	2537.17	2544.01	2550.90	2557.84	2564.83	2571.87	2578.96	2586.10	2593.29	2600.53	2607.82	2615.16	2622.55	2629.99	2637.48	2645.02	2652.61	2660.25	2667.94	2675.68	2683.47	2691.31	2699.20	2707.14	2715.13	2723.17	2731.26	2739.40	2747.59	2755.83	2764.12	2772.46	2780.85	2789.29	2797.78	2806.32	2814.91	2823.55	2832.24	2840.98	2849.77	2858.61	2867.50	2876.44	2885.43	2894.47	2903.56	2912.70	2921.89	2931.13	2940.42	2949.76	2959.15	2968.59	2978.08	2987.62	2997.21	3006.85	3016.54	3026.28	3036.07	3045.91	3055.80	3065.74	3075.73	3085.77	3095.86	3105.99	3116.17	3126.40	3136.68	3147.01	3157.39	3167.82	3178.30	3188.83	3199.41	3210.04	3220.72	3231.45	3242.23	3253.06	3263.94	3274.87	3285.85	3296.88	3307.96	3319.09	3330.27	3341.50	3352.78	3364.11	3375.49	3386.92	3398.40	3409.93	3421.51	3433.14	3444.82	3456.55	3468.33	3480.16	3492.04	3503.97	3515.95	3527.98	3539.96	3551.99	3564.07	3576.20	3588.38	3600.61	3612.89	3625.22	3637.60	3650.03	3662.51	3675.04	3687.62	3700.25	3712.93	3725.66	3738.44	3751.27	3764.15	3777.08	3789.96	3802.89	3815.87	3828.90	3841.98	3855.11	3868.29	3881.52	3894.80	3908.13	3921.51	3934.94	3948.42	3961.95	3975.53	3989.16	4002.84	4016.57	4030.35	4044.18	4058.06	4072.00	4085.99	4100.03	4114.12	4128.26	4142.45	4156.69	4170.98	4185.32	4199.71	4214.15	4228.64	4243.18	4257.77	4272.41	4287.10	4301.84	4316.63	4331.47	4346.36	4361.30	4376.29	4391.33	4406.42	4421.56	4436.75	4451.99	4467.28	4482.62	4498.01	4513.45	4528.94	4544.48	4560.07	4575.71	4591.40	4607.14	4622.93	4638.77	4654.66	4670.60	4686.59	4702.63	4718.72	4734.86	4751.05	4767.29	4783.58	4800.00	4816.45	4832.95	4849.50	4866.10	4882.75	4899.45	4916.20	4933.00	4949.85	4966.75	4983.70	5000.70	5017.75	5034.85	5052.00	5069.20	5086.45	5103.75	5121.10	5138.50	5155.95	5173.45	5191.00	5208.60	5226.25	5243.95	5261.70	5279.50	5297.35	5315.25	5333.20	5351.20	5369.25	5387.35	5405.50	5423.70	5441.95	5460.25	5478.60	5497.00	5515.45	5533.95	5552.50	5571.10	5589.75	5608.45	5627.20	5646.00	5664.85	5683.75	5702.70	5721.70	5740.75	5759.85	5779.00	5798.20	5817.45	5836.75	5856.10	5875.50	5894.95	5914.45	5934.00	5953.60	5973.25	5992.95	6012.70	6032.50	6052.35	6072.25	6092.20	6112.20	6132.25	6152.35	6172.50	6192.70	6212.95	6233.25	6253.60	6274.00	6294.45	6314.95	6335.50	6356.10	6376.75	6397.45	6418.20	6439.00	6459.85	6480.75	6501.70	6522.70	6543.75	6564.85	6585.95	6607.10	6628.30	6649.55	6670.85	6692.20	6713.60	6735.05	6756.55	6778.10	6799.70	6821.35	6843.05	6864.80	6886.60	6908.45	6930.35	6952.30	6974.30	6996.35	7018.45	7040.60	7062.80	7085.05	7107.35	7129.70	7152.10	7174.55	7197.05	7219.60	7242.20	7264.85	7287.55	7310.30	7333.10	7355.95	7378.85	7401.80	7424.80	7447.85	7470.95	7494.10	7517.30	7540.55	7563.85	7587.20	7610.60	7634.05	7657.55	7681.10	7704.70	7728.35	7752.05	7775.80	7799.60	7823.45	7847.35	7871.30	7895.30	7919.35	7943.45	7967.60	7991.80	8016.05	8040.35	8064.70	8089.10	8113.55	8138.05	8162.60	8187.20	8211.85	8236.55	8261.30	8286.10	8310.95	8335.85	8360.80	8385.80	8410.85	8435.95	8461.10	8486.30	8511.55	8536.85	8562.20	8587.60	8613.05	8638.55	8664.10	8689.70	8715.35	8741.05	8766.80	8792.60	8818.45	8844.35	8870.30	8896.30	8922.35	8948.45	8974.60	9000.80	9027.05	9053.35	9079.70	9106.10	9132.55	9159.05	9185.60	9212.20	9238.85	9265.55	9292.30	9319.10	9345.95	9372.85	9400.00	9427.20	9454.45	9481.75	9509.10	9536.50	9563.95	9591.45	9619.00	9646.60	9674.25	9701.95	9729.70	9757.50	9785.35	9813.25	9841.20	9869.20	9897.25	9925.35	9953.50	9981.70	10000.00
ALINEAMIENTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
SEÑALIZACION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
KILOMETRAJE	69+000	69+100	69+200	69+300	69+400	69+500	69+600	69+700	69+800	69+900	70+000																		69+000	69+100	69+200	69+300	69+400	69+500	69+600	69+700	69+800	69+900	70+000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

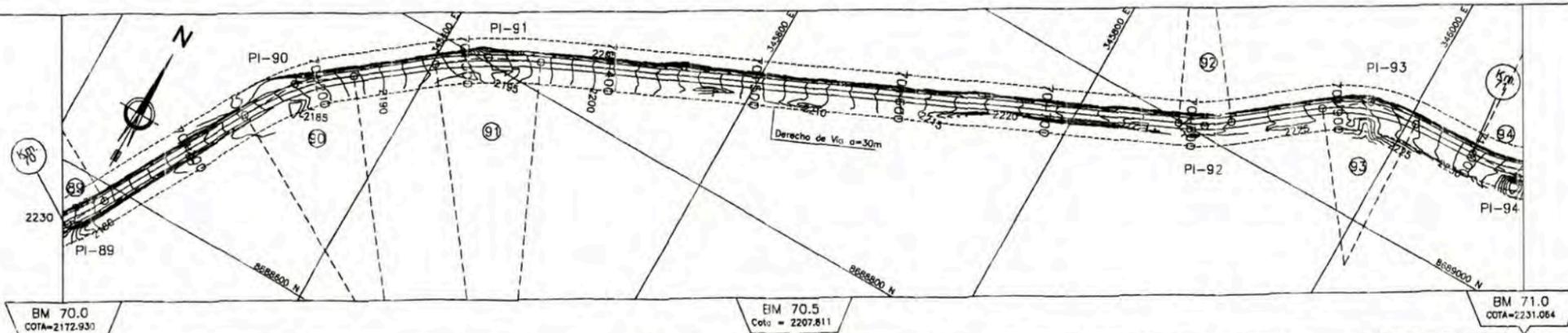
ITEM MIT	DESCRIPCION	UND	METRAO
200.00	MOVIMIENTO DE TIERRA		
247.00	Remoción de carpeta asfáltica existente	m3	0.00
400.00	PAVIMENTOS		
400.01	Fresado de carpeta asfáltica existente (e=0.05 m)	m2	7358.79
410.00	Pavimento de concreto asfáltico	m3	979.19
420.01	Cemento Asfáltico Pen 60/70	gl	53423.70
423.00	Filler o relleno mineral	kg	54311.99
430.01	Parchado Superficial	m2	1134.00
431.01	Parchado Profundo	m2	270.00
600.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
601.00	Excavación no Clasificada para Estructuras	m3	0.00
605.00	Relleno para estructuras	m3	0.00
610.02	C Simple f'c = 140 kg/cm2	m3	0.00
610.04	C Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	0.00
612.01	Encofrado y desencofrado en seco	m2	0.00
615.00	Acera de refuerzo Fy = 4200 kg/cm2	kg	0.00
635.02	Cuneta Triangular de 1.00 x 0.50	m	170.00
637.00	Cuneta francesa(circular) 1.20 x 0.20	m	70.00
700.00	TRANSPORTES		
700.01	Material proveniente de cantera para d <= 1 km	m3 - km	1361.89
700.02	Material proveniente de cantera para d > 1 km	m3 - km	808.20
700.03	Mezcla Asfáltica para d <= 1 km	m3 - km	1259.99
700.04	Mezcla Asfáltica para d > 1 km	m3 - km	13229.93
700.09	Eliminación de material a botadero para d <= 1 km	m3 - km	657.54
700.10	Eliminación de material a botadero para d > 1 km	m3 - km	710.14

NOTA:
Para determinar la Copa Nivelante se colocarán plantillas con la Rasante Geométrica calculada en base a los P.I's verticales indicados en el perfil y ajustados en obra.
La rasante final se obtendrá colocando la carpeta de 0.075m sobre la Copa Nivelante.

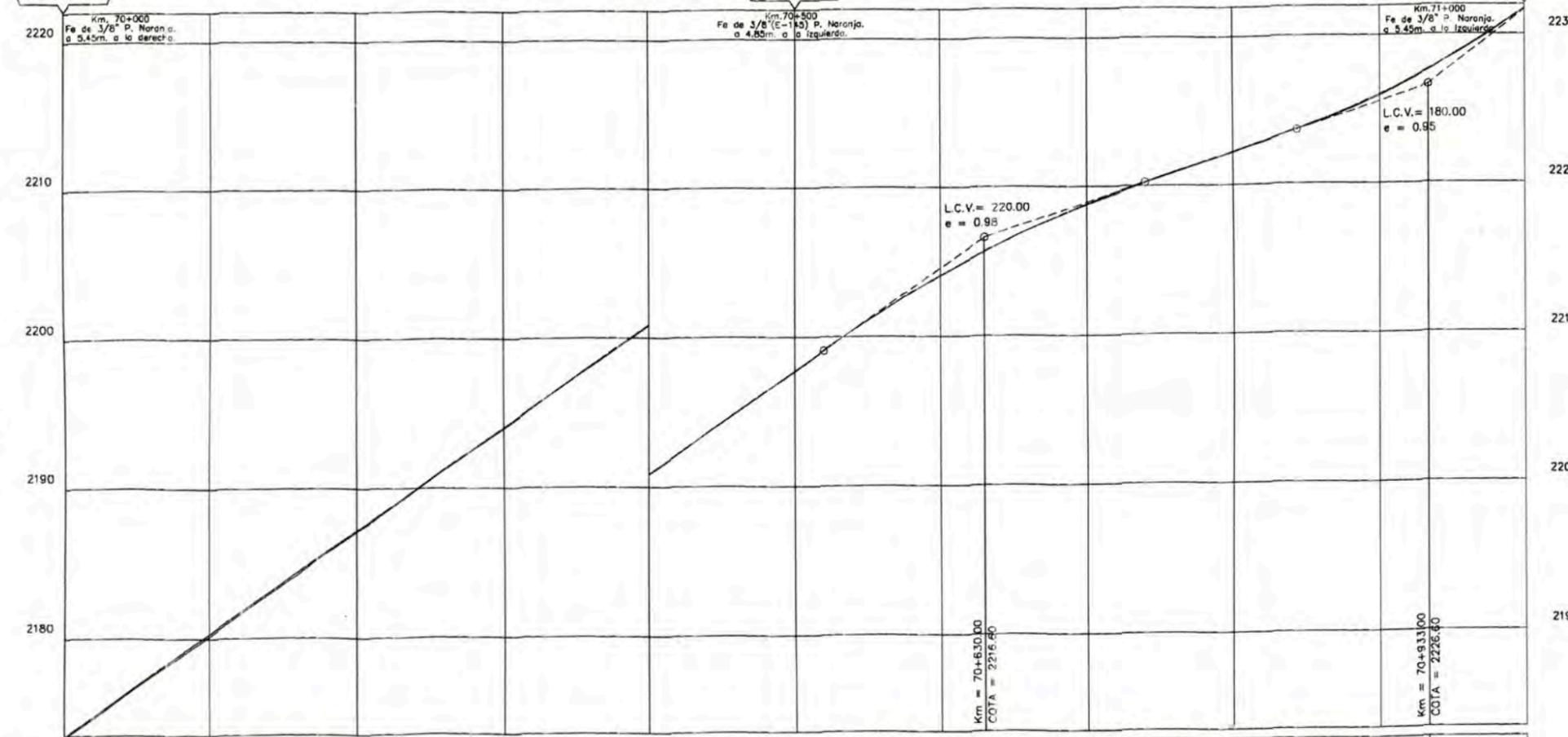
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
KM	SIMB.	DESCRIPCION
69+490 - 69+560	CF	Cuneta Francesa (O)
69+060 - 69+085	CT	Cuneta Triangular (O)
69+140 - 69+245	CT	Cuneta Triangular (O)
SEÑALIZACION Y SEGURIDAD		
69+090 - 69+190	PD	Postes Delimitadores (O)
69+634 - 69+658	GV	Guardavias (I)
69+000	P-2B	Preventiva (I)
69+040	P-2B	Preventiva (O)
69+250	P-2A	Preventiva (I)
69+450	P-2A	Preventiva (O)
69+660	P-2B	Preventiva (I)
69+750	I-2	Informativa (I)
69+890	R-15	Reglamentaria (I)

NOTA:
N = SERIAL NUEVA
RP = REEMPLAZO DE PANEL
DIRRECCION DE FLUJO
LINEA BORDE CARRIL
LINEA EJE VIA
LINEA DOBLE DE EJE

ESCALA
H : 1/2000

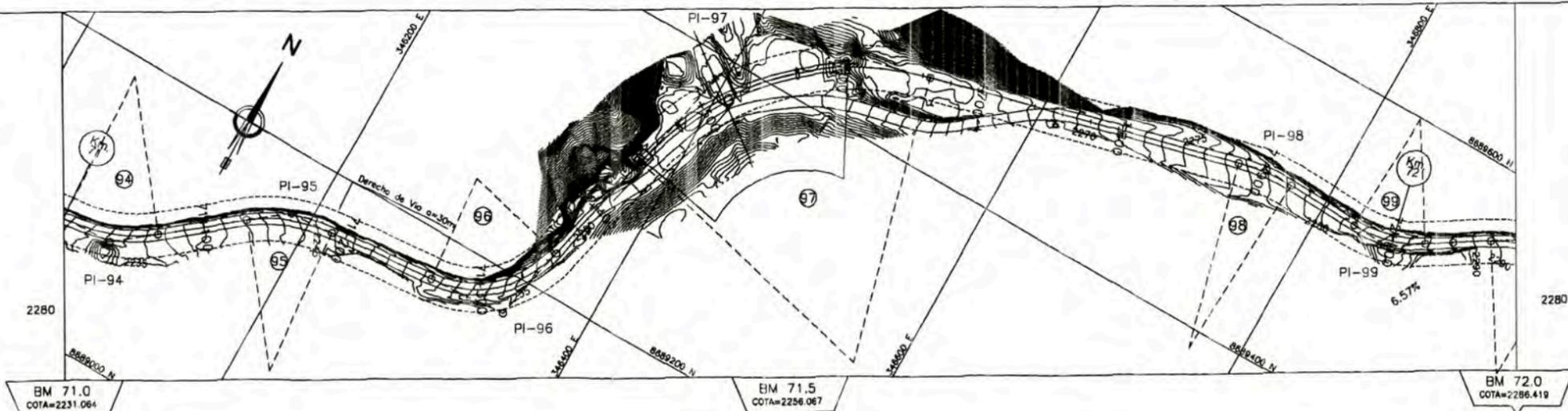


ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200

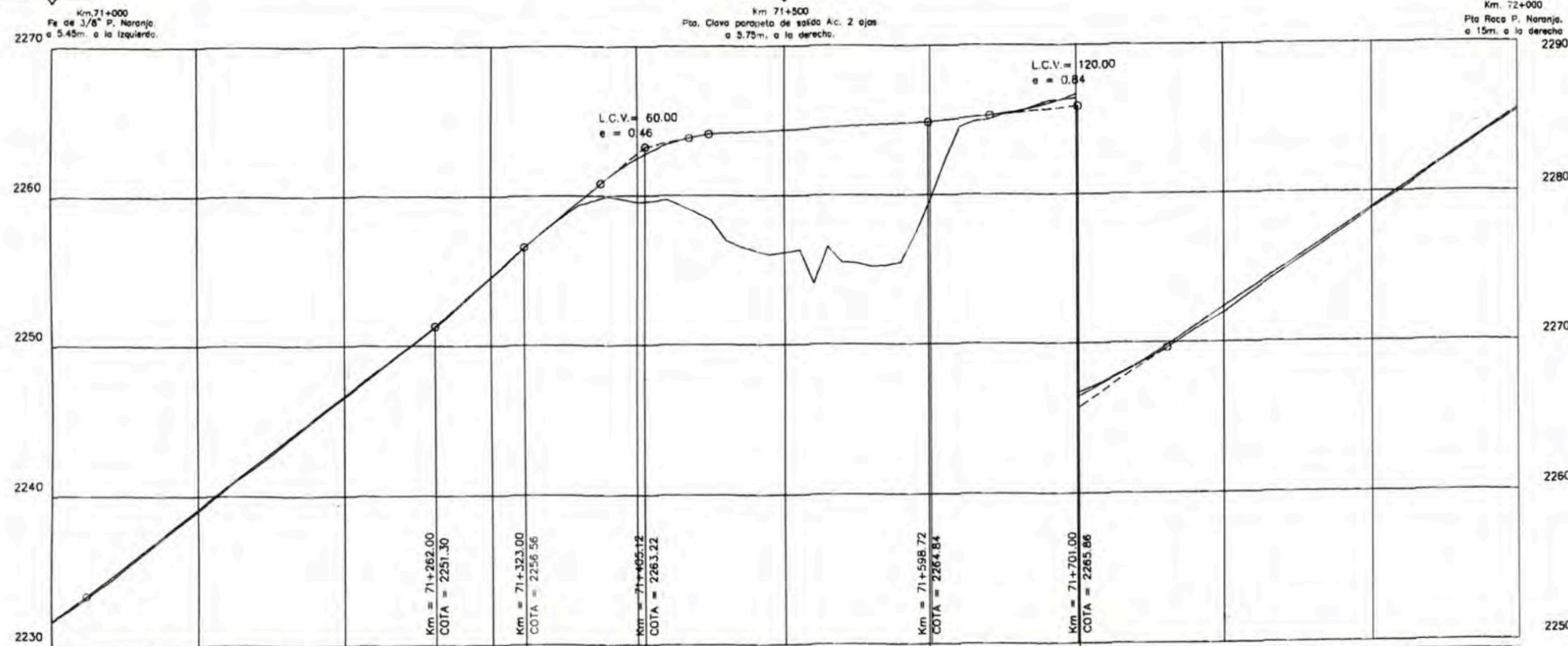


PENDIENTE	6.85% en 765.5m															3.30% en 303.00m															7.51% en 329.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
COTA CAPA NIVELANTE	2172.44	2174.81	2176.18	2177.55	2178.92	2180.29	2181.66	2183.03	2184.40	2185.77	2187.14	2188.51	2189.88	2191.25	2192.62	2193.99	2195.36	2196.73	2198.10	2199.47	2200.84	2202.21	2203.58	2204.95	2206.32	2207.69	2209.06	2210.43	2211.80	2213.17	2214.54	2215.91	2217.28	2218.65	2220.02	2221.39	2222.76	2224.13	2225.50	2226.87	2228.24	2229.61	2230.98	2232.35	2233.72	2235.09	2236.46	2237.83	2239.20	2240.57	2241.94	2243.31	2244.68	2246.05	2247.42	2248.79	2250.16	2251.53	2252.90	2254.27	2255.64	2257.01	2258.38	2259.75	2261.12	2262.49	2263.86	2265.23	2266.60	2267.97	2269.34	2270.71	2272.08	2273.45	2274.82	2276.19	2277.56	2278.93	2280.30	2281.67	2283.04	2284.41	2285.78	2287.15	2288.52	2289.89	2291.26	2292.63	2294.00	2295.37	2296.74	2298.11	2299.48	2300.85	2302.22	2303.59	2304.96	2306.33	2307.70	2309.07	2310.44	2311.81	2313.18	2314.55	2315.92	2317.29	2318.66	2320.03	2321.40	2322.77	2324.14	2325.51	2326.88	2328.25	2329.62	2330.99	2332.36	2333.73	2335.10	2336.47	2337.84	2339.21	2340.58	2341.95	2343.32	2344.69	2346.06	2347.43	2348.80	2350.17	2351.54	2352.91	2354.28	2355.65	2357.02	2358.39	2359.76	2361.13	2362.50	2363.87	2365.24	2366.61	2367.98	2369.35	2370.72	2372.09	2373.46	2374.83	2376.20	2377.57	2378.94	2380.31	2381.68	2383.05	2384.42	2385.79	2387.16	2388.53	2389.90	2391.27	2392.64	2394.01	2395.38	2396.75	2398.12	2399.49	2400.86	2402.23	2403.60	2404.97	2406.34	2407.71	2409.08	2410.45	2411.82	2413.19	2414.56	2415.93	2417.30	2418.67	2420.04	2421.41	2422.78	2424.15	2425.52	2426.89	2428.26	2429.63	2431.00	2432.37	2433.74	2435.11	2436.48	2437.85	2439.22	2440.59	2441.96	2443.33	2444.70	2446.07	2447.44	2448.81	2450.18	2451.55	2452.92	2454.29	2455.66	2457.03	2458.40	2459.77	2461.14	2462.51	2463.88	2465.25	2466.62	2467.99	2469.36	2470.73	2472.10	2473.47	2474.84	2476.21	2477.58	2478.95	2480.32	2481.69	2483.06	2484.43	2485.80	2487.17	2488.54	2489.91	2491.28	2492.65	2494.02	2495.39	2496.76	2498.13	2499.50	2500.87	2502.24	2503.61	2504.98	2506.35	2507.72	2509.09	2510.46	2511.83	2513.20	2514.57	2515.94	2517.31	2518.68	2520.05	2521.42	2522.79	2524.16	2525.53	2526.90	2528.27	2529.64	2531.01	2532.38	2533.75	2535.12	2536.49	2537.86	2539.23	2540.60	2541.97	2543.34	2544.71	2546.08	2547.45	2548.82	2550.19	2551.56	2552.93	2554.30	2555.67	2557.04	2558.41	2559.78	2561.15	2562.52	2563.89	2565.26	2566.63	2568.00	2569.37	2570.74	2572.11	2573.48	2574.85	2576.22	2577.59	2578.96	2580.33	2581.70	2583.07	2584.44	2585.81	2587.18	2588.55	2589.92	2591.29	2592.66	2594.03	2595.40	2596.77	2598.14	2599.51	2600.88	2602.25	2603.62	2604.99	2606.36	2607.73	2609.10	2610.47	2611.84	2613.21	2614.58	2615.95	2617.32	2618.69	2620.06	2621.43	2622.80	2624.17	2625.54	2626.91	2628.28	2629.65	2631.02	2632.39	2633.76	2635.13	2636.50	2637.87	2639.24	2640.61	2641.98	2643.35	2644.72	2646.09	2647.46	2648.83	2650.20	2651.57	2652.94	2654.31	2655.68	2657.05	2658.42	2659.79	2661.16	2662.53	2663.90	2665.27	2666.64	2668.01	2669.38	2670.75	2672.12	2673.49	2674.86	2676.23	2677.60	2678.97	2680.34	2681.71	2683.08	2684.45	2685.82	2687.19	2688.56	2689.93	2691.30	2692.67	2694.04	2695.41	2696.78	2698.15	2699.52	2700.89	2702.26	2703.63	2704.99	2706.36	2707.73	2709.10	2710.47	2711.84	2713.21	2714.58	2715.95	2717.32	2718.69	2720.06	2721.43	2722.80	2724.17	2725.54	2726.91	2728.28	2729.65	2731.02	2732.39	2733.76	2735.13	2736.50	2737.87	2739.24	2740.61	2741.98	2743.35	2744.72	2746.09	2747.46	2748.83	2750.20	2751.57	2752.94	2754.31	2755.68	2757.05	2758.42	2759.79	2761.16	2762.53	2763.90	2765.27	2766.64	2768.01	2769.38	2770.75	2772.12	2773.49	2774.86	2776.23	2777.60	2778.97	2780.34	2781.71	2783.08	2784.45	2785.82	2787.19	2788.56	2789.93	2791.30	2792.67	2794.04	2795.41	2796.78	2798.15	2799.52	2800.89	2802.26	2803.63	2804.99	2806.36	2807.73	2809.10	2810.47	2811.84	2813.21	2814.58	2815.95	2817.32	2818.69	2820.06	2821.43	2822.80	2824.17	2825.54	2826.91	2828.28	2829.65	2831.02	2832.39	2833.76	2835.13	2836.50	2837.87	2839.24	2840.61	2841.98	2843.35	2844.72	2846.09	2847.46	2848.83	2850.20	2851.57	2852.94	2854.31	2855.68	2857.05	2858.42	2859.79	2861.16	2862.53	2863.90	2865.27	2866.64	2868.01	2869.38	2870.75	2872.12	2873.49	2874.86	2876.23	2877.60	2878.97	2880.34	2881.71	2883.08	2884.45	2885.82	2887.19	2888.56	2889.93	2891.30	2892.67	2894.04	2895.41	2896.78	2898.15	2899.52	2900.89	2902.26	2903.63	2904.99	2906.36	2907.73	2909.10	2910.47	2911.84	2913.21	2914.58	2915.95	2917.32	2918.69	2920.06	2921.43	2922.80	2924.17	2925.54	2926.91	2928.28	2929.65	2931.02	2932.39	2933.76	2935.13	2936.50	2937.87	2939.24	2940.61	2941.98	2943.35	2944.72	2946.09	2947.46	2948.83	2950.20	2951.57	2952.94	2954.31	2955.68	2957.05	2958.42	2959.79	2961.16	2962.53	2963.90	2965.27	2966.64	2968.01	2969.38	2970.75	2972.12	2973.49	2974.86	2976.23	2977.60	2978.97	2980.34	2981.71	2983.08	2984.45	2985.82	2987.19	2988.56	2989.93	2991.30	2992.67	2994.04	2995.41	2996.78	2998.15	2999.52	3000.89	3002.26	3003.63	3004.99	3006.36	3007.73	3009.10	3010.47	3011.84	3013.21	3014.58	3015.95	3017.32	3018.69	3020.06	3021.43	3022.80	3024.17	3025.54	3026.91	3028.28	3029.65	3031.02	3032.39	3033.76	3035.13	3036.50	3037.87	3039.24	3040.61	3041.98	3043.35	3044.72	3046.09	3047.46	3048.83	3050.20	3051.57	3052.94	3054.31	3055.68	3057.05	3058.42	3059.79	3061.16	3062.53	3063.90	3065.27	3066.64	3068.01	3069.38	3070.75	3072.12	3073.49	3074.86	3076.23	3077.60	3078.97	3080.34	3081.71	3083.08	3084.45	3085.82	3087.19	3088.56	3089.93	3091.30	3092.67	3094.04	3095.41	3096.78	3098.15	3099.52	3100.89	3102.26	3103.63	3104.99	3106.36	3107.73	3109.10	3110.47	3111.84	3113.21	3114.58	3115.95	3117.32	3118.69	3120.06	3121.43	3122.80	3124.17	3125.54	3126.91	3128.28	3129.65	3131.02	3132.39	3133.76	3135.13	3136.50	3137.87	3139.24	3140.61	3141.98	3143.35	3144.72	3146.09	3147.46	3148.83	3150.20	3151.57	3152.94	3154.31	3155.68	3157.05	3158.42	3159.79	3161.16	3162.53	3163.90	3165.27	3166.64	3168.01	3169.38	3170.75	3172.12	3173.49	3174.86	3176.23	3177.60	3178.97	3180.34	3181.71	3183.08	3184.45	3185.82	3187.19	3188.56	3189.93	3191.30	3192.67	3194.04	3195.41	3196.78	3198.15	3199.52	3200.89	3202.26	3203.63	3204.99	3206.36	3207.73	3209.10	3210.47	3211.84	3213.21	3214.58	3215.95	3217.32	3218.69	3220.06	3221.43	3222.80	3224.17	3225.54	3226.91	3228.28	3229.65	3231.02	3232.39	3233.76	3235.13	3236.50	3237.87	3239.24	3240.61	3241.98	3243.35	3244.72	3246.09	3247.46	3248.83	3250.20	3251.57	3252.94	3254.31	3255.68	3257.05	3258.42	3259.79	3261.16	3262.53	3263.90	3265.27	3266.64	3268.01	3269.38	3270.75	3272.12	3273.49	3274.86	3276.23	3277.60	3278.97	3280.34	3281.71	3283.08	3284.45	3285.82	3287.19	3288.56	3289.93	3291.30	3292.67	3294.04	3295.41	3296.78	3298.15	3299.52	3300.89	3302.26	3303.63	3304.99	3306.36	3307.73	3309.10	3310.47	3311.84	3313.21	3314.58	3315.95	3317.32	3318.69	3320.06	3321.43	3322.80	3324.17	3325.54	3326.91	3328.28	3329.65	3331.02	3332.39	3333.76	3335.13	3336.50	3337.87	3339.24	3340.61	3341.98	3343.35	3344.72	3346.09	3347.46	3348.83	3350.20	3351.57	3352.94	3354.31	3355.68	3357.05	3358.42	3359.79	3361.16	3362.53	3363.90	3365.27	3366.64	3368.01	3369.38	3370.75	3372.12	3373.49	3374.86	3376.23	3377.60	3378.97	3380.34	3381.71	3383.08	3384.45	3385.82	3387.19	3388.56	3389.93	3391.30	3392.67	3394.04	3395.41	3396.78	3398.15	3399.52	3400.89	3402.26	3403.63	3404.99	3406.36	3407.73	3409.10	3410.47	3411.84	3413.21	3414.58	3415.95	3417.32	3418.69	3420.06	3421.43	3422.80	3424.17	3425.54	3426.91	3428.28	3429.65	3431.02	3432.39	3433.76	3435.13	3436.50	3437.87	3439.24	3440.61	3441.98	3443.35	3444.72	3446.09	3447.46	3448.83	3450.20	3451.57	3452.94	3454.31	3455.68	3457.05	3458.42	3459.79	3461.16	3462.53	3463.90	3465.27	3466.64	3468.01	3469.38	3470.75	3472.12	3473.49	3474.86	3476.23	3477.60	3478.97	3480.34	3481.71	3483.08	3484.45	3485.82	3487.19	3488.56	3489.93	3491.30	3492.67	3494.04	3495.41	3496.78	3498.15	3499.52	3500.89	3502.26	3503.63	3504.99	3506.36	3507.73	3509.10	3510.47	3511.84	3513.21	3514.58	3515.95	3517.32	3

ESCALA
H : 1/2000



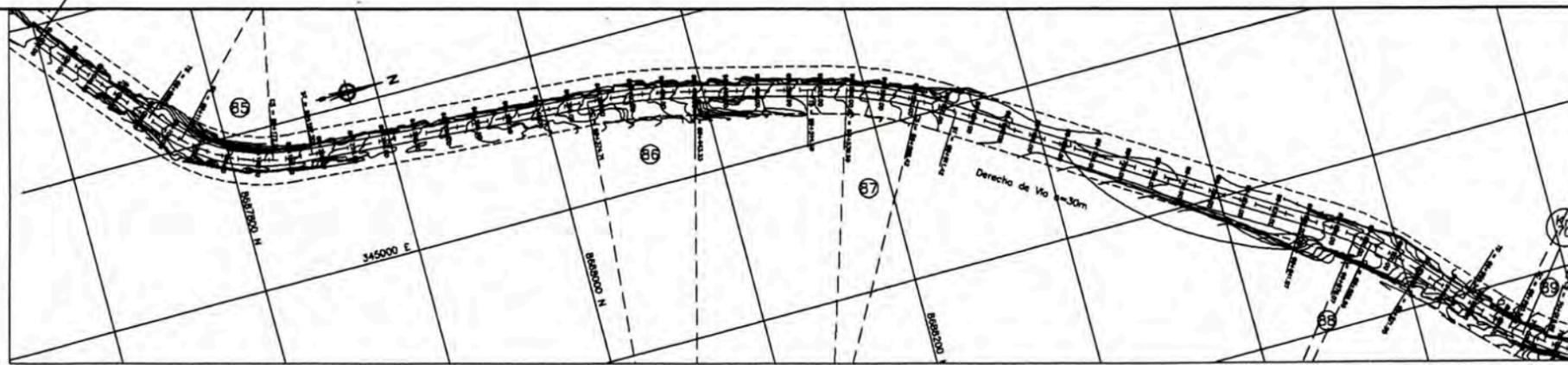
ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



PENDIENTE	-7.51% en 329.00m		8.62% en 61.00m		-8.11% en 82.12m		-0.50% en 193.58m		-1.00% en 102.30m		6.59% en 386.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
COTA CAPA NIVELANTE	2231.69	2233.13	2234.63	2236.13	2237.64	2239.14	2240.64	2242.14	2243.64	2245.14	2246.64	2248.14	2249.65	2251.15	2252.65	2254.15	2255.65	2257.15	2258.65	2260.15	2261.65	2263.15	2264.65	2266.15	2267.65	2269.15	2270.65	2272.15	2273.65	2275.15	2276.65	2278.15	2279.65	2281.15	2282.65	2284.15	2285.65	2287.15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2233.00	2234.45	2235.92	2237.40	2238.88	2240.36	2241.84	2243.32	2244.80	2246.28	2247.76	2249.24	2250.72	2252.20	2253.68	2255.16	2256.64	2258.12	2259.60	2261.08	2262.56	2264.04	2265.52	2267.00	2268.48	2269.96	2271.44	2272.92	2274.40	2275.88	2277.36	2278.84	2280.32	2281.80	2283.28	2284.76	2286.24	2287.72	2289.20	2290.68	2292.16	2293.64	2295.12	2296.60	2298.08	2299.56	2301.04	2302.52	2304.00	2305.48	2306.96	2308.44	2309.92	2311.40	2312.88	2314.36	2315.84	2317.32	2318.80	2320.28	2321.76	2323.24	2324.72	2326.20	2327.68	2329.16	2330.64	2332.12	2333.60	2335.08	2336.56	2338.04	2339.52	2341.00	2342.48	2343.96	2345.44	2346.92	2348.40	2349.88	2351.36	2352.84	2354.32	2355.80	2357.28	2358.76	2360.24	2361.72	2363.20	2364.68	2366.16	2367.64	2369.12	2370.60	2372.08	2373.56	2375.04	2376.52	2378.00	2379.48	2380.96	2382.44	2383.92	2385.40	2386.88	2388.36	2389.84	2391.32	2392.80	2394.28	2395.76	2397.24	2398.72	2399.20	2400.68	2402.16	2403.64	2405.12	2406.60	2408.08	2409.56	2411.04	2412.52	2414.00	2415.48	2416.96	2418.44	2419.92	2421.40	2422.88	2424.36	2425.84	2427.32	2428.80	2430.28	2431.76	2433.24	2434.72	2436.20	2437.68	2439.16	2440.64	2442.12	2443.60	2445.08	2446.56	2448.04	2449.52	2451.00	2452.48	2453.96	2455.44	2456.92	2458.40	2459.88	2461.36	2462.84	2464.32	2465.80	2467.28	2468.76	2470.24	2471.72	2473.20	2474.68	2476.16	2477.64	2479.12	2480.60	2482.08	2483.56	2485.04	2486.52	2488.00	2489.48	2490.96	2492.44	2493.92	2495.40	2496.88	2498.36	2499.84	2501.32	2502.80	2504.28	2505.76	2507.24	2508.72	2510.20	2511.68	2513.16	2514.64	2516.12	2517.60	2519.08	2520.56	2522.04	2523.52	2525.00	2526.48	2527.96	2529.44	2530.92	2532.40	2533.88	2535.36	2536.84	2538.32	2539.80	2541.28	2542.76	2544.24	2545.72	2547.20	2548.68	2550.16	2551.64	2553.12	2554.60	2556.08	2557.56	2559.04	2560.52	2562.00	2563.48	2564.96	2566.44	2567.92	2569.40	2570.88	2572.36	2573.84	2575.32	2576.80	2578.28	2579.76	2581.24	2582.72	2584.20	2585.68	2587.16	2588.64	2590.12	2591.60	2593.08	2594.56	2596.04	2597.52	2599.00	2600.48	2601.96	2603.44	2604.92	2606.40	2607.88	2609.36	2610.84	2612.32	2613.80	2615.28	2616.76	2618.24	2619.72	2621.20	2622.68	2624.16	2625.64	2627.12	2628.60	2630.08	2631.56	2633.04	2634.52	2636.00	2637.48	2638.96	2640.44	2641.92	2643.40	2644.88	2646.36	2647.84	2649.32	2650.80	2652.28	2653.76	2655.24	2656.72	2658.20	2659.68	2661.16	2662.64	2664.12	2665.60	2667.08	2668.56	2670.04	2671.52	2673.00	2674.48	2675.96	2677.44	2678.92	2680.40	2681.88	2683.36	2684.84	2686.32	2687.80	2689.28	2690.76	2692.24	2693.72	2695.20	2696.68	2698.16	2699.64	2701.12	2702.60	2704.08	2705.56	2707.04	2708.52	2710.00	2711.48	2712.96	2714.44	2715.92	2717.40	2718.88	2720.36	2721.84	2723.32	2724.80	2726.28	2727.76	2729.24	2730.72	2732.20	2733.68	2735.16	2736.64	2738.12	2739.60	2741.08	2742.56	2744.04	2745.52	2747.00	2748.48	2749.96	2751.44	2752.92	2754.40	2755.88	2757.36	2758.84	2760.32	2761.80	2763.28	2764.76	2766.24	2767.72	2769.20	2770.68	2772.16	2773.64	2775.12	2776.60	2778.08	2779.56	2781.04	2782.52	2784.00	2785.48	2786.96	2788.44	2789.92	2791.40	2792.88	2794.36	2795.84	2797.32	2798.80	2800.28	2801.76	2803.24	2804.72	2806.20	2807.68	2809.16	2810.64	2812.12	2813.60	2815.08	2816.56	2818.04	2819.52	2821.00	2822.48	2823.96	2825.44	2826.92	2828.40	2829.88	2831.36	2832.84	2834.32	2835.80	2837.28	2838.76	2840.24	2841.72	2843.20	2844.68	2846.16	2847.64	2849.12	2850.60	2852.08	2853.56	2855.04	2856.52	2858.00	2859.48	2860.96	2862.44	2863.92	2865.40	2866.88	2868.36	2869.84	2871.32	2872.80	2874.28	2875.76	2877.24	2878.72	2880.20	2881.68	2883.16	2884.64	2886.12	2887.60	2889.08	2890.56	2892.04	2893.52	2895.00	2896.48	2897.96	2899.44	2900.92	2902.40	2903.88	2905.36	2906.84	2908.32	2909.80	2911.28	2912.76	2914.24	2915.72	2917.20	2918.68	2920.16	2921.64	2923.12	2924.60	2926.08	2927.56	2929.04	2930.52	2932.00	2933.48	2934.96	2936.44	2937.92	2939.40	2940.88	2942.36	2943.84	2945.32	2946.80	2948.28	2949.76	2951.24	2952.72	2954.20	2955.68	2957.16	2958.64	2960.12	2961.60	2963.08	2964.56	2966.04	2967.52	2969.00	2970.48	2971.96	2973.44	2974.92	2976.40	2977.88	2979.36	2980.84	2982.32	2983.80	2985.28	2986.76	2988.24	2989.72	2991.20	2992.68	2994.16	2995.64	2997.12	2998.60	3000.08	3001.56	3003.04	3004.52	3006.00	3007.48	3008.96	3010.44	3011.92	3013.40	3014.88	3016.36	3017.84	3019.32	3020.80	3022.28	3023.76	3025.24	3026.72	3028.20	3029.68	3031.16	3032.64	3034.12	3035.60	3037.08	3038.56	3040.04	3041.52	3043.00	3044.48	3045.96	3047.44	3048.92	3050.40	3051.88	3053.36	3054.84	3056.32	3057.80	3059.28	3060.76	3062.24	3063.72	3065.20	3066.68	3068.16	3069.64	3071.12	3072.60	3074.08	3075.56	3077.04	3078.52	3080.00	3081.48	3082.96	3084.44	3085.92	3087.40	3088.88	3090.36	3091.84	3093.32	3094.80	3096.28	3097.76	3099.24	3100.72	3102.20	3103.68	3105.16	3106.64	3108.12	3109.60	3111.08	3112.56	3114.04	3115.52	3117.00	3118.48	3119.96	3121.44	3122.92	3124.40	3125.88	3127.36	3128.84	3130.32	3131.80	3133.28	3134.76	3136.24	3137.72	3139.20	3140.68	3142.16	3143.64	3145.12	3146.60	3148.08	3149.56	3151.04	3152.52	3154.00	3155.48	3156.96	3158.44	3159.92	3161.40	3162.88	3164.36	3165.84	3167.32	3168.80	3170.28	3171.76	3173.24	3174.72	3176.20	3177.68	3179.16	3180.64	3182.12	3183.60	3185.08	3186.56	3188.04	3189.52	3191.00	3192.48	3193.96	3195.44	3196.92	3198.40	3199.88	3201.36	3202.84	3204.32	3205.80	3207.28	3208.76	3210.24	3211.72	3213.20	3214.68	3216.16	3217.64	3219.12	3220.60	3222.08	3223.56	3225.04	3226.52	3228.00	3229.48	3230.96	3232.44	3233.92	3235.40	3236.88	3238.36	3239.84	3241.32	3242.80	3244.28	3245.76	3247.24	3248.72	3250.20	3251.68	3253.16	3254.64	3256.12	3257.60	3259.08	3260.56	3262.04	3263.52	3265.00	3266.48	3267.96	3269.44	3270.92	3272.40	3273.88	3275.36	3276.84	3278.32	3279.80	3281.28	3282.76	3284.24	3285.72	3287.20	3288.68	3290.16	3291.64	3293.12	3294.60	3296.08	3297.56	3299.04	3300.52	3302.00	3303.48	3304.96	3306.44	3307.92	3309.40	3310.88	3312.36	3313.84	3315.32	3316.80	3318.28	3319.76	3321.24	3322.72	3324.20	3325.68	3327.16	3328.64	3330.12	3331.60	3333.08	3334.56	3336.04	3337.52	3339.00	3340.48	3341.96	3343.44	3344.92	3346.40	3347.88	3349.36	3350.84	3352.32	3353.80	3355.28	3356.76	3358.24	3359.72	3361.20	3362.68	3364.16	3365.64	3367.12	3368.60	3370.08	3371.56	3373.04	3374.52	3376.00	3377.48	3378.96	3380.44	3381.92	3383.40	3384.88	3386.36	3387.84	3389.32	3390.80	3392.28	3393.76	3395.24	3396.72	3398.20	3399.68	3401.16	3402.64	3404.12	3405.60	3407.08	3408.56	3410.04	3411.52	3413.00	3414.48	3415.96	3417.44	3418.92	3420.40	3421.88	3423.36	3424.84	3426.32	3427.80	3429.28	3430.76	3432.24	3433.72	3435.20	3436.68	3438.16	3439.64	3441.12	3442.60	3444.08	3445.56	3447.04	3448.52	3450.00	3451.48	3452.96	3454.44	3455.92	3457.40	3458.88	3460.36	3461.84	3463.32	3464.80	3466.28	3467.76	3469.24	3470.72	3472.20	3473.68	3475.16	3476.64	3478.12	3479.60	3481.08	3482.56	3484.04	3485.52	3487.00	3488.48	3489.96	3491.44	3492.92	3494.40	3495.88	3497.36	3498.84	3500.32	3501.80	3503.28	3504.76	3506.24	3507.72	3509.20	3510.68	3512.16	3513.64	3515.12	3516.60	3518.08	3519.56	3521.04	3522.52	3524.00	3525.48	3526.96	3528.44	3529.92	3531.40	3532.88	3534.36	3535.84	3537.32	3538.80	3540.28	3541.76	3543.24	3544.72	3546.20	3547.68	3549.16	3550.64	3552.12	3553.60	3555.08	3556.56	3558.04	3559.52	3561.00	3562.48	3563.96	3565.44	3566.92	3568.40	3569.88	3571.36	3572.84	3574.32	3575.80	3577.28	3578.76	3580.24	3581.72	3583.20	3584.68	3586.16	3587.64	3589.12	3590.60	3592.08	3593.56	3595.04	3596.52	3598.00	3599.48	3600.96	3602.44	3603.92	3605.40	3606.88	3608.36	3609.84	3611.32	3612.80	3614.28	3615.76	3617.24	3618.72	3620.20	3621.68	3623.16	3624.64	3626.12	3627.60	3629.08	3630.56	3632.04	3633.52	

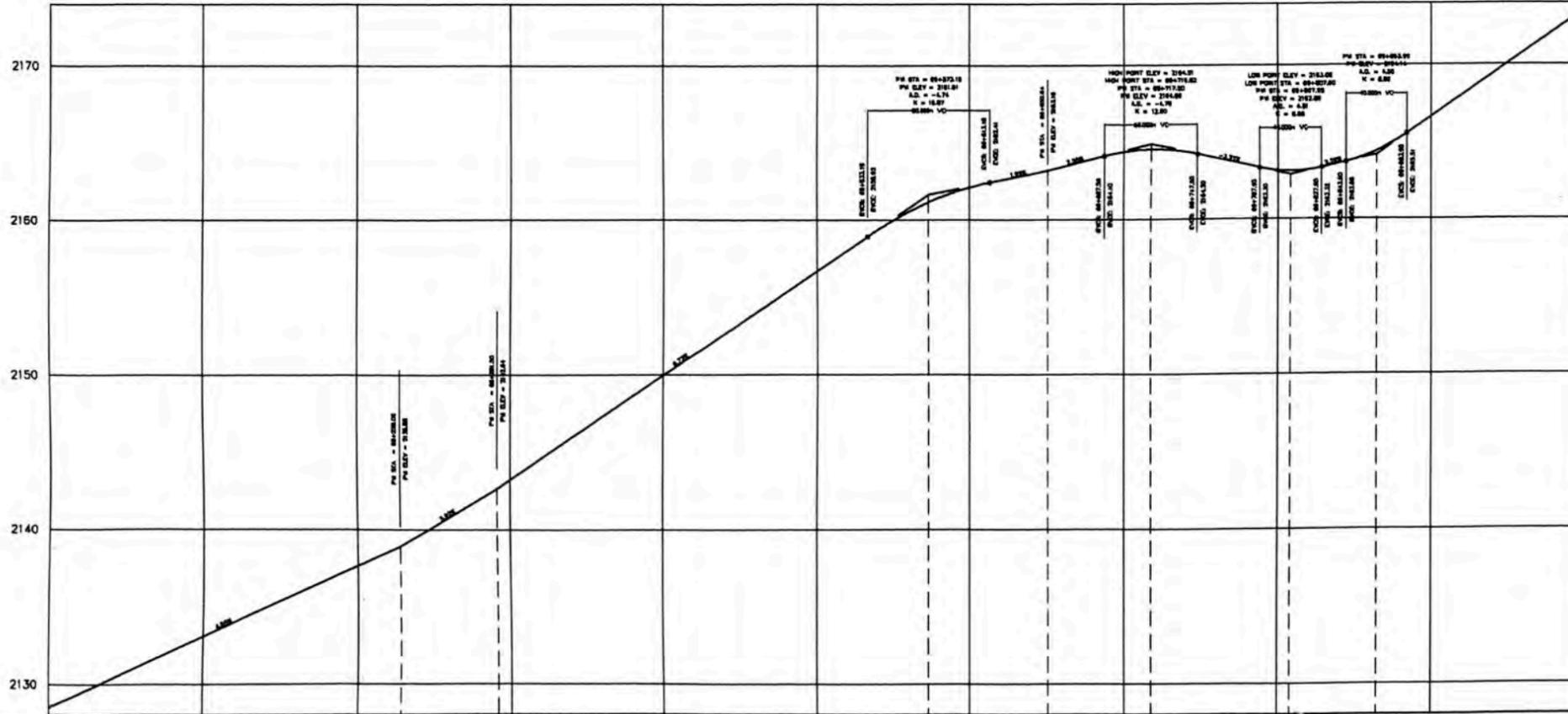
PROYECTO MODIFICADO

ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS								
C. Nro.	S	A.D.	R.	TQ.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A. P %
85	I	32°37'40"	106	67.86	60.38	69+111.84	69+172.20	0.6 8
86	D	10°04'48"	390	69.33	68.62	69+374.71	69+443.33	0.3 4.5
87	D	11°38'26"	230	47.38	46.73	69+539.69	69+586.42	0.3 6.2
88	D	03°33'47"	175	10.9	10.88	69+876.07	69+886.95	0.3 7
89	I	07°19'17"	185	23.77	23.64	69+890.34	70+013.98	0.3 6.6

ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/2000



C. Nro.	S	ESPIRAL DE ENTRADA			ESPIRAL DE SALIDA			
		R.	TS	SC	LONG. ESP.	CS	ST	LONG. ESP.
85	I	106	69+086.84	69+136.84	50	69+171.84	69+221.84	50
86	D	390	-	-	-	-	-	-
87	D	230	69+514.69	69+554.69	40	69+586.69	69+626.69	40
88	D	175	69+841.07	69+881.07	40	69+887.07	69+927.07	40
89	I	185	69+955.34	69+995.34	40	70+014.34	70+054.34	40

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD		
69+090 - 69+190	PD	Postes Delineadores (D)
69+634 - 69+658	GV	Guardavia (G)
69+000	P-2B	Preventiva (P)
69+040	P-2B	Preventiva (P)
69+250	P-2A	Preventiva (P)
69+450	P-2A	Preventiva (P)
69+650	P-2B	Preventiva (P)
69+750	I-2	Informativa (I)
69+890	R-15	Reglamentaria (R)

LEYENDA

- N = SEÑAL NUEVA
- RP = REEMPLAZO DE PANEL
- ← = DIRECCION DE FLUJO
- = LINEA BORDE CARRIL
- = LINEA EJE VIA
- = LINEA DOBLE DE EJE

PENDIENTE	4.55% en 228m		-0.92% en 63.50m		-6.73% en 261.69m		-1.99% en 77.45m		-2.55% en 66.86m		-2.21% en 90.45m		2.29% en 55.95m		-5.84% en 765.755m	
COTA CAPA NIVELANTE	2128.51	2129.420	2130.330	2131.240	2132.150	2133.060	2133.970	2134.880	2135.790	2136.700	2137.610	2138.520	2139.430	2140.340	2141.250	2142.160
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2128.44	2130.35	2131.26	2132.17	2133.08	2133.99	2134.90	2135.81	2136.72	2137.63	2138.54	2139.45	2140.36	2141.27	2142.18	2143.09
ALINEAMIENTO	Lct=25		Lct=25		Lct=25		Lct=25		Lct=25		Lct=25		Lct=35		Lct=35	
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	EXISTENTE		PROYECTADA		PROYECTADA		EXISTENTE		PROYECTADA		PROYECTADA		PROYECTADA		PROYECTADA	
SEÑALIZACION	P-2B		N		P-2A		N		P-2B		I-2		R-15		P-2B	
KILOMETRAJE	69+000	69+100	69+200	69+300	69+400	69+500	69+600	69+700	69+800	69+900	70+000					

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA TRAMO COCACHERA - MATUCANA SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

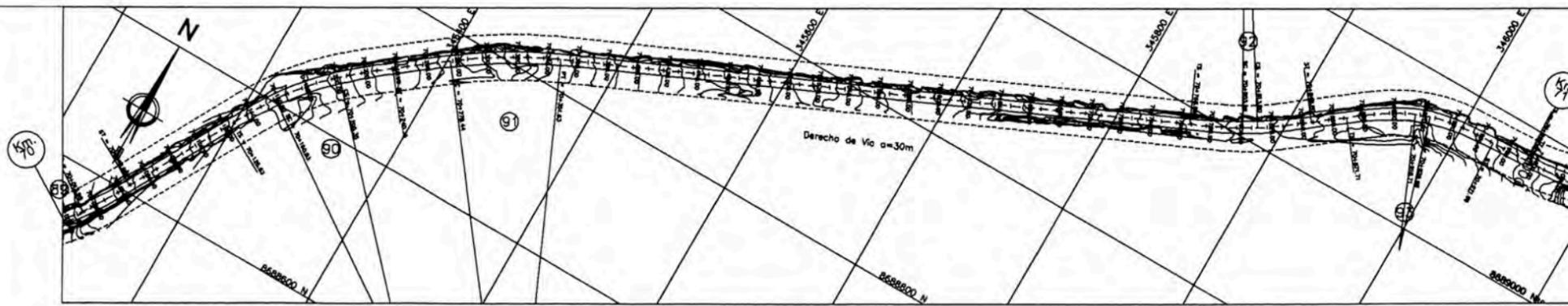
PLANO : PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km 69+000 - Km 70+000

PROYECTO DE MAESTRO INTERURBANA
GRUPO 08

INTERVANTES
R. CARABALLO SOLIS
F. MORALES LLERENA
E. PACHECO AGUIAR
E. ESCOBEDO OTTIO
J. PALOMBO SALAZAR

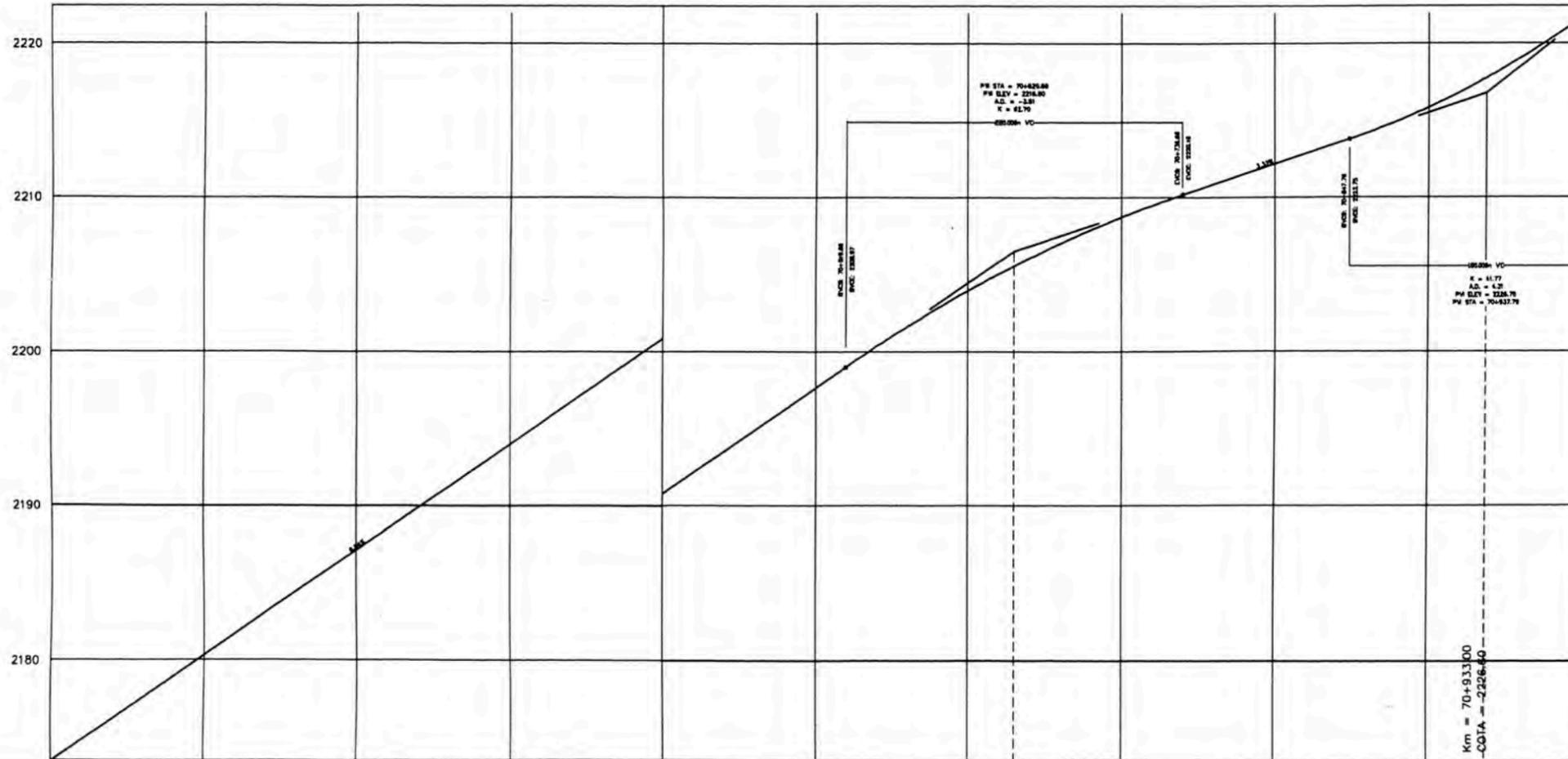
ESCALA INDICADA
FECHA: ENO 2006
DESIGNADO: CS
PLANO N° TCM-S69-72-PP-01
REV. N°

ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS								
C. Nro.	S	A.D.	R.	TG.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A. P %
89	I	07°19'17"	185	23.77	23.64	69+990.34	70+013.98	0.3 6.8
90	D	13°03'05"	195	45.2	44.42	70+160.93	70+205.35	0.3 6.5
91	D	13°18'41"	315	74.53	73.19	70+278.44	70+351.63	0.3 5
92	I	02°55'17"	195	9.95	9.94	70+803.88	70+813.80	0.3 6.5
93	D	06°20'03"	90	9.99	9.95	70+916.71	70+926.66	0.7 8

ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



2230

2220

2210

2200

2190

C. Nro.	S	R.	ESPIRAL DE ENTRADA			ESPIRAL DE SALIDA		
			TS	SC	LONG. ESP.	CS	ST	LONG. ESP.
89	I	185	69+955.34	69+995.34	40	70+014.34	70+054.34	40
90	D	195	70+125.93	70+165.93	40	70+204.93	70+244.93	40
91	D	315	-	-	-	-	-	-
92	I	195	70+768.88	70+818.88	40	70+823.88	70+873.88	40
93	D	90	70+871.71	70+921.71	50	70+928.71	70+978.71	50

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD	
70+070	P-2A Preventiva (D)
70+100	P-4A Preventiva (I)
70+300	P-2B Preventiva (I)
70+660	P-5B Preventiva (D)
70+720	R-30 Reglamentaria (D)
70+985	P-35 Preventiva (D)

NOTA:

- N = SEÑAL NUEVA
- RP = REEMPLAZO DE PANEL
- DIRRECCION DE FLUJO
- LINEA BORDE CARRIL
- LINEA EJE VIA
- LINEA DOBLE DE EJE

PENDIENTE	COTA CAPA NIVELANTE	COTA DE CARPETA EXISTENTE	ALINEAMIENTO	DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	SEÑALIZACION	KILOMETRAJE
	2173.446	2173.45				70+000
	2174.814	2174.82				70+100
	2176.181	2176.20				70+200
	2177.549	2177.57				70+300
	2178.916	2178.94				70+400
	2180.283	2180.31				70+500
	2181.651	2181.68				70+600
	2183.018	2183.05				70+700
	2184.385	2184.43				70+800
	2185.753	2185.80				70+900
	2187.120	2187.17				71+000
	2188.488	2188.54				
	2189.855	2189.91				
	2191.222	2191.28				
	2192.590	2192.65				
	2193.957	2194.02				
	2195.324	2195.39				
	2196.692	2196.76				
	2198.059	2198.13				
	2199.427	2199.50				
	2200.794	2200.87				
	2202.161	2202.24				
	2203.529	2203.61				
	2204.896	2204.98				
	2206.263	2206.35				
	2207.631	2207.72				
	2208.998	2209.09				
	2210.365	2210.43				
	2211.732	2211.79				
	2213.099	2213.15				
	2214.466	2214.51				
	2215.833	2215.88				
	2217.200	2217.24				
	2218.567	2218.60				
	2219.934	2219.97				
	2221.301	2221.33				
	2222.668	2222.70				
	2224.035	2224.07				
	2225.402	2225.44				
	2226.769	2226.81				
	2228.136	2228.18				
	2229.503	2229.55				
	2230.870	2230.92				
	2232.237	2232.29				
	2233.604	2233.66				
	2234.971	2235.03				
	2236.338	2236.40				
	2237.705	2237.77				
	2239.072	2239.14				
	2240.439	2240.51				
	2241.806	2241.88				
	2243.173	2243.25				
	2244.540	2244.62				
	2245.907	2246.00				
	2247.274	2247.35				
	2248.641	2248.72				
	2250.008	2250.09				
	2251.375	2251.46				
	2252.742	2252.83				
	2254.109	2254.20				
	2255.476	2255.57				
	2256.843	2256.94				
	2258.210	2258.31				
	2259.577	2259.67				
	2260.944	2261.04				
	2262.311	2262.41				
	2263.678	2263.78				
	2265.045	2265.15				
	2266.412	2266.52				
	2267.779	2267.88				
	2269.146	2269.25				
	2270.513	2270.62				
	2271.880	2271.99				
	2273.247	2273.35				
	2274.614	2274.72				
	2275.981	2276.09				
	2277.348	2277.45				
	2278.715	2278.82				
	2280.082	2280.19				
	2281.449	2281.55				
	2282.816	2282.92				
	2284.183	2284.29				
	2285.550	2285.66				
	2286.917	2287.02				
	2288.284	2288.39				
	2289.651	2289.76				
	2291.018	2291.12				
	2292.385	2292.49				
	2293.752	2293.86				
	2295.119	2295.22				
	2296.486	2296.59				
	2297.853	2297.96				
	2299.220	2299.33				
	2300.587	2300.69				
	2301.954	2302.06				
	2303.321	2303.43				
	2304.688	2304.79				
	2306.055	2306.16				
	2307.422	2307.53				
	2308.789	2308.89				
	2310.156	2310.26				
	2311.523	2311.63				
	2312.890	2313.00				
	2314.257	2314.36				
	2315.624	2315.73				
	2316.991	2317.10				
	2318.358	2318.46				
	2319.725	2319.83				
	2321.092	2321.20				
	2322.459	2322.56				
	2323.826	2323.93				
	2325.193	2325.30				
	2326.560	2326.67				
	2327.927	2328.03				
	2329.294	2329.40				
	2330.661	2330.77				
	2332.028	2332.13				
	2333.395	2333.50				

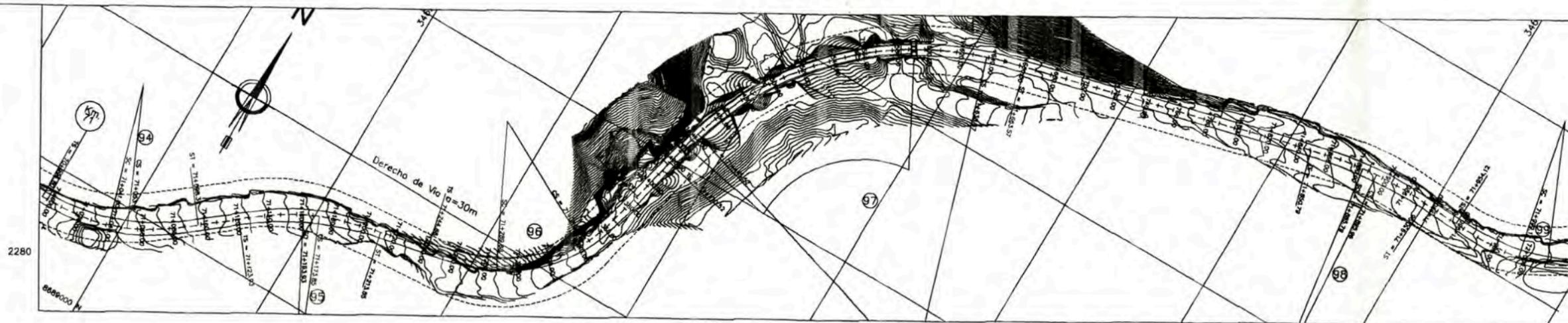
REV. N°	FECH.	DESCRIPCION

MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA
CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
TRAMO COCACCHARA - MATUCANA
SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

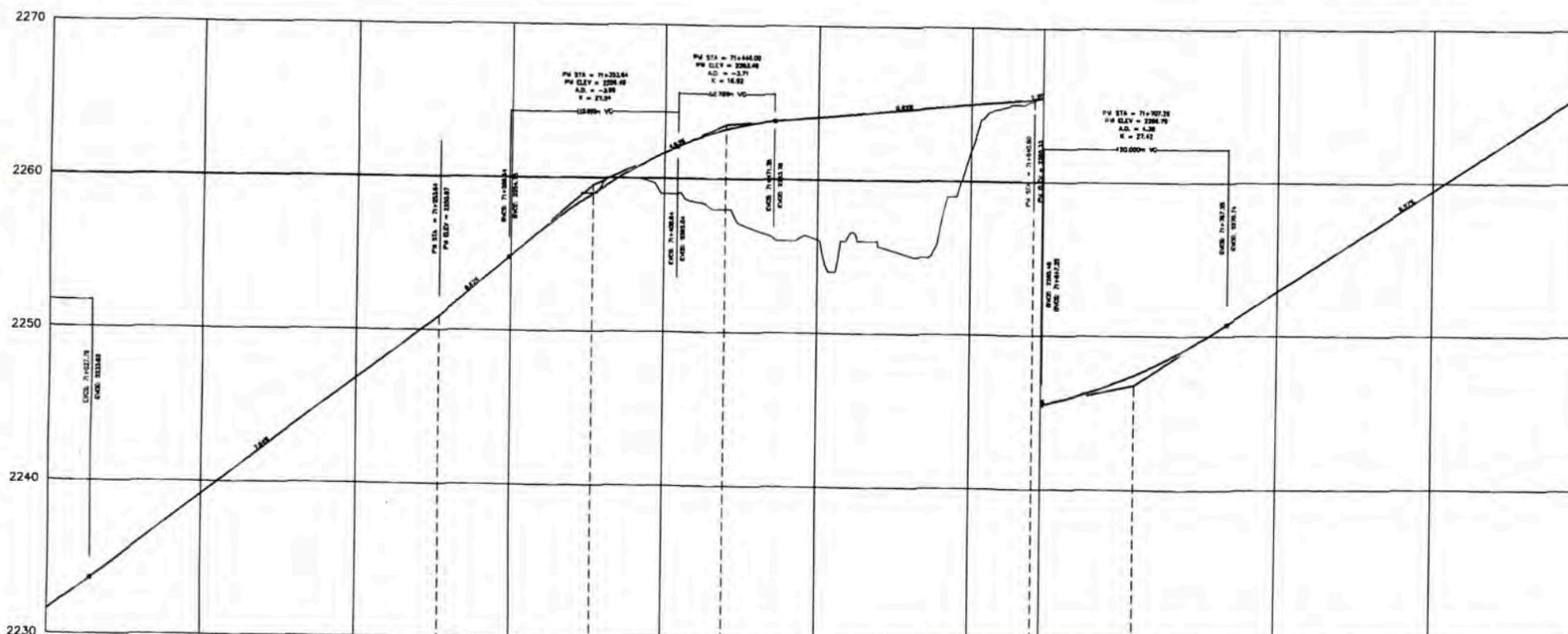
PLANO :
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
Km 70+000 - Km 71+000

PROYECTO DE VALDIZO INTERURBANA	INTEGRANTES R. CARBAJAL SOLIS F. MORALES LLERENA E. PACHECO AGUILAR E. ESCOBEDO IFFINO J. PALOMBO SALAZAR	ESCALA INDICADA	FECHA ENE 2006	DIBUJANTE CS
GRUPO DE		PLANO N° TCM-S69-72-PP-02		REV. N°

ESCALA
H : 1/2000



ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



2290
2280
2270
2260
2250
2240
2230

ELEMENTOS DE CURVAS									
C. Nro.	S	A.D.	R.	TG.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A.	P %
84	I	07°19'28"	90	11.57	11.51	71+041.80	71+053.31	0.7	8
85	D	05°10'52"	109.67	9.84	9.92	71+163.93	71+173.85	0.6	8
86	I	35°48'49"	90	64.94	58.26	71+289.88	71+346.14	0.7	8
87	D	55°18'17"	200	288.89	193.05	71+445.52	71+636.57	0.3	6.5
88	D	03°50'03"	152	10.19	10.17	71+885.78	71+895.96	0.4	7.2
89	I	06°05'22"	90	9.6	9.57	71+998.12	72+008.69	0.7	8

C. Nro.	S	ESPIRAL DE ENTRADA			ESPIRAL DE SALIDA			
		R.	SC	LONG. ESP.	CS	ST	LONG. ESP.	
84	I	90	70+996.80	71+049.80	50	71+053.80	71+053.80	50
85	D	109.67	71+123.93	71+163.93	40	71+173.93	71+213.85	40
86	I	90	71+244.88	71+304.88	60	71+345.88	71+391.14	60
87	D	200	71+420.52	71+500.52	80	71+638.57	71+718.57	80
88	D	152	71+850.78	71+890.78	40	71+894.78	71+834.79	40
89	I	90	71+954.12	72+004.12	50	72+008.12	72+058.12	50

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD		
71+260 - 71+350	PD	Postes Delineadores (D)
71+300 - 71+460	CV	Guardavía (D)
71+710	I-34	Informativa (D)
71+830	P-SA	Preventiva (D)
71+830	P-SB	Preventiva (I)
71+970 - 71+994	CV	Guardavía (D)

NOTA:
 N = SEÑAL NUEVA
 RP = REEMPLAZO DE PANEL
 ---> DIRECCION DE FLUJO
 --- LINEA BORDE CARRIL
 --- LINEA EJE VIA
 --- LINEA DOBLE DE EJE

PENDIENTE	-7.64% en 315.85m		-8.82% en 100.00m		-4.63% en 86.36m		-0.50% en 200.80m		-2.20% en 66.45m		-6.57% en 292.75m																													
COTA CAPA NIVELANTE	2231.594	2233.036	2234.557	2236.064	2237.612	2239.139	2240.667	2242.194	2243.722	2245.249	2246.776	2248.304	2249.831	2251.359	2252.886	2254.413	2255.940	2257.467	2258.994	2260.521	2262.048	2263.575	2265.102	2266.629	2268.156	2269.683	2271.210	2272.737	2274.264	2275.791	2277.318	2278.845	2280.372	2281.899	2283.426	2284.953	2286.480			
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2231.71	2233.07	2234.41	2235.75	2237.09	2238.43	2239.77	2241.11	2242.45	2243.79	2245.13	2246.47	2247.81	2249.15	2250.49	2251.83	2253.17	2254.51	2255.85	2257.19	2258.53	2259.87	2261.21	2262.55	2263.89	2265.23	2266.57	2267.91	2269.25	2270.59	2271.93	2273.27	2274.61	2275.95	2277.29	2278.63	2280.00	2281.34	2282.68	2284.02
ALINEAMIENTO	Lct=45 A=07°19'28"		Lct=45 A=05°10'52"		Lct=20 A=35°48'49"		Lct=20 A=55°18'17"		Lct=45 A=03°50'03"		Lct=25 A=06°05'22"		Lct=25 A=06°05'22"		Lct=35 A=06°05'22"		Lct=35 A=06°05'22"		Lct=45 A=06°05'22"																					
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	Cm 71+159.77 COMPLEMENTACION		Cm 71+211.05 COMPLEMENTACION		Cm 71+263.32 COMPLEMENTACION		Cm 71+315.59 COMPLEMENTACION		Cm 71+367.86 COMPLEMENTACION		Cm 71+420.13 COMPLEMENTACION		Cm 71+472.40 COMPLEMENTACION		Cm 71+524.67 COMPLEMENTACION		Cm 71+576.94 COMPLEMENTACION		Cm 71+629.21 COMPLEMENTACION		Cm 71+681.48 COMPLEMENTACION		Cm 71+733.75 COMPLEMENTACION		Cm 71+786.02 COMPLEMENTACION		Cm 71+838.29 COMPLEMENTACION		Cm 71+890.56 COMPLEMENTACION		Cm 71+942.83 COMPLEMENTACION		Cm 71+995.10 COMPLEMENTACION		Cm 72+007.37 COMPLEMENTACION					
SEÑALIZACION	N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N		N					
KILOMETRAJE	71+000	71+100	71+200	71+300	71+400	71+500	71+600	71+700	71+800	71+900	72+000																													

MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACARA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 Km 71+000 - Km 72+000

PROYECTO DE VALCADO INTERURBANA	INTEGRANTES R. CARABAL SOLÍS F. MORALES LUZENA E. PACHECO AGUIAR E. ESCOBEDO EPINO J. PALOMBO SALAZAR	ESCALA: INDICADA	FECHA: ENE 2006	DISEÑADO: GRUPO 05	DEBUTANTE: CS	REVISOR: CS	PLANO N°: TCM-S69-72-PP-03
---------------------------------	--	---------------------	--------------------	-----------------------	------------------	----------------	-------------------------------