

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VIA SANTIAGO – INSPECCIÓN DE POLICIA DE  
SAN ANDRES, MUNICIPIO DE SANTIAGO, DEPARTAMENTO DEL  
PUTUMAYO**

**ING. JESUS IGNACIO CHAMORRO GOMEZ  
ING. NELSON JHOVANY TORO TOBAR**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VIA SANTIAGO – INSPECCIÓN DE POLICIA DE  
SAN ANDRES, MUNICIPIO DE SANTIAGO, DEPARTAMENTO DEL  
PUTUMAYO**

**ING. JESUS IGNACIO CHAMORRO GOMEZ  
ING. NELSON JHOVANY TORO TOBAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Especialista en Ingeniería de Carreteras**

**Director:  
I.C. PAULO CESAR BURBANO MERA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma presidente de Tesis**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, Mayo de 2011**

## RESUMEN

El presente contiene un trabajo aplicativo de los conocimientos adquiridos en la Especialización de Ingeniería de Carreteras y que sirve como requisito para optar el título de Especialista el cual consiste en el Estudio, diseño geométrico y de estructura pavimento rígido, diseño de obras de defensa y drenaje para la vía Santiago-Inspección de San Andrés, localizada en el Sur-occidente Colombiano, Departamento del Putumayo, sector rural del Municipio de Santiago en una longitud de 1560 metros.

Para la realización de los estudios y diseños se inició con levantamiento topográfico altimétrico y planimétrico del Sector a Intervenir, posteriormente el estudio geotécnico y el estudio de tránsito, cuyo objetivo principal fue conocer el número de ejes simples equivalentes (N) de 8.2 toneladas que circularán por el carril de diseño durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento basado en las características particulares de la vía con esta información se realizó el diseño geométrico de la vía y el diseño de la estructura de pavimento.

Obtenida la estructura del pavimento más favorable considerando aspectos técnicos, de seguridad, durabilidad y economía, se evalúa el costo de la obra previo análisis de precios unitarios a la fecha de realización del proyecto y utilizando las fuentes de materiales de la región, contemplando técnicas constructivas y equipos existentes en el medio con las correspondientes conclusiones y recomendaciones para su construcción

## **ABSTRACT**

This includes a job application of acquired knowledge in the specialization of Highway Engineering and serves as a requisite to obtain the title of which is specialist in the study and geometric design and rigid pavement structures were designed for defense and drainage works for route Santiago-Inspection of San Andrés, located in the south-western Colombia, Putumayo, rural sector of the Municipality of Santiago on a length of 1560 meters.

To carry out the studies and designs began with altimetric and planimetric Land Survey of Industry to intervene, then the geotechnical study and traffic study, whose main objective was to determine the number of equivalent single axles (N) of 8.2 tonnes to circulate the design lane during the design of the pavement structure based on the characteristics of the route in question with this information is held on Geometric Design of the route and design of the pavement structure.

Obtained the design of the pavement structure more favorable considering technical, safety, durability and economy, we evaluate the cost of the work unit price analysis prior to the date of the project and using sources of local materials, contemplating construction techniques and equipment in the medium with the corresponding conclusions and recommendations for construction

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	16
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	18
1.1 CONDICIONES CLIMATICAS Y REGIONALES .....	18
1.2 LOCALIZACIÓN .....	20
1.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA VIA .....	24
1.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO .....	27
2. DISEÑO GEOMÉTRICO .....	29
2.1 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO .....	29
2.1.1 Clasificación de la carretera .....	29
2.1.2 Controles para el diseño geométrico: .....	31
2.1.2.1 Velocidad de diseño .....	31
2.1.2.2 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y en perfil .....	32
2.1.2.3 Vehículo de diseño .....	35
2.1.2.4 Distancias de visibilidad.....	36
2.2 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA .....	38
2.3 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA .....	44
2.4 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA.....	48
3. ANALISIS DE TRANSITO .....	62
3.1 DETERMINACION DEL TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO.....	62
3.1.1 Clasificación del tipo de vehiculo de acuerdo con la disposición de sus ejes .....	62
3.1.1.1 Determinación del tránsito promedio diario .....	67
4. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA.....	72
4.1 TRABAJOS DE CAMPO.....	73

4.2	TOMA DE MUESTRAS .....	73
4.3	RESULTADOS DE EVALUACION GEOTECNICA (Ver Anexos).....	74
4.3.1	Aspectos generales. ....	74
4.3.2	Análisis de la evaluación geotécnica. ....	74
4.4	IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS .....	77
4.5	CAPACIDAD PORTANTE .....	77
4.6	SELECCIÓN DEL VALOR DEL C.B.R. DE DISEÑO EN UNA UNIDAD DE DISEÑO.....	78
4.7	MATERIALES.....	79
4.7.1	Afirmado .....	79
4.7.2	Subbase .....	80
4.7.3	Pavimento de concreto hidráulico.....	80
5.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO .....	82
5.1	CONSIDERACIONES BÁSICAS.....	82
5.2	METODOLOGIA APLICADA .....	83
5.3	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	83
5.3.1	Cálculo del módulo de reacción (K) para la subrasante .....	84
5.3.2	Cálculo del módulo de reacción kconjunto .....	85
5.3.3	Espectro de carga.....	87
5.3.4	Factor de seguridad de carga.....	87
5.3.5	Período de diseño .....	87
5.4	LOSA DE CONCRETO.....	88
5.4.1	Módulo de Rotura (Mr) del concreto .....	88
5.4.2	Análisis de fatiga .....	88
5.5	DIMENSIONES DE LA LOSA.....	112
5.5.1	Modulado de losas:.....	116
5.5.2	Datos de entrada para calcular esfuerzos en pavimentos rígidos: .....	110
5.6	LAS JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	120
6.	PRESUPUESTO .....	127
7.	CONCLUSIONES.....	129

8.	RECOMENDACIONES.....	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	131
	ANEXOS.....	133

## LISTA DE CUADROS

		<b>Pág.</b>
Cuadro 1.	Coordenadas de santiago .....	20
Cuadro 2.	Características del tramo en estudio .....	24
Cuadro 3.	Referencias .....	27
Cuadro 4.	Clasificación de carreteras de acuerdo al tipo de terreno.....	30
Cuadro 5.	Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos.....	32
Cuadro 6.	Velocidad específica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño VTR.....	34
Cuadro 7.	Asignación de velocidad específica para curvas horizontales (Vch)	35
Cuadro 8.	Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño .....	36
Cuadro 9.	Dimensiones principales de los vehículos .....	36
Cuadro 10.	Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel .....	37
Cuadro 11.	Distancia de velocidad de parada en tramos con pendiente .....	37
Cuadro 12.	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos .....	38
Cuadro 13.	Coefficiente de fricción transversal máxima .....	39
Cuadro 14.	Radios mínimos para peralte máximo $e_{máx} = 8\%$ y fricción máxima.....	40
Cuadro 15.	Entretangencias del proyecto .....	43
Cuadro 16.	Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).....	46
Cuadro 17.	Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical $V_{tv}$ .....	46
Cuadro 18.	Longitud mínima de la tangente vertical .....	47
Cuadro 19.	Ancho de zona.....	48
Cuadro 20.	Ancho de calzada.....	49

Cuadro 21.	Bombeo de la calzada .....	50
Cuadro 22.	Ancho de bermas .....	50
Cuadro 23.	Valores de velocidad y caudal para la cuneta del proyecto.....	54
Cuadro 24.	Longitud máxima de cuneta en función de su pendiente.....	57
Cuadro 25.	Localización obras de drenaje.....	58
Cuadro 26.	Parámetros de diseño .....	60
Cuadro 27.	Conteos para obtener TPD Transito promedio diario .....	63
Cuadro 28.	Resumen tránsito vehicular .....	63
Cuadro 29.	Categoría de la vía .....	64
Cuadro 30.	Periodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera. ....	65
Cuadro 31.	Proyección número de vehículos comerciales en el carril de diseño .....	65
Cuadro 32.	Tránsito proyectado.....	67
Cuadro 33.	Distribución porcentual de tipo de vehículos. ....	68
Cuadro 34.	Resumen distribución porcentual de vehículos pesados.....	68
Cuadro 35.	Distribución de cargas en %.....	69
Cuadro 36.	Espectro de carga .....	71
Cuadro 37.	Rangos de transito acumulado.....	71
Cuadro 38.	Resumen apiques.....	73
Cuadro 39.	Resultados de ensayo CBR .....	77
Cuadro 40.	Porcentaje de valores CBR mayores o iguales .....	78
Cuadro 41.	Granulometría para afirmado .....	80
Cuadro 42.	Granulometría para subbase .....	80
Cuadro 43.	Efecto de subbases sin tratar en el valor del modulo de reacción....	86
Cuadro 44.	Calculo espectro de carga.....	87
Cuadro 45.	Tipo de vía y condiciones de tránsito .....	87
Cuadro 46.	Valores de MR según el tipo de vía.....	88
Cuadro 47.	Esfuerzo equivalente –Berma de concreto (eje simple eje tándem).	89
Cuadro 48.	Esfuerzo equivalente.....	90
Cuadro 49.	Resumen de cálculo de esfuerzos equivalentes ( $\sigma_{eq}$ ) .....	90

Cuadro 50.	Calculo de relación de esfuerzos ( $FR\sigma$ ) .....	90
Cuadro 51.	Factores de erosión –juntas con pasadores-bermas de concreto (eje simple /eje tándem).....	96
Cuadro 52.	Resumen de cálculo de factores de erosión.....	96
Cuadro 53.	Resumen datos de entrada .....	117
Cuadro 54.	Valores coeficiente de expansión térmica .....	118
Cuadro 55.	Valores factor de fricción .....	118
Cuadro 56.	Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga ...	125

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización del proyecto.....	22
Figura 2. Distribución de tramos en la vía.....	25
Figura 3. Tramo C K0+000-K0+520 ancho promedio 5.00m.....	26
Figura 4. Tramo B K0+520-K1+040 ancho Promedio 6.00 m .....	26
Figura 5. Tramo A K1+040-K1+0560 Ancho promedio 5.50 m .....	27
Figura 6. Referencias en terreno SM1 .....	28
Figura 7. Levantamiento topográfico con estacion total Topcom Ref GTS – 239 w .....	28
Figura 8. Terreno montañoso. K0+0460 .....	31
Figura 9. Desarrollo del peralte .....	41
Figura 10. Sección transversal típica en vías primarias y secundarias .....	48
Figura 11. Análisis de los valores de sobreancho de la curva para un carril en Carreteras Terciarias .....	51
Figura 12. Construcción alcantarilla de aletas inferiores sesgada K0+090 .....	58
Figura 13. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+210.....	58
Figura 14. Construcción Box Couvert 2x2 K0+380 .....	59
Figura 15. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+480.....	59
Figura 16. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+780.....	59
Figura 17. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K1+075.....	60
Figura 18. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K1+140.....	60
Figura 19. Distribución de cargas.....	69
Figura 20. Cajeo con pedraplen. ....	76
Figura 21. K0+040 ensayo de C.B.R. inalterado.....	76
Figura 22. K0+228 ensayo de C.B.R. inalterado.....	76
Figura 23. K0+950 ensayo de C.B.R. inalterado.....	77
Figura 24. Determinación CBR de diseño.....	79

Figura 25. Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y la clasificación del suelo .....	85
Figura 26. Análisis de fatiga – repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos- eje simple.....	92
Figura 27. Análisis de fatiga – repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos- eje tándem .....	94
Figura 28. Análisis de erosión – repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (con berma de concreto) eje simple .....	98
Figura 29. Análisis de erosion – repetición de carga admisible con base en el factor de erosion (con berma de concreto) eje tándem.....	100
Figura 30. Diseño definitivo estructura Pavimento Rígido.....	102
Figura 31. Software PCA espesor de losa 150 mm .....	103
Figura 32. Software PCA espesor de losa 160 mm .....	104
Figura 33. Software PCA espesor de losa 170 mm .....	105
Figura 34. Software PCA espesor de losa 180 mm .....	105
Figura 34. Software PCA espesor de losa 180 mm .....	106
Figura 35. Software PCA espesor de losa 190 mm .....	107
Figura 36. Software PCA espesor de losa 200 mm .....	108
Figura 37. Software PCA Análisis de sensibilidad.....	109
Figura 38. Grafica de coeficiente de alabeo de Bradbury .....	120
Figura 39. Sello de juntas con sus materiales.....	126
Figura 40. Sellador liquido .....	126
Figura 41. Diseño definitivo estructura de pavimento .....	130

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A . CARTERA LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	134
ANEXO B. REPORTE DISEÑO HORIZONTAL .....	166
ANEXO C. REPORTE DISEÑO VERTICAL.....	176
ANEXO D. VOLUMEN EXPLANACIÓN SANTIAGO-SAN ANDRES .....	183
ANEXO E. VOLUMEN ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....	189
ANEXO F. CARTERA DE CHAFLANES.....	195
ANEXO G. ESTUDIO DE SUELOS.....	200
ANEXO H. METODOLOGIA GENERAL AJUSTADA .....	225
ANEXO I. PLANOS LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO –DISEÑO GOMETRICO –DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE -DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....	226

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones geoestratégicas de Colombia lo destacan como país prioritario dentro de los procesos de integración y globalización, por tanto debe contar con una red vial que le permita servir a la demanda en forma segura, cómoda y eficiente. La infraestructura vial y de transporte en Colombia es parte fundamental de la economía del país, por la importancia de las áreas de tránsito y los sistemas de transporte, tanto de carga como de pasajeros, para el desarrollo económico y social, y la interacción urbana con la infraestructura nacional asociada; no obstante, son las condiciones económicas, sociales, políticas y físicas de cada región las que determinan la elección final de los modos y medios de transporte a utilizar.

El presente trabajo contiene el estudio, diseño geométrico y de estructura pavimento rígido para la vía Santiago-Inspección de San Andrés, localizada en el Sur-occidente Colombiano, Departamento del Putumayo, sector rural del Municipio de Santiago desde el K00+0000 hasta el K1+0560 el cual comprende una longitud de 1560 metros aproximadamente.

La vía Santiago – Inspección de San Andrés, es una vía considerada de tercer orden, en terreno montañoso, que comunica a la Inspección de Policía de San Andrés y las veredas circundantes con la cabecera municipal de Santiago, posee una longitud de 1.56 kilómetros aproximadamente. En la actualidad, ésta vía presenta regular estado de conservación de su superficie de rodadura (afirmado), estructuras de drenaje y subdrenaje en regular estado de conservación, siendo el mantenimiento de la misma competencia de la administración municipal de Santiago.

Para la realización de los estudios y diseños de la estructura de pavimento, obras de defensa y drenaje de la vía en cuestión, se realizó inicialmente un levantamiento topográfico altimétrico y planimétrico del Sector a intervenir, posteriormente el estudio geotécnico y el estudio de tránsito, cuyo objetivo principal fue conocer el número de ejes simples equivalentes (N) de 8.2 toneladas que circularán por el carril de diseño durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento.

Con la información obtenida del levantamiento topográfico, análisis del tránsito y el estudio geotécnico, se realizó el diseño geométrico de la vía y el diseño de la estructura de pavimento.

Obtenida la estructura del pavimento, se evalúa el costo de la obra, previo análisis de precios unitarios a la fecha de realización del proyecto y utilizando las fuentes de materiales de la región, contemplando técnicas constructivas y equipos existentes en el medio.

Finalmente, se presentan las conclusiones de los estudios y diseños realizados, se plantean recomendaciones para la construcción de las obras y se entrega el proyecto Final diligenciado en la Metodología General Ajustada para que el proyecto pueda ingresar al sistema “Banco de proyectos de inversión” del Departamento Nacional de Planeación y se pueda gestionar recursos para su construcción.

Objetivo general del estudio: El siguiente estudio tiene como objetivo la evaluación del estado físico de la vía comprendida entre el K00+0000 hasta el K1+0560 el cual comprende una longitud de 1560 metros aproximadamente, que por sus características de daño y necesidad prioritaria hacen necesario el desarrollo del presente estudio, para lo cual se planteará como solución de diseño una estructura de pavimento rígido, dadas las condiciones regionales, climáticas, económicas y de disposición de material en la zona, y análisis de costos de construcción y mantenimiento que garanticen obtener una estructura económicamente viable, segura, eficiente y capaz de resistir las cargas.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 CONDICIONES CLIMATICAS Y REGIONALES**

El Clima, se refiere a los flujos de energía en la capa de gases que rodea a la tierra, o a los ciclos y pautas en las condiciones atmosféricas de una región. Aunque la atmósfera (esfera de gas) "tiene" ciclos y fenómenos propios, toda su dinámica está relacionada con la de los océanos (hidrósfera), los continentes (litósfera), la vida (biósfera) y el cosmos en general. Así, el clima es uno de los cuatro sistemas más complejos dentro del sistema tierra, uno de los retos más grandes para la curiosidad científica y un conocimiento vital en la historia de todas las culturas del mundo que crearon diferentes palabras significando un mismo origen.

Su relación con la vida es amplia. La forma de pensar, de hablar, el color de piel, cultivos, casas, salud, paisaje, comercio, vestido, rito, temor, comida y mito, todos, son de un clima. No se puede cambiar, difícilmente predecir; así, el ordenamiento territorial preverá como acoplar mejor a sus ciclos y pautas las actividades humanas. Su estudio en la región, desde el punto de vista científico, tiene origen en la segunda mitad del siglo veinte, cuando ingenieros colombianos y extranjeros empezaron a ver en este territorio una posible área de expansión agrícola. Conociendo las "nefastas consecuencias sociales, culturales y económicas debidas a la política agraria de la misión capuchina" y tal vez recordando la "gran fertilidad y desarrollo de otros valles recuperados del agua" en diferentes partes del mundo.

Durante las décadas del 50 y 60 estudiosos del IGAC y el entonces recién creado INCORA, comenzaron a explorar el clima entre otros campos biofísicos de la zona y terminaron concluyendo que: "los 950 mm de exceso anual de la precipitación sobre la evaporación media, muestran que los requerimientos básicos del Valle son de drenaje controlado".

De esta manera, fue aprobado e implementado (en parte) el proyecto Putumayo 01, que incluía un sistema de monitoreo hidroclimatológico con cerca de 20 estaciones de observación (prácticamente solo en el plan del Valle). Cuando se demostró inesperadamente que los suelos no eran muy fértiles y que muchos aun no se habían formado, se abandonó el distrito de drenaje a medio camino y consecuentemente se descuidó todo lo relacionado al monitoreo climatológico integral.

Luego las estaciones climatológicas completas e incompletas, quedaron a cargo del HIMAT (e IDEAM), unas se suspendieron y otras continuaron registrando datos, pero el sistema nunca se ha evaluado o corregido.

## **HIDROLOGÍA**

Como no se cuenta con un estudio hidrológico reciente de la zona, se tomó información de algunas de las estaciones meteorológicas manejadas por el IDEAM, ubicadas en cercanías al Valle de Sibundoy dos estaciones en la Cocha y seis en el Valle de Sibundoy.<sup>1</sup>

### **Estaciones Hidrometeorológicas**

En el estudio Plan de Manejo Ambiental del Corredor Bordoncillo – Patascoy elaborado por CORPONARIÑO Y CORPOAMAZONIA, la red climatológica en la cuenca de drenaje del Lago Guamués está conformada por la estación climatológica El Encano, (estación pluviográfica ). En la cuenca alta del río se encuentra la estación SANTA ISABEL ubicada en la vereda del mismo nombre. Sobre la cuenca del Río Putumayo se localizan varias estaciones climatológicas y pluviométricas, de las cuales, algunas sólo se tienen registros de precipitación máxima en 24 horas dificultando la estimación de precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno. Dichas estaciones son: La Primavera, Michoacán, Vichoy (precipitación media anual de 1875) mm, Carrizal, Balsayaco y La Torre de TV San Francisco (precipitación media anual de 4615 mm).

### **Precipitación**

La precipitación está determinada por la situación geográfica y por la influencia de algunos factores importantes, tales como la circulación atmosférica, el relieve y el tipo de vegetación de la zona. El régimen de distribución de las lluvias para el Valle de Sibundoy, presenta un comportamiento UNIMODAL BIESTACIONAL, con una época de intensas lluvias que empieza desde el mes de Abril hasta Agosto y una época de pocas lluvias en los meses de Octubre a Marzo.

En el Valle de Sibundoy, se presenta una precipitación promedio de 1.715 mm., en la estación Balsayaco, con una precipitación total anual de 1.838.3 mm., La Primavera con 1.720.9 y Sibundoy con 1586.50 mm., aumentando hacia la parte alta del municipio de San Francisco en el Alto Putumayo, con una precipitación promedio multianual de 4750 mm..

---

<sup>1</sup> Tomado de la dimensión biofísica – Esquema de ordenamiento territorial.

El período de estiaje en las estaciones de San Antonio y Vichoy (Santiago) se presenta en los meses de Diciembre a Febrero con precipitaciones del orden de 96 mm y 97 mm respectivamente y en la estación Torre TV San Francisco se presenta en los meses de Noviembre a febrero con una precipitación del orden de 204 mm.

La vía está ubicada en el Municipio de Santiago, sector SANTIAGO – SAN ANDRES Departamento del Putumayo, con una altura sobre el nivel del mar de 2150 msnm, la zona correspondiente al estudio presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17 °C, el promedio mensual anual es de 15.98 °C, el mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto. La estación la primavera, registra una temperatura promedio de 15.8°C y unos valores máximos de 16.9°C en el mes de noviembre y un valor mínimo en el mes de julio con 11.4 °C. Corresponde al piso térmico templado.

## 1.2 LOCALIZACIÓN

El municipio de Santiago, se encuentra ubicado al sur occidente Colombiano en el departamento del Putumayo distante 90 km, de la capital Mocoa. Limítrofe con el departamento de Nariño, dista solo 55 km de Pasto su capital y su principal centro abastecedor. Con los municipios de San Francisco, Colón y Sibundoy, forma parte de la Sub-región del Alto Putumayo. (Véase figura 1).

Como dato comparativo, se utilizó información cartográfica georeferenciada a escala 1:2.000 de la cabecera municipal y se construyó un polígono cuyos puntos determinan las siguientes coordenadas planas<sup>2</sup>:

Cuadro 1. Coordenadas de Santiago

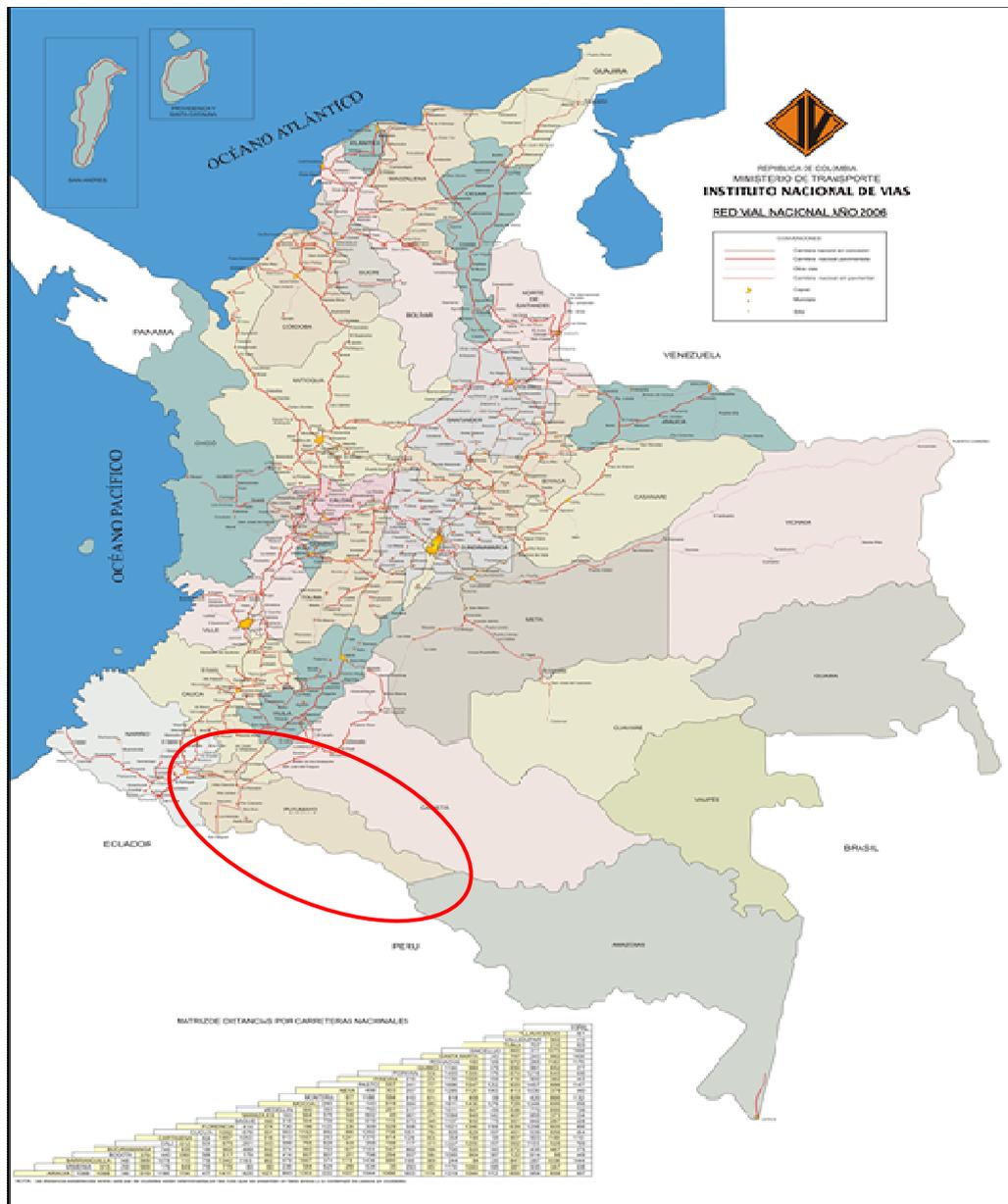
Puntos Determinantes	Y	X	Puntos Determinantes	Y	X
1	1008062	618616	25	1008627	618708
2	1008010	618631	26	1008738	618767
3	1008020	618667	27	1008761	618801
4	1008058	618663	28	1008805	618796

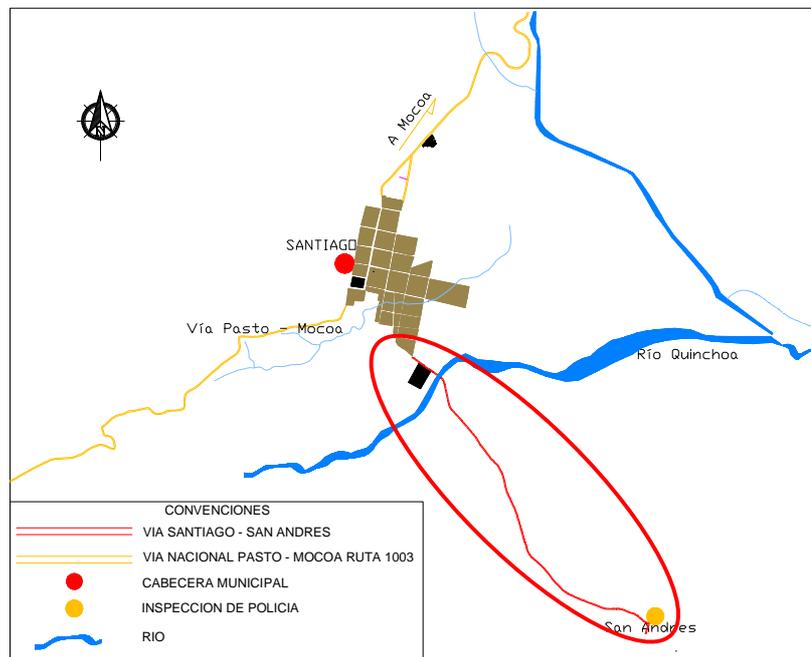
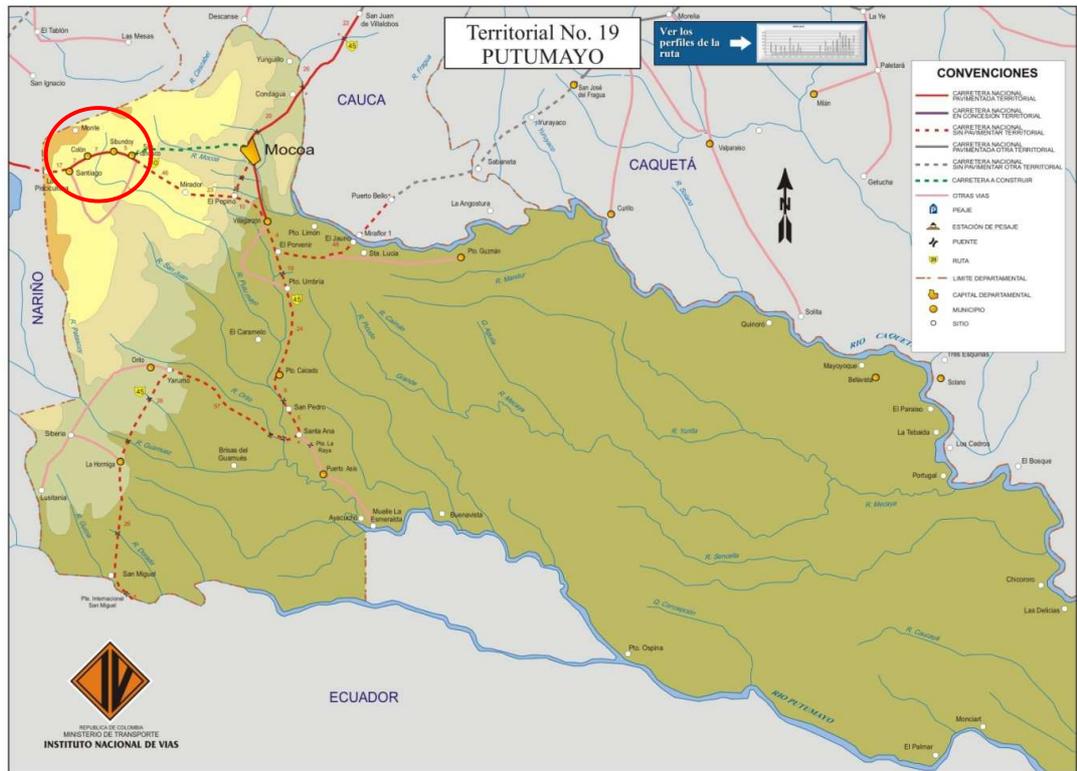
<sup>2</sup> Esquema de ordenamiento territorial de Santiago

Continuación cuadro 1.

5	1008079	618676	29	1008859	618808
6	1008102	618792	30	1008923	618814
7	1008102	618819	31	1008945	618833
8	1008083	618829	32	1008953	618704
9	1008107	618927	33	1008995	618643
10	1008149	618957	34	1008853	618486
11	1008219	618963	35	1008768	618500
12	1008216	618983	36	1008775	618340
13	1008214	619002	37	1008468	618384
14	1008216	619040	38	1008410	618119
15	1008226	619074	39	1008282	618247
16	1008388	619240	40	1008286	618327
17	1008414	619227	41	1008205	618364
18	1008337	618848	42	1008242	618467
19	1008415	618824	43	1008166	618482
20	1008436	618822	44	1008158	618439
21	1008461	618876	45	1008076	618401
22	1008490	618880	46	1008044	618415
23	1008561	618867	47	1008054	618483
24	1008529	618693	48	1008034	618492

Figura 1. Localización del proyecto.





### 1.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA VIA

La longitud de la vía que comprende el estudio es de 1560 metros , con un ancho de calzada variable desde 5.0 hasta 6.5 metros, con base en el ancho promedio y descripción general de la capa de rodadura con sus obras de drenaje, la vía se ha dividido en tres tramos generales los que se han denominado: (Véase cuadro 2 y figura 2, 3, 4 y 5).

- TRAMO A
- TRAMO B
- TRAMO C

Cuadro 2. Características del tramo en estudio

TRAMO	REFERENCIACION	LONGITUD (M)	ANCHO PROMEDIO(m)	DESCRIPCION
<b>C</b>	K0+000-K0+520	520	5.0	Capa de rodadura material de afirmado, obras de drenaje deficientes y las existentes en mal estado
<b>B</b>	K0+520-K0+0900	380	6.0	Capa de rodadura material de afirmado, obras de drenaje deficientes y las existentes en mal estado
<b>A</b>	K0+900-K1+0560	660	5.5	Capa de rodadura material de afirmado, obras de drenaje deficientes y las existentes en mal estado

Figura 2. Distribución de tramos en la vía.

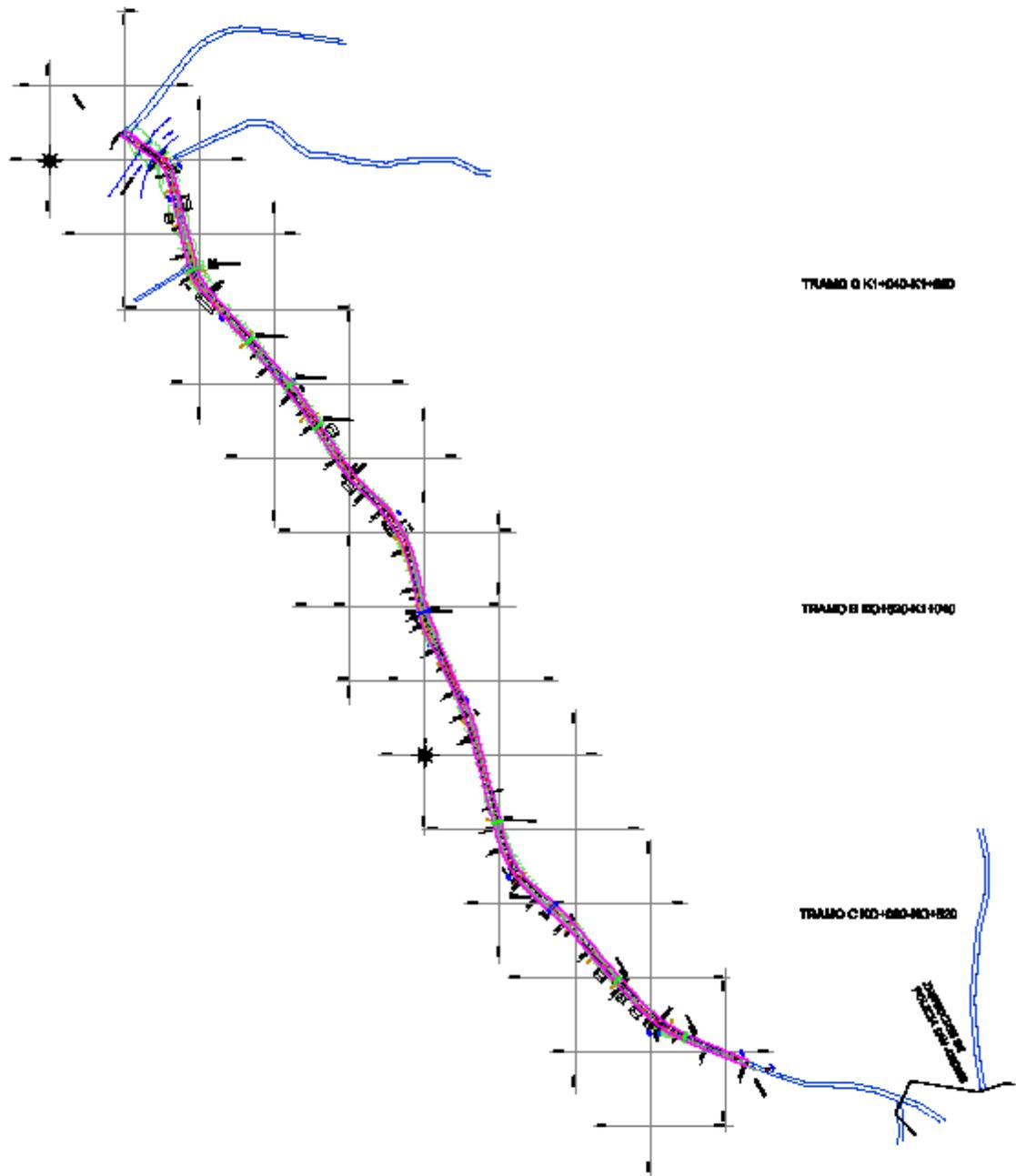


Figura 3. Tramo C K0+000-K0+520 ancho promedio 5.00m



Figura 4. Tramo B K0+520-K0+900 ancho promedio 6.00 m



Figura 5. Tramo A K0+0900-K1+0560 ancho promedio 5.50 m



#### 1.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

La primera actividad desarrollada fue establecimiento de una poligonal cuyos vértices son base de la topografía. El origen de las coordenadas se definido a partir de G.P.S. (Sistema de Posicionamiento Global). (Véase cuadro 3 y figura 6 y 7).

Cuadro 3. Referencias

**REFERENCIAS**  
**SANTIAGO - SAN ANDRES K0+000.00 - K1+560.04**

REFERENCIA	COORDENADAS		COTA
	NORTE	ESTE	
SM1	616793.326	1009315.838	2202.153
SM2	616776.913	1009356.664	2202.622
SM3	616836.614	1009208.744	2199.985
SM4	617044.711	1009015.179	2186.530
SM5	617276.425	1008950.205	2195.428
SM6	617519.113	1008857.298	2194.808
SM7	617794.031	1008631.419	2188.483
SM8	617945.757	1008565.156	2185.233
SM9	617993.640	1008560.269	2183.900

Para el levantamiento topográfico se utilizó el siguiente equipo de topografía:

- Estación total Topcom Ref GTS-239W
- Nivel de precisión automático KING PRECISION

- GPS Garmín 60CS sx
- Mira
- Cinta métrica
- Estacas
- Plomadas
- Otros elementos.

Figura 6. Referencias en terreno SM1



Figura 7. Levantamiento topográfico con estacion total Topcom Ref GTS – 239 w



## 2. DISEÑO GEOMÉTRICO

En el diseño geométrico de una carretera todos los elementos deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Para el diseño geométrico de la carretera es necesario iniciar clasificando la carretera e identificando tramos homogéneos de acuerdo con la topografía predominante.

### 2.1 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO

**2.1.1 Clasificación de la carretera.** El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras año 2008 establece que una carretera se puede clasificar según su funcionalidad y el tipo de terreno.

#### **Clasificación de acuerdo con la funcionalidad:**

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles: Primarias, secundarias y terciarias.

#### **Terciarias:**

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.

Según el criterio de funcionalidad la carretera Santiago - San Andrés se puede clasificar como carretera terciaria, dado que une la cabecera municipal de Santiago con una vereda, en este caso la Inspección de Policía de San Andrés, además sirve de acceso a las veredas de Balsayaco y San Agustín. Sin embargo para la posible pavimentación de esta vía es necesario que en el diseño la carretera cumpla con las especificaciones geométricas establecidas para vías secundarias<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras Capitulo. 1. Numeral 1.2 Pág. 5

### **Clasificación de acuerdo con el tipo de terreno:**

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio, es decir que a lo largo del proyecto pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno. Terreno plano, Terreno ondulado y Terreno montañoso.

### **Terreno montañoso:**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%).

Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en oportunidades frecuentes<sup>4</sup>.

Cuadro 4. Clasificación de carreteras de acuerdo al tipo de terreno<sup>5</sup>

<b>Tipo de Terreno</b>	<b>Plano</b>	<b>Ondulado</b>	<b>Montañoso</b>	<b>Escarpado</b>
Pendiente Transversal	Menores de 5°	6° - 13°	13° - 40°	Mayores a 40°
Pendiente Longitudinal	Menores de 3%	3% - 6%	6% - 8%	Mayores al 8%

En la carretera Santiago – San Andrés la pendiente del terreno tanto longitudinal como transversalmente en promedio presenta valores entre 8% y 30% por tanto, es posible clasificar la carretera como de terreno montañoso. (Véase cuadro 4).

---

<sup>4</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras – Instituto Nacional de Vías 2008

<sup>5</sup> Curso de Actualización Norma de diseño geométrico de carreteras Ing. Jorge Luis Argoty

Figura 8. Terreno montañoso. K0+0460



## 2.1.2 Controles para el diseño geométrico:

**2.1.2.1 Velocidad de diseño.** En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que puedan realizar el recorrido<sup>6</sup>.

La determinación de la velocidad de diseño de una carretera depende principalmente de las características del terreno, de la magnitud de las obras y de un análisis económico; en este orden de ideas, para seleccionar la velocidad de diseño de la vía en estudio, se analizan las siguientes consideraciones:

- De acuerdo con las condiciones topográficas y geotécnicas uniformes de la vía Santiago – San Andrés y la longitud de la vía, se considera una unidad homogénea de diseño. Teniendo en cuenta que la longitud mínima de un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de 3 km, para velocidades entre 20 y 50 kph.
- El tipo de terreno de acuerdo con su topografía se puede clasificar como montañoso.
- La vía constituye el único medio efectivo para la comercialización de productos agrícolas en el sector.
- La economía del Municipio de Santiago se beneficia gracias al flujo comercial de productos agrícolas provenientes de la zona rural.

---

<sup>6</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras – Instituto Nacional de Vías 2008

Del análisis de las anteriores consideraciones, la categoría de la carretera y el tipo de terreno se puede adoptar la velocidad de diseño del tramo homogéneo ( $V_{TR}$ ) en el rango que se indica en el cuadro 5. Donde se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país. (Véase cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Teniendo en cuenta la evaluación de clasificación y los requerimientos determinados en el manual de diseño geométrico Capítulo 1, Numeral 1.2.1.3 Pág. 5, en donde se establece que las carreteras consideradas como terciarias deben funcionar en afirmado en caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para vías secundarias, se adopta como velocidad de diseño para el tramo homogéneo, de acuerdo a su clasificación del tipo de terreno de la carretera, para vía secundaria y terreno montañoso **40 km/h**.

**2.1.2.2 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y en perfil.** En el medio colombiano la velocidad tope a la que viajan los conductores en un momento dado es función, principalmente, de las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo y en menor medida por las señales de límite de velocidad colocadas en la vía ó por una eventual intervención de los agentes de tránsito. La Velocidad Específica para un elemento de diseño considerado

aisladamente es la velocidad máxima más probable con que sería abordado el elemento y con la que se debe diseñar el elemento.

Para tener en cuenta en el diseño esta actitud de relativa indisciplina de los conductores es necesario dimensionar los elementos geométricos, curvas y entretangencias en planta y perfil, en forma tal que puedan ser recorridos con plena seguridad a la velocidad máxima más probable con que sería abordado cada uno de dichos elementos geométricos<sup>7</sup>.

La velocidad máxima más probable con que sería abordado cada elemento geométrico es justamente su Velocidad Específica y es con la que se debe diseñar ese elemento.

El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende de:

- El valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo ( $V_{TR}$ ) en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica el valor de la velocidad de diseño del tramo ( $V_{TR}$ ).
- De la geometría del trazado, inmediatamente antes del elemento considerado, según el sentido de circulación del vehículo.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y entretangencias, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, se obliga a que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean como mínimo iguales a la velocidad de diseño del tramo ( $V_{TR}$ ) y no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora ( $V_{TR} + 20 \text{ km/h}$ ).

La secuencia general para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

1) En el proceso de diseño del eje en planta:

- Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada ( $V_{TR}$ ), asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales ( $V_{CH}$ ).
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales ( $V_{CH}$ ), asignar la velocidad específica a las entretangencias horizontales ( $V_{ETH}$ ).

---

<sup>7</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras – Instituto Nacional de Vías 2008

2) En el proceso de diseño del eje en perfil:

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales (VCH) y a las entretangencias horizontales (VETH), asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales (VCV).
- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las entretangencias horizontales (VETH), asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales (VTV).

Según el manual de diseño geométrico numeral 2.1.3.1.1 criterios para la asignación de la velocidad específica de la curva horizontal VCH y atendiendo las recomendaciones y los criterios para la designación de la velocidad específica de la curva horizontal ( VCH) cuando la velocidad de diseño del tramo (VTR) es relativamente baja ( 30 y 50 km/h), la longitud del segmento recto, en función de la cual los conductores toman la decisión para ajustar su velocidad, tal como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Velocidad específica de una curva horizontal (VCH) incluida en un tramo homogéneo con velocidad de diseño VTR

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior $V_{CH}$ (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $\leq$ 50 km/h					Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TR}$ ) $>$ 50 km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
		$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$			$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$			
$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR}$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$
<b>CASO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Se analiza el caso particular del diseño, el caso 2 es el que más se ajusta a las condiciones geométricas, para la asignación de la velocidad específica.

**CASO 2.** Los conductores, al salir de la curva anterior, juzgan que la longitud del segmento recto se encuentra entre ciento cincuenta y cuatrocientos metros (150 y 400 m). En éste caso ajustan ó no su velocidad en función de la percepción que obtienen del trazado más allá de la curva que encuentran ya muy cercana.

Si la deflexión de la curva siguiente es menor de cuarenta y cinco grados ( $\Delta < 45^\circ$ ), los conductores alcanzan a tener una noción razonablemente clara del trazado que sigue y no disminuyen la velocidad a la que ya se desplazan por el segmento recto, que es la velocidad a la que salieron de la curva anterior. En

consecuencia, se le debe asignar a la curva horizontal una Velocidad Específica igual a la Velocidad Específica de dicha curva anterior.

Con estos datos se asigna la velocidad específica a las demás curvas, en forma consecutiva cumpliendo los criterios indicados en el Cuadro 6. Hasta terminar con la asignación de la velocidad específica de la última curva.

Parámetros para el análisis

- VTR del tramo analizado 40 km/h
- VCH del tramo analizado 40 km/h ( para la primera curva)
- Longitud del segmento recto anterior ( Asumido para la primera curva) (80 m)
- VTR del tramo anterior (Asumido para la primera Curva 40 km/h)

La asignación de la Velocidad Específica para cada uno de los elementos de la vía en estudio, se tendrá en cuenta en el diseño en planta y en perfil.

La asignación de velocidad específica de las curvas horizontales (VCH), se realizó, simulando primero el desplazamiento de un vehículo en sentido Santiago-San Andrés y posteriormente San Andrés – Santiago, con los siguientes resultados (Véase cuadro 7).

Cuadro 7. Asignación de velocidad específica para curvas horizontales (Vch)

CURVA HORIZONTAL	$\Delta$	ENTRETANGENCIAS	VELOCIDAD DEL TRAMO HOMOGÉNEO (VTR) Km/h	VEL ESPECIFICA (VCH) (Sentido Santiago - San Andrés) Km/h	VEL ESPECIFICA (VCH) (Sentido San Andrés - Santiago) Km/h	VEL ESPECIFICA (VCH) ADOPTADA Km/h
1	26°42'15" D	65.06	40	40	40	40
2	6°51'58" I	29.22	40	40	40	40
3	33°04'17" D	122.74	40	40	40	40
4	10°09'58" I	63.06	40	40	40	40
5	13°09'06" D	54.81	40	40	40	40
6	34°06'29" I	31.17	40	40	40	40
7	11°51'16" D	55.81	40	40	40	40
8	6°53'34" I	127.49	40	40	40	40
9	27°42'14" D	110.00	40	40	40	40

**2.1.2.3 Vehículo de diseño.** El diseño geométrico de una vía está orientado a definir un trazado que facilite la circulación de los vehículos tanto en el sentido longitudinal como en su ubicación en el sentido transversal de la calzada. El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño. (Véase cuadro 8 y 9).

En concordancia con lo estipulado por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004 y teniendo en cuenta que la Vía Santiago – San Andrés tiene importancia para el transporte de productos agrícolas y comerciales

se considera como vehículo de diseño el camión de dos (2) ejes o camión sencillo clasificado según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 como C2G.

Cuadro 8. Nomenclatura empleada para la descripción de los vehículos de diseño

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Vehículo liviano	-
Bus mediano	-
Bus grande	-
2	Camión de dos (2) ejes - Camión sencillo
3	Camión de tres (3) ejes - Dobletroque
3S2	Tractocamión de tres (3) ejes con Semirremolque de dos (2) ejes

Cuadro 9. Dimensiones principales de los vehículos

CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL (m)	ANCHO (m)	LONGITUD TRACTOCAMIÓN (m)	LONGITUD SEMIRREMOLQUE (m)	FIGURA No.
Vehículo liviano	5.00	1.80	-	-	2.2.
Bus mediano	10.91	2.44	-	-	2.3.
Bus grande	13.00	2.60	-	-	2.4.
2	11.00	2.50	-	-	2.5.
3	11.40	2.50	-	-	2.6.
3S2	20.89	2.59	4.57	14.63	2.7.

**2.1.2.4 Distancias de visibilidad.** Se debe tener en cuenta definiciones, como:

**Velocidad en la entretangencia horizontal (VETH):**

Para la verificación de la distancia de visibilidad de adelantamiento ( $d_a$ ) en una entretangencia horizontal y para la asignación de la Velocidad Específica de una curva vertical (VCV) incluida en dicha entretangencia es necesario establecer la probable velocidad a la que circularían los vehículos por ella.

En carreteras de una calzada, un vehículo puede ingresar a la entretangencia saliendo de la curva horizontal localizada en un extremo, que tiene una determinada Velocidad Específica (VCH), ó saliendo de la curva localizada en el otro extremo, que también tiene su propia Velocidad Específica (VCH). Los vehículos van a circular por la entretangencia a la velocidad a la que salieron de la curva siendo críticos los que entraron a la entretangencia desde la curva horizontal que presenta la Velocidad Específica mayor. En consecuencia, la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas.

Teniendo en cuenta el criterio de velocidad de entretangencia (VETH) para el tramo 40 km/h, para el presente proyecto se tiene en cuenta dos tipos de

distancias de visibilidad, la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de parada se define como la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detener con seguridad el mismo, antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria, al circular con la velocidad específica del elemento. La distancia de visibilidad de parada es un parámetro de cálculo que se tendrá en cuenta en el diseño de las curvas verticales y cuando se verifique el despeje lateral en curvas horizontales. (Véase cuadro 10 y 11).

Cuadro 10. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA PERCEPCIÓN-REACCIÓN (m)	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA (m)	REDONDEADA (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Cuadro 11. Distancia de velocidad de parada en tramos con pendiente

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D <sub>P</sub>					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

**Distancia de visibilidad de adelantamiento:**

Se dice que un tramo de carretera tiene distancia de visibilidad de adelantamiento, cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que

circula por el mismo carril a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra de adelantamiento, según numeral 2.3.2 del Capítulo 2 Controles para el diseño geométrico del Manual de Diseño Geométrico de carreteras.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto. (Véase cuadro 12).

Cuadro 12. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA $V_{ETH}$ (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, $V$ (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO $D_A$ (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20 <sup>†</sup>	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

<sup>†</sup> Valor obtenido por extrapolación

Del cuadro anterior tomado del capítulo 2 Controles para el diseño geométrico numeral 2.3.2 del Manual de Diseño Geométrico de carreteras se toma como distancia mínima de adelantamiento 270 m.

## 2.2 DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía. Lo anterior se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente, según Capítulo 3 diseño en planta del eje de la carretera del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño. De acuerdo con el grado de homogeneidad del proyecto, desde los puntos de vista topográfico, tránsito, geométrico, geológico y dada la longitud de la vía en estudio se considera un tramo homogéneo para el diseño geométrico.

- **Peralte**

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 Numeral 3.1.3.2.1, para carreteras primarias y secundarias, establece para este tipo de vías como peralte máximo 8%, el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a vehículos con centro de gravedad muy alto que pueden tener un potencial de volcamiento.

- **Coefficiente de fricción transversal**

Es necesario determinar el coeficiente de fricción transversal  $F_{Tmáx}$  con el objeto de obtener posteriormente el radio de curvatura mínimo, para esto se toma la información del siguiente cuadro:

Cuadro 13. Coeficiente de Fricción transversal máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{CH}$ (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Para una velocidad de diseño de **40 km/h** se tiene  $F_{Tmáx} = 0.23$

- **Radio mínimo de diseño**

Los radios mínimos absolutos para la velocidad, el coeficiente de fricción y el peralte máximo dado se obtuvo bajo la siguiente expresión del INVIAS.

$$R_{c_{min}} = \frac{(V_{CH})^2}{127 (e_{máx} + f_{máx})}$$

De donde:

$R_{c_{\min}}$ : radio mínimo absoluto (m)

$V_{CH}$ : velocidad específica de la curva horizontal (km/h)

$e_{\max}$ : peralte máximo asociado a la velocidad, en tanto por uno

$f_{\max}$ : coeficiente de fricción máximo asociado a la velocidad

Reemplazando valores en la anterior fórmula se calcula el radio mínimo de curvatura:

$$R_{c_{\min}} = \frac{40^2}{127 (0,08 + 0,23)} = 40.64 \text{ m}$$

Debido a que todas las curvas horizontales del proyecto en estudio se diseñan con una velocidad específica igual a 40 Km/h, se tendrá en cuenta que el radio mínimo para todas las curvas es **41.00 m**. En el cuadro 14. se indica un resumen de radios mínimos en función de la velocidad específica, peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal.

Cuadro 14. Radios mínimos para peralte máximo  $e_{\max} = 8 \%$  y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA ( $V_{CH}$ ) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{T_{\max}}$	TOTAL $e_{\max} + f_{T_{\max}}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

### • Transición del peralte

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales: 1) la distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento y 2) la distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular<sup>8</sup>. (Véase figura 9).

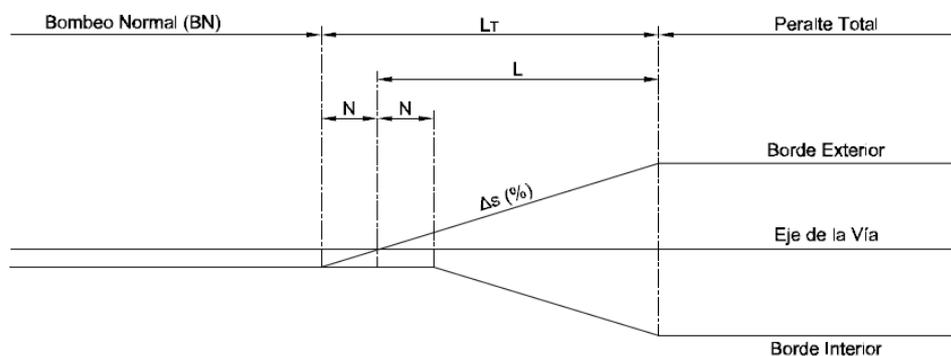
<sup>8</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras – Instituto Nacional de Vías 2008

$$L_t = L + N$$

$$N = \frac{BN \times L}{e_f}$$

Donde: Lt: Longitud total de transición, en metros.  
 L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular, en metros.  
 N: Aplanamiento, en metros.  
 BN: Bombeo normal (vía pavimentada BN = 2%)  
 ef: Peralte total, en porcentaje (%).

Figura 9. Desarrollo del peralte



Ver detalle en planos Anexos.

- **ENTRETANGENCIA HORIZONTAL**

**Entretangencia mínima**

- Para curvas de distinto Sentido

Considerando el empleo de curvas espirales, se puede prescindir de tramos de entretangencia rectos.

Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos (5 s) a la menor

de las Velocidades Específicas (VCH) de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio<sup>9</sup>.

- Para curvas del mismo sentido

En el diseño con curvas espirales la entretangencia no puede ser menor a la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos (5 s) a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH).

Para diseños con curvas circulares, especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo no menor de quince segundos (15 s) a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH).

Por su misma naturaleza, las curvas del mismo sentido se deben considerar indeseables en cualquier proyecto de carreteras, por la inseguridad y disminución de la estética que representan. Ya que por dificultades del terreno, son a veces imposibles de evitar, se debe intentar siempre el reemplazo de dos curvas del mismo sentido por una sola curva que las envuelva.

#### **Entretangencia máxima:**

Se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento ( $D_a$ ), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) expresada en kilómetros por hora (km/h). Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido. (Véase cuadro 15).

---

<sup>9</sup> Manual de Diseño Geométrico de carreteras – Instituto Nacional de Vías 2008

Cuadro 15. Entretangencias del proyecto

Curvas	longitud de la entretangencia	Curva	Sentido de la curva	Entretangencia min.	Cumple	Entretangencia max.	Cumple
1	57.21	Espiral	Derecha	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
2	65.06	Espiral	Izquierda	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
3	29.22	Espiral	Derecha	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
4	122.74	Espiral	Izquierda	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
5	63.06	Espiral	Derecha	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
6	54.81	Espiral	Izquierda	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
7	55.81	Espiral	Derecha	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
8	127.49	Espiral	Izquierda	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
9	110.19	Espiral	Derecha	Se puede prescindir	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK
10	60.98	Circular	Izquierda	5 Seg. A la VCH adyacente = 200 mt.	OK	15 veces la Veth = 600 mt.	OK

### Metodología para el diseño en planta y perfil:

Una vez realizado el levantamiento planimétrico se procedió a trasladar los datos desde la estación total hasta el computador en un formato que permite ser reconocido por el software Eagle Point, el cual reconoce la malla de puntos de los detalles pertinentes para sobre ella realizar una primera edición consistente en unir los puntos del levantamiento. Con esta primera edición se procede a crear el MDT (Modelo Digital del Terreno) que ofrece un croquis del corredor vial donde se procede a cortar los posibles PI's tomando como criterio el aprovechar al máximo la geometría existente sin desfavorecer los parámetros de diseño adoptados.

El procedimiento con el software Eagle Point es:

- Organizar los datos de campo para que sean leídos por el Eagle Point.
- Cargar el programa Eagle Point y configurar unidades.
- Importar datos.
- Preparar el modelo de superficie para el dibujo de la topografía
- Generar la triangulación y las curvas de nivel
- Diseño en planta: poligonal entre PI's y diseño de curvas horizontales
- Peraltes y transición de peraltes
- Dibujo de las secciones transversales del terreno
- Diseño de la subrasante
- Diseño de la sección transversal típica de la vía
- Correr el diseño completo
- Revisión de las secciones transversales del terreno y de la vía a lo largo del diseño
- Dibujo de las planchas de secciones transversales
- Reportes: Volúmenes, coordenadas de las abscisas, chaflanes, cotas.

Con la ayuda de una de las rutinas del programa se procede a iterar bajo las variables de radio mínimo y longitud mínima de espiral (en algunos casos) la

geometría que abarque en lo posible la topografía delimitada por el levantamiento. Una vez terminada esta labor se procede a generar los respectivos reportes entre los cuales se destaca las coordenadas de los PI's; las coordenadas del abscisado y elementos geométricos de cada enlace con sus respectivas transiciones. Ver Anexo B – Reporte Diseño Geométrico Horizontal.

Con el apoyo del alineamiento definitivo horizontal y con ayuda del software, se procede a generar el perfil del proyecto (captura de información del MDT). Del mismo MDT, una vez definido el perfil se procede de igual manera a generar las respectivas secciones transversales cada 10 metros para poder con una subrutina del programa y teniendo en cuenta la estructura del diseño de pavimento rígido y los parámetros de diseño, trazar la rasante procurando en lo posible garantizar un espesor mínimo de excavación entre el afirmado actual y la rasante, es decir, que el afirmado pasaría a convertirse en subrasante dadas las condiciones del diseño de la estructura del pavimento. El programa arrojó un reporte consistente en las cotas de rasante como también de los elementos de la correspondiente geometría vertical. Ver Anexo C – Reporte Diseño Geométrico Vertical.

Se continuó con la elaboración de la cartera de rasante, para elaborar el respectivo diagrama de peraltes y las secciones transversales requeridas para el correspondiente cálculo de movimiento de tierras. Estas carteras se encuentran en los Anexos respectivos.

#### **Cálculo de movimiento de tierras:**

Para el respectivo cálculo se procedió a traslapar electrónicamente las secciones original y final obtenidas del MDT. El procedimiento se remite a medir el área comprendida entre dichos planos de sección para posteriormente ser promediada con su antecesora o predecesora y para luego ser afectada por la longitud distante entre dichas secciones. El resumen del cálculo de estos volúmenes se presenta en Anexo D – Cálculo de movimiento de tierra, el cual se enlazó con la información del presupuesto.

### **2.3 DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA**

El alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

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

congruentes con los del alineamiento horizontal. Por lo tanto, es necesario que los elementos del diseño vertical tengan la misma Velocidad Específica del sector en planta que coincide con el elemento vertical en estudio. Lo ideal es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones del tránsito y a las características del terreno, generando un proyecto lo más económico posible tanto en su operación como para su construcción.

### **2.3.1 Parámetros de diseño de las curvas verticales:**

- **Velocidad específica de todas las curvas verticales(VCV):**

La Velocidad Específica de la curva vertical (VCV), cóncava ó convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la distancia de visibilidad de parada (VP). Si la curva vertical coincide con una curva horizontal que tiene una Velocidad Específica dada (VCH), la Velocidad Específica de la curva vertical (VCV) debe ser igual a la Velocidad Específica de la curva horizontal.

Si la curva vertical está localizada dentro de una entretangencia horizontal con una Velocidad Específica dada (VETH), la Velocidad Específica de la curva vertical (VCV) debe ser igual a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal.

Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales y entretangencias se asignará una Velocidad Específica igual a 40 km/h para todas las curvas verticales.

- **Velocidad específica de la tangente vertical (VTV)**

Dado que la carretera es una sola, la velocidad específica con la que se diseñen los elementos geométricos en perfil debe coincidir con la velocidad específica asignada a los elementos geométricos en planta. La pendiente máxima que se le puede asignar a una tangente vertical es la asociada a la velocidad específica de la entretangencia horizontal coincidente. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV) es igual a la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH).

- **Pendiente mínima de las tangentes verticales**

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. Como pendiente mínima para el presente diseño se toma 0,5%, pendiente que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas.

- **Pendiente máxima de una tangente vertical**

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h).

Para la selección de la pendiente máxima es necesario considerar dos situaciones: La primera, cuando durante el desarrollo de los estudios para la definición del corredor de ruta, que se llevan a cabo durante la Fase 1 del proyecto, se requiere adoptar la Pendiente Media Máxima del corredor (PM<sub>máx</sub>), la cual debe estar en consonancia con la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo.

El Instituto Nacional de Vías recomienda como pendiente media para todo el tramo homogéneo, el 7%, con una velocidad de diseño del tramo homogéneo de 40 km/h, en terreno de tipo montañoso, y para la categoría de la carretera Secundaria. (Véase cuadro 16 y 17).

Cuadro 16. Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V <sub>TR</sub> (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 17. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical V<sub>tv</sub>

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V <sub>TV</sub> (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

- **Determinación de la longitud de la curva vertical**

Los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y son los siguientes:

**Criterio de seguridad:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

**Criterio de operación:** Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

**Criterio de drenaje:** Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

- **Longitud mínima**

La longitud mínima de las tangentes verticales con Velocidad Específica menor o igual a cuarenta kilómetros por hora ( $V_{TV} \leq 40 \text{ km/h}$ ) será equivalente a la distancia recorrida en siete segundos (7 s) a dicha velocidad, medida como proyección horizontal, de PIV a PIV. Las tangentes verticales con Velocidad Específica mayor a cuarenta kilómetros por hora ( $V_{TV} > 40 \text{ km/h}$ ) no podrán tener una longitud menor a la distancia recorrida en diez segundos (10 s) a dicha velocidad, longitud que debe ser medida como proyección horizontal entre PIV y PIV. En el Cuadro 18. Se presentan los valores para diferentes Velocidades Específicas de la tangente vertical (VTV).

Cuadro 18. Longitud mínima de la tangente vertical

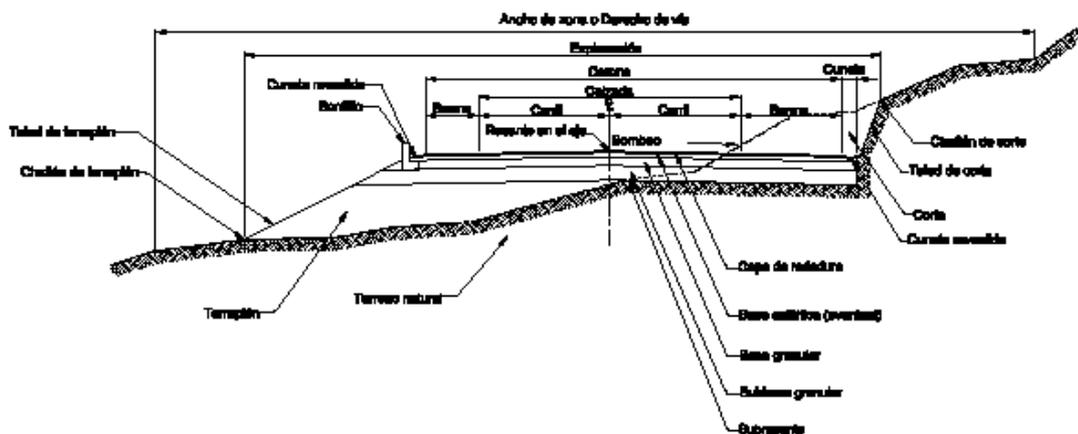
VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL $V_{TV}$ (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

## 2.4 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal describe los elementos de la carretera en un plano normal a su eje. (Véase figura 10).

Figura 10. Sección transversal típica en vías Primarias y Secundarias



- **Ancho de zona o derecho de vía**

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones, si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. A esta zona no se le puede dar uso privado. El ancho de zona debe estar en el rango presentado en el Cuadro 19, salvo que circunstancias particulares del proyecto justifiquen extrapolar el límite superior, según Capítulo 5 diseño de la sección transversal de la carretera.

Cuadro 19. Ancho de Zona

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	ANCHO DE ZONA (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

Actualmente se encuentra en vigencia la ley 1228 del 2008, la cual reglamente las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional; donde en su artículo 2, zonas de reserva para carreteras de la red vial nacional, se establece 45 m para carreteras de segundo orden, como

área de reserva o de exclusión para las carreteras que forman parte de la red vial nacional.<sup>10</sup>

- **Ancho de la calzada**

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Las calzadas pueden ser pavimentadas o no. Si son pavimentadas, queda comprendida entre los bordes internos de las bermas.

El ancho de la calzada se toma en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo ( $V_{TR}$ ). En carreteras de una sola calzada el ancho mínimo de ésta debe ser de seis metros (6 m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario<sup>11</sup>. para lo cual se tiene en cuenta el siguiente cuadro: (Véase cuadro 20).

Cuadro 20. Ancho de calzada

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

De donde se adopta para velocidad del tramo homogéneo  $V_{tr}$  de 40 km/h un ancho de calzada de **6.60 m**. Para este trabajo por los factores de tipo económico (costos de construcción y mantenimiento), social, topográfico y climático, se asume un ancho de calzada de **6.00 m**.

<sup>10</sup> Dirección de infraestructura plan vial Regional -16 de julio del 2008

<sup>11</sup> Manual de Diseño Geométrico de Carreteras Capítulo. 5. Numeral 5.3.1.1 Pág. 151

- **Pendiente transversal en entretangencias horizontales**

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 recomienda los siguientes valores: (Véase cuadro 21).

Cuadro 21. Bombeo de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

De acuerdo con la anterior tabla el bombeo recomendado para concreto hidráulico es del **2%**.

- **Bermas**

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta. El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 establece que el ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo homogéneo. Para carreteras secundarias, en terreno montañoso, de acuerdo al Cuadro 22 del Manual de Diseño Geométrico, se tiene:

Cuadro 22. Ancho de Bermas

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V <sub>TR</sub> ), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas <sup>1</sup>	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria <sup>2</sup>	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Berma derecha/Berma izquierda

<sup>2</sup> Berma cuneta

Con el fin de proveer una franja de vía destinada al estacionamiento temporal, que al mismo tiempo permita la evacuación de las aguas superficiales, con base en el cuadro anterior adopta un ancho de berma de **0.50 m**.

La berma debe asegurar que los vehículos puedan entrar y salir fácilmente de ellas sin producirse volcamiento. Para bermas recubiertas se recomienda una pendiente igual a la del bombeo<sup>12</sup>.

- **Sobreanchos**

El valor de Sobreanchos está limitado para curvas de radio menor a 160 metros y se aplica sobre el borde interior de la calzada, la línea central divisoria de carriles, demarcada sobre el pavimento se debe fijar en la mitad de los bordes de la calzada ensanchada.

Para que las condiciones de operación de los vehículos sean iguales a las encontradas en la tangente se ha ensanchado la calzada a lo largo de sus curvas y en ambos sentidos con la expresión:

$$S = n \left( R - \sqrt{R^2 + 4.6^2} \right) + \frac{0.1 * Vg}{\sqrt[3]{R}}$$

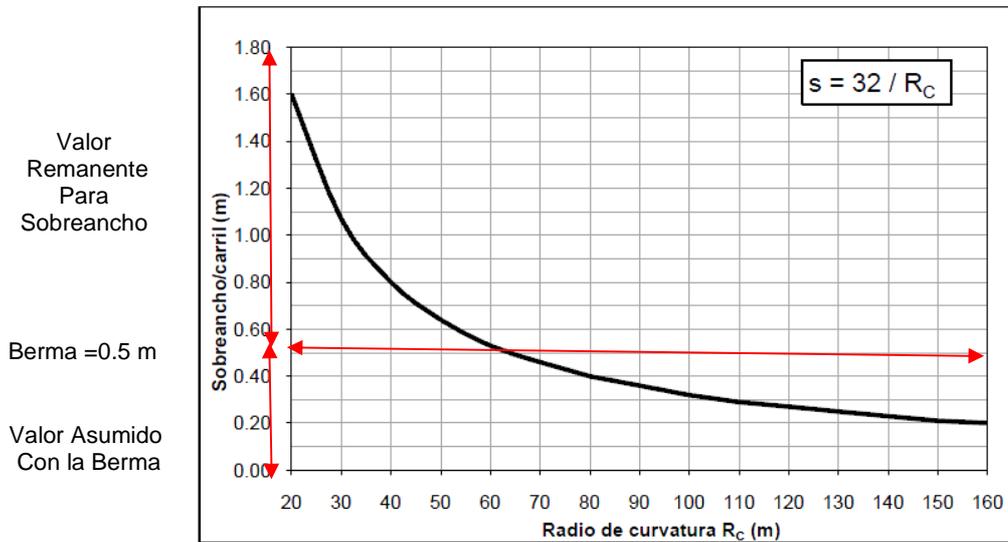
Donde:        n: número de carriles  
                  R: radio  
                  Ve: velocidad de diseño

Con el objeto de disminuir las explanaciones se adoptó en el diseño del presente estudio realizar la berma formando parte del sobreancho requerido. (Véase figura 11).

Figura 11. Análisis de los valores de sobreancho de la curva para un carril en carreteras terciarias

---

<sup>12</sup> VILLEGAS B. Clara Beatriz y TABARES, Jorge Andrés. Diseño de drenaje para carreteras, ICPC, Medellín: ICPC, 1993



- **Cunetas**

Zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.

Las dimensiones se obtienen a partir de los siguientes cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, etc.

Para elegir las características geométricas de la cuneta se deben considerar aspectos constructivos, de seguridad vial e hidráulica.

Desde el punto de vista constructivo las secciones óptimas son las trapezoidales o triangulares pues facilitan su ejecución mecanizada y el trabajo de revestimiento, el cual es muy recomendable dado que aumenta la capacidad hidráulica de la sección.

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, las cunetas revestidas en concreto se diseñan para que al final de su longitud su sección llegue al nivel de rebosamiento. El control de rebosamiento aplica para el caso más crítico, el cual se presenta cuando la cuneta tiene la pendiente longitudinal igual a la pendiente mínima de la vía teniendo en cuenta que la pendiente mínima para los proyectos de carreteras es cero punto cinco por ciento (0.5%).

De acuerdo con lo anterior se propone la siguiente sección hidráulica para la cuneta y se realiza la determinación de la capacidad hidráulica de la misma:

La cantidad de agua que puede ser transportada por la cuneta, suponiendo flujo uniforme a través de ella, se determina por la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot a \cdot (Rh)^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

- Q: caudal en m<sup>3</sup>/sg
- a: área de la sección m<sup>2</sup>
- Rh: radio hidráulico en m
- S: pendiente longitudinal decimal
- n: coeficiente de rugosidad.

Para cunetas revestidas en concreto se tiene  $n = 0,017^{13}$   
Realizando los cálculos se obtiene:

- a: 0,0435 m<sup>2</sup>
- p: 0,692 m
- Rh: 0,0628 m
- Rh<sup>2/3</sup>: 0,158 m

Es necesario determinar la velocidad del agua, para luego verificar que se encuentre dentro del rango de velocidades admisibles por el material y así controlar fenómenos de depositación y erosión dentro de la cuneta, para esto se emplea la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{n} \cdot (Rh)^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde los parámetros son los mismos definidos en la ecuación anterior. En el siguiente cuadro se presenta los resultados obtenidos para diferentes valores de pendiente longitudinal de la cuneta, de acuerdo con las pendientes que se tienen en la vía en estudio. (Véase cuadro 23).

---

<sup>13</sup>DISEÑO DE DRENAJE PARA CARRETERAS, ICPC, Villegas B. Clara Beatriz, Tabares Jorge Andrés, Medellín: ICPC, 1993

Cuadro 23. Valores de velocidad y caudal para la cuneta del proyecto.

Pendiente %	V (m/sg)	Q (m3/sg)
0.5%	0.66	0.029
1.0%	0.93	0.040
1.5%	1.14	0.050
2.0%	1.31	0.057
2.5%	1.47	0.064
3.0%	1.61	0.070
3.5%	1.74	0.076
4.0%	1.86	0.081
4.5%	1.97	0.086
5.0%	2.08	0.090
5.5%	2.18	0.095
6.0%	2.28	0.099
6.5%	2.37	0.103

La capacidad hidráulica de la cuneta se compara con el caudal de agua lluvia que se estima que ésta evacúe, para ello se emplea la fórmula racional cuya aplicabilidad se limita a áreas menores de 50 km<sup>2</sup>.

$$Q = C . I . A$$

En donde:

- C: coeficiente de escorrentía
- I: Intensidad de lluvia (m3/s .ha)
- A: área drenante

El coeficiente de escorrentía (C) permite determinar qué porcentaje del agua lluvia se infiltra y qué porcentaje corre superficialmente, éste parámetro es función de la pendiente del terreno, del tipo de cobertura, de la permeabilidad y del tipo de suelo.

La zona drenante o ancho de impluvium (B) de la vía Santiago – San Andrés, dadas las condiciones de terreno montañoso de la vía está básicamente determinada por el ancho de la calzada y solo en algunos casos por taludes. De acuerdo con esto es posible tomar un ancho de impluvium.

B = 10 m; donde **6.00 m** corresponden a la calzada y 4 m a taludes adyacentes a la vía.

El Instituto Colombiano de Productores del Cemento ICPC en su Nota Técnica No. 27, Drenaje para Carreteras, recomienda los siguientes coeficientes de escorrentía C:

C pavimentos: 0,80  
 C para terreno con pastos con vegetación ligera (Pendiente 1-5%): 0,50

$$C_{ponderado} = \frac{(6m \times 0,80 + 4m \times 0,50)}{10} = 0,68$$

La intensidad de lluvia I se determinó con base en el estudio hidrológico de la zona, Curvas de Intensidad-Duración<sup>14</sup>, teniendo en cuenta que para estructuras en zonas rurales se recomienda una frecuencia de cinco años y la duración de la lluvia se puede asimilar al tiempo de concentración(Véase figura 12).

Figura 12. Curvas de intensidad – duración Para la Estacion Sibundoy Putumayo

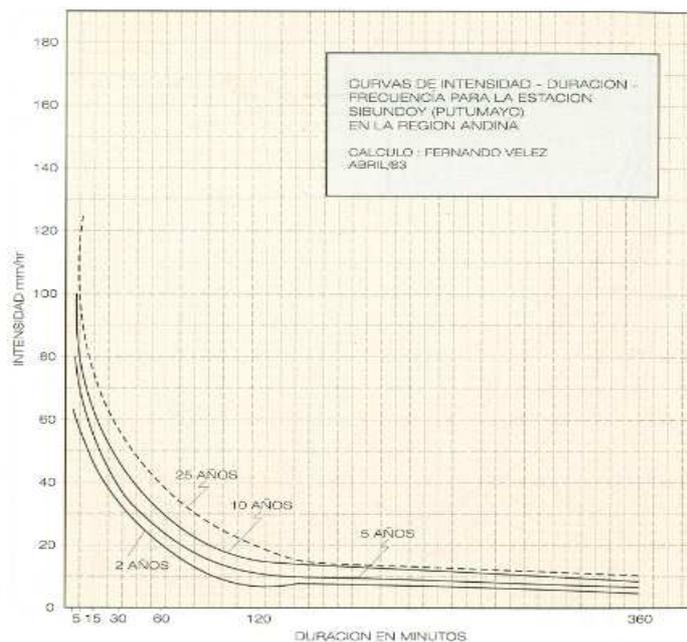


FIGURA No. 8. EXTRACTADA DE: CURVAS DE INTENSIDAD - DURACION - FRECUENCIA EN REGIONES CLIMATOLOGICAS DE COLOMBIA, Vélez Marín Fernando, Univ. Santo Tomás, 1983

<sup>14</sup> Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia en regiones climatológicas de Colombia, Vélez Marín Fernando, Univ. Santo Tomás, 1983

Se calcula entonces el tiempo de concentración mediante la ecuación desarrollada por el SoilConservationService.

$$T_c = 57,3 \left[ \frac{L^3}{h} \right]^{0,385}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración (min)

L: Distancia al punto más lejano, medida por el curso principal (Km)

h: Diferencia de nivel entre el punto más alto y la estructura de salida (m)

$$T_c = 57,3 \left[ \frac{0,737}{30} \right]^{0,385} = 10,24 \text{ min}$$

Con los datos anteriormente obtenidos es posible determinar la longitud máxima de la cuneta en función de la pendiente longitudinal de la misma.

$I = 70 \text{ mm/h}$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot a \cdot (Rh)^{2/3} \cdot S^{1/2} = 0,28 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior se tiene:

$$Q = \frac{1}{10 \times 0,017} \cdot 0,0435 \cdot 0,158 \cdot S^{1/2} = \frac{0,28 \cdot 0,68 \cdot 70 \cdot 20 \cdot Lm}{10^6}$$

$$Lm = 151,67 \cdot S^{1/2}$$

De la ecuación anterior es posible obtener para diferentes valores de pendiente, la longitud máxima de cuneta. Los valores de longitud máxima de cuneta en función de la pendiente de la cuneta se presentan en el siguiente cuadro: (Véase cuadro 24).

Cuadro 24. Longitud máxima de cuneta en función de su pendiente.

<b>Pendiente de la cuneta (%)</b>	<b>Longitud máxima cuneta (m)</b>
1	151.67
2	214.49
3	262.70
4	303.34
5	339.14
6	371.51
7	401.28
8	428.99
9	455.01
10	479.62

**Obras especiales:**

- **Drenaje**

Se define como drenaje al conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causarle problemas.

Siendo el agua una de las causas que mayores problemas generan a las vías, ya que en general, provocan la disminución de la resistencia al corte de los suelos razón por la cual se presentan fallas en terraplenes, taludes y superficies de rodamiento, se trata de encontrar soluciones a través de los drenajes de tal forma que el agua se aleje lo más rápido de la estructura del pavimento.

- **Alcantarillas**

Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

Para la ubicación de las estructuras se ha tenido en cuenta los siguientes criterios: la velocidad adecuada de flujo para una alcantarilla es la que no genera sedimento ni erosión; las velocidades no excederán los tres metros por segundo ni las pendientes serán menores al uno por ciento. La longitud necesaria se toma con base al ancho de la vía en su correspondiente ubicación. La entrada y salida del conducto debe coincidir con los puntos del cauce. (Véase cuadro 25 y figura 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

Cuadro 25. Localización obras de drenaje

OBRAS DE DRENAJE A CONSTRUIR				
Tipo de Obra	Abscisa	D (cm)	L(m)	Observaciones
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K0+090.00	90	8	Nueva
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K0+210.00	90	8	Nueva
Box Culvert	K0+380.00	2 x 2 m	14	Nueva
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K0+480.00	90	8	Nueva
Box Culvert	K0+780.00	2 x 2 m	14.3	Nueva
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K1+075.00	90	8	Nueva
Box Culvert	K1+140.00	2 x 2 m	12.4	Nueva
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K1+220.00	90	8	Nueva
Alcantarilla de aletas inferiores sesgadas	K1+342.00	90	9	Existente

Figura 13. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+090



Figura 14. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+210



Figura 15. Construcción Box culvert 2x2 K0+380



Figura 16. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+480



Figura 17. Construcción alcantarilla de aletas Inferiores sesgada K0+780



Figura 18. Construcción alcantarilla de aletas inferiores sesgada K1+075



Figura 19. Construcción alcantarilla de aletas inferiores sesgada K1+140



A continuación se muestra un cuadro con el resumen de los parámetros de diseño.

Cuadro 26. Parámetros de diseño

PARAMETRO						DESCRIPCION
VELOCIDAD DEL TRAMO HOMOGENEO (V <sub>tr</sub> )						40 Km/H
RADIO MINIMO						41.00 m
PERALTE MAXIMO						8%
PERALTE MINIMO						2%
PENDIENTE MINIMA						0.5%
PENDIENTE MAXIMA						10.00%
PARAMETRO	MINIMO	(K)	PARA	CURVAS	VERTICALES	9.0
CONCAVAS						
PARAMETRO	MINIMO	(K)	PARA	CURVAS	VERTICALES	4.0
CONVEXAS						

PARAMETRO MAXIMO (K) PARA CURVAS VERTICALES	50 m.
DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE PARADA	50.00 m
DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	270 m
ANCHO CALZADA	6.00 m
ANCHO BERMA	0.50 m
ANCHO LIBRE DE CUNETAS	0.50 m
LONGITUD MINIMA DE TANGENTE VERTICAL	80.00 m
CLASE DE TERRENO	<b>MONTAÑOSO</b>
BOMBEO	<b>2%</b>

En los anexos se muestra las carteras del diseño: de Localización, Cálculos de los elementos de cada curva horizontal, Cartera de Tránsito, Diseño de Curvas verticales, Cartera para diseño de rasante y Cartera de peraltes.

### 3. ANÁLISIS DE TRANSITO

#### 3.1 DETERMINACIÓN DEL TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el transito, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

El objetivo del presente estudio es determinar la demanda vehicular esperada y cuantificar el número acumulado de ejes simples equivalentes de 8.2 tn., que circularán por la vía en el período y en el carril de diseño.

##### 3.1.1 Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes:

**a. Carga máxima legal:** La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de carga, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. La anterior consideración, plantea un problema muy complejo que hace necesario recurrir a simplificaciones prácticas.

Dado que la estimación de daño producido por las diversas cargas por ejes es muy complejo, y que la única fuente confiable de información para afrontar este problema es el "ASSHO ROAD TEST", de cuyos resultados se derivaron una serie de factores de equivalencia, la carga tomada como patrón es un eje sencillo de 8.2 toneladas, cuya elección se hizo por dos motivos principales:

- Porque el valor de esta carga era similar a la de 8.0 toneladas propuesta en la convención de Génova en 1949.
- Porque dicha carga por eje fue normalizada como carga de diseño de pavimentos flexibles y rígidos, por muchos países y entidades<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.

**b. Determinación del tránsito existente:** La información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la ingeniería de tránsito. La información que se requiere es la siguiente:

- ✓ El tránsito promedio diario semanal (TPDS).
- ✓ Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.
- ✓ Clasificación de vehículos

**c. Obtención TPD:** El TPD numéricamente es el volumen total anual dividido por el número de días del año, debido a que la vía estudiada no cuenta con conteos ni existen series históricas, se tomó como base de información un conteo realizado en una semana comprendida entre los días 1 de Septiembre al 7 de Septiembre de 2010.

Se realizaron conteos durante 16 horas comprendidas entre las 05:00 a.m. y las 21:00 pm para cada día.

Se obtuvieron los totales para cada tipo de vehículo y se calculó su promedio, este valor se incrementó en un 10% para considerar las horas diarias en las cuales no se realizaron conteos (las ocho restantes) Ver Cuadro 27 y 28.

Cuadro 27. Conteos para obtener TPD tránsito promedio diario

DÍA	TIPO DE VEHICULO						TOTAL
	A	B	C	C2-P	C2-G	C3	
LUNES	12	1	7	1	5	1	20
MARTES	10	2	8	2	5	1	20
MIÉRCOLES	8	1	7	2	4	1	16
JUEVES	25	2	11	4	6	1	38
VIERNES	25	2	13	5	7	1	40
SABADO	20	2	14	6	8	0	36
DOMINGO	35	4	2	2	0	0	41
<b>TRANSITO SEMANAL (TPDS)</b>	<b>135</b>	<b>14</b>	<b>62</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>211</b>
<b>TRANSITO DIARIO (TPD)</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>30</b>
<b>TRANSITO DE DISEÑO</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>33</b>
<b>DISTRIBUCION PORCENTUAL (%)</b>	<b>63.6</b>	<b>6.1</b>	<b>30.3</b>	<b>9.1</b>	<b>18.2</b>	<b>3.0</b>	<b>100</b>

Cuadro 28. Resumen tránsito vehicular

	TPDS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	C2-P	C2-G	C3
<b>No</b>	33	21	2	10	3	6	1
<b>%</b>	100.0	63.6	6.1	30.3	30.0	60.0	10.0

**d. Selección del período de diseño estructural:** Dado que es difícil predecir el tránsito con suficiente aproximación para un término demasiado largo, comúnmente se toma un lapso de 20 años como período para diseño de un pavimento rígido de calle o carretera sin olvidar que en determinados casos puede resultar económicamente justificado el empleo de períodos mayores o menores.

Para la selección de los períodos de análisis y diseño, las vías se clasifican como se presenta en la cuadro 29 <sup>16</sup>

Cuadro 29. Categoría de la vía

<b>CATEGORIA DE LA VIA</b>				
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Especial</b>
<b>Descripción</b>	Autopistas Interurbanas, Caminos Interurbanos Principales	Colectoras Interurbanas, Caminos Rurales e industriales Importantes	Caminos Rurales con Tránsito Mediano, Caminos Estratégicos	Pavimentos Especiales e Innovaciones.
<b>Importancia</b>	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
<b>Transito Promedio Diario</b>	>5.000	1.000–10.000	< 1.000	< 10.000

De acuerdo al cuadro anterior se clasifica la vía en Camino Rural con tránsito mediano Categoría III

Para las vías de la categoría III usualmente es más económico seleccionar un periodo de diseño estructural corto de 10 años Sin embargo, cuando la rehabilitación estructural al final de dicho tiempo sea dificultosa o no practica, se puede seleccionar un período más largo de 20 años<sup>17</sup>. Los factores que pueden derivar en la elección de periodos de diseño estructural más cortos incluyen:

- Una vida geométrica corta debida a una situación de transito cambiante.
- Una carencia de fondos a corto plazo.
- Una falta de confianza en las suposiciones de diseño, especialmente en el tránsito de diseño.

---

<sup>16</sup> Ibid., p 162.

<sup>17</sup> Ibid., p 163.

Cuadro 30. Períodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de diseño (años)
Urbana de tránsito elevado	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito pavimentación con grava	30 – 50

Teniendo en cuenta la información del Cuadro 30, se toma el período de diseño de 20 años.

Partiendo de tasas de crecimiento de referencia como las de crecimiento poblacional del Municipio de Santiago y el crecimiento del producto interno bruto del mismo, las cuales se ajustan a un comportamiento lineal, se adopta este modelo para realizar la proyección del tránsito en el presente estudio y así se obtiene el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circularán por la vía en el periodo de diseño y en el carril de diseño, tomando como base datos contemplados en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Proyección Número de Vehículos comerciales en el carril de diseño

FACTOR DE DISTRIBUCION DIRECCIONAL	0.5
FACTOR DE DISTRIBUCION POR CARRIL (1 CARRIL POR SENTIDO)	1
PERIODO DE DISEÑO	20

Así mismo, para el cálculo del tránsito equivalente por carril de diseño, se debe determinar la distribución porcentual de vehículos pesados, de acuerdo con las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio. Mediante observación, se determina la distribución direccional (Fd) de los vehículos comerciales o bien se adopta una distribución del 50% en cada dirección.

- Conteo realizado: 211 vehículos día
- Composición general del tránsito:
  - Autos: **63.6%** Buses: **6.1%** Camiones: **30.3%**
- Distribución de los vehículos comerciales:
  - Buses: 6.1%
  - Camión C2 P: 9.1%
  - Camión C2 G: 18.2%

Camión C3: 3%

- Distribución direccional:  $F_d = 50\%$
- Distribución por Carril:  $F_{ca} = 1$
- Tránsito atraído: 5%
- Tránsito generado: 8%

**Tránsito atraído:** Esta conformado por los vehículos que debido a las condiciones de la vía pasan a circular por esta sin cambiar el origen y destino del viaje

**Tránsito generado:** Es el volumen adicional de vehículos ocasionado por el desarrollo económico de las zonas beneficiadas por la pavimentación de la vía<sup>18</sup>

- Establecer la cantidad de tránsito es difícil y presenta un alto grado de incertidumbre más aún en países como Colombia con economías en desarrollo los cuales caen fácilmente en crisis económicas, que afectan sectores como el transporte, sin embargo para el sector específico se asume un valor de 5 % como tránsito atraído y un 8% como tránsito generado a criterio, teniendo en cuenta que esta es una vía de vital importancia para el transporte y comercialización de productos agrícolas desde la Inspección de Policía de San Andrés hacia el Municipio de Santiago y los Departamentos Vecinos y se consideró esta tasas por la demanda esperada gracias a la Pavimentación de la vía Pasto- Santiago -EL encano.
- Se asume un valor de tasa de crecimiento anual del 3% del parque automotor, a criterio para este tipo de vía en este sector, por la importancia que tiene de acuerdo a su composición vehicular y su TPDS en el Valle de Sibundoy.
- Se determinó la proyección del tránsito a considerar en el diseño de pavimento rígido con un periodo de diseño de 20 años.
- El período de construcción se considera a partir del año 2011.
- El período de operación será a partir del año 2011 hasta el año 2030.

---

<sup>18</sup>Teoría de los Pavimentos Hugo León Arenas Lozano capítulo 8 Estudio de las características del tránsito

$$\text{Tránsito Proyectado} = \text{TPD} * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$\text{Tránsito Proyectado} = 33 * \frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03}$$

Tránsito Proyectado acumulado = 887 Vehículos

Cuadro 32. Tránsito proyectado.

<b>AÑO</b>	<b>TRANSITO PROYECTADO</b>
2011	33
2012	34
2013	35
2014	36
2015	37
2016	38
2017	39
2018	40
2019	41
2020	42
2021	43
2022	44
2023	45
2024	46
2025	47
2026	48
2027	49
2028	50
2029	51
2030	52
<b>SUMA TOTAL</b>	<b>887</b>

**3.1.1.1 Determinación del tránsito promedio diario.** Será igual a la suma anterior, multiplicada por 365 días y por los respectivos factores de distribución direccional (0.5) y de carril (1.0).

**Número total de vehículos =  $887 \cdot 365 \cdot 0.5 \cdot 1.0 = 161.878$**

### **Cálculo de tránsito de diseño**

Se tiene que para la vía en estudio el tránsito atraído será de un 5% del tránsito normal y el tránsito generado será del 8%, de donde:

**Número total de vehículos =  $161878 \cdot 1,13 = 182.922$**

Para determinar el número total de vehículos por tipo se tomó en cuenta la distribución en porcentaje del conteo realizado, según en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Distribución porcentual de tipo de vehículos.

<b>TOTAL DE VEHICULOS</b>	<b>Autos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>	<b>Distribución porcentual de camiones</b>		
	<b>%A</b>	<b>%B</b>	<b>%C</b>	<b>C2-P</b>	<b>C2-G</b>	<b>C3</b>
<b>% De acuerdo a conteo</b>	63.6%	6.1%	30.3%	30%	60%	10%
<b>182922</b>	116338	11159	55425	16628	33255	5542

De acuerdo al análisis de tránsito se tiene la cantidad de vehículos por tipo para un periodo de diseño de 20 años. (Véase cuadro 34).

Cuadro 34. Resumen distribución porcentual de vehículos pesados

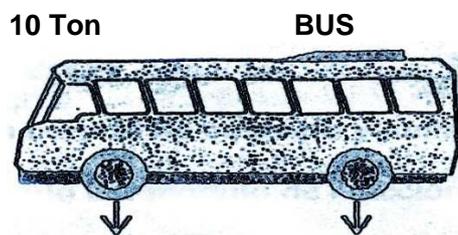
	<b>Distribución porcentual de camiones</b>		
<b>Buses</b>	<b>C2 -P</b>	<b>C2- G</b>	<b>C3</b>
6.1%	30%	60%	10%
<b>11159</b>	<b>16628</b>	<b>33255</b>	<b>5542</b>

Se adoptó las siguientes cargas y distribución para cada uno de los vehículos según pesos máximos permitidos en Colombia (resolución 4100 de 2004 del Ministerio de transporte): (Véase cuadro 35 y figura 19).

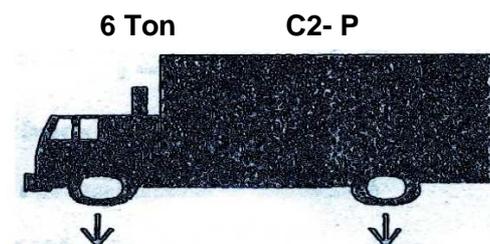
Cuadro 35. Distribución de cargas en %<sup>19</sup>

VEHICULO TIPO	Distribución de Cargas en %	CARGA TOTAL (Tn)
BUS	40-60	10
C2-P	30-70	6
C2-G	35-65	13
C3	30-70	28

Figura 20. Distribución de cargas

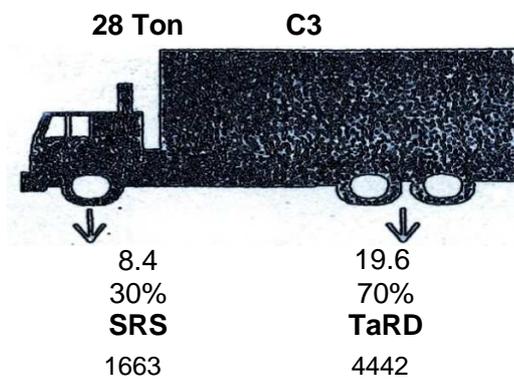
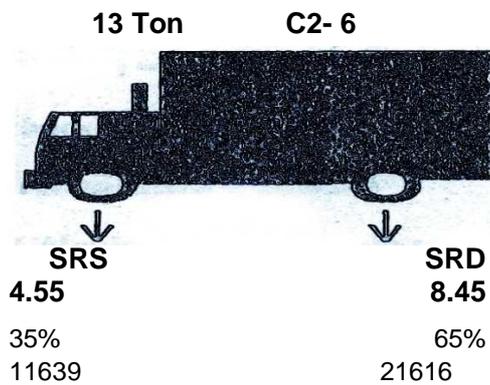


<b>4</b>	<b>6</b>
<b>SRS</b>	<b>SRD</b>
40%	60%
4464	6695



<b>SRS</b>	<b>SRD</b>
<b>1.8</b>	<b>4.20</b>
30%	70%
4988	11640

<sup>19</sup> Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte.



**3.1.2 Espectro de carga de diseño.** El espectro de diseño de pavimentos rígidos contempla un análisis de tránsito de diseño indicando para cada clase de eje el rango de magnitudes de carga por eje, la carga representativa de cada rango y el número de repeticiones de carga por eje.

A continuación se presenta el número de repeticiones esperadas en cada tipo de eje para cada tipo de vehículo del diseño:

Cuadro 36. Espectro de carga

Ejes simples carga (Ton)	Repeticiones Esperadas	Ejes Tándem carga (Ton)	Repeticiones Esperadas
8.45	21616	19.6	4442
8.40	1663		
6.0	6695		
4.55	11639		
4.20	11640		
4.00	4464		
1.8	4988		

Teniendo en cuenta el Cuadro 37 y analizada la información del tránsito de la red vial nacional colombiana, las tendencias de crecimiento y desarrollo del país, se estableció para el diseño el rango T1 para fines de metodología de diseño, expresados en número de ejes simples equivalentes de 8.2 tn que circularan en el carril de diseño durante el período de diseño.

Cuadro 37. Rangos de tránsito acumulado.

Designación	Rangos de tránsito acumulado por carril de diseño
T1	0,5 - $1 * 10^6$
T2	1 - $2 * 10^6$
T3	2 - $4 * 10^6$
T4	4 - $6 * 10^6$
T5	6 - $10 * 10^6$
T6	10 - $15 * 10^6$
T7	15 - $20 * 10^6$
T8	20 - $30 * 10^6$
T9	30 - $40 * 10^6$

## 4. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

### GEOLOGIA

Para la relación estratigráfica en el Valle de Sibundoy o alto Putumayo se tomó como base principal los trabajos realizados por INGEOMINAS (Mapa Geológico de Colombia Plancha 430 – Mocoa, 1998), CORPONARIÑO (Geología Cuenca Alta del Río Guamuez, Escala 1:25000), la geología descrita en el documento PLAN DE MANEJO DEL CORREDOR ANDINO AMAZÓNICO PÁRAMO DE BORDONCILLO – CERRO DE PATASCOY, LAGUNA DE LA COCHA COMO ECORREGION ESTRATÉGICA PARA LOS DEPARTAMENTOS DE NARIÑO Y PUTUMAYO, y otros. La información geológica consultada fue corroborada por algunas visitas de campo.

La geología del Valle de Sibundoy se encuentra constituida por rocas intrusivas y metamórficas del Precámbrico, las cuales han sufrido intensas deformaciones y plegamientos a gran escala dando origen a fuertes cambios topográficos. Estas rocas se encuentran en contacto discordante con rocas volcánicas(extrusivas) y sedimentarias del Mesozoico; suprayaciendo estas rocas del Mesozoico se encuentran rocas más recientes pertenecientes al Terciario y Cuaternario, provenientes de los diferentes focos que bordean la parte plana del Valle de Sibundoy y depósitos aluvio - coluviales que forman terrazas en ríos y quebradas; entre los Cerros que bordean al Valle de Sibundoy están: Doña Juana, Cascabel, Portachuelo y los Volcanes Bordoncillo y Patascoy entre otros; éstos focos se encuentran ubicados en forma lineal a lo largo de las principales zonas de falla tanto local como regional. Además, el Cuaternario se caracteriza por la presencia de glaciaciones, las cuales acabaron de moldear las formas externas y rellenar los valles con depósitos denudados de los focos nombrados anteriormente.

La tectónica de Colombia ha sido objeto de numerosos estudios en los cuales se han cartografiado y caracterizado las principales estructuras tectónicas, tales como fallas y pliegues que se han observado en el territorio colombiano.

Colombia hace parte de una zona orogénica relativamente ancha situada entre tres grandes placas litosféricas: La Sudamérica, Caribe y Nazca, las cuales están constituidas por rocas basálticas de tipo oceánico. El movimiento relativo entre estas placas durante el período Cenozoico originó el relieve y la estructura actual de las cordilleras colombianas. Estos movimientos de tipo convergente han generado un contexto compresivo caracterizado por grandes fallas de cabalgamiento y de rumbo; los movimientos a lo largo de estas fallas son los responsables de la actividad sísmica de Colombia y están íntimamente relacionadas con la aparición de relieves con alturas que superan los 5000 m.

## GEOTECNIA

En el diseño y la construcción de la estructura de un pavimento se hace necesario conocer las características del terreno que servirá como fundación; se debe conocer la estratigrafía del subsuelo y las propiedades físicas y mecánicas de los estratos que la componen, esta información se obtiene de pruebas de campo y de laboratorio. En este estudio se realizó una visita preliminar a la zona para identificar las características generales de ella; luego se determinó realizar una serie de apiques con el fin de conocer los perfiles estratigráficos y otras características generales de ella; donde se obtendrán datos de resistencia, para así poder determinar el CBR de diseño.

### 4.1 TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo que se realizó en este estudio consistió en primera medida en una visita de campo para mejorar la visión y magnitud del estudio que se pretende realizar, se dividió la vía en tres tramos de acuerdo a las características generales de la vía, como se determinó en el Numeral 1.5 del Capítulo 1. Generalidades del proyecto, se identificaron los sitios para realizar los apiques se ejecutaron 5 apiques, al lado izquierdo y derecho de la vía.

### 4.2 TOMA DE MUESTRAS

A continuación se presenta la lista de apiques efectuados, además se indica la abscisa y el carril donde se realizaron, en cada uno de los apiques se tomó muestra de cada tipo de suelo encontrado para su respectivo análisis de laboratorio.

Cuadro 38. Resumen apiques

Apique No.	Abscisa	Carril
1	K0+040	Izquierdo
2	K0+228	Derecha
3	K0+500	Derecha
4	K0+720	Izquierda
5	K0+950	Derecha

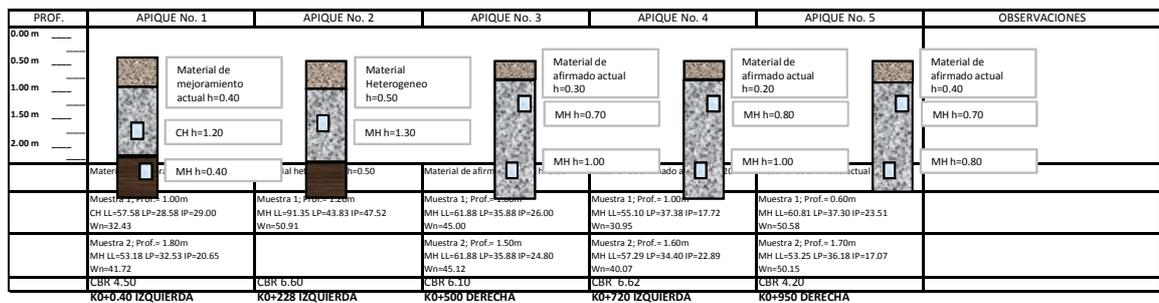
### 4.3 RESULTADOS DE EVALUACION GEOTECNICA (Ver Anexos)

Figura 21. Resultados de Apiques – Perfiles Estratigráficos

VIA SAN ANDRES - SANTIAGO

#### PERFIL ESTRATIGRAFICO

FECHA : FEBRERO DEL 2010



**4.3.1 Aspectos generales.** El CBR es una medida del esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de humedad y densidad controladas, que se expresa como la relación porcentual entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón de 3 pulg<sup>2</sup> de área, dentro de una probeta de 6 pulgadas de diámetro y 4,54 pulgadas de altura a una velocidad de 0,05 pulg/min y el esfuerzo requerido para introducir el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón<sup>20</sup>.

En este capítulo se consignan todas las investigaciones realizadas sobre la subrasante del proyecto, las cuales tienen como objetivo primordial la determinación del parámetro de resistencia, evaluado a través del ensayo de C.B.R. (California Bearing Ration) inalterado. Se anexan los resultados. (Ver Anexos)

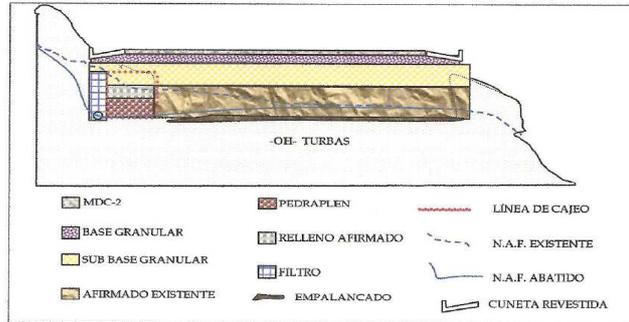
**4.3.2 Análisis de la evaluación geotécnica.** De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados en los apiques se puede concluir.

- Se encontraron dos tipos de suelos predominantes
  - CH (ASTHO A-7-6), arcilla de alta plasticidad de color café, consistencia media que presenta conglomerado en su matriz.
  - MH, (ASTHO A-7-5), Limo arcilloso de alta compresibilidad de color amarillo, café claro, habano, negro y verdoso, de consistencia media a firme. Y en la abscisa K0+0950 derecha existe un limo arenoso de alta compresibilidad color gris con conglomerado de consistencia firme a media.

<sup>20</sup> Pavimentos de concreto asfaltico- Guillermo Muñoz

- Los suelos encontrados se distribuyen de la siguiente manera tanto en longitud como en profundidad.
  - Tramo C K0+000 al K0+0520, predomina el suelo tipo MH con intervalos de humedad natural que varían  $W_n=41.72$ ,  $W_n=50.91$ ,  $W_n=45.12$  y  $W_n=45.00$  e índices de plasticidad que varían desde  $I_p=20.65$ ,  $I_p=47.52$ ,  $I_p=24.80$ ,  $I_p=26.00$ , en este tramo se observa además la presencia de un suelo tipo CH con una humedad natural del orden de 32.43% y un índice de plasticidad de 29.00
  - Tramo B K0+520 al K0+0900, predomina el suelo tipo MH con intervalos de humedad natural que varía entre  $W_n=30.95$ ,  $W_n=40.07$  e índices de plasticidad que varían desde  $I_p=17.72$ ,  $I_p=22.89$
  - Tramo A K0+900 al K1+0540, predomina el suelo tipo MH con intervalos de humedad natural que varía entre  $W_n=50.58$ ,  $W_n=50.15$  e índices de plasticidad que varían desde  $I_p=23.51$ ,  $I_p=17.07$
- Con base en la homogeneidad del suelo, se define para el estudio una sola unidad homogénea de diseño debido a que se encuentra similitud en los suelos encontrados, en general son limos arcillosos de alta compresibilidad.
- La resistencia de la subrasante varía en un rango comprendido entre 4.2 y 6.6 y el CBR promedio está en el orden de 5.39
- Los suelos finos tienen un índice de plasticidad que varía entre 17% y 47%, el índice de plasticidad mide el intervalo en el cual el suelo se comporta plásticamente, de acuerdo a los valores obtenidos los suelos se consideran de alta plasticidad, teniendo como criterio si el  $IP > 20$  da una alerta que el suelo puede ser expansivo.
- Cuando haya necesidad de ampliar la banca para alcanzar el ancho de diseño, será necesario ampliar a uno o ambos lados en tramos que no tengan el ancho específico, esta ampliación se efectuará realizando un cajeo para sustituir según su eventualidad con material de pedraplén con fragmentos de roca de origen aluvial o de cantera, garantizando estabilidad de la subrasante con profundidades que varían desde 30 cm a 50cm, sobre la cual se colocará una capa de material granular tipo afirmado conformado y compactado con una energía del 95% del Proctor Modificado con un espesor promedio de 25 cm. (Véase figura 22).

Figura 22. Cajeo con pedraplen.



- El CBR promedio obtenido es de 5.39%, y no se presentan CBR inferiores al 3% condición mínima para que sirva de subrasante, por tanto se puede considerar a la subrasante como de mediana resistencia. (Véase figura 23, 24 y 25).

Figura 23. K0+040 ensayo de C.B.R. inalterado



Figura 24. K0+228 ensayo de C.B.R. inalterado



Figura 25. K0+950 ensayo de C.B.R. inalterado



#### 4.4 IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS HOMOGÉNEOS

Se definió una sola zona homogénea. La definición de una unidad homogénea de diseño debe estar justificada de acuerdo a un perfil longitudinal de propiedades en donde se observe claramente la uniformidad del suelo. Para este caso se observa la semejanza en las propiedades geotécnicas del suelo a intervenir a lo largo de la vía del proyecto.

#### 4.5 CAPACIDAD PORTANTE

El parámetro de resistencia de la subrasante se determinó a través de ensayos de C.B.R, tal como se indica en el Cuadro 39.

Cuadro 39. Resultados de ensayo CBR

APIQUE	CBR (%)
AP-1	4.07
AP-2	6.60
AP-3	5.47
AP-4	6.62
AP-5	4.20

#### 4.6 SELECCIÓN DEL VALOR DEL C.B.R. DE DISEÑO EN UNA UNIDAD DE DISEÑO

El C.B.R. de un diseño se determina así:

- Se ordenan los valores de C.B.R. obtenidos de menor a mayor.
- Para cada valor numérico diferente de C.B.R., comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de C.B.R. que son mayores o iguales que él.
- Se dibujan los resultados en un gráfico C.B.R. Vs Porcentaje de valores mayores o iguales.
- Se unen con una curva los valores dibujados en dicho gráfico.
- El Instituto del Asfalto recomienda tomar un valor de **C.B.R.** de diseño tal, que el 60, el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espere circule sobre el pavimento. (Véase cuadro 40).

Cuadro 40. Porcentaje de valores CBR mayores o iguales

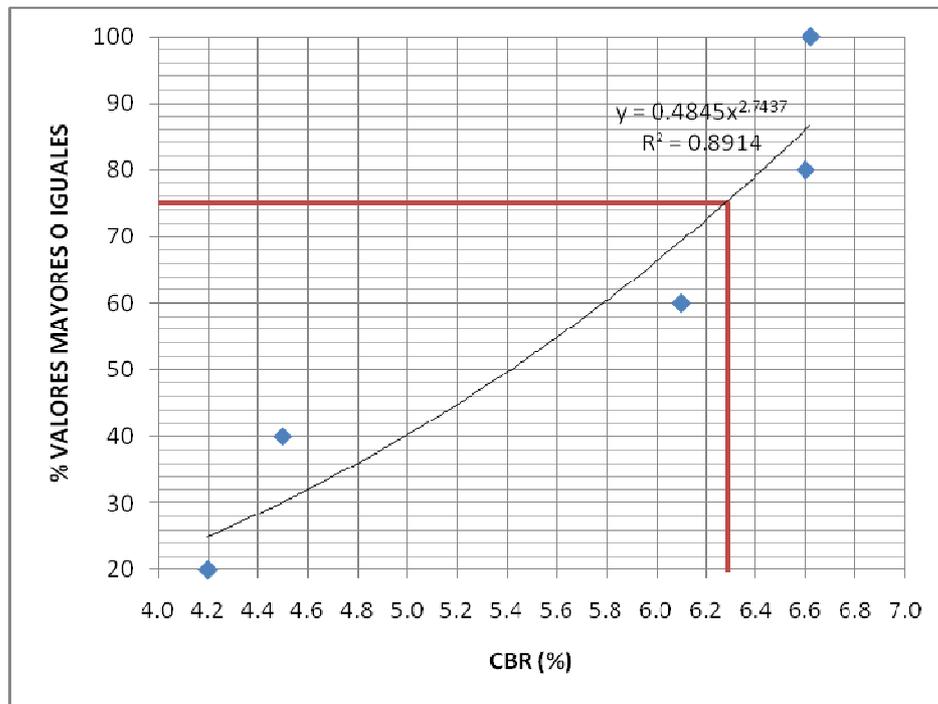
<b>CALCULO DEL C.B.R. DE DISEÑO</b>			
APIQUE	CBR	NÚMERO DE VALORES	% DE VALORES MAYORES
	(%)	MAYORES O IGUALES	O IGUALES
4	6.62	5	100.00
2	6.60	4	80.00
3	6.10	3	60.00
1	4.50	2	40.00
5	4.20	1	20.00

El **C.B.R.** de diseño se tomará con el percentil del 75%, de acuerdo al número de ejes de 8.2 tn en el carril de diseño<sup>21</sup>. **C.B.R. = 6.3 %** tal como se puede apreciar en la Figura 26.

---

<sup>21</sup> Ingeniería de pavimentos para carreteras – Alfonso Montejo Fonseca

Figura 26. Determinación CBR de diseño



#### 4.7 MATERIALES

Los diversos materiales a utilizar para la conformación de las diferentes capas que resulten del diseño obtenido para las estructuras del pavimento rígido, deberán satisfacer los requisitos indicados en la Norma INVIAS, correspondiente a cada una de las capas a construir así:

**4.7.1 Afirmado.** Deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en el aparte 300.2 del artículo 300 para dichos materiales, además deberán ajustarse a la curva granulométrica como se indica en el cuadro 41. Es de aclarar que con el fin de disminuir costos en la construcción de la estructura de pavimento a diseñar, se propone utilizar donde sea posible el material de afirmado existente en la vía, al cual se le debe realizar un ajuste en su composición granulométrica para dar cumplimiento a la norma o requisitos exigidos por el INVIAS para este material. (Véase cuadro 41).

Cuadro 41. Granulometría para afirmado

TAMIZ		PORCENTAJE
Normal	Alternativo	A-1
37.5mm	1 1/2"	100
25.0mm	1"	-
19mm	3/4"	65-100
9.50mm	3/8"	45-80
4.75mm	Nº 4	30-65
2.00mm	Nº 10	22-52
425mm	Nº 40	15-35
75mm	Nº 200	15-25

**4.7.2 Subbase.** El material suministrado para tal fin, deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente o viceversa (Art. 330), como se indica en el cuadro 42 El material a emplear para la elaboración de subbase será el que resulte de mezclar parte del material de afirmado existente en la vía previa selección y retiro de los sobre tamaños mayores de 1 1/2" y un material proveniente de Secayaco, ubicado en el municipio de San Francisco, el cual debe cumplir con las normas estipuladas del INVIAS, de acuerdo al cuadro 42.

Cuadro 42. Granulometría para subbase

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alternativo	SBG-1
50.0mm	2"	100
37.5mm	1 1/2"	70-100
25.0mm	1"	60-100
19mm	1/2"	50-90
9.50mm	3/8"	40-80
4.75mm	Nº 4	30-70
2.00mm	Nº 10	20-55
425mm	Nº 40	10-40
75mm	Nº 200	4-20

**4.7.3 Pavimento de concreto hidráulico.** Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso. Las losas se deben construir con un concreto que garantice como mínimo una resistencia a la flexión o módulo de rotura MR, el cual se debe cumplir mediante un control de selectividad,

calidad y cantidad en el suministro de los materiales que se utilicen en la elaboración de la mezcla de concreto.

Para la elaboración de la mezcla de concreto hidráulico, se utilizarán materiales de agregado grueso (triturado) y fino (arena) provenientes del Río San Pedro, cuyos agregados son cantos rodados obtenidos del Río cuyas características granulométricas, desgaste, peso específico, etc., los cuales deberán cumplir con los requisitos establecidos por el INVIAS. Véase Anexo G. Estudio de Suelos para afirmado, subbase y concreto de materiales del valle de Sibundoy que garantizan obtener las condiciones establecidas en las normas para este tipo de materiales

## 5. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

### 5.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS

**5.1.1 Método de la portland cement association (PCA).** El propósito de este método de diseño es el mismo del de otras estructuras de ingeniería, es decir, hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentara buen comportamiento con bajos costos de mantenimiento pero el costo inicial será muy elevado. Ahora, si por el contrario el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por tanto, un criterio sano de ingeniería, implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento<sup>22</sup>

**Consideraciones básicas:** Los procedimientos de diseño que brinda la PCA, tienen en cuenta algunas condiciones que antes no se habían cubierto por algún método, incluyen el reconocimiento de:

- El grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales, por los diferentes tipos de pavimentos descritos.
- El efecto de usar bermas de concreto, adyacentes al pavimento, las cuales reducen los esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas de los vehículos.
- EL efecto de usar una subbase de concreto pobre, la cual reduce los esfuerzos y las deflexiones, proporciona un soporte considerable cuando los camiones pasan sobre las juntas y además proporciona resistencia a la erosión que se produce en la subbase a causa de las deflexiones repetidas del pavimento.
- **Dos criterios de diseño:**
  - a) **Fatiga**, para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida de las cargas
  - b) **Erosión**, para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas, y controlar así la erosión de la fundación y de los

---

<sup>22</sup> MONTEJO FONSECA. Op. cit.

materiales de las bermas. Este criterio de erosión es necesario, puesto que algunas formas de falla del pavimento, tales como: el bombeo, el desnivel entre losas y el deterioro de las bermas, son independientes de la fatiga.

- Los ejes triples pueden ser considerados en el diseño. A pesar de que los ejes sencillos y los ejes tándem constituyen aún las cargas predominantes en las carreteras, el uso de los ejes triples (Tridem), se ha venido incrementando. Los ejes Tridem pueden ser más dañinos, desde el punto de vista de la erosión, que desde el punto de vista de la fatiga.

La elección de un espesor adecuado de diseño por este método depende consecuentemente, de factores adicionales a los tradicionalmente utilizados, como el sistema de juntas y el tipo de bermas

## **5.2 METODOLOGIA APLICADA**

Elegido el tipo de pavimento a construir, el tipo de subbase y el tipo de berma, el diseño se realiza a partir de los cuatro factores siguientes:

- Resistencia a la flexión del concreto (MR Modulo de Rotura)
- Resistencia de la subrasante o del conjunto Subrasante- Subbase(K)
- Los tipos ,frecuencias y magnitudes de las cargas por ejes esperadas
- El período de diseño, que usualmente se toma 20 años, pudiendo ser mayor o menor

## **5.3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.**

Este tipo de proyecto consiste en la pavimentación en concreto de los 1.56 km que hacen parte de la vía SANTIAGO - SAN ANDRÉS.

Para este tipo de vías y con superficie en concreto, el bombeo recomendado obtenido por el Manual de Diseño Geométrico de carreteras, es del 2%; pendiente que facilita la rápida evacuación del agua desde la carpeta y hacia las cunetas.

- **Sección de diseño**

El ancho de calzada adoptado es de 6.00 metros, es decir ancho de carril de 3.00 metros.

- **Metodología aplicada**

Se siguieron las siguientes instancias de procedimiento: definición de zonas homogéneas; cuantificación del refuerzo estructural.

- **Zonas homogéneas**

Se tiene una zona homogénea, se diseña una estructura de pavimento.

- **Dimensionamiento de la estructura mediante el método de la PCA.**

Con base en los ensayos de C.B.R. realizados, se determinó que la capacidad portante y resistencia de la subrasante encontrada es de aceptables condiciones, ya que los C.B.R. obtenidos son mayores al 3% y que para el caso de los pavimentos rígidos la subrasante deberá como condición garantizar un apoyo uniforme y permanente a la estructura de pavimento a construir, además se contempla aprovechar donde sea posible el material de afirmado existente en todo el trayecto de la vía a pavimentar, ya que las condiciones de consolidación ganadas durante el transcurrir del tiempo debido al tráfico que circula por la vía, sin duda ofrecen un aporte estructural al pavimento a construir, además contribuirá a disminuir de manera significativa los costos en la construcción de la estructura a elegir que resulte del diseño realizado.

Se determinaran a continuación los módulos combinados, los cuales servirán de soporte a la placa de concreto a construir.

**K:** Parámetro que relaciona la presión necesaria para producir una deformación dada.

$$K = \frac{\text{Presión}}{\text{Deformación}}, \frac{\text{Kg/cm}^2}{\text{cm}}, \frac{\text{PSI}}{\text{Pul}} = \text{PCI} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{Mpa}}{\text{m}}$$

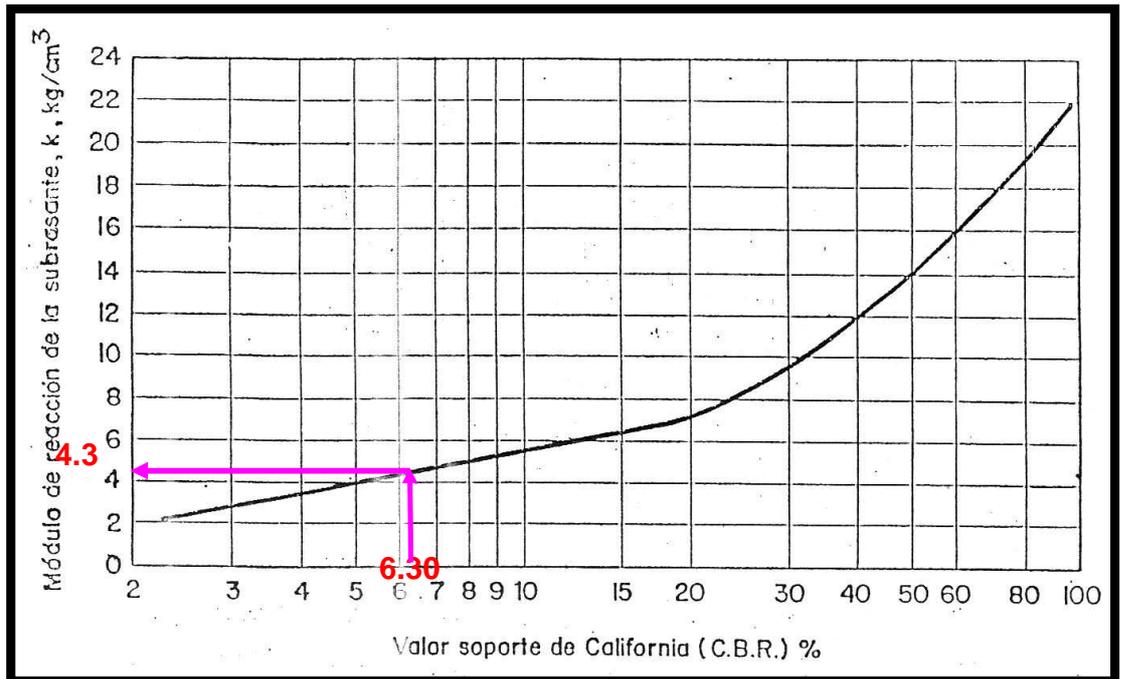
$$\therefore \frac{1\text{Kg}}{\text{cm}^3} \approx 36.5\text{PCI} \approx \frac{10\text{Mpa}}{\text{m}}$$

Este parámetro se obtiene mediante el ensayo de placa, pero en condiciones diferentes si no es posible realizar este ensayo, se puede obtener mediante unas correlaciones con el CBR de acuerdo a la figura 25 (Relación entre el valor soporte de California (C.B.R.) y el módulo de reacción de la subrasante (K)).

**5.3.1 Cálculo del módulo de reacción (K) para la subrasante.** A partir de la Figura 27 “Relación entre el valor de soporte de California CBR y el módulos de Reacción de la subrasante K”, se determina el módulo de reacción

correspondiente a una subrasante de resistencia CBR = 6.3% definido en el numeral 4.6 obteniéndose un valor aproximado de  $K_{\text{subrasante}} = 4.3 \text{ kg/cm}^3$ ;  $K_{\text{subrasante}} = 43 \text{ Mpa/m}$

Figura 27<sup>23</sup>. Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y la clasificación del suelo



**5.3.2 Cálculo del módulo de reacción  $k_{\text{conjunto}}$ .** El módulo de reacción del conjunto subbase/subrasante, es función de la resistencia de la subrasante, o sea del  $K_{\text{subrasante}}$ , del espesor, y de la calidad de la subbase. Entonces para determinar este parámetro, existen unas gráficas ó ábacos en los que se encuentran en el eje de las abscisas valores del  $K_{\text{subrasante}}$ , y en el eje de las ordenadas el valor del  $K_{\text{conjunto}}$ .

Normalmente la subbase granular en un pavimento rígido tiene la función de proteger la erosionabilidad del soporte, suele tener espesores entre 15 a 20 cm.

Una función complementaria de la subbase granular es tener un pequeño aporte estructural.

<sup>23</sup> Pavimentos rígidos - Guillermo Muñoz Ricaurte.

A continuación se procede a calcular el  $K_{\text{CONJUNTO}}$  subbase/subrasante.  
 Datos de entrada:

- $K_{\text{subrasante}} = 43 \text{ Mpa/m}$
- **Esesor de la Subbase = 15cm. (Asumido)**

El procedimiento del cálculo del  $K_{\text{CONJUNTO}}$  subbase/subrasante se realiza por medio de interpolaciones. (Véase cuadro 43).

Cuadro 43. Efecto de subbases sin tratar en el valor del modulo de reacción  $K^{24}$

Módulo k subrasante		Módulo K de Subbase/subrasante ( $K_{\text{conjunto}}$ )							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

### INTERPOLACIÓN

Módulo de Reacción  $k_{\text{subrasante}}$

Módulo de Reacción  $K_{\text{conjunto}}$   
Subbase/subrasante



$$(60\text{Mpa/m} - 40\text{Mpa/m}) = 20\text{Mpa/m}$$

$$(66\text{Mpa/m} - 49\text{Mpa/m}) = 17\text{Mpa/m}$$

$$(60\text{Mpa/m} - 43\text{Mpa/m}) = 17\text{Mpa/m}$$

“X”

$$"X" = \frac{17\text{Mpa/m} * 17\text{Mpa/m}}{20\text{Mpa/m}} = 14.45\text{Mpa/m}$$

$$K_{\text{CONJUNTO}} \text{Subbase/subrasante} = 66\text{Mpa/m} - 14.45\text{Mpa/m} = 51.55\text{Mpa/m} \approx 52\text{Mpa/m} \approx 190\text{PCI}$$

<sup>24</sup> Ingeniería de pavimentos para carreteras – Alfonso Montejó Fonseca

**5.3.3 Espectro de carga.** El espectro de carga se calculó en el capítulo 3, se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 44. Calculo espectro de carga

Ejes simples carga (Ton)	Repeticiones Esperadas	Ejes Tándem carga (Ton)	Repeticiones Esperadas
8.45	21616	19.6	4442
8.40	1663		
6.0	6695		
4.55	11639		
4.20	11640		
4.00	4464		
1.8	4988		

**5.3.4 Factor de seguridad de carga.** El factor de carga dependerá de la importancia de la vía y la incertidumbre en la estimación de las cargas. Debido a que la vía estará sometida a un tráfico de peso y frecuencia media se considera un factor de seguridad de carga F.S.C.=1.1 a criterio de los diseñadores. (Véase cuadro 45).

Cuadro 45. Tipo de vía y condiciones de tránsito

TIPO DE VIA Y CONDICIONES DE TRANSITO	F.S.C.
Vía tránsito pesado	1.2
Carreteras y arterias urbanas	1.1
Carreteras secundarias	1.0

**5.3.5 Período de diseño.** Dado que es difícil predecir el tránsito con suficiente aproximación para un término demasiado largo, se toma un lapso de 20 años como período para el diseño de un pavimento rígido, sin olvidar que en determinados casos puede resultar económicamente justificado el empleo de períodos menores o mayores.

## 5.4 LOSA DE CONCRETO

**5.4.1 Módulo de rotura (Mr) del concreto.** La resistencia mecánica que se especifica para los pavimentos de concreto debe ser la de tracción por flexión (Mr).

Según valores recomendados para carreteras de medio tráfico, el valor recomendado es **MR = 42 Kg/cm<sup>2</sup> ≈ 4.12 Mpa** lo cual implica la mezcla de materiales de alta calidad para su obtención.

Cuadro 46. Valores de MR según el tipo de vía

Tipo de vía	MR kg/cm <sup>2</sup>
Autopistas	48
Carreteras	48
Zonas Industriales	45
Urbana principal	45
Urbana secundaria	42

Con estas consideraciones se adoptará un Mr = 42 kg/cm<sup>2</sup> garantizando en obra que dichas resistencias se alcanzan.

Se asume que este pavimento se construirá con bermas de concreto y con pasadores. Una vez conocidos los parámetros de diseño se determinan los espesores de la estructura del pavimento que garanticen los análisis de fatiga y erosión.

**5.4.2 Análisis de fatiga.** Para controlar el agrietamiento por fatiga.

1. Determinar el tipo de berma
2. Determinar esfuerzos equivalentes ( $\sigma_{EQ}$ ) en función de: H de losa, K, tipo de eje
3. Calcular factores de relación de esfuerzo ( $FR\sigma$ )

$$FR = \sigma_{EQ} / MR$$

4. Determinar gráficamente para cada carga el número admisible de repeticiones de carga (NRA) en función de ( $FR\sigma$ )

5. Calcular el consumo de fatiga parcial (CFP) para cada carga

$$CFP = (NRE / NRA) \times 100$$

6. Calcular consumo total de fatiga y compararlo con valor admisible (<100%)

$$CFT = \sum CFP$$

**Determinar el tipo de berma:**

La vía tendrá bermas en concreto y juntas con pasador, garantizando apoyo lateral para disminuir la agresividad del fenómeno de erosión y así mismo los esfuerzos de borde; además, los pasadores permitirán la transferencia de cargas entre las losas para disminuir la deflexión en las juntas, disipando de una mejor manera los esfuerzos en las esquinas.

**Determinar los esfuerzos equivalentes ( $\sigma_{EQ}$ ):**

Se determinan en función de: H espesor de la losa de concreto, el módulo de reacción del apoyo K y del tipo de eje (Simple -Tándem).

El esfuerzo equivalente  $\sigma_{eq}$  se calculará para pavimentos con bermas en concreto con el Cuadro 47 para ejes simple y doble (Tándem); y la figura 26 para todos los casos

Para determinar estos esfuerzos equivalentes para cada tipo de eje se debe asumir un espesor de losa, para este caso se asume inicialmente un espesor de 17 cms.

Datos de entrada:

- Espesor de losa asumido (H) = 17 cm

$$K_{CONJUNTO} \text{ Subbase / subrasante} = 52 \text{ Mpa/m}$$

De acuerdo a los datos de entrada se procede a calcular los esfuerzos equivalentes y número de repeticiones admisibles para los diferentes tipos de ejes, siguiendo los pasos del cuadro de análisis de fatiga (Véase cuadro 47,48 y 49).

Cuadro 47.Esfuerzo equivalente –berma de concreto (eje simple eje tándem).

Para $K_{conjunto}$ Mpa/m	Esfuerzo equivalente B1 $\sigma_{eq}$ Mpa/m	
	Eje simple	Eje tándem
40	1.82	1.54
<b>Para 52</b>	<b>1.75</b>	<b>1.47</b>
60	1.70	1.42

Interpolando los datos entonces con el  $K_{conjunto}$ , se obtiene:

Cuadro 48. Esfuerzo equivalente.

$K_{conjunto}$ Subbase/subrasante (Mpa/m)	Esfuerzo equivalente ( $\sigma_{EQ}$ ) (Mpa/m)	
	Eje simple	Eje tándem
52	1.75	1.47

Cuadro 49. Resumen de cálculo de esfuerzos equivalentes ( $\sigma_{eq}$ )

Eje	Esfuerzo equivalente $\sigma_{eq}$	
	Mpa/m	kg/cm <sup>2</sup>
Simple	1.75	17.5
Tándem	1.47	14.7

El eje simple produce mayores esfuerzos por fatiga en comparación al eje tándem.

#### Cálculo de los Factores de La Relación de Esfuerzos ( $FR\sigma$ ):

Es la relación entre el esfuerzo equivalente y el módulo de rotura del concreto. (Véase cuadro 50).

Datos de entrada:

- $Mr = 42 \text{ kg/cm}^2$

Cuadro 50. Cálculo de relación de esfuerzos ( $FR\sigma$ )

$Mr = 42 \text{ kg/cm}^2$	Relación de Esfuerzo	
	$\sigma_{eq}/Mr$	$FR\sigma$
Simple	17.5/42	0.42
Tándem	14.7/42	0.35

Posteriormente se determina gráficamente para cada carga el número admisible de repeticiones de carga (NRA) en función de ( $FR\sigma$ ): se toma como carga inicial la mayor de las cargas correspondientes al eje simple o sea 8.45 toneladas. La determinación de estas repeticiones se realiza mediante el ábaco correspondiente a la Figura 26 (Análisis de fatiga – repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos).

Primero se incrementa las magnitudes de las cargas para los dos tipos de ejes: simple, tándem; afectadas por el Factor de Seguridad de Carga, que para este caso es igual a 1.1.

El procedimiento es el siguiente:

- Se amplifica la carga por el factor de seguridad (1.1) para la primera carga por eje correspondiente al eje simple o sea para 8.45 ton.

### **Eje simple**

Primera carga del eje simple = 8.45 Ton.

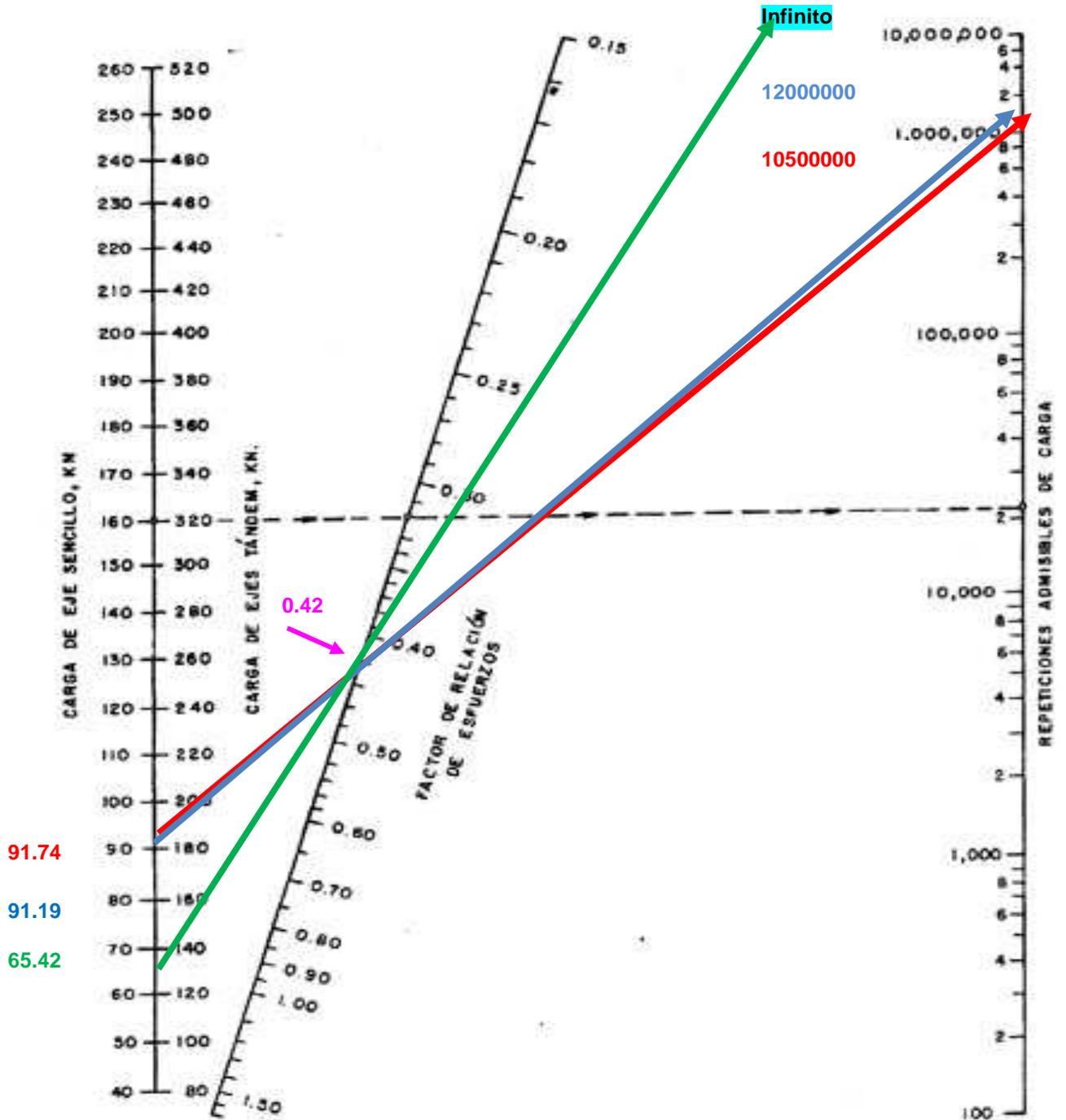
Carga amplificada = 8.45 Ton \* 1.1 = 9.29 Ton

- Se transforma la carga amplificada a Kilonewtons por el factor de transformación que es igual a 9.87 KNw/ton.

$$9.29 \text{ Ton} * 9.87 \text{KNw/Ton} = \mathbf{91.74 \text{ KNw}}$$

- A continuación se ubica la carga amplificada sobre el eje vertical de la figura No. 28 y se ubica ese punto; posteriormente se ubica el valor de la relación de esfuerzos correspondiente al eje simple (**FRσ = 0.42**) y por último se traza una recta uniendo estos dos puntos; prolongando esta última hasta el eje de las repeticiones admisibles de carga, obteniendo un valor "X" de repeticiones para este caso en particular.
- Este procedimiento se realiza para cada tipo de carga de cada tipo de eje. (Véase figura 28).

Figura 28. Análisis de fatiga – repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos- Eje simple



Análisis de fatiga-Repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos (con y sin bermas de concreto).

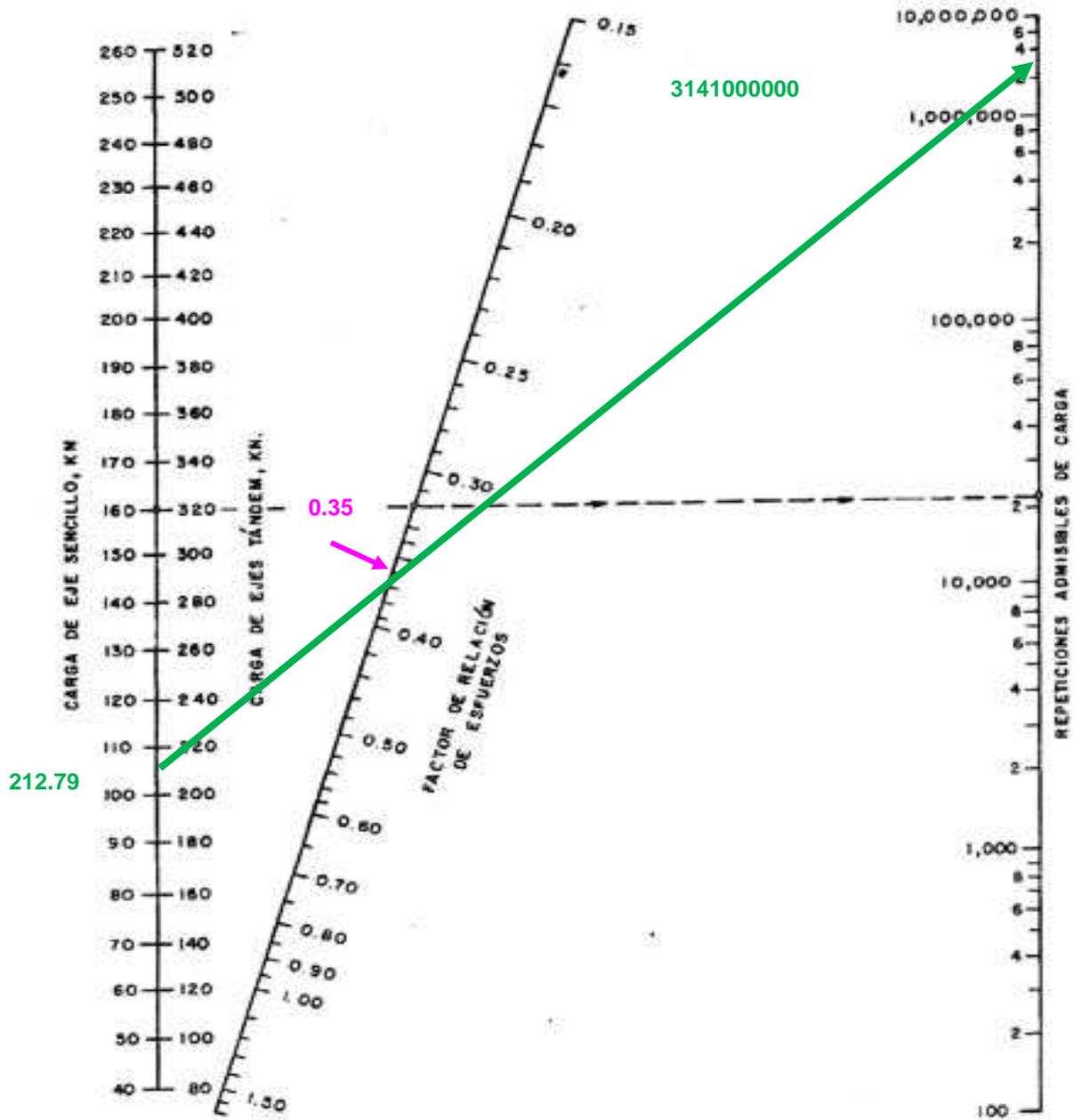
### **Eje tándem:**

Primera Carga del eje tándem = **19.60 Ton.**

Carga amplificada = 19.60 Ton \* 1.1 = **21.56 Ton**

- Se transforma la carga amplificada a Kilonewtons por el factor de transformación que es igual a 9.87 KNw/Ton.  
 $21.56 \text{ Ton} * 9.87 \text{KNw/Ton} = \mathbf{212.79 \text{ KNw}}$
- A continuación se ubica la carga amplificada sobre el eje vertical de la figura No. 26 y se ubica ese punto; posteriormente se ubica el valor de la relación de esfuerzos correspondiente al eje tándem ( **$FR\sigma = 0.35$** ) y por último se traza una recta uniendo estos dos puntos; prolongando esta última hasta el eje de las repeticiones admisibles de carga, se obtiene un valor "X" de repeticiones para este caso en particular.
- Este procedimiento se realiza para cada tipo de carga de cada tipo de eje. (Véase figura 29).

Figura 29. Análisis de fatiga – repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos- Eje Tándem



Análisis de fatiga-Repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos (con y sin bermas de concreto).

### **Cálculo del consumo de fatiga parcial (CFP) para cada carga:**

$$\text{CFP} = (\text{NRE}/\text{NRA}) \times 100$$

CFP, Consumo de fatiga.

NRE, Número de repeticiones Esperadas.

NRA, Número de repeticiones Admisibles.

Para eje simple y carga **91.74 KNw**; El número de repeticiones admisibles es 1.050.000 y el número de repeticiones esperadas son 21616

$$\text{CFP} = (21.616/1.050.000) \times 100 \% = 2.05 \%$$

Para eje simple y carga **91.19KNw**; El número de repeticiones admisibles es 1.200.000 y el número de repeticiones esperadas es 1.663

$$\text{CFP} = (1.663/1.200.000) \times 100 \% = 0,13\%$$

Cálculo del consumo total de fatiga y comparación Con el Valor admisible (< 100%)

$$\text{CF} = \Sigma \text{CFP} < 100\%$$

La sumatoria de los consumos parciales por cada carga y por cada eje debe compararse y tiene que ser menor al 100%. Entonces, las cargas planteadas y sus repeticiones producen esfuerzos de fatiga a la losa de concreto mínimos, posteriormente se chequea por método computacional de la PCA.

#### **5.4.3 Análisis de erosión:**

Para controlar la erosión de la fundación y las bermas, el bombeo y desnivel entre losas.

- Considerar presencia de bermas y tipo de transmisión de cargas en las juntas transversales
- Determinar factores de erosión (FE) para cada tipo de eje en función de: H de losa, K, tipo de eje.
- Determinar gráficamente para cada carga el número de repeticiones admisible (NRA) en función de (FE).
- Calcular para cada carga por eje el factor daño parcial por erosión
  - $FDP = (\text{NRE} / \text{NRA}) \times 100$
- Calcular el factor daño total por erosión (FDTE) y compararlo con valor admisible (<100%)

$$FDTE = \Sigma FDP$$

Se tendrán bermas en concreto y pasadores en las juntas transversales para controlar los esfuerzos producidos por la deflexión.

Determinar factores de erosión (FE) para cada tipo de eje. En función de: H de losa, K, tipo de eje.

Los factores de erosión se determina en función del espesor de la losa, el módulo de reacción del apoyo y el tipo de eje, igual como se calculaba el esfuerzo equivalente.

Los factores de erosión se determinan para pavimento con bermas de concreto y juntas con pasadores de carga.

Datos de entrada:

- Espesor de losa asumido (H) = 17 cm
- $K_{CONJUNTO} \text{ Subbase/ subrasante} = 52 \text{ Mpa/m}$

De acuerdo con los datos de entrada se procede a calcular los factores de erosión y número de repeticiones admisibles para los diferentes tipos de ejes, siguiendo los pasos del cuadro para hacer el análisis de erosión.(Véase cuadro 51 y 52).

Cuadro 51. Factores de Erosión –Juntas con pasadores-bermas de concreto (eje simple /eje tándem)

<b>K<sub>conjunto</sub> Subbase/subrasante (Mpa/m)</b>	<b>Factor de Erosión FE Mpa/m</b>	
	<b>Eje simple</b>	<b>Eje tándem</b>
40	2.59	2.65
<b>52</b>	<b>2.58</b>	<b>2.61</b>
60	2.57	2.59

Interpolando los datos entonces con el KSubbase/subrasante, se obtiene:

Cuadro 52. Resumen de cálculo de factores de erosión

<b>Eje</b>	<b>Factores de Erosión FE (Mpa/m)</b>	
	<b>Mpa/m</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
Simple	2.58	25.8
Tándem	2.61	26.1

Luego se determina gráficamente para cada carga el número de repeticiones, como se hizo anteriormente.

Admisibles (NRA). En Función de (F.E)

Se toma como carga inicial la mayor de las cargas correspondientes al eje simple o sea 8.45 toneladas. El procedimiento del uso de las tablas para calcular las repeticiones admisibles, es similar al descrito en la parte del análisis de fatiga.

El procedimiento es el siguiente:

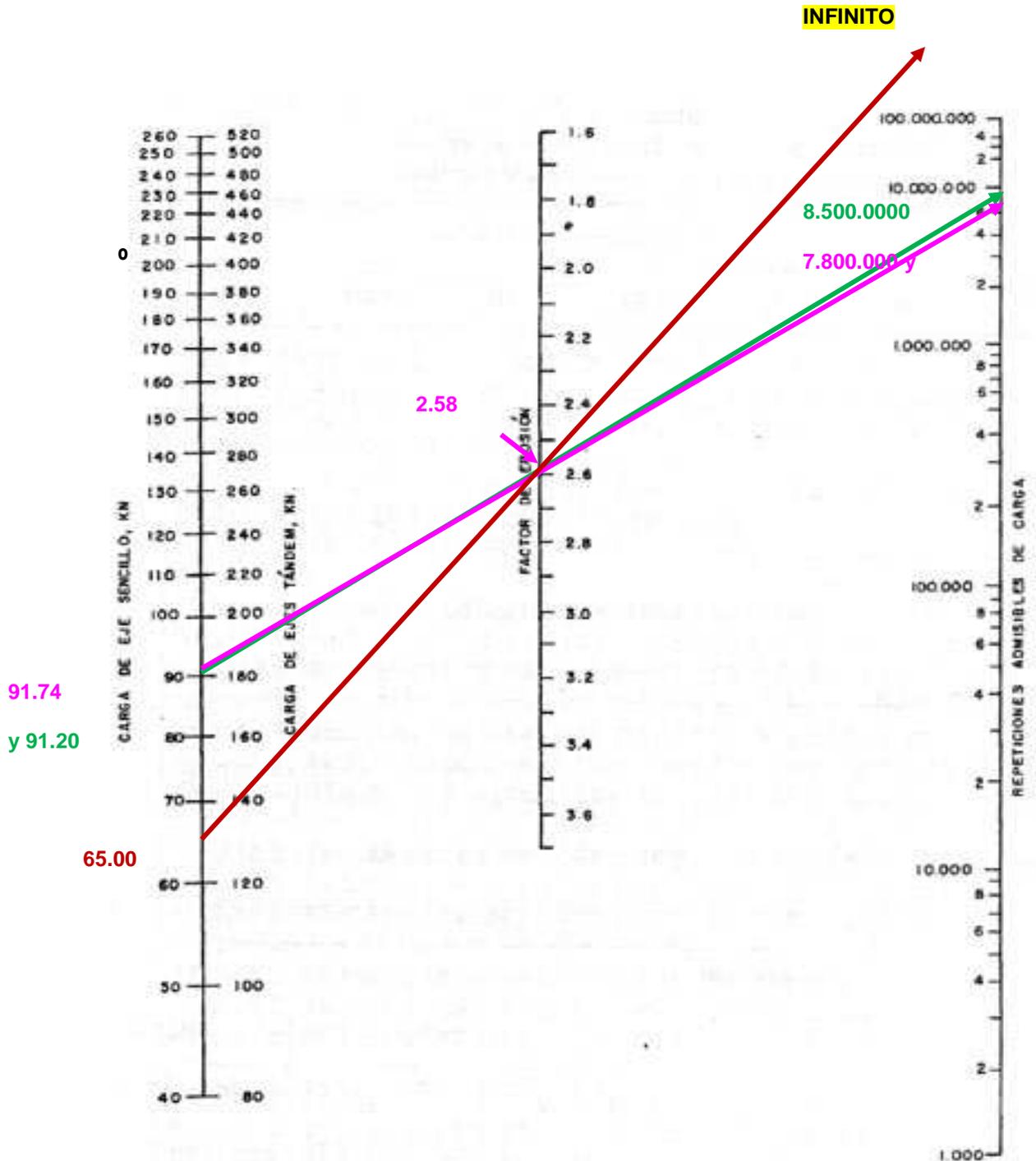
**Eje simple:**

Primera carga del eje simple = **8.45 Ton.**

Carga amplificada =  $8.45 \text{ Ton} * 1.1 = \mathbf{9.29 \text{ Ton}}$

- Se transforma la carga amplificada a Kilonewtons por el factor de transformación que es igual a 9.87 KNw/Ton.  
 $9.29 \text{ Ton} * 9.87 \text{KNw/Ton} = \mathbf{91.74 \text{ KNw}}$
- A continuación se ubica la carga amplificada sobre el eje vertical de la figura No. 27 y se ubica ese punto; posteriormente se ubica el valor del factor de erosión correspondiente al eje simple (**F.E = 2.58**) y por último se traza una recta uniendo estos dos puntos; prolongando esta última hasta el eje de las repeticiones admisibles de carga, obteniendo un valor "X" de repeticiones para este caso en particular.
- Este procedimiento se realiza para cada tipo de carga de cada tipo de eje. (Véase figura 30).

Figura 30. Análisis de erosión – repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (con berma de concreto) eje simple



Repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (con berma de concreto).

### **Eje tándem:**

Primera Carga del eje tándem = **19.6 Ton.**

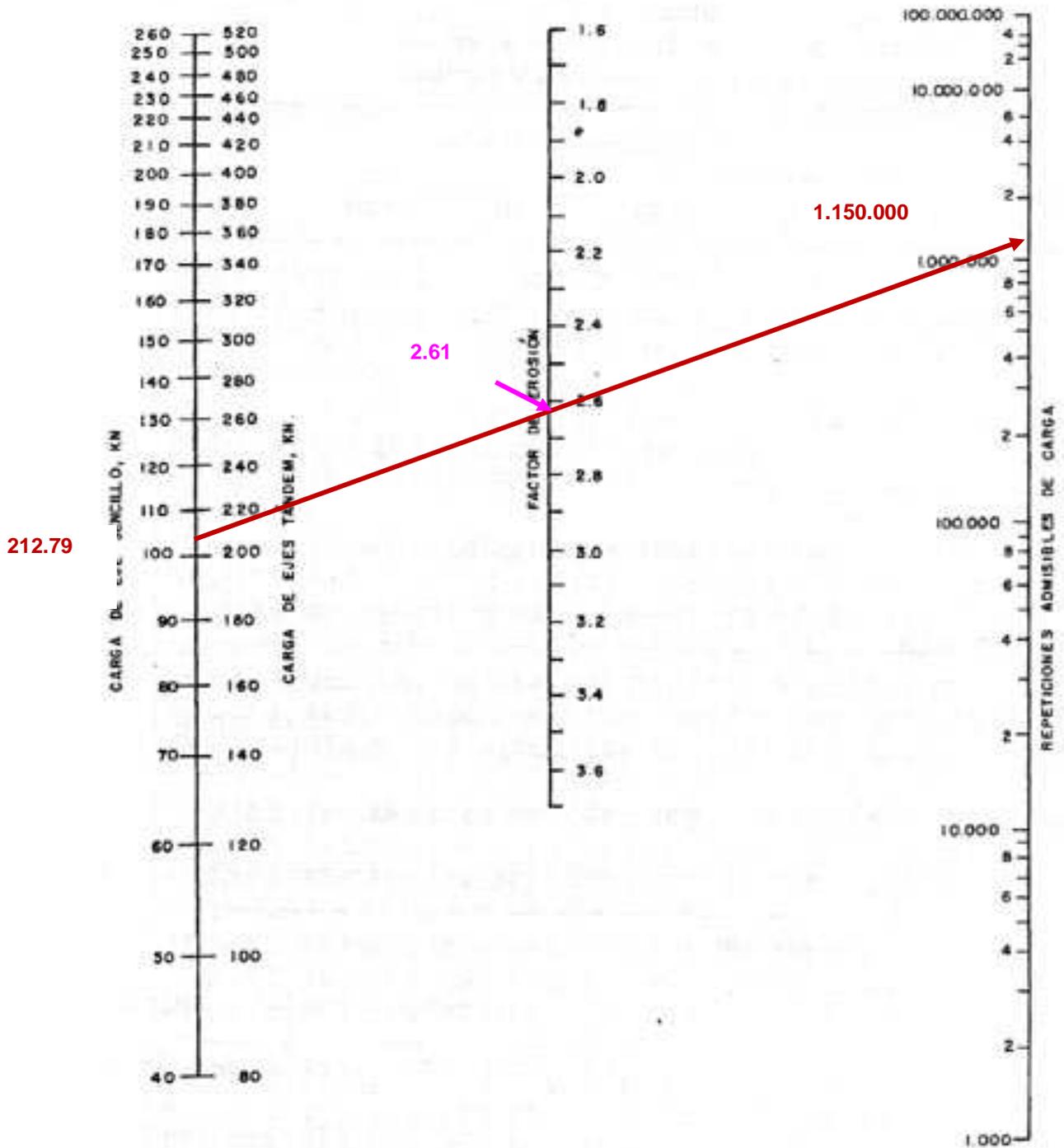
Carga amplificada =  $19.60\text{Ton} * 1.1 = \mathbf{21.56 \text{ Ton}}$

- Se transforma la carga amplificada a Kilonewtons por el factor de transformación que es igual a 9.87 KNw/Ton.

$21.56 \text{ Ton} * 9.87\text{KNw/Ton} = \mathbf{212.79 \text{ KNw}}$

- A continuación se ubica la carga amplificada sobre el eje vertical de la figura No. 26 y se ubica ese punto; posteriormente se ubica el valor del factor de erosión correspondiente al eje simple (**F.E = 2.61**) y por último se traza una recta uniendo estos dos puntos; prolongando esta última hasta el eje de las repeticiones admisibles de carga, obteniendo un valor "X" de repeticiones para este caso en particular.
- Este procedimiento se realiza para cada tipo de carga de cada tipo de eje. (Véase figura 31).

Figura 31. Análisis de Erosión – repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (con berma de concreto) eje tándem



Repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (con berma de concreto).

### **Cálculo del Consumo de Erosion Parcial (CFP) para cada carga.**

$$\text{CFP} = (\text{NRE}/\text{NRA}) \times 100$$

CFP, Consumo de erosion.

NRE, Número de repeticiones esperadas.

NRA, Número de repeticiones admisibles.

Para eje simple y carga **91.74 KNw**; El número de repeticiones admisibles es 7.800.000 y el número de repeticiones esperadas es 21.616

$$\text{CFP} = (21.616/7.800.000) \times 100 \% = 0.27\%$$

Para eje simple y carga **91.19 KNw**; El número de repeticiones admisibles es 8.500.000 y el número de repeticiones esperadas es 1.663

$$\text{CFP} = (1.663/8.500.000) \times 100 \% = 0.02\%$$

**Cálculo del consumo total de erosion** y Comparación Con el Valor admisible (< 100%)

$$\text{CF} = \Sigma \text{CFP} < 100\%$$

La sumatoria de los consumos parciales por cada carga y por cada eje debe compararse y tiene que ser menor al 100%.

Entonces, las cargas planteadas y sus repeticiones producen esfuerzos de erosion a la losa de concreto mínimos, posteriormente se chequea por método computacional de la PCA.

Se debe dejar un rango como remanente por seguridad, alrededor de un 20%, por lo cual el consumo total debe acercarse por o bajo al 80%. El valor restante se deja como reserva dada la incertidumbre en el valor de las cargas o las repeticiones de las mismas que puedan presentarse en la situación real, o variaciones en la resistencia de los materiales, reserva que le queda al pavimento para asumir en parte cuando esté en funcionamiento.

Dados los resultados analizados, se encuentra que la  $\Sigma\text{CFP} = 0.69$  (erosión) y 2.30 (fatiga), menor que el 100%.

Reserva = 100% - FDTEF (Factor daño por erosión y fatiga), proporciona un margen de repeticiones de carga dadas las incertidumbres tanto de carga como de niveles de tránsito.

A manera de comparación y para agilizar los cálculos se muestran resultados obtenidos con el software BS-PC4, con el cual se pueden obtener valores similares y más precisos, ya que las aproximaciones por gráficos y/o

interpolaciones pueden generar algunas discrepancias, no muy apreciables en los resultados. (Véase figura 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38).

- **DISEÑO DEFINITIVO SEGÚN PROGRAMA**

Realizado los cálculos para diferentes espesores y realizando análisis de sensibilidad por el software BS-PC4 se concluye que la estructura óptima para la vía en estudio es la siguiente.

Figura 32 .Diseño definitivo estructura pavimento rígido



Figura 33 .Software PCA espesor de losa 150 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 150 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 2.1 Factor Esfuerzo: 0.5011 Factor Erosion: 2.7273

8.45	92.95	21,616	56,516	38.25	1,252,612	1.73
8.40	92.40	1,663	61,825	2.69	1,311,811	0.13
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.7 Factor Esfuerzo: 0.4189 Factor Erosion: 2.7319

19.60	215.60	4,442	98,782	4.50	434,949	1.02
-------	--------	-------	--------	------	---------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3404 Factor Erosion: 2.7555

Total : 45.43 2.87



Figura 34. Software PCA espesor de losa 160 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 160 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1.9 Factor Esfuerzo: 0.4603 Factor Erosion: 2.6473

8.45	92.95	21,616	212,453	10.17	2,856,781	0.76
8.40	92.40	1,663	233,860	0.71	3,039,006	0.05
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.6 Factor Esfuerzo: 0.3847 Factor Erosion: 2.6719

19.60	215.60	4,442	423,046	1.05	691,996	0.64
-------	--------	-------	---------	------	---------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.3 Factor Esfuerzo: 0.3096 Factor Erosion: 2.7028

Total : 11.94 1.45

The screenshot shows the 'BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA' window. It has a menu bar with 'Opciones', 'Sensibilidad', and 'Terminar'. The main area contains input fields for:
 

- Resistencia K del Apoyo: 190 (unit: PCI (lb/pulg3))
- Espesor de la Losa: 160 (unit: mm)
- Módulo de Rotura Losa: 4.1 (unit: Mpa)
- Factor de Seguridad: 1.1

 There are checkboxes for 'Con Bermas' and 'Con Pasadores', both checked. Below these are buttons for 'Ejes Sencillos', 'Ejes Tandem', and 'Ejes Tridem'. At the bottom, there are two result boxes: 'Total Consumo Esfuerzo (%)' with value 11.9356 and 'Total Consumo Erosión (%)' with value 1.4533. Action buttons include 'Cargar', 'Guardar', 'Calcular', 'Imprimir', and 'Salir'.

Figura 35. Software PCA espesor de losa 170 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 170 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib	Consumo Fatiga	Repeticiones Admisi	Consumo Erosion
----------	-------------	------------------------	----------------------	----------------	---------------------	-----------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1.7    Factor Esfuerzo: 0.4253    Factor Erosion: 2.5773

8.45	92.95	21,616	1,067,367	2.03	7,819,581	0.28
8.40	92.40	1,663	1,242,626	0.13	8,549,321	0.02
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.5    Factor Esfuerzo: 0.3570    Factor Erosion: 2.6119

19.60	215.60	4,442	3,141,328	0.14	1,138,374	0.39
-------	--------	-------	-----------	------	-----------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.2    Factor Esfuerzo: 0.2843    Factor Erosion: 2.6528

Total :    2.30    0.69

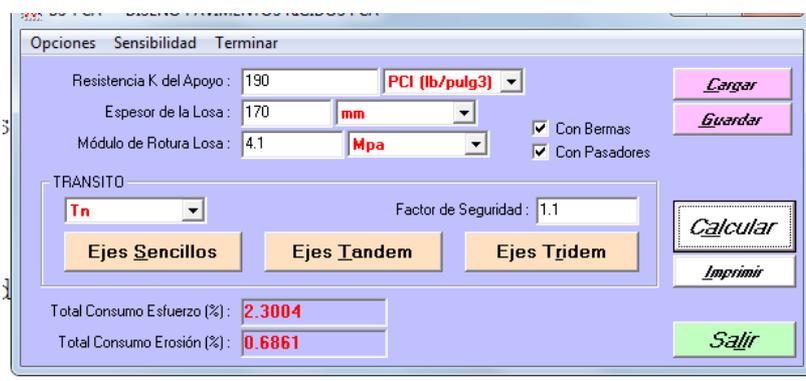


Figura 36. Software PCA espesor de losa 180 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 180 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	-------------------	--------------------------------	--------------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1.6 Factor Esfuerzo: 0.3936 Factor Erosion: 2.5073

8.45	92.95	21,616	Inf	0.00	35,086,396	0.06
8.40	92.40	1,663	Inf	0.00	40,213,819	0.00
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3317 Factor Erosion: 2.5619

19.60	215.60	4,442	Inf	0.00	1,822,340	0.24
-------	--------	-------	-----	------	-----------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2623 Factor Erosion: 2.6128

Total : 0.00 0.31



Figura 37. Software PCA espesor de losa 190 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 190 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib	Consumo Fatiga	Repeticiones Admisi	Consumo Erosion
----------	-------------	------------------------	----------------------	----------------	---------------------	-----------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1.5    Factor Esfuerzo: 0.3659    Factor Erosion: 2.4409

8.45	92.95	21,616	Inf	0.00	Inf	0.00
8.40	92.40	1,663	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.3    Factor Esfuerzo: 0.3098    Factor Erosion: 2.5155

19.60	215.60	4,442	Inf	0.00	3,059,960	0.15
-------	--------	-------	-----	------	-----------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.0    Factor Esfuerzo: 0.2444    Factor Erosion: 2.5728

Total :    0.00    0.15



Figura 38. Software PCA espesor de losa 200 mm

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 190 PCI (lb/pulg3)  
 Espesor Losa : 200 mm  
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa  
 Bermas : SI  
 Pasadores : SI  
 Factor de Seguridad Cargas : 1.1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS Tn	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	-------------------	--------------------------------	--------------------

**EJES SIMPLES**

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3421 Factor Erosion: 2.3809

8.45	92.95	21,616	Inf	0.00	Inf	0.00
8.40	92.40	1,663	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	66.00	6,695	Inf	0.00	Inf	0.00
4.55	50.05	11,639	Inf	0.00	Inf	0.00
4.20	46.20	11,640	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	44.00	4,464	Inf	0.00	Inf	0.00
1.80	19.80	4,988	Inf	0.00	Inf	0.00

**EJES TANDEM**

Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.2918 Factor Erosion: 2.4655

19.60	215.60	4,442	Inf	0.00	6,162,415	0.07
-------	--------	-------	-----	------	-----------	------

**EJES TRIDEM**

Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2282 Factor Erosion: 2.5328

Total : 0.00 0.07

The screenshot shows the 'BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA' window. It has three tabs: 'Opciones', 'Sensibilidad', and 'Terminar'. The 'Opciones' tab is active, displaying the following fields and controls:

- Resistencia K del Apoyo: 190 (unit: PCI (lb/pulg3))
- Espesor de la Losa: 200 (unit: mm)
- Módulo de Rotura Losa: 4.1 (unit: Mpa)
- Checkboxes:  Con Bermas,  Con Pasadores
- TRANSITO: Tn (dropdown menu)
- Factor de Seguridad: 1.1
- Buttons: Ejes Sencillos, Ejes Tandem, Ejes Tridem, Calcular, Imprimir, Salir, Cargar, Guardar
- Summary fields: Total Consumo Esfuerzo (%): 0, Total Consumo Erosión (%): 0.0721

Figura 39. Software PCA Análisis de sensibilidad

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

**ANALISIS DE SENSIBILIDAD**  
**TRANSITO**

**** EJES SIMPLES ****		**** EJES TANDEM ****		**** EJES TRIDEM ****	
Carga (Tn)	Repeticiones Esperadas	Carga (Tn)	Repeticiones Esperadas	Carga (Tn)	Repeticiones Esperadas
8.45	21,616	19.60	4,442		
8.40	1,663				
6.00	6,695				
4.55	11,639				
4.20	11,640				
4.00	4,464				
1.80	4,988				

**DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA**  
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**Software : BS-PCA**

**ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

K_Subrasante (PCI (lb/pulg3))	Espesor (mm)	Modulo_Rotura (Mpa)	Consumo Fatiga	Consumo Erosion
185.0	150.00	4.1	49.26	2.93
185.0	160.00	4.1	12.95	1.49
185.0	170.00	4.1	2.61	0.71
185.0	180.00	4.1	0.00	0.32
185.0	190.00	4.1	0.00	0.15
185.0	200.00	4.1	0.00	0.08
190.0	150.00	4.1	45.43	2.87
190.0	160.00	4.1	11.94	1.45
190.0	170.00	4.1	2.30	0.69
190.0	180.00	4.1	0.00	0.31
190.0	190.00	4.1	0.00	0.15
190.0	200.00	4.1	0.00	0.07

### **5.1.1 Diseño de acuerdo al manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.**

El manual especifica de la manera más clara, completa y concisa posible las particularidades de los pavimentos de concreto, las variables que influyen en su comportamiento y, por ende, en la determinación de los espesores de las capas que lo constituyen, las características que hacen que este pavimento gane o pierda competitividad frente a otras alternativas de pavimentación y una guía para escoger las dimensiones de las losas y las propiedades del concreto. Está orientado hacia el diseño de pavimentos de concreto para carreteras de diversa índole, desde caminos rurales hasta vías de primer orden. El objetivo del manual es el de establecer un catálogo de diseño de estructuras en función de las variables más importantes que inciden en la determinación de los espesores y calidades de las capas. Ese catálogo se construye con base en los métodos de diseño más conocidos en el país como son el de la Portland Cement Association - PCA- versión 1984 y el de la American Association of State Highway And Transportation Officials -AASHTO versión 1993<sup>25</sup>.

#### **Definición de variables**

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado.

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá, se presenta de manera sucinta la descripción de cada una de las variables que fueron tenidas en cuenta en los análisis para la elaboración del catálogo de estructuras<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

<sup>26</sup> *Ibidem*.

## El tránsito y el período de diseño.

Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en Cuadro 53, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO<sup>27</sup>.

Cuadro 53. Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8,2 t
T <sub>0</sub>	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

las siglas tienen el siguiente significado:	
<b>Vt:</b> Vía terciaria	<b>M:</b> Medias
<b>Vs:</b> Vía secundaria	<b>A:</b> Anchas
<b>Vp:</b> Vía principal	<b>CC:</b> Carreteras de 2 direcciones
<b>E:</b> Estrechas	<b>MC:</b> Carreteras multicarriles
	<b>AP:</b> Autopistas

<sup>27</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

## La subrasante

Para el diseño del pavimento, en éste manual, se tendrán cinco clases de suelo tal y como se indica en el Cuadro 54, en el cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo –CBR, estos valores se correlacionaron con el Módulo de Reacción de la subrasante -k- que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño<sup>28</sup>.

Cuadro 54. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm <sup>2</sup> )
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

## Material de soporte para el pavimento

Se tendrán en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en el Cuadro 55. El suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento, de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante<sup>29</sup>.

Cuadro 55. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

---

<sup>28</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

<sup>29</sup> *Ibidem*

## Características del concreto para pavimentos

Para los diseños de los pavimentos se escogieron 4 calidades de concreto según lo indicado en el Cuadro 56., las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto<sup>30</sup>.

Cuadro 56. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

## Juntas - Transferencia de cargas entre losas y confinamiento lateral

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes, en el manual se identificaron con las siglas indicadas en el Cuadro 57<sup>31</sup>.

Cuadro 57. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

---

<sup>30</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

<sup>31</sup> *Ibidem*.

Cuadro 58. Resumen de variables consideradas en el diseño<sup>32</sup>

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 <sup>9</sup> )	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 <sup>9</sup> <EALS <1,5x10 <sup>9</sup> )	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 <sup>9</sup> <EALS <5x10 <sup>9</sup> )	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 <sup>9</sup> <EALS <9x10 <sup>9</sup> )	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 <sup>9</sup> <EALS <17x10 <sup>9</sup> )			
	T5 (17x10 <sup>9</sup> <EALS <25x10 <sup>9</sup> )			
	T6 (25x10 <sup>9</sup> <EALS <100x10 <sup>9</sup> )			

Tabla 3-6. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento

En donde:	
S1: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"	BG: "Base granular"
T1: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6"	BEC: "Base estabilizada con cemento"
D: "Dovelas"	CBR: "Relación de soporte de California"
B: "Bermas"	EALS: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent Axels Load System"
SN: "Suelo natural o subrasante"	

## Metodología de diseño.

En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras.

<sup>32</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Los espesores registrados en las tablas del manual son el resultado del análisis de más de 70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA '84 y la AASHTO '93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras<sup>33</sup>. Se obtuvo de acuerdo al cuadro 59. Los siguientes resultados.

Cuadro 59. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal

A manera de comparación se observa que con este método se obtiene un espesor de 19.00 cm.

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
Tránsito T1																					
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR3			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BQ	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BEC	MR1			20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20
	MR2			19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19
	MR3			19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19
	MR4			19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18

<sup>33</sup> Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

## 5.5 DIMENSIONES DE LA LOSA

### 5.5.1 Modulador de losas:

- **Modulador de losas**

Para calcular las medidas de las losas, se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Ancho de calzada 6.0 m
- Espesor de losa 18 cm
- Clase de subbase granular
  
- Longitud máxima de la losa:  
 $L_{max} = K * \text{espesor}$ ; K para subbase granular = 25 450 cm
  
- Número de losa:  
 $\text{No. losas} = \text{calzada} / L_{max}$  2.0 losas
  
- Ancho de losa:  
 $\text{Ancho losas} = \text{calzada} / \text{No. losas}$  3.0 m
  
- Longitud de losa:  
 $\text{Longitud losa} = \text{ancho losas} * F_e$  (factor de esbeltez  $F_e = 1.25$ ) 3.8 m

### 5.5.2 Datos de entrada para calcular esfuerzos en pavimentos rígidos

Cuadro 53. Resumen datos de entrada

Espesor de la losa	H = 180 mm	H = 18 cm
Longitud de la losa	L = 3800 mm	L = 3.80 m
Ancho de la losa	A = 3000 mm	A = 3.00 m
K (Módulo de reacción del subrasante)	4.3 Kg/cm <sup>3</sup>	43 Mpa/m
Módulo de Poisson Concreto	$\mu = 0.15$	
Módulo de elasticidad del concreto	E = 280.000 Kg/cm <sup>2</sup>	E = 2'800.000 Mpa
Coefficiente de Expansión Térmica $\alpha$	Agregado grueso arenisca	$\alpha = 10.8 * 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Módulo de Rotura del concreto:	MR = 42 Kg/cm <sup>2</sup>	MR = 4.1 Mpa
Coefficiente de expansión térmica durante el día	$\delta_T = (0.055 \text{ a } 0.077)^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ $\delta_T = 0.066 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	$\delta_T = (0.05 \text{ a } 0.077)^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ $\delta_T = 0.066 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{cm}$
Coefficiente de expansión térmica durante la noche	$\Delta t = (0.027 \text{ a } 0.038)^{\circ}\text{C}/\text{mm}$ $\Delta t = 0.032 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{mm}$	$\Delta t = (0.025 \text{ a } 0.038)^{\circ}\text{C}/\text{cm}$
Coefficiente de Fricción	Base granular	f = 1.5
Densidad del concreto reforzado	$\gamma_c = 2.4 \text{ Tn}/\text{m}^3$	

Cuadro 54. Valores Coeficiente de expansión térmica

Valores del coeficiente de expansión térmica del concreto $\alpha$		
Tipo de agregado grueso	$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$10^{-6}/^{\circ}\text{F}$
Cuarzo	11.9	6.6
Arenisca	11.7	6.5
Grava	10.8	6.0
Granito	9.5	5.3
Basalto	8.6	4.8
Caliza	6.8	3.8

Cuadro 55. Valores factor de fricción

Valores del factor del Factor de fricción (f)	
Tipo de material bajo la losa	Factor de fricción (f)
Tratamiento superficial	2.2
Estabilización con cal	1.8
Estabilización con asfalto	1.8
Estabilización con cemento	1.8
Grava de río	1.5
Piedra partida – Base granular	1.5
Arenisca	1.2
Subrasante natural	0.9

- Esfuerzos por cambio uniforme de temperatura.  
Esfuerzo de tracción que se genera en la losa.

$$\sigma_o = \frac{\gamma \times L \times f}{2}$$

$$\sigma_o = \frac{2.4 \text{ Ton} / \text{m}^3 \times 3.80 \text{ m} \times 1.5}{2} = 6.84 \text{ Ton} / \text{m}^2 = 0.68 \text{ Kg} / \text{cm}^2 < 1 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Indica que el valor de L cumple la condición. Se puede continuar. (OK CHEQUEA)

- Esfuerzos por gradiente térmico o alabeo

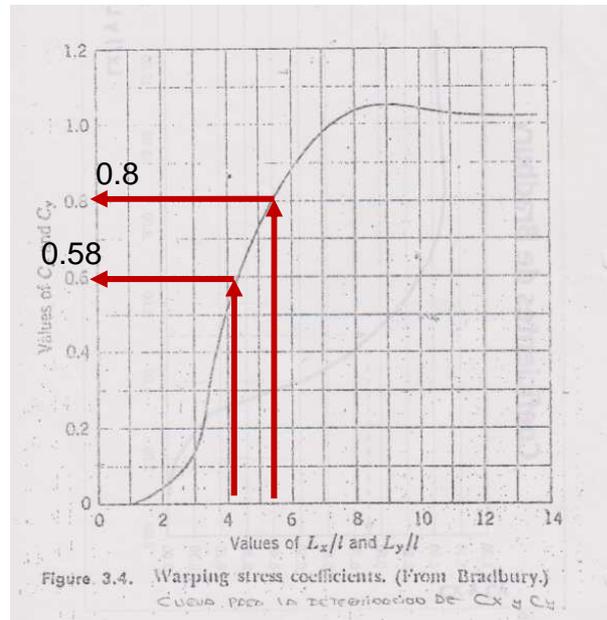
Radio de rigidez relativa

$$\rho = \left[ \frac{E \times H^3}{12 \times (1 - \mu^2) \times K_{conjunto}} \right]^{1/4} = \left[ \frac{280000 \times 18^3}{12 \times (1 - 0.15^2) \times 5.2} \right]^{1/4}$$

$\rho = 71.93 \text{ cm}$ ;  $\rho$  debe estar entre 60 y 120 cm, lo cual se está cumpliendo. (OK CHEQUEA)

- Coeficientes de alabeo o de Bradbury ( $C_x/C_y$ )  
Son función de:  $L_x/L$  y  $B_x/L$

Figura 40. Gráfica de coeficiente de alabeo de Bradbury



En la figura 40, y con los valores de  $L_x/\rho$  y  $L_y/\rho$ , se entra por el eje x hasta interceptar la curva y se obtienen los valores de  $C_x$  y  $C_y$  en el eje Y.

$L_x/\rho = 380/71.93 = 5.28$  y en la Figura 38,  $C_x = 0.8$  (Largo)

$L_y/\rho = 300/71.93 = 4.17$  y en la Figura 38,  $C_y = 0.58$  (Ancho)

Se analiza en el sentido X que tendrá mayor esfuerzo tanto de borde como esfuerzo interior:

- Esfuerzo de Borde

$\Delta t = \text{Gradiente de temperatura} \times H = \delta_T \times H$

$\Delta t = 0.066 \text{ }^\circ\text{C/mm} \times 180 \text{ mm} = 11.88 \text{ }^\circ\text{C}$  (Diferencia entre el gradiente día y la noche)

$$\sigma_{\text{borde } x} = [(E \times \alpha \times \Delta t)/2] \times Cx$$

$$\sigma_{\text{borde } x} = [(280000 \times 10.7 \times 10^{-6} \times 11.88)/2] \times 0.8 = 14.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{borde } x} = 14.24 \text{ Kg/cm}^2$$

- Esfuerzo interior

$$\Delta t = \text{Gradiente de temperatura} \times H = \delta_T \times H$$

$\Delta t = 0.066 \text{ }^\circ\text{C/mm} \times 180 \text{ mm} = 11.88 \text{ }^\circ\text{C}$  (Diferencia entre el gradiente día y la noche).

$$\sigma_{\text{interno } x} = [(E \times \alpha \times \Delta t)/2] \times [(Cx + \mu \times Cy)/(1 - \mu^2)]$$

$$\sigma_{\text{interno } x} = [(280000 \times 10.7 \times 10^{-6} \times 11.88)/2] \times [(0.8 + 0.15 \times 0.63)/(1 - 0.15^2)]$$

$$\sigma_{\text{interno } x} = 16.43 \text{ kg/cm}^2$$

- Relación de Esfuerzos:

$$R_{\text{esfuerzos}} = \sigma_{\text{borde}}/\text{Módulo de rotura} < 0.45:$$

$$R_{\text{esfuerzos}} = 14.24 \text{ kg/cm}^2/42 \text{ kg/cm}^2 = 0.33; \text{ se garantiza menor de } 0.45$$

Las dimensiones finales serán por tanto:

Losa: H = 18 cms, L = 3.80 m y B= 3.0 m

## 5.6 LAS JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

En esta sección se detalla algunos aspectos que se han llamado complementarios al diseño, por no estar directamente en el rubro del diseño de espesores, pero que en todo diseño de pavimentos se está obligado también a estudiar para complementar el proyecto de un pavimento.

Son aspectos complementarios al diseño de un pavimento, el diseño de las barras de amarre, el diseño de las pasajuntas.

En las losas de un pavimento rígido se presentan diversas clases de esfuerzos, los más elevados son los generados por la circulación de los vehículos sobre, los cuales se controlan con el correcto diseño del espesor de las losas, con la selección adecuada de la resistencia del concreto y con una calidad en la construcción tal que las propiedades determinadas durante el diseño se cumplan.

Otros esfuerzos generados en el pavimento se deben a los movimientos de contracción o expansión del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa. Estos esfuerzos se controlan

con una adecuada selección de las dimensiones superficiales de las losas en otras palabras, diseñando las juntas del pavimento.

Las juntas transversales y longitudinales, se construyen para impedir que se presente fisuración del pavimento.

Además los análisis de los esfuerzos generados en las losas, por cargas colocadas en diferentes posiciones, han demostrado que estos son mayores en las cercanías de los bordes de las losas y, aún más, en sus esquinas, de lo cual se concluye que las juntas inducen en el pavimento rígido unas zonas de debilidad relativa, por lo que en su concepción se deben diseñar los mecanismos o tomar las precauciones necesarias para mantener su integridad estructural

#### Finalidad de las juntas

Las juntas en los pavimentos de concreto son necesarias por las siguientes razones:

- **Por requisitos de construcción.** Lo más frecuente es construir los pavimentos rígidos por carriles, generándose juntas longitudinales, con una separación determinada mediante un diseño realizado con criterios técnicos.

Además de la junta longitudinal descrita, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación.

Pero esa interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final. El tiempo en que esto sucede depende de las propiedades del concreto, del empleo o no de aditivos retardantes y de las condiciones climáticas.

- **Retracción del concreto.** El concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco debido fundamentalmente a las reacciones de hidratación que ocurren durante el fraguado y, en forma secundaria, al enfriamiento producido por el desprendimiento de calor originado en dicha reacción.

La retracción lineal de un elemento de concreto es tanto mayor cuanto menor sea la relación entre su volumen y su área superficial; en el caso de las losas de un pavimento esta relación es muy pequeña, debido al bajo espesor de ellas comparado con su superficie y, por lo tanto, se presenta una retracción longitudinal considerable.

- **Dilatación térmica.** El aumento de temperatura en el concreto ocasiona, en ausencia de restricciones, un incremento en su volumen; y por ser las losas del pavimento elementos de poco espesor en relación con su área superficial, este aumento de volumen es más notorio en su dimensión longitudinal. Si existe confinamiento (es decir, si se impide el aumento de longitud, se introducen necesariamente esfuerzos de compresión, los cuales, aunque son bien resistidos por el concreto, tienen efectos secundarios perjudiciales, como producir alabeo en las placas e introducir esfuerzos en las estructuras colocadas dentro del pavimento (tapas de alcantarillas, por ejemplo) o colindantes con él (puentes, intersecciones con otras vías, etc).
- **La aparición de fisuras.** Por alabeo tienen su origen cuando el concreto se ha endurecido, y se somete a los cambios diarios de las condiciones climáticas, entonces se inducen esfuerzos debido a los gradientes de humedad y temperatura. En un día caluroso, la superficie del pavimento tiene mayor temperatura que su apoyo, obligando a las losas a levantarse en el centro y apoyarse en los extremos, lo que produce esfuerzos que pueden generar nuevas fisuras, en la noche, el fenómeno se invierte y los esfuerzos de tracción se desarrollan en la cara inferior del pavimento.

Para minimizar el efecto de la dilatación térmica de las losas de concreto se han desarrollado las “juntas de expansión”, que son discontinuidades transversales en las losas, con una separación suficiente como para permitir el movimiento longitudinal de éstas.

Las principales funciones que debe cumplir una junta son:

- Localización adecuada, de tal manera que controle eficazmente el agrietamiento potencial causado por cualquiera de los factores descritos.
- Transmisión adecuada de las cargas a la losa adyacente, con el fin de evitar fallas por deformaciones excesivas o pérdida en la calidad del rodamiento.
- Protección adecuada de la subrasante contra el agua. La junta debe ser impermeable, de tal manera que el agua no pueda infiltrarse a través de ella.

**Mecanismo de transmisión de carga.** Los mayores esfuerzos en las losas de concreto, generados por la circulación de los vehículos, se presentan en las esquinas; pero los más frecuentes y los que generalmente controlan el diseño del espesor son los de borde, Esto obliga a dotar a las juntas, especialmente a las transversales, de mecanismos que transmitan las cargas, de una losa a su vecina, para que se desarrollen esfuerzos con magnitud similar a los generados por las cargas colocadas en el centro de las losas.

**Pasadores:** En condiciones de tráfico pesado y/o clima severo, es necesario complementar la eficiencia de la trabazón de agregados mediante el empleo de barras de acero liso, denominadas pasadores, que conectan entre si las losas separadas por juntas. Este tipo de mecanismo transmite tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, pero debe permitir el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual al menos una mitad del pasador debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el concreto que lo rodea. Así mismo, esta libertad de movimiento horizontal exige que los pasadores de una junta sean todos paralelos al eje de la calzada.

- **Juntas longitudinales diseño**

En el proyecto se tiene un ancho de carril de 6.00 metros, entonces para facilitar la construcción del pavimento por carriles, la junta longitudinal estará a 3,00 metros.

La transferencia de carga se hará mediante barras de transferencia de carga, para el pavimento de 18 cm se utilizarán barras de número 4 (1/2" de diámetro) de 85 cm de longitud espaciadas cada 1.20 metros. Las barras no se deben insertar a menos de 40 cm de la junta transversal.

Las barras de amarre o juntas transversales, se colocan a lo largo de la junta longitudinal para amarrar dos losas, con la finalidad de que se mantengan juntas y de que se asegure que la carga se transfiera a través de la junta.

En donde:

$$A_s = \frac{\gamma_c h L' f_a}{f_s}$$

$A_s$ = Área requerida de acero por unidad de longitud de la losa.

$\gamma_c$ = Peso volumétrico del concreto

$h$ = Espesor del pavimento.

$f_a$ = Coeficiente promedio de fricción entre la losa y el terreno de soporte, que normalmente se considera de 1.5

$f_s$ = Esfuerzo permisible en el acero.

$L'$ = Distancia desde la junta longitudinal hasta el borde libre donde no existe barra de amarre. Para autopistas de 2 o 3 carriles,  $L'$  es el ancho del carril. Si las barras de amarre se usan en las tres juntas longitudinales de una carretera de 4 carriles,  $L'$  es igual al ancho del carril para las dos juntas exteriores y el doble del ancho para la junta interna.

$$A_s = (0.0868 \cdot 7.08 \cdot 129.92 \cdot 1.5) / 27.000 = 0.004435 \text{ in}^2/\text{in.}$$

Si se usan barras del No 4 (0.5 in o 12 mm), el área transversal de una barra es de 0.2 in<sup>2</sup> (129 mm<sup>2</sup>). La separación de la barra será = 0.2/0.004435 = 46 in (1.16 m).

La longitud de la barra de amarre, está controlada por el esfuerzo de adhesión permitido. El esfuerzo de adhesión permitido para barras corrugadas se puede asumir en 350 psi. La longitud de la barra, se debe basar en la resistencia total de la barra.

$$t = 2 (A_1 * f_s / \mu * \Sigma o)$$

Donde:

- t = Longitud de la barra de amarre.
- $\mu$  = Esfuerzo permisible.
- A1 = Área transversal de una barra.
- $\Sigma o$  = Perímetro de la barra.

Para un diámetro de barra d,  $A_1 = \pi d^2 / 4$  y  $\Sigma o = \pi d$ , así que la ecuación anterior se simplifica a:

$$t = \frac{1}{2} [ (f_s * d) / \mu ]$$

La longitud "t" se debe incrementar en 3 in por desalineamiento. Varios organismos usan el diseño estándar de barras de amarre para simplificar la construcción. Las barras de 0.5 in de diámetro por 36 in de longitud y separación de 30 a 40 in son las que comúnmente se usan.

$T = 0.5 * 27.000 * 0.5 / 350 = 19.3$  in (353 mm) después de sumarle las 3 in (76 mm),  
 $t = 19.3 + 3 = 22.3$  in (usar 24 in o 610 mm).

- **Juntas transversales de Diseño**

La transferencia de cargas es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de carga de un lado de la junta a otro lo cual permite garantizar un buen comportamiento en el pavimento a largo plazo, ya que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el descascaramiento y las fisuras de esquina. En vías de tránsito pesado, la trabazón de agregados puede ser insuficiente para alcanzar una buena transferencia de carga, por lo tanto se recomienda la utilización de barras de acero conocidas como dovelas, ya que permiten el aumento mecánico de la transferencia de carga entre las losas de concreto.

Acogiendo recomendaciones de la P.C.A., para el presente estudio se elige para los pasadores lisos un diámetro de  $\varnothing = 7/8$ "; dicha selección está en función del espesor de placa cuya longitud de la varilla será de 35cm, espaciadas cada 30cm, entre centro de varilla. (Véase cuadro 56).

Cuadro 56. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga<sup>34</sup>

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud mm	Separación entre centros mm
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

- **Sellado de juntas**

Selladores de juntas. Además de contribuir a evitar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas, los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de la humedad, por lo anterior se deberá realizar el sellado de juntas con uno de los siguientes materiales propuesto

- Líquido vertido en caliente: Se debe asegurar siempre que el material de sello se prepare a las temperaturas recomendadas, pues su control exacto es importante para lograr las propiedades deseadas del sellador.

- Silicona: Los procedimientos de colocación son similares a los que se usan para los materiales vertidos en caliente, las siliconas requieren un tiempo de curado de unos 30 minutos, antes de la apertura al tráfico para que desarrolle la adherencia suficiente.

En la figura 41, se indica la manera como se debe colocar el cordón de respaldo con el correspondiente sello de junta de acuerdo con el material de sello escogido.

---

<sup>34</sup> Manual de diseño de Pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Figura 41. Sello de juntas con sus materiales<sup>35</sup>

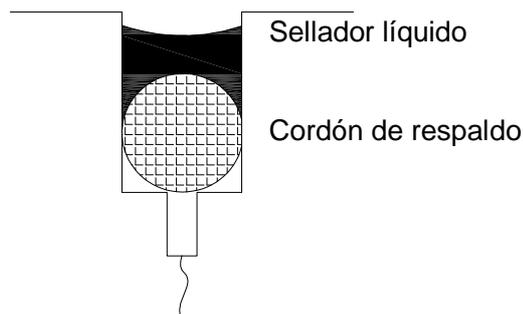


El sellado de las juntas tanto transversales como longitudinales se debe hacer con selladores de silicona o con sellos preformados que no necesitan calentarse ni curarse en el terreno como el neopreno.

Se debe instalar un cordón de respaldo que puede ser espuma de polietileno, espuma de poliuretano, cuando se utilice sellador líquido, que evita que el sellador fluya hacia abajo y se adhiera al fondo de la caja.

Para una longitud de losa de 3.8 m, el ancho de la caja de la junta debe ser de mínimo 6 mm y la profundidad mínima de 38 mm. Ver la siguiente figura 42.

Figura 42. Sellador líquido



---

<sup>35</sup> Diseño y Construcción de Pavimentos de Concreto Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC)

## 6. PRESUPUESTO

A continuación se presenta el presupuesto del proyecto con sus respectivos análisis de precios unitarios, para los cuales se tuvo en cuenta la localización de las fuentes de materiales entre las que se destacan:

Agregados (triturado y arena del sector rio San Pedro ), y subbases ( Sector Secayaco) y materiales de ferretería desde los municipios del valle de Sibundoy.

Se debe considerar que parte del volumen del material de excavación se acordonará a lo largo de las cunetas como medio de protección de éstas y de la estructura correspondiente suministrando confinamiento y evitando así la socavación.

En el siguiente cuadro se muestra el presupuesto y en los anexos se indican los análisis de precios unitarios.

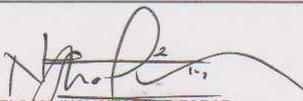
## Cuadro 57. Presupuesto general de obra

DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO  
MUNICIPIO DE SANTIAGO

OBJETO: CONSTRUCCION DE LA VIA SANTIAGO – INSPECCION DE POLICIA DE SAN ANDRES, MUNICIPIO DE SANTIAGO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

PRESUPUESTO GENERAL

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. PARCIAL
<b>1. PRELIMINARES</b>					
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO (CARRETERA)	ML	1,560.02	698.00	1,088,893.96
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1,088,893.96</b>
<b>2. EXPLANACION</b>					
2.1	EXCAVACION A MAQUINA	M3	3,016.70	4,026.00	12,145,234.20
2.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIAL DE AFIRMADO	M3	5,443.08	31,318.00	170,466,379.44
2.3	RETIRO Y DISPOSICION FINAL DE MATERIAL SOBRANTE	M3	3,921.71	9,047.00	35,479,710.37
2.4	PEDRAPLEN MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	M3	1,225.00	46,683.00	57,186,675.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>275,277,999.01</b>
<b>3. PAVIMENTO</b>					
3.1	BASE GRANULAR E=15 CM	M3	1,638.00	43,414.00	71,112,132.00
3.2	PLACA EN CONCRETO RIGIDO MR=4.1 MPa E=18 CM (Incluye refuerzo)	M3	1,965.00	371,405.00	729,810,825.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>800,922,957.00</b>
<b>4. OBRAS DE DRENAJE Y PROTECCION</b>					
4.1	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	M3	375.00	238,468.00	89,425,500.00
4.2	EXCAVACIONES VARIAS MATERIAL COMUN	M3	409.74	11,115.00	4,554,260.10
4.3	RELLENOS ESTRUCTURAS	M3	92.84	27,601.00	2,556,956.64
4.4	CONCRETO CLASE D (3000 PSI) MUROS	M3	150.00	331,468.00	49,720,200.00
4.5	CONCRETO CLASE F (2000 PSI) SOLADOS	M3	35.00	286,186.00	10,016,510.00
4.6	CONCRETO CLASE G (CCTO CICLOPEO COMPUESTO DE CONCRETO CLASE F 60% Y AGREGADO CICLOPEO 40%)	M3	102.00	204,993.00	20,909,286.00
4.7	ACERO DE REFUERZO	KG	13,900.00	3,251.00	45,188,900.00
4.8	TUBERIA DIAMETRO INT 900 MM	ML	51.00	327,420.00	16,698,420.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>239,070,032.74</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>1,316,359,882.71</b>
<b>A.I.U.</b>				<b>30%</b>	<b>394,907,964.81</b>
<b>COSTO OBRA</b>					<b>1,711,267,847.52</b>
<b>INTERVENTORIA</b>				<b>5%</b>	<b>85,563,392.38</b>
<b>VALOR TOTAL PROYECTO</b>					<b>1,796,831,239.90</b>



ING. NELSON JHOVANY TORO TOBAR  
M.P. 52202-098410 NRÑ



JESUS IGNACIO CHAMORRO GOMEZ  
M.P. 52202-81325 NRÑ

## 7. CONCLUSIONES

El diseño geométrico de la Vía Santiago – San Andrés, se realizó con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de 2008, consiste básicamente en el mejoramiento de especificaciones de la vía actual; para lo cual, se hace necesario el acondicionamiento del alineamiento tanto horizontal como vertical apoyado con la respectiva construcción de las obras de arte y drenaje que permitan una adecuación de la vía a los niveles de servicio requeridos por el tránsito actual y proyectado.

En cuanto al alineamiento vertical la rasante se diseñó lo más paralelo posible por encima de la actual cota, garantizando que la estructura del pavimento diseñada quede por encima de la capa de afirmado, para no alterar su proceso de consolidación.

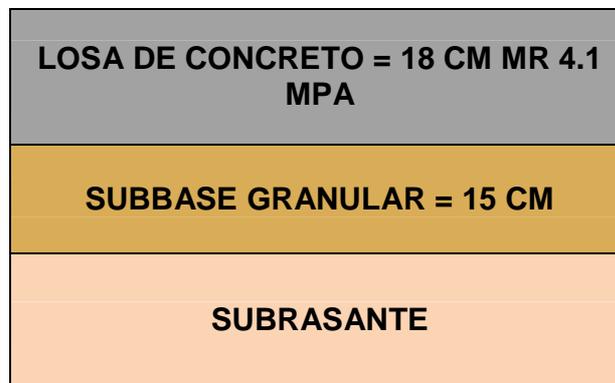
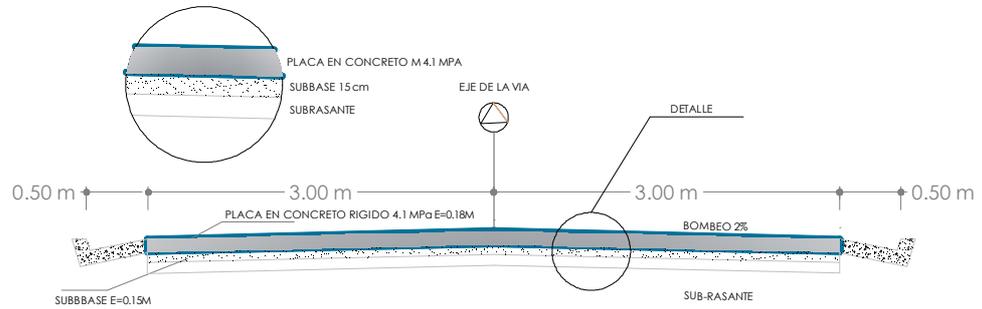
Del estudio geotécnico realizado sobre la vía del proyecto se obtuvo como resultado un suelo homogéneo limo arenoso de alta compresibilidad que arroja un C.B.R. de diseño del 6.3%. Además en el perfil estratigráfico se observa una capa superficial de 20 a 50 cm de espesor con características de material de afirmado.

Con base en todos los análisis y cálculos que se encuentran sustentados en el presente estudio, desde el punto de vista técnico y económico relacionado con durabilidad, disponibilidad de materiales de construcción se recomienda la construcción de la estructura de pavimento rígido por cuanto la misma requiere de una mayor inversión al inicio de su construcción pero el mantenimiento de la misma se hará a largo tiempo.

Se debe tener muy en cuenta que el sistema de drenaje es un parámetro fundamental para lograr el óptimo funcionamiento de la estructura, por lo tanto se debe garantizar esta condición con la construcción de estructuras como alcantarillas.

La sectorización realizada para la vía a construir tiene un análisis el cual tiene como base los estudios de suelos y ensayos realizados los cuales permiten plantear UNA UNIDAD DE DISEÑO, en la cual se recomienda la siguiente estructura de pavimento. (Véase figura 43).

Figura 43. Diseño definitivo estructura de pavimento



El éxito de la alternativa recomendada depende de un estricto control de la calidad durante los procesos constructivos de todas las actividades a ejecutar durante la construcción de la vía.

## 8. RECOMENDACIONES

Realizar una pre compactación con equipo pesado tipo compactador de rodillo liso vibratorio al material de afirmado existente en la vía, esto con el fin de garantizar una densidad uniforme a todo lo largo y ancho de la vía a pavimentar.

Respetar en la construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento rígido los requerimientos mínimos exigidos para los materiales que se utilizan en la elaboración de las mismas para lo cual se deberá cumplir con las especificaciones estipuladas por el INVIAS.

Realizar un control a lo largo de todo el proceso constructivo con el fin de que el espesor de la losa sea el sugerido en este análisis.

Construir las placas de concreto cuyo espesor  $E=18\text{cm}$ , con un concreto que garantice como mínimo una resistencia a la flexión o módulo de rotura  $MR=4,1\text{Mpa}$  el cual se debe cumplir mediante un control de selectividad, calidad y cantidad en el suministro de los materiales que se utilicen en la elaboración de la mezcla de concreto.

Construir las alcantarillas necesarias y suficientes, además se recomienda realizar un mantenimiento periódico a todas las alcantarillas existentes, con el fin de evitar su obstrucción y que mantengan un óptimo funcionamiento, además de brindar seguridad al tránsito vehicular.

## BIBLIOGRAFÍA

ANTIOQUIA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS. Obras De Drenaje Y Protección Para Carreteras, Quinta Edición.

ARENAS Lozano, Hugo León. Teoría de los Pavimentos. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.

BENAVIDES Bastidas, Carlos Alberto. Diseño Racional de Pavimentos Flexibles. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Municipio de Santiago – Putumayo

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. Santa Fe de Bogotá, D.C., 2008.

MONTEJO F., Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Universidad Católica de Colombia. Agora Editores. Segunda Edición. Bogotá 1998.

MUÑOZ Ricaurte, Guillermo. Pavimentos de Concreto Asfáltico. Tercera Edición. San Juan de Pasto, 2005.

\_\_\_\_\_. Pavimentos Rígidos. Primera Edición. Editorial Universitaria. Universidad de Nariño.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA, Programa especialización en vías, Popayán 2007.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. CARTERA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

REFERENCIAS				
SANTIAGO - SAN ANDRES K0+000.00 - K1+560.04				
REFERENCIA	COORDENADAS		COTA	
	NORTE	ESTE		
SM1	616793.326	1009315.838	2202.153	
SM2	616776.913	1009356.664	2202.622	
SM4	617044.711	1009015.179	2186.530	
SM3	616836.614	1009208.744	2199.985	
SM5	617276.425	1008950.205	2195.428	
SM4	617044.705	1009015.181	2186.524	
SM6	617519.113	1008857.298	2194.808	
SM5	617276.421	1008950.207	2195.449	
SM7	617794.031	1008631.419	2188.483	
SM6	617519.111	1008857.299	2194.802	
SM8	617945.757	1008565.156	2185.233	
SM7	617794.033	1008631.419	2188.487	
SM9	617993.640	1008560.269	2183.900	
SM8	617945.752	1008565.156	2185.234	
PUNTOS DE LEVANTAMIENTO				
SANTIAGO - SAN ANDRES K0+000.00 - K1+560.04				
PUNTOS	COORDENADAS		COTA	DESCRIPCION
	NORTE	ESTE		
1	616793.326	1009315.838	2202.153	1 SM1
2	616792.073	1009306.341	2201.997	1000 PAV
3	616776.913	1009356.664	2202.622	2 SM2
4	616794.430	1009307.229	2202.117	1001 E
5	616796.730	1009308.189	2202.055	1002 PAV
6	616786.123	1009334.477	2202.378	1003 PAV
7	616786.277	1009320.740	2202.185	1004 PAV
8	616781.526	1009332.654	2202.309	1005 PAV
9	616791.044	1009322.292	2202.217	1006 PAV
10	616789.799	1009318.689	2202.185	1007 E
11	616785.301	1009329.820	2202.314	1008 E
12	616797.784	1009308.636	2201.952	1009 T
13	616791.527	1009305.868	2201.912	1010 T
14	616798.137	1009300.252	2201.966	1011 T
15	616799.958	1009300.423	2202.017	1012 V
16	616801.309	1009292.219	2201.893	1013 T
17	616801.073	1009300.859	2201.912	1014 T
18	616798.812	1009291.080	2201.777	1015 V
19	616795.623	1009298.715	2202.004	1016 V
20	616798.051	1009290.799	2201.731	1017 T

21	616794.841	1009298.567	2201.815	1018 T
22	616803.262	1009292.800	2201.908	1019 V
23	616804.233	1009293.085	2201.795	1020 T
24	616805.801	1009281.932	2201.916	1021 T
25	616807.587	1009282.563	2201.846	1022 V
26	616808.269	1009282.838	2201.743	1023 T
27	616809.506	1009272.273	2201.846	1024 T
28	616803.009	1009280.432	2201.847	1025 V
29	616807.659	1009271.519	2201.728	1026 V
30	616802.623	1009280.353	2201.711	1027 T
31	616806.430	1009271.112	2201.459	1028 T
32	616812.912	1009264.245	2201.707	1029 T
33	616810.980	1009272.794	2201.803	1030 V
34	616814.292	1009264.732	2201.705	1031 V
35	616812.084	1009273.387	2201.700	1032 T
36	616815.191	1009265.060	2201.582	1033 T
37	616810.836	1009263.328	2201.552	1034 V
38	616816.555	1009255.022	2201.471	1035 T
39	616809.700	1009262.966	2201.288	1036 T
40	616818.182	1009255.734	2201.427	1037 V
41	616819.041	1009256.047	2201.342	1038 T
42	616821.037	1009244.265	2201.085	1039 T
43	616814.770	1009254.137	2201.429	1040 V
44	616822.577	1009244.943	2201.008	1041 V
45	616813.497	1009253.808	2201.214	1042 T
46	616823.164	1009245.272	2200.917	1043 T
47	616812.921	1009253.498	2200.987	1044 T
48	616818.746	1009243.251	2200.970	1045 V
49	616812.181	1009253.522	2201.036	1046 CR
50	616817.502	1009242.879	2200.464	1047 T
51	616817.951	1009255.626	2201.447	1048 V
52	616818.961	1009256.024	2201.335	1049 T
53	616825.450	1009234.036	2200.718	1050 T
54	616826.971	1009234.754	2200.625	1051 V
55	616801.811	1009280.258	2201.890	1052 CR
56	616827.731	1009235.021	2200.524	1053 T
57	616793.862	1009298.727	2201.893	1054 CR
58	616823.446	1009232.813	2200.700	1055 V
59	616822.641	1009232.452	2200.637	1056 T
60	616783.803	1009322.217	2202.284	1057 CR
61	616821.957	1009232.128	2200.757	1058 CR
62	616818.818	1009237.807	2200.519	1059 CR
63	616831.018	1009224.087	2200.217	1060 T
64	616832.474	1009225.132	2200.068	1061 V
65	616833.127	1009225.468	2200.000	1062 T
66	616829.086	1009222.882	2200.213	1063 T
67	616828.501	1009222.572	2199.898	1064 T

68	616828.165	1009219.760	2201.237	1065 CR
69	616832.144	1009212.218	2200.307	1066 P
70	616837.059	1009215.024	2199.763	1067 T
71	616834.740	1009213.797	2199.729	1068 V.C
72	616838.253	1009216.207	2199.625	1069 V
73	616833.960	1009214.966	2199.813	1070 V.C
74	616838.676	1009216.669	2199.535	1071 T
75	616829.220	1009213.548	2200.562	1072 C
76	616829.563	1009212.160	2200.612	1073 C
77	616823.544	1009211.042	2201.595	1074 C
78	616823.421	1009212.332	2201.557	1075 C
79	616844.581	1009206.559	2199.289	1076 T
80	616839.281	1009203.877	2199.698	1077 P.P1
81	616845.752	1009207.614	2199.131	1078 V
82	616845.703	1009197.015	2199.176	1079 P1
83	616846.032	1009208.101	2199.015	1080 T
84	616843.019	1009205.173	2199.363	1081 V
85	616850.892	1009199.919	2198.946	1082 T
86	616849.774	1009198.855	2198.984	1083 V
87	616858.917	1009192.637	2198.499	1084 T
88	616849.154	1009198.349	2198.890	1085 T
89	616860.154	1009193.681	2198.361	1086 V
90	616848.660	1009197.665	2198.991	1087 T
91	616860.756	1009194.144	2198.220	1088 T
92	616852.041	1009201.203	2198.828	1089 V
93	616857.435	1009191.155	2198.582	1090 V
94	616852.769	1009202.047	2198.680	1091 T
95	616856.978	1009190.719	2198.498	1092 V
96	616856.132	1009190.161	2198.797	1093 T
97	616851.121	1009189.578	2199.103	1094 P2
98	616866.939	1009185.019	2197.821	1095 T
99	616862.470	1009180.391	2198.970	1096 P2
100	616868.176	1009186.371	2197.729	1097 V
101	616868.654	1009186.783	2197.555	1098 T
102	616865.562	1009183.767	2197.836	1099 V
103	616873.935	1009178.335	2197.081	1100 T
104	616865.024	1009183.317	2197.749	1101 T
105	616875.157	1009179.796	2196.995	1102 V
106	616875.673	1009180.378	2196.835	1103 T
107	616872.904	1009177.269	2197.081	1104 T
108	616872.371	1009176.804	2196.966	1105 V
109	616871.884	1009176.183	2197.159	1106 T
110	616871.816	1009171.014	2197.157	1107 P3
111	616881.260	1009171.774	2196.315	1108 T
112	616879.863	1009162.395	2197.057	1109 P3
113	616880.726	1009171.294	2196.325	1110 T
114	616879.898	1009170.500	2196.341	1111 V

115	616879.441	1009169.972	2196.305	1112 T
116	616889.911	1009163.814	2195.225	1113 T
117	616882.141	1009172.722	2196.260	1114 V
118	616890.905	1009164.787	2195.160	1115 V
119	616882.595	1009173.191	2196.224	1116 T
120	616891.259	1009165.166	2195.064	1117 T
121	616883.014	1009173.534	2196.090	1118 T
122	616891.684	1009165.556	2194.976	1119 T
123	616888.688	1009162.563	2195.203	1120 V
124	616888.014	1009161.918	2195.171	1121 T
125	616896.439	1009156.871	2194.343	1122 T
126	616887.408	1009161.377	2195.364	1123 T
127	616897.395	1009157.909	2194.307	1124 V
128	616898.131	1009158.506	2194.198	1125 T
129	616905.201	1009148.798	2193.168	1126 T
130	616898.495	1009158.895	2194.070	1127 T
131	616906.282	1009149.611	2193.090	1128 V
132	616895.752	1009156.183	2194.293	1129 T
133	616906.516	1009149.592	2193.068	1130 V
134	616894.797	1009155.285	2194.235	1131 T
135	616906.870	1009149.858	2193.013	1132 T
136	616894.431	1009154.822	2194.178	1133 T
137	616894.160	1009154.619	2194.407	1134 T
138	616907.332	1009150.352	2192.799	1135 T
139	616904.033	1009147.312	2193.125	1136 V
140	616912.113	1009141.916	2192.158	1137 T
141	616903.461	1009146.620	2193.111	1138 T
142	616913.456	1009143.584	2192.123	1139 V
143	616902.495	1009145.595	2193.336	1140 T
144	616914.136	1009144.289	2191.929	1141 T
145	616911.418	1009141.181	2192.116	1142 T
146	616910.628	1009140.274	2192.201	1143 V
147	616900.769	1009142.210	2192.617	1144 P4
148	616910.092	1009139.628	2192.238	1145 T
149	616912.161	1009132.035	2191.994	1146 P4
150	616919.525	1009135.341	2191.113	1147 E
151	616921.061	1009137.081	2190.981	1148 V
152	616895.171	1009151.457	2194.070	1149 TRANS
153	616921.652	1009137.588	2190.871	1150 T
154	616919.113	1009134.743	2191.041	1151 T
155	616873.962	1009173.192	2197.089	1152 CR
156	616917.950	1009133.361	2191.027	1153 V
157	616883.774	1009163.166	2196.051	1154 CR
158	616917.537	1009132.691	2190.861	1155 T
159	616893.635	1009151.729	2194.249	1156 CR
160	616916.366	1009131.425	2191.205	1157 CR
161	616928.682	1009127.977	2189.882	1158 E

162	616929.978	1009129.436	2189.836	1159 V
163	616935.633	1009122.332	2188.899	1160 E
164	616930.607	1009130.018	2189.694	1161 T
165	616935.007	1009121.378	2188.818	1162 T
166	616931.183	1009130.654	2190.238	1163 T
167	616933.947	1009120.055	2188.815	1164 V
168	616930.118	1009133.936	2191.628	1165 I.CR
169	616933.676	1009119.726	2188.715	1166 T
170	616927.294	1009126.463	2189.858	1167 V
171	616933.302	1009119.148	2188.913	1168 T
172	616936.339	1009123.481	2188.892	1169 T
173	616937.191	1009124.509	2188.864	1170 V
174	616926.511	1009125.446	2189.751	1171 T
175	616937.547	1009124.947	2188.773	1172 T
176	616926.101	1009124.660	2189.915	1173 T
177	616943.422	1009116.605	2187.944	1174 E
178	616942.561	1009115.421	2187.918	1175 T
179	616953.268	1009109.838	2186.972	1176 E
180	616941.884	1009114.385	2187.841	1177 V
181	616954.395	1009110.821	2186.976	1178 V
182	616941.649	1009113.980	2187.727	1179 T
183	616941.312	1009113.570	2187.855	1180 T
184	616944.216	1009117.980	2187.961	1181 T
185	616944.939	1009118.972	2187.907	1182 V
186	616945.252	1009119.487	2187.809	1183 T
187	617044.711	1009015.179	2186.530	4 SM4
188	616836.614	1009208.744	2199.985	3 SM3
189	616829.809	1009219.848	2199.802	1184 Z
190	616829.216	1009219.522	2199.796	1185 Z
191	616830.627	1009220.233	2200.113	1186 T
192	616827.167	1009226.067	2200.317	1187 T
193	616826.094	1009225.537	2199.819	1188 Z
194	616825.665	1009225.426	2199.823	1189 Z
195	617276.425	1008950.205	2195.428	5 SM5
196	616824.731	1009226.528	2199.800	1190 Z.CR
197	616824.960	1009225.910	2199.789	1191 Z.CR
198	617008.517	1009048.302	2182.708	1192 CR
199	617008.220	1009047.196	2182.730	1193 CR
200	617007.663	1009050.569	2182.635	1194 CR
201	616993.387	1009065.746	2182.842	1195 CR
202	616977.165	1009083.140	2184.169	1196 CR
203	616955.509	1009112.341	2186.789	1197 T
204	616965.712	1009094.342	2185.399	1198 CR
205	616955.894	1009112.869	2186.878	1199 T
206	616956.436	1009113.512	2187.133	1200 CR
207	616947.518	1009108.026	2187.185	1201 CR
208	616952.229	1009108.294	2186.911	1202 V

209	616946.614	1009106.899	2186.683	1203 CR
210	616951.568	1009107.534	2186.835	1204 T
211	616950.903	1009106.876	2186.821	1205 T
212	616961.355	1009103.780	2186.134	1206 E
213	616962.245	1009104.606	2186.100	1207 T
214	616963.035	1009105.644	2186.082	1208 V
215	616969.271	1009096.481	2185.269	1209 E
216	616963.941	1009106.720	2185.979	1210 T
217	616970.650	1009097.692	2185.253	1211 V
218	616960.197	1009102.174	2186.046	1212 T
219	616959.562	1009101.519	2185.975	1213 V
220	616971.382	1009098.257	2185.110	1214 V
221	616959.155	1009101.125	2185.850	1215 T
222	616972.199	1009098.824	2185.230	1216 T
223	616958.667	1009100.560	2186.055	1217 T
224	616967.920	1009095.130	2185.200	1218 T
225	616967.449	1009094.727	2185.161	1219 V
226	616966.861	1009094.087	2185.242	1220 T
227	616976.576	1009088.938	2184.455	1221 E
228	616983.565	1009080.971	2183.590	1222 E
229	616975.754	1009087.984	2184.384	1223 T
230	616975.076	1009087.325	2184.280	1224 V
231	616984.596	1009081.973	2183.576	1225 T
232	616974.782	1009087.000	2184.192	1226 T
233	616985.423	1009082.525	2183.379	1227 V
234	616974.043	1009086.385	2184.547	1228 CR
235	616986.082	1009083.081	2183.508	1229 T
236	616986.598	1009083.614	2183.583	1230 CR
237	616977.403	1009089.647	2184.430	1231 E
238	616978.125	1009090.341	2184.331	1232 V
239	616982.346	1009079.965	2183.526	1233 V
240	616978.770	1009091.127	2184.244	1234 T
241	616979.012	1009091.405	2184.513	1235 T
242	616981.556	1009079.377	2183.500	1236 T
243	616979.526	1009091.761	2184.426	1237 CR
244	616981.046	1009078.866	2183.674	1238 CR
245	616989.176	1009074.902	2183.103	1239 E
246	616988.368	1009074.099	2183.099	1240 T
247	616997.416	1009066.322	2182.883	1241 E
248	616987.597	1009073.516	2183.008	1242 V
249	616998.501	1009067.330	2182.822	1243 T
250	616986.332	1009072.610	2183.005	1244 CR
251	616999.424	1009068.078	2182.766	1245 V
252	616985.856	1009072.041	2182.520	1246 T
253	617000.124	1009068.789	2182.428	1247 T
254	617000.517	1009069.311	2182.323	1248 CR
255	616990.417	1009076.058	2182.965	1249 V

256	617001.037	1009069.928	2181.660	1250 T
257	616991.141	1009076.720	2182.975	1251 T
258	616996.136	1009065.287	2182.815	1252 T
259	616992.051	1009077.534	2181.971	1253 CR
260	616995.394	1009064.861	2182.830	1254 V
261	616994.669	1009064.198	2182.624	1255 CR
262	616993.987	1009063.763	2181.866	1256 T
263	616992.482	1009077.824	2180.683	1257 T
264	617005.247	1009058.653	2182.867	1258 E
265	617006.721	1009059.882	2182.788	1259 T
266	617007.683	1009060.604	2182.648	1260 V
267	617008.705	1009061.453	2182.496	1261 CR
268	617012.451	1009051.183	2183.002	1262 E
269	617003.916	1009057.470	2182.757	1263 T
270	617013.556	1009052.196	2182.972	1264 T
271	617003.077	1009056.865	2182.633	1265 V
272	617014.158	1009052.854	2182.851	1266 V
273	617002.435	1009056.161	2182.790	1267 CR
274	617014.729	1009053.608	2182.789	1268 T
275	617015.171	1009054.076	2182.787	1269 CR
276	617019.663	1009043.395	2183.403	1270 E
277	617020.927	1009044.548	2183.369	1271 T
278	617025.107	1009037.696	2183.933	1272 E
279	617021.586	1009045.103	2183.314	1273 V
280	617023.698	1009036.222	2183.861	1274 V
281	617022.475	1009045.691	2183.359	1275 CR
282	617023.207	1009035.702	2183.719	1276 T
283	617018.404	1009042.338	2183.339	1277 T
284	617017.608	1009041.789	2183.191	1278 V
285	617022.163	1009035.018	2183.727	1279 T
286	617021.893	1009034.631	2184.102	1280 CR
287	617016.577	1009040.929	2183.288	1281 CR
288	617025.817	1009038.353	2183.913	1282 T
289	617026.660	1009039.199	2183.845	1283 V
290	617027.090	1009039.677	2183.745	1284 T
291	617032.682	1009030.384	2184.743	1285 E
292	617027.440	1009040.136	2183.940	1286 CR
293	617033.772	1009031.402	2184.683	1287 T
294	617034.436	1009031.893	2184.605	1288 V
295	617039.273	1009024.607	2185.494	1289 E
296	617035.167	1009032.481	2184.750	1290 CR
297	617038.136	1009023.124	2185.493	1291 V
298	617031.298	1009029.051	2184.758	1292 V
299	617036.793	1009021.417	2185.384	1293 T
300	617030.650	1009028.392	2184.618	1294 T
301	617029.706	1009027.607	2184.595	1295 T
302	617040.019	1009025.493	2185.437	1296 T

303	617040.614	1009026.520	2185.317	1297 V
304	617040.937	1009026.940	2185.286	1298 T
305	617041.157	1009027.474	2185.456	1299 CR
306	617047.761	1009019.229	2186.317	1300 E
307	617039.707	1009017.506	2186.915	1301 F.CR
308	617039.410	1009016.574	2186.773	1302 ENT
309	617039.257	1009013.673	2186.806	1303 ENT
310	617047.453	1009012.786	2186.397	1304 I.CR
311	617049.053	1009020.842	2186.223	1305 V
312	617045.438	1009017.503	2186.109	1306 V.ENT
313	617048.996	1009015.038	2186.415	1307 V.ENT
314	617049.474	1009021.723	2186.119	1308 T
315	617050.277	1009023.013	2186.271	1309 CR
316	617055.827	1009015.304	2187.044	1310 E
317	617054.592	1009012.856	2187.013	1311 V
318	617054.126	1009011.801	2186.882	1312 T
319	617053.906	1009010.756	2186.718	1313 CR
320	617064.707	1009011.988	2187.759	1314 E
321	617056.392	1009016.859	2186.952	1315 T
322	617065.367	1009013.657	2187.697	1316 T
323	617056.860	1009017.828	2186.854	1317 V
324	617065.816	1009014.612	2187.588	1318 V
325	617057.567	1009019.011	2186.692	1319 T
326	617066.184	1009015.400	2187.466	1320 T
327	617058.166	1009019.896	2187.202	1321 CR
328	617063.867	1009009.757	2187.724	1322 V
329	617063.598	1009008.901	2187.571	1323 T
330	617063.321	1009008.156	2187.432	1324 T
331	617073.543	1009008.464	2188.451	1325 E
332	617073.999	1009009.981	2188.392	1326 T
333	617082.760	1009004.992	2188.991	1327 E
334	617074.229	1009010.954	2188.301	1328 V
335	617083.698	1009006.738	2188.967	1329 V
336	617074.708	1009012.335	2188.116	1330 T
337	617084.259	1009007.565	2188.859	1331 T
338	617073.059	1009007.242	2188.408	1332 T
339	617084.899	1009008.612	2189.038	1333 CR
340	617072.675	1009006.200	2188.318	1334 V
341	617082.013	1009003.031	2188.898	1335 V
342	617072.309	1009005.362	2188.135	1336 T
343	617081.715	1009002.343	2188.745	1337 T
344	617081.283	1009001.443	2188.835	1338 CR
345	617091.170	1009001.990	2189.429	1339 E
346	617101.436	1008998.269	2189.723	1340 E
347	617090.548	1009000.517	2189.374	1341 T
348	617102.105	1008999.975	2189.581	1342 V
349	617090.229	1008999.599	2189.213	1343 V

350	617102.314	1009000.550	2189.440	1344 T
351	617089.930	1008998.836	2189.058	1345 T
352	617102.679	1009001.464	2188.957	1346 T
353	617091.594	1009003.156	2189.390	1347 T
354	617100.756	1008996.438	2189.612	1348 V
355	617091.992	1009004.203	2189.250	1349 V
356	617100.616	1008995.857	2189.494	1350 T
357	617092.325	1009004.940	2189.080	1351 T
358	617100.416	1008995.326	2189.429	1352 T
359	617110.411	1008995.193	2189.992	1353 E
360	617110.762	1008996.688	2189.929	1354 T
361	617120.117	1008992.597	2190.496	1355 E
362	617110.957	1008997.179	2189.852	1356 V
363	617120.635	1008994.536	2190.395	1357 T
364	617111.219	1008997.864	2189.712	1358 T
365	617120.876	1008995.139	2190.266	1359 V
366	617111.531	1008998.686	2189.704	1360 T
367	617121.209	1008995.985	2190.412	1361 T
368	617119.614	1008990.683	2190.468	1362 T
369	617111.931	1008999.380	2188.200	1363 T
370	617119.290	1008989.661	2190.380	1364 T
371	617118.992	1008988.808	2190.270	1365 T
372	617102.316	1009001.434	2189.071	1366 T
373	617102.757	1009002.648	2187.569	1367 T
374	617130.407	1008989.829	2190.996	1368 E
375	617131.001	1008991.533	2190.938	1369 V
376	617096.089	1009004.324	2189.163	1370 CR
377	617096.420	1009005.059	2188.396	1371 T
378	617131.367	1008992.389	2190.799	1372 V
379	617131.684	1008993.320	2191.012	1373 T
380	617129.714	1008987.875	2190.952	1374 V
381	617129.382	1008987.002	2190.792	1375 T
382	617129.156	1008986.205	2190.795	1376 T
383	617138.933	1008987.236	2191.426	1377 E
384	617108.251	1008993.880	2189.863	1378 V
385	617139.736	1008989.169	2191.362	1379 V
386	617107.968	1008992.418	2189.663	1380 T
387	617140.011	1008990.128	2191.176	1381 T
388	617107.994	1008991.861	2190.629	1382 CR
389	617140.351	1008991.429	2191.219	1383 CR
390	617121.522	1008996.426	2190.137	1384 T
391	617138.486	1008985.377	2191.328	1385 V
392	617138.113	1008984.353	2191.186	1386 T
393	617121.808	1008997.290	2188.974	1387 T
394	617137.729	1008983.009	2191.295	1388 T
395	617137.534	1008982.675	2192.089	1389 CR
396	617147.828	1008984.916	2191.835	1390 E

397	617147.070	1008982.729	2191.702	1391 V
398	617156.504	1008982.808	2192.157	1392 E
399	617146.657	1008981.203	2191.468	1393 T
400	617157.063	1008984.437	2192.105	1394 V
401	617148.383	1008987.024	2191.701	1395 V
402	617157.286	1008985.223	2191.939	1396 T
403	617153.635	1008986.918	2191.668	1397 T
404	617157.643	1008985.982	2191.802	1398 T
405	617166.568	1008980.123	2192.475	1399 E
406	617155.808	1008980.711	2192.107	1400 V
407	617166.207	1008978.932	2192.447	1401 T
408	617155.624	1008979.925	2191.990	1402 T
409	617165.991	1008977.809	2192.403	1403 V
410	617155.329	1008979.047	2191.882	1404 T
411	617165.853	1008976.672	2192.206	1405 T
412	617167.037	1008982.220	2192.368	1406 V
413	617167.436	1008983.198	2192.158	1407 T
414	617176.422	1008977.746	2192.731	1408 E
415	617176.991	1008979.413	2192.624	1409 V
416	617177.235	1008980.161	2192.432	1410 T
417	617185.996	1008975.267	2193.012	1411 E
418	617177.449	1008980.878	2192.604	1412 CR
419	617185.445	1008973.187	2192.997	1413 V
420	617175.749	1008975.678	2192.699	1414 V
421	617185.170	1008972.225	2192.880	1415 T
422	617175.539	1008974.877	2192.526	1416 T
423	617186.327	1008976.948	2192.905	1417 T
424	617175.270	1008974.083	2192.614	1418 CR
425	617186.589	1008977.766	2192.700	1419 V
426	617186.745	1008978.372	2192.833	1420 T
427	617196.751	1008972.663	2193.308	1421 E
428	617197.295	1008974.584	2193.118	1422 V
429	617205.210	1008970.690	2193.437	1423 E
430	617197.510	1008975.134	2193.005	1424 T
431	617204.811	1008969.294	2193.447	1425 T
432	617197.603	1008975.657	2192.899	1426 T
433	617204.566	1008968.071	2193.320	1427 V
434	617196.173	1008970.673	2193.212	1428 V
435	617204.381	1008967.085	2193.161	1429 T
436	617196.026	1008970.039	2193.065	1430 V
437	617195.770	1008969.315	2193.038	1431 T
438	617205.499	1008972.334	2193.331	1432 T
439	617205.770	1008973.063	2193.170	1433 V
440	617205.855	1008973.586	2193.120	1434 T
441	617215.363	1008967.948	2193.767	1435 E
442	617215.981	1008969.836	2193.622	1436 V
443	617223.926	1008965.784	2194.233	1437 E

444	617216.205	1008970.496	2193.467	1438 T
445	617223.376	1008964.312	2194.201	1439 T
446	617216.517	1008971.529	2193.581	1440 CR
447	617223.062	1008963.122	2194.111	1441 V
448	617222.869	1008962.319	2194.039	1442 T
449	617214.670	1008965.863	2193.770	1443 V
450	617214.446	1008965.202	2193.637	1444 T
451	617224.394	1008968.124	2194.096	1445 V
452	617214.262	1008964.802	2193.578	1446 T
453	617214.204	1008964.288	2193.643	1447 CR
454	617224.665	1008969.095	2193.835	1448 T
455	617234.127	1008962.791	2194.832	1449 E
456	617235.054	1008964.804	2194.720	1450 V
457	617244.671	1008959.729	2195.218	1451 E
458	617235.365	1008965.474	2194.593	1452 T
459	617243.997	1008958.186	2195.188	1453 T
460	617235.509	1008966.275	2194.525	1454 T
461	617243.656	1008957.116	2195.033	1455 V
462	617243.522	1008956.518	2194.948	1456 T
463	617233.430	1008960.507	2194.779	1457 V
464	617233.262	1008959.914	2194.657	1458 T
465	617244.992	1008961.087	2195.180	1459 T
466	617233.050	1008959.368	2194.697	1460 T
467	617245.435	1008961.811	2195.115	1461 V
468	617245.925	1008962.682	2194.854	1462 T
469	617254.848	1008955.723	2195.536	1463 E
470	617255.634	1008957.759	2195.388	1464 V
471	617255.925	1008958.349	2195.205	1465 T
472	617263.606	1008952.269	2195.564	1466 E
473	617256.108	1008958.855	2195.216	1467 T
474	617256.283	1008959.339	2195.190	1468 CR
475	617263.043	1008950.891	2195.558	1469 T
476	617253.928	1008953.801	2195.437	1470 V
477	617262.796	1008949.773	2195.468	1471 V
478	617262.614	1008949.130	2195.392	1472 T
479	617253.656	1008952.994	2195.375	1473 T
480	617264.178	1008953.911	2195.445	1474 T
481	617253.189	1008952.017	2195.401	1475 T
482	617264.462	1008954.512	2195.313	1476 V
483	617252.814	1008951.546	2195.785	1477 CR
484	617265.010	1008955.249	2195.138	1478 T
485	617272.452	1008948.541	2195.693	1479 E
486	617271.753	1008946.801	2195.621	1480 T
487	617271.396	1008946.090	2195.490	1481 V
488	617273.343	1008950.280	2195.563	1482 V
489	617273.712	1008951.157	2195.300	1483 T
490	617271.103	1008944.741	2195.551	1484 T

491	617273.911	1008951.998	2195.339	1485 T
492	617044.705	1009015.181	2186.524	4 SM4
493	617519.113	1008857.298	2194.808	6 SM6
494	617282.261	1008944.984	2195.941	1486 E
495	617282.868	1008946.832	2195.837	1487 T
496	617283.162	1008947.393	2195.704	1488 V
497	617283.262	1008948.096	2195.651	1489 T
498	617291.549	1008941.404	2196.128	1490 E
499	617281.131	1008943.077	2195.846	1491 V
500	617291.009	1008939.923	2196.063	1492 T
501	617280.890	1008942.200	2195.651	1493 T
502	617290.596	1008938.844	2195.960	1494 V
503	617280.735	1008941.643	2195.669	1495 T
504	617290.378	1008938.224	2195.775	1496 T
505	617292.161	1008943.082	2196.079	1497 T
506	617301.350	1008937.227	2195.999	1498 E
507	617292.477	1008943.790	2195.945	1499 V
508	617302.087	1008938.664	2195.960	1500 T
509	617292.878	1008944.390	2195.824	1501 T
510	617302.429	1008939.298	2195.862	1502 V
511	617302.726	1008939.994	2195.713	1503 T
512	617303.030	1008940.809	2195.874	1504 CR
513	617310.257	1008933.275	2195.636	1505 E
514	617300.320	1008935.360	2195.881	1506 V
515	617310.679	1008934.350	2195.576	1507 T
516	617300.071	1008934.710	2195.745	1508 V
517	617299.628	1008934.118	2195.808	1509 T
518	617311.093	1008935.257	2195.479	1510 V
519	617299.379	1008933.569	2197.426	1511 CR
520	617311.550	1008936.005	2195.325	1512 T
521	617309.435	1008931.724	2195.586	1513 T
522	617319.531	1008928.773	2195.044	1514 E
523	617308.995	1008931.019	2195.516	1515 V
524	617320.396	1008930.436	2194.922	1516 T
525	617308.416	1008930.041	2195.328	1517 T
526	617320.805	1008931.062	2194.748	1518 V
527	617321.109	1008931.894	2194.827	1519 T
528	617327.247	1008924.758	2194.481	1520 E
529	617318.492	1008926.953	2195.006	1521 V
530	617318.079	1008926.333	2194.853	1522 T
531	617327.831	1008925.924	2194.409	1523 T
532	617317.589	1008925.581	2194.872	1524 T
533	617328.343	1008926.779	2194.307	1525 V
534	617328.751	1008927.426	2194.142	1526 T
535	617336.332	1008920.388	2193.749	1527 E
536	617326.422	1008923.367	2194.487	1528 T
537	617325.770	1008922.307	2194.444	1529 V

538	617325.359	1008921.549	2194.311	1530 T
539	617337.388	1008922.292	2193.580	1531 V
540	617337.668	1008922.950	2193.435	1532 T
541	617337.975	1008923.595	2193.561	1533 T
542	617343.449	1008913.717	2192.971	1534 V.ENT
543	617335.229	1008918.447	2193.785	1535 V
544	617347.867	1008912.715	2192.695	1536 V.ENT
545	617334.810	1008917.471	2193.679	1537 T
546	617334.204	1008916.574	2193.663	1538 T
547	617350.899	1008903.745	2194.064	1539 ENT
548	617347.376	1008904.686	2193.855	1540 ENT
549	617344.291	1008916.964	2192.954	1541 E
550	617351.203	1008909.154	2191.849	1542 Z
551	617350.981	1008908.694	2191.925	1543 Z
552	617345.094	1008918.552	2192.820	1544 V
553	617355.353	1008907.544	2191.675	1545 Z
554	617345.458	1008919.261	2192.687	1546 T
555	617345.829	1008920.132	2192.688	1547 CR
556	617355.023	1008907.388	2191.610	1548 Z
557	617343.275	1008914.824	2193.004	1549 V
558	617342.817	1008913.885	2192.964	1550 T
559	617342.301	1008912.994	2192.925	1551 CR
560	617352.575	1008912.702	2192.189	1552 E
561	617351.965	1008911.560	2192.228	1553 T
562	617361.911	1008908.577	2191.517	1554 E
563	617351.787	1008910.829	2192.224	1555 V
564	617362.759	1008910.116	2191.329	1556 V
565	617351.383	1008909.634	2192.603	1557 T
566	617362.974	1008910.558	2191.286	1558 T
567	617353.074	1008913.899	2192.062	1559 T
568	617361.297	1008907.043	2191.513	1560 V
569	617353.667	1008914.780	2191.945	1561 V
570	617360.919	1008906.437	2191.350	1562 T
571	617354.113	1008915.401	2191.789	1563 T
572	617360.484	1008905.543	2191.418	1564 T
573	617362.222	1008903.639	2191.214	1565 I.Z
574	617361.666	1008902.603	2191.353	1566 Z
575	617369.163	1008905.102	2191.218	1567 E
576	617378.787	1008901.760	2190.997	1568 E
577	617368.604	1008903.305	2191.141	1569 V
578	617379.551	1008903.666	2190.847	1570 V
579	617368.319	1008902.716	2191.047	1571 T
580	617379.831	1008904.216	2190.755	1572 T
581	617367.964	1008902.031	2191.171	1573 T
582	617380.034	1008904.988	2190.583	1574 CR
583	617367.858	1008901.352	2190.544	1575 Z
584	617378.272	1008900.193	2190.986	1576 V

585	617367.522	1008900.705	2190.565	1577 Z
586	617377.670	1008898.905	2190.888	1578 T
587	617377.336	1008898.060	2190.761	1579 T
588	617369.752	1008906.470	2191.131	1580 T
589	617376.743	1008896.491	2189.781	1581 Z
590	617370.099	1008907.319	2191.033	1582 V
591	617370.398	1008907.837	2191.235	1583 CR
592	617389.095	1008898.710	2190.801	1584 E
593	617390.598	1008894.630	2190.614	1585 ALC
594	617389.870	1008900.611	2190.667	1586 V
595	617392.073	1008894.383	2190.649	1587 ALC
596	617389.956	1008901.281	2190.555	1588 T
597	617391.889	1008893.189	2190.139	1589 ALC
598	617389.957	1008901.813	2190.717	1590 T
599	617390.442	1008893.499	2190.175	1591 ALC
600	617389.408	1008902.247	2190.438	1592 ALC
601	617387.866	1008902.347	2190.467	1593 ALC
602	617391.403	1008894.283	2189.096	1594 ALC.F
603	617398.638	1008896.039	2190.753	1595 E
604	617399.064	1008898.107	2190.664	1596 V
605	617388.797	1008902.448	2188.827	1597 F.ALC
606	617399.238	1008898.668	2190.538	1598 T
607	617408.370	1008893.729	2190.946	1599 E
608	617399.486	1008899.182	2190.751	1600 T
609	617407.956	1008892.149	2190.909	1601 T
610	617399.440	1008899.660	2190.627	1602 CR
611	617407.910	1008891.527	2190.790	1603 V
612	617398.204	1008893.850	2190.646	1604 V
613	617407.595	1008890.724	2190.965	1605 T
614	617398.045	1008892.963	2190.559	1606 T
615	617407.412	1008889.959	2190.565	1607 Z
616	617397.765	1008892.128	2190.256	1608 Z
617	617407.659	1008888.875	2190.270	1609 Z
618	617397.583	1008890.917	2190.263	1610 Z
619	617408.831	1008895.954	2190.816	1611 V
620	617409.045	1008896.791	2190.676	1612 T
621	617418.154	1008892.033	2191.162	1613 E
622	617418.948	1008893.660	2191.139	1614 V
623	617428.138	1008890.079	2191.643	1615 E
624	617419.135	1008894.385	2191.023	1616 T
625	617427.580	1008888.195	2191.594	1617 T
626	617419.520	1008895.301	2191.012	1618 T
627	617427.577	1008887.505	2191.551	1619 V
628	617417.672	1008890.071	2191.073	1620 V
629	617427.135	1008886.091	2191.726	1621 T
630	617417.571	1008889.264	2190.948	1622 T
631	617427.026	1008885.715	2191.241	1623 Z

632	617417.298	1008888.486	2190.988	1624 T
633	617427.008	1008885.337	2191.201	1625 Z
634	617417.221	1008888.028	2190.863	1626 Z
635	617416.973	1008887.197	2190.906	1627 Z
636	617276.421	1008950.207	2195.449	5 SM5
637	617794.031	1008631.419	2188.483	7 SM7
638	617428.716	1008892.074	2191.618	1628 V
639	617438.126	1008887.473	2192.127	1629 E
640	617428.970	1008892.896	2191.437	1630 T
641	617438.885	1008889.631	2192.113	1631 V
642	617429.025	1008893.516	2191.676	1632 CR
643	617439.161	1008890.417	2191.946	1633 T
644	617439.352	1008891.076	2191.922	1634 T
645	617446.822	1008885.281	2192.511	1635 E
646	617437.504	1008885.364	2191.981	1636 V
647	617447.321	1008886.572	2192.443	1637 T
648	617437.257	1008884.546	2191.923	1638 T
649	617447.669	1008887.708	2192.330	1639 V
650	617437.167	1008883.786	2191.890	1640 T
651	617447.824	1008888.550	2192.056	1641 T
652	617437.028	1008883.101	2191.818	1642 Z
653	617447.945	1008889.206	2192.247	1643 CR
654	617436.891	1008882.518	2191.593	1644 Z
655	617446.386	1008883.543	2192.428	1645 T
656	617446.053	1008882.818	2192.308	1646 V
657	617455.907	1008882.856	2192.794	1647 E
658	617445.880	1008882.150	2192.248	1648 T
659	617456.421	1008884.896	2192.720	1649 V
660	617445.682	1008881.244	2191.930	1650 Z
661	617456.588	1008885.543	2192.585	1651 T
662	617445.325	1008880.456	2191.924	1652 Z
663	617456.916	1008886.098	2192.493	1653 T
664	617457.068	1008886.582	2192.578	1654 CR
665	617465.186	1008880.028	2193.015	1655 E
666	617455.273	1008880.734	2192.703	1656 V
667	617465.689	1008881.428	2192.991	1657 T
668	617455.095	1008879.872	2192.558	1658 T
669	617466.005	1008882.455	2192.910	1659 V
670	617454.935	1008879.154	2192.609	1660 T
671	617466.220	1008883.396	2192.716	1661 T
672	617454.712	1008878.279	2192.221	1662 Z
673	617466.370	1008883.952	2192.950	1663 CR
674	617454.511	1008877.472	2192.235	1664 Z
675	617464.896	1008878.603	2192.961	1665 T
676	617464.475	1008877.708	2192.840	1666 V
677	617463.927	1008876.449	2192.872	1667 T
678	617474.827	1008876.903	2193.508	1668 E

679	617463.675	1008875.702	2192.562	1669 Z
680	617475.405	1008878.914	2193.454	1670 V
681	617463.287	1008874.893	2192.453	1671 Z
682	617475.627	1008879.566	2193.291	1672 T
683	617475.811	1008880.069	2193.181	1673 T
684	617476.047	1008880.584	2193.408	1674 CR
685	617483.589	1008873.411	2194.070	1675 E
686	617474.199	1008875.128	2193.407	1676 V
687	617484.148	1008874.764	2194.009	1677 T
688	617473.869	1008874.382	2193.226	1678 T
689	617484.576	1008875.918	2193.930	1679 V
690	617473.371	1008873.265	2193.525	1680 T
691	617484.923	1008876.670	2193.691	1681 T
692	617472.926	1008872.116	2193.236	1682 Z
693	617485.126	1008877.340	2193.925	1683 CR
694	617472.602	1008871.247	2193.079	1684 Z
695	617483.168	1008872.290	2194.046	1685 T
696	617482.657	1008871.297	2193.957	1686 V
697	617492.212	1008870.016	2194.467	1687 E
698	617482.283	1008870.537	2193.841	1688 T
699	617493.166	1008871.707	2194.366	1689 V
700	617481.866	1008869.842	2194.110	1690 T
701	617493.476	1008872.344	2194.233	1691 T
702	617481.418	1008869.209	2193.407	1692 Z
703	617493.767	1008873.081	2194.191	1693 T
704	617481.278	1008868.883	2193.509	1694 Z
705	617491.265	1008868.014	2194.505	1695 V
706	617490.836	1008867.175	2194.445	1696 T
707	617490.274	1008866.117	2194.633	1697 T
708	617499.807	1008866.005	2194.835	1698 E
709	617489.930	1008865.525	2194.315	1699 Z
710	617500.437	1008867.065	2194.813	1700 T
711	617489.450	1008864.694	2194.459	1701 Z
712	617500.942	1008868.121	2194.724	1702 V
713	617501.344	1008869.125	2194.464	1703 T
714	617499.469	1008858.354	2196.294	1704 ENT
715	617499.366	1008865.130	2194.895	1705 T
716	617498.597	1008864.133	2194.866	1706 V
717	617502.103	1008855.136	2195.972	1707 ENT
718	617498.256	1008863.744	2194.832	1708 T
719	617506.632	1008859.018	2195.152	1709 V.ENT
720	617497.894	1008863.230	2195.225	1710 T
721	617501.503	1008862.408	2195.046	1711 V.ENT
722	617496.940	1008861.908	2194.953	1712 T
723	617504.415	1008856.304	2195.653	1713 MNT
724	617505.164	1008857.334	2195.323	1714 MNT
725	617506.616	1008857.814	2195.192	1715 MNT

726	617507.493	1008857.425	2195.167	1716 MNT
727	617513.269	1008853.585	2195.028	1717 MNT
728	617514.468	1008852.719	2194.923	1718 MNT
729	617515.299	1008851.439	2194.888	1719 MNT
730	617515.130	1008850.474	2194.943	1720 MNT
731	617514.578	1008849.666	2195.036	1721 MNT
732	617516.956	1008852.772	2194.788	1722 V.ENT
733	617520.480	1008850.629	2194.589	1723 V.ENT
734	617514.316	1008847.695	2195.116	1724 ENT
735	617518.512	1008846.197	2195.120	1725 ENT
736	617508.703	1008861.144	2195.195	1726 E
737	617520.469	1008846.120	2195.293	1727 I.CR
738	617509.629	1008862.359	2195.108	1728 T
739	617510.242	1008863.230	2195.006	1729 V
740	617510.766	1008863.789	2194.797	1730 T
741	617522.606	1008847.080	2194.510	1731 ALT
742	617507.987	1008859.814	2195.192	1732 T
743	617507.347	1008858.777	2195.139	1733 V
744	617517.813	1008855.313	2194.896	1734 E
745	617516.423	1008853.595	2194.871	1735 V
746	617515.819	1008852.447	2194.825	1736 T
747	617525.947	1008849.644	2194.470	1737 E
748	617525.222	1008855.191	2194.996	1738 ENT
749	617525.084	1008848.629	2194.421	1739 T
750	617529.073	1008852.937	2195.030	1740 ENT
751	617524.405	1008847.820	2194.329	1741 V
752	617529.315	1008853.067	2195.354	1742 I.CR
753	617523.603	1008846.760	2194.445	1743 T
754	617526.593	1008850.637	2194.511	1744 T
755	617533.838	1008842.641	2193.818	1745 E
756	617527.286	1008851.387	2194.500	1746 V
757	617528.193	1008852.507	2194.734	1747 T
758	617535.233	1008843.962	2193.767	1748 V
759	617535.976	1008844.601	2193.632	1749 T
760	617537.199	1008845.806	2193.726	1750 T
761	617540.443	1008836.234	2193.182	1751 E
762	617532.482	1008841.308	2193.784	1752 V
763	617541.447	1008837.293	2193.153	1753 T
764	617531.612	1008840.382	2193.656	1754 T
765	617542.088	1008837.945	2193.077	1755 V
766	617530.983	1008839.333	2194.173	1756 T
767	617542.896	1008838.541	2192.892	1757 T
768	617543.572	1008838.972	2193.156	1758 T
769	617544.141	1008839.238	2192.913	1759 CR
770	617547.516	1008828.842	2192.396	1760 E
771	617538.988	1008834.780	2193.082	1761 V
772	617549.039	1008830.009	2192.305	1762 V

773	617538.162	1008834.005	2192.998	1763 T
774	617549.709	1008830.617	2192.156	1764 T
775	617537.480	1008833.137	2193.146	1765 CR
776	617550.467	1008831.252	2192.310	1766 T
777	617536.704	1008847.874	2194.393	1767 CR
778	617546.218	1008827.690	2192.396	1768 V
779	617545.473	1008827.016	2192.272	1769 T
780	617544.547	1008826.203	2192.358	1770 T
781	617553.924	1008822.231	2191.779	1771 E
782	617554.854	1008823.215	2191.723	1772 T
783	617560.795	1008815.481	2191.229	1773 E
784	617555.560	1008823.836	2191.645	1774 V
785	617562.122	1008816.792	2191.062	1775 V
786	617556.233	1008824.267	2191.529	1776 T
787	617562.602	1008817.095	2190.930	1777 T
788	617556.796	1008824.637	2191.489	1778 CR
789	617563.179	1008817.509	2191.120	1779 T
790	617552.432	1008820.866	2191.768	1780 V
791	617559.205	1008814.045	2191.161	1781 V
792	617551.544	1008819.873	2191.644	1782 T
793	617558.521	1008813.367	2190.959	1783 T
794	617551.120	1008819.387	2191.482	1784 T
795	617557.876	1008812.676	2190.771	1785 T
796	617550.805	1008818.720	2191.770	1786 CR
797	617548.561	1008823.066	2192.018	1787 BAJ
798	617557.472	1008808.469	2190.588	1788 P
799	617571.529	1008796.980	2190.773	1789 P
800	617567.679	1008808.737	2190.814	1790 E
801	617566.891	1008807.896	2190.828	1791 T
802	617557.505	1008811.923	2190.935	1792 CR.M
803	617566.478	1008807.399	2190.801	1793 V
804	617573.312	1008798.851	2190.397	1794 M.CR
805	617565.868	1008806.667	2190.622	1795 T
806	617565.304	1008805.917	2190.648	1796 T
807	617563.820	1008807.977	2190.694	1797 CAJ
808	617563.214	1008807.218	2190.686	1798 CAJ
809	617561.635	1008808.558	2190.687	1799 CAJ
810	617562.279	1008809.119	2190.715	1800 CAJ
811	617568.564	1008809.913	2190.727	1801 T
812	617569.218	1008810.668	2190.603	1802 V
813	617569.620	1008811.057	2190.520	1803 T
814	617570.108	1008811.535	2190.721	1804 CR
815	617575.719	1008802.964	2190.521	1805 E
816	617577.071	1008804.269	2190.334	1806 V
817	617577.467	1008804.840	2190.219	1807 T
818	617583.769	1008796.699	2190.123	1808 E
819	617577.954	1008805.311	2190.492	1809 T

820	617582.859	1008795.635	2190.115	1810 T
821	617574.193	1008801.413	2190.506	1811 V
822	617582.372	1008794.917	2190.052	1812 V
823	617573.632	1008800.792	2190.357	1813 T
824	617581.796	1008794.066	2189.826	1814 T
825	617573.135	1008800.168	2190.279	1815 T
826	617581.275	1008793.124	2189.855	1816 CR
827	617572.594	1008799.612	2190.431	1817 T
828	617591.169	1008791.402	2189.693	1818 E
829	617598.364	1008786.445	2189.219	1819 E
830	617590.326	1008790.172	2189.679	1820 T
831	617599.488	1008787.771	2189.111	1821 V
832	617589.973	1008789.686	2189.655	1822 V
833	617600.046	1008788.444	2188.953	1823 T
834	617589.448	1008788.765	2189.506	1824 T
835	617600.866	1008789.492	2189.207	1825 CR
836	617588.789	1008787.753	2189.469	1826 CR
837	617597.265	1008784.874	2189.181	1827 V
838	617591.849	1008792.470	2189.641	1828 T
839	617596.775	1008784.255	2189.090	1829 T
840	617592.454	1008793.262	2189.502	1830 V
841	617596.061	1008783.243	2189.070	1831 T
842	617593.104	1008793.746	2189.338	1832 T
843	617595.565	1008782.384	2189.513	1833 T
844	617593.588	1008794.287	2189.698	1834 CR
845	617592.787	1008782.602	2190.385	1835 CR.F
846	617606.277	1008780.666	2188.644	1836 E
847	617605.342	1008779.275	2188.611	1837 V
848	617614.813	1008775.396	2188.146	1838 E
849	617604.525	1008778.128	2188.412	1839 T
850	617615.767	1008776.816	2187.998	1840 V
851	617604.224	1008777.489	2189.102	1841 T
852	617616.043	1008777.368	2187.873	1842 T
853	617606.945	1008781.676	2188.589	1843 T
854	617616.720	1008778.198	2187.961	1844 CR
855	617607.582	1008782.432	2188.498	1845 V
856	617608.093	1008783.019	2188.361	1846 T
857	617613.843	1008773.935	2188.084	1847 V
858	617608.742	1008783.659	2188.580	1848 CR
859	617613.288	1008773.246	2187.933	1849 T
860	617612.568	1008772.455	2187.968	1850 T
861	617623.655	1008769.211	2187.830	1851 E
862	617614.667	1008769.607	2189.396	1852 I.CR
863	617622.991	1008768.039	2187.849	1853 T
864	617622.579	1008767.547	2187.779	1854 V
865	617621.756	1008766.451	2187.624	1855 T
866	617621.363	1008765.740	2187.733	1856 T

867	617627.306	1008777.824	2186.623	1857 P
868	617624.295	1008770.309	2187.781	1858 T
869	617640.226	1008767.808	2186.584	1859 P
870	617625.092	1008771.220	2187.639	1860 V
871	617625.873	1008772.251	2187.566	1861 T
872	617638.229	1008764.646	2187.073	1862 I.CR
873	617624.096	1008773.324	2187.638	1863 CR.F
874	617634.607	1008767.093	2187.092	1864 ENT
875	617633.732	1008767.332	2187.418	1865 BAJ
876	617631.145	1008764.148	2187.512	1866 E
877	617625.152	1008763.785	2188.065	1867 TRANS
878	617632.006	1008765.269	2187.444	1868 T
879	617632.597	1008766.102	2187.350	1869 V
880	617639.373	1008758.857	2186.938	1870 E
881	617633.178	1008766.835	2187.453	1871 T
882	617640.525	1008760.314	2186.855	1872 V
883	617641.209	1008761.167	2186.740	1873 T
884	617630.376	1008763.141	2187.506	1874 T
885	617629.874	1008762.628	2187.474	1875 V
886	617641.672	1008761.858	2186.724	1876 T
887	617629.523	1008761.928	2187.353	1877 T
888	617629.053	1008761.092	2187.893	1878 T
889	617638.316	1008757.403	2186.922	1879 V
890	617637.718	1008756.663	2186.745	1880 T
891	617636.918	1008755.708	2187.037	1881 T
892	617646.466	1008753.533	2186.313	1882 E
893	617645.650	1008752.322	2186.306	1883 T
894	617645.178	1008751.570	2186.187	1884 V
895	617653.886	1008748.842	2185.367	1885 E
896	617644.474	1008750.592	2186.223	1886 T
897	617655.037	1008750.370	2185.206	1887 V
898	617643.771	1008749.737	2186.703	1888 CR
899	617655.559	1008751.057	2185.034	1889 T
900	617647.098	1008754.592	2186.321	1890 T
901	617655.973	1008751.727	2185.009	1891 T
902	617647.682	1008755.374	2186.198	1892 V
903	617648.071	1008755.834	2186.136	1893 T
904	617652.632	1008747.089	2185.355	1894 V
905	617648.922	1008756.929	2186.980	1895 CR
906	617652.313	1008746.537	2185.235	1896 T
907	617651.511	1008745.340	2185.618	1897 T
908	617519.111	1008857.299	2194.802	6 SM6
909	617945.757	1008565.156	2185.233	8 SM8
910	617662.278	1008742.933	2184.073	1898 E
911	617670.608	1008736.757	2182.908	1899 E
912	617663.226	1008744.200	2184.007	1900 T
913	617671.964	1008738.161	2182.826	1901 V

914	617663.630	1008744.807	2183.969	1902 V
915	617672.468	1008738.688	2182.660	1903 T
916	617664.067	1008745.446	2183.845	1904 T
917	617672.898	1008739.186	2182.617	1905 T
918	617664.535	1008746.329	2183.603	1906 CR
919	617673.217	1008739.424	2182.711	1907 CR
920	617660.970	1008741.031	2184.084	1908 V
921	617669.323	1008735.285	2182.915	1909 V
922	617668.639	1008734.585	2182.881	1910 T
923	617660.452	1008740.146	2183.995	1911 T
924	617668.066	1008734.017	2183.053	1912 T
925	617659.810	1008739.429	2184.443	1913 T
926	617667.412	1008733.380	2183.466	1914 CR
927	617678.017	1008730.760	2182.119	1915 E
928	617686.368	1008724.663	2181.676	1916 E
929	617677.055	1008729.490	2182.066	1917 V
930	617687.486	1008725.944	2181.518	1918 V
931	617676.121	1008728.167	2181.901	1919 T
932	617688.015	1008726.601	2181.301	1920 T
933	617675.724	1008727.854	2181.966	1921 T
934	617688.953	1008727.415	2181.388	1922 CR
935	617675.302	1008727.290	2182.557	1923 CR
936	617685.031	1008723.318	2181.619	1924 V
937	617679.407	1008732.509	2181.959	1925 V
938	617684.315	1008722.418	2181.453	1926 T
939	617679.934	1008733.368	2181.689	1927 T
940	617683.687	1008721.872	2181.808	1928 T
941	617680.440	1008733.981	2181.601	1929 CR
942	617682.868	1008720.778	2182.872	1930 CR
943	617694.231	1008718.058	2181.446	1931 E
944	617701.340	1008719.787	2180.682	1932 CR.ENT
945	617695.596	1008719.570	2181.220	1933 V
946	617696.434	1008720.770	2180.859	1934 T
947	617704.974	1008717.060	2180.732	1935 CR.ENT
948	617696.858	1008721.843	2180.652	1936 CR
949	617699.784	1008716.911	2181.063	1937 V.ENT
950	617693.150	1008716.451	2181.412	1938 V
951	617703.016	1008714.024	2181.116	1939 V.ENT
952	617691.910	1008715.009	2181.012	1940 T
953	617691.129	1008713.921	2181.385	1941 CR
954	617705.315	1008726.948	2180.314	1942 ENT
955	617707.542	1008724.339	2180.321	1943 ENT
956	617702.433	1008711.236	2181.345	1944 E
957	617703.846	1008713.030	2181.158	1945 V
958	617710.732	1008705.146	2181.454	1946 E
959	617704.742	1008714.009	2180.970	1947 T
960	617711.853	1008706.483	2181.244	1948 V

961	617705.582	1008715.088	2180.865	1949 T
962	617712.685	1008707.319	2181.165	1950 T
963	617705.947	1008715.465	2181.006	1951 CR
964	617713.307	1008708.043	2181.161	1952 T
965	617714.037	1008708.847	2181.254	1953 CR
966	617701.406	1008709.779	2181.274	1954 V
967	617709.340	1008703.642	2181.533	1955 V
968	617700.298	1008708.365	2181.118	1956 T
969	617708.602	1008702.744	2181.443	1957 T
970	617699.350	1008707.307	2181.177	1958 CR
971	617707.971	1008701.823	2181.391	1959 T
972	617707.509	1008700.943	2181.489	1960 CR
973	617717.666	1008698.797	2181.685	1961 E
974	617716.167	1008697.263	2181.614	1962 V
975	617725.435	1008692.929	2181.923	1963 E
976	617715.078	1008696.099	2181.408	1964 T
977	617726.793	1008694.504	2181.705	1965 V
978	617714.270	1008695.524	2181.438	1966 CR
979	617727.486	1008695.214	2181.784	1967 T
980	617728.176	1008696.033	2181.393	1968 CR
981	617719.463	1008700.885	2181.357	1969 V
982	617720.065	1008701.622	2181.140	1970 T
983	617724.036	1008691.455	2181.950	1971 V
984	617720.769	1008702.495	2180.921	1972 CR
985	617723.491	1008690.792	2181.757	1973 T
986	617722.872	1008689.923	2181.739	1974 T
987	617722.345	1008688.812	2182.008	1975 CR
988	617733.457	1008685.898	2182.414	1976 E
989	617732.149	1008684.375	2182.389	1977 V
990	617741.241	1008679.940	2182.859	1978 E
991	617731.222	1008683.486	2182.111	1979 T
992	617742.544	1008681.253	2182.706	1980 V
993	617730.522	1008682.533	2181.988	1981 T
994	617730.176	1008682.167	2182.459	1982 CR
995	617743.198	1008682.039	2182.532	1983 T
996	617743.721	1008682.601	2182.569	1984 T
997	617735.055	1008687.846	2182.209	1985 V
998	617744.174	1008683.093	2182.479	1986 CR
999	617735.415	1008688.380	2182.077	1987 T
1000	617736.164	1008689.544	2181.916	1988 CR
1001	617739.879	1008678.536	2182.833	1989 V
1002	617739.292	1008677.656	2182.684	1990 T
1003	617738.673	1008676.850	2182.586	1991 T
1004	617749.649	1008672.925	2183.461	1992 E
1005	617738.384	1008676.502	2182.563	1993 CR
1006	617748.335	1008671.313	2183.377	1994 V
1007	617747.580	1008670.479	2183.101	1995 T

1008	617757.539	1008666.328	2184.171	1996 E
1009	617746.979	1008669.838	2183.188	1997 T
1010	617758.807	1008667.645	2184.128	1998 V
1011	617746.644	1008669.593	2184.083	1999 CR
1012	617759.330	1008668.300	2183.964	2000 T
1013	617751.076	1008674.495	2183.348	2001 V
1014	617760.084	1008668.991	2184.196	2002 T
1015	617751.542	1008675.100	2183.278	2003 T
1016	617760.707	1008669.759	2184.203	2004 CR
1017	617752.495	1008676.308	2183.192	2005 CR
1018	617756.228	1008664.583	2184.136	2006 V
1019	617755.817	1008663.842	2183.940	2007 T
1020	617755.313	1008663.323	2184.022	2008 T
1021	617765.524	1008659.638	2185.304	2009 E
1022	617766.885	1008661.295	2185.328	2010 V
1023	617754.833	1008662.912	2184.765	2011 CR
1024	617767.568	1008662.145	2185.216	2012 T
1025	617768.004	1008662.673	2185.433	2013 T
1026	617773.215	1008653.252	2186.574	2014 E
1027	617768.514	1008663.493	2185.392	2015 CR
1028	617774.560	1008654.604	2186.520	2016 W
1029	617763.892	1008657.768	2185.195	2017 V
1030	617775.208	1008655.382	2186.379	2018 T
1031	617763.182	1008656.912	2185.008	2019 T
1032	617775.784	1008656.084	2186.490	2020 T
1033	617763.176	1008656.876	2185.006	2021 T
1034	617776.548	1008656.890	2186.523	2022 CR
1035	617771.644	1008651.624	2186.535	2023 V
1036	617762.852	1008656.532	2185.371	2024 CR
1037	617771.035	1008650.883	2186.346	2025 T
1038	617770.513	1008650.383	2186.382	2026 T
1039	617770.322	1008650.186	2186.686	2027 CR
1040	617766.993	1008661.430	2185.309	2028 V
1041	617780.881	1008646.859	2187.697	2029 E
1042	617767.550	1008662.209	2185.219	2030 T
1043	617782.221	1008648.176	2187.653	2031 V
1044	617768.066	1008662.644	2185.448	2032 T
1045	617768.561	1008663.350	2185.399	2033 CR
1046	617782.984	1008649.013	2187.499	2034 T
1047	617783.532	1008649.591	2187.733	2035 T
1048	617784.259	1008650.284	2187.321	2036 CR
1049	617787.783	1008640.340	2188.493	2037 E
1050	617779.207	1008644.867	2187.641	2038 V
1051	617789.344	1008642.035	2188.330	2039 V
1052	617778.875	1008644.265	2187.483	2040 T
1053	617789.956	1008642.613	2188.176	2041 T
1054	617778.494	1008643.716	2187.548	2042 T

1055	617790.321	1008642.954	2188.369	2043 T
1056	617778.065	1008643.371	2188.062	2044 CR
1057	617791.003	1008643.633	2187.920	2045 CR
1058	617786.347	1008638.521	2188.354	2046 V
1059	617795.297	1008633.790	2188.721	2047 E
1060	617785.486	1008637.543	2188.201	2048 T
1061	617785.161	1008637.254	2188.421	2049 CR
1062	617796.677	1008635.026	2188.538	2050 E
1063	617797.243	1008635.683	2188.308	2051 T
1064	617797.832	1008636.217	2188.160	2052 T
1065	617798.240	1008636.701	2187.988	2053 CR
1066	617803.121	1008626.410	2188.504	2054 E
1067	617801.725	1008624.925	2188.357	2055 V
1068	617801.478	1008624.516	2188.085	2056 Z
1069	617811.231	1008619.374	2188.182	2057 E
1070	617801.122	1008624.143	2188.051	2058 Z
1071	617812.580	1008620.592	2187.997	2059 V
1072	617800.368	1008625.477	2188.189	2060 Z
1073	617800.069	1008625.216	2188.156	2061 Z
1074	617813.158	1008621.162	2187.911	2062 T
1075	617800.767	1008623.600	2188.717	2063 T
1076	617800.464	1008623.455	2188.763	2064 F.CR
1077	617813.904	1008621.800	2187.882	2065 CR
1078	617800.254	1008622.537	2188.727	2066 M
1079	617809.891	1008618.043	2188.185	2067 V
1080	617804.057	1008627.504	2188.443	2068 T
1081	617804.769	1008628.151	2188.268	2069 V
1082	617809.611	1008617.738	2188.092	2070 Z
1083	617809.117	1008617.272	2188.075	2071 Z
1084	617805.501	1008628.966	2188.048	2072 T
1085	617805.949	1008629.208	2187.826	2073 CR
1086	617808.567	1008616.547	2188.494	2074 T
1087	617806.013	1008618.618	2188.808	2075 ALT
1088	617818.204	1008612.688	2187.767	2076 E
1089	617817.033	1008611.423	2187.754	2077 V
1090	617825.516	1008606.457	2187.241	2078 E
1091	617816.137	1008610.422	2187.540	2079 T
1092	617826.717	1008607.602	2187.087	2080 V
1093	617815.927	1008610.052	2188.396	2081 T
1094	617827.202	1008608.453	2186.961	2082 T
1095	617815.239	1008609.459	2188.414	2083 T
1096	617827.840	1008609.186	2186.916	2084 CR
1097	617819.275	1008614.068	2187.653	2085 T
1098	617819.770	1008614.588	2187.490	2086 V
1099	617824.329	1008604.967	2187.292	2087 V
1100	617820.831	1008615.426	2187.351	2088 CR
1101	617823.842	1008604.432	2187.162	2089 T

1102	617823.356	1008603.972	2187.075	2090 T
1103	617832.718	1008600.809	2186.615	2091 E
1104	617823.032	1008603.236	2187.908	2092 T
1105	617831.719	1008599.266	2186.719	2093 V
1106	617822.476	1008602.529	2187.941	2094 T
1107	617831.248	1008598.560	2186.540	2095 CNTA
1108	617831.033	1008598.278	2186.462	2096 CNTA
1109	617822.687	1008601.361	2187.785	2097 M
1110	617830.153	1008596.824	2186.442	2098 T
1111	617829.575	1008596.069	2186.498	2099 T
1112	617841.741	1008595.489	2186.079	2100 E
1113	617829.111	1008595.325	2187.450	2101 CR
1114	617842.647	1008596.888	2185.936	2102 V
1115	617830.933	1008596.086	2186.359	2103 Z
1116	617831.177	1008596.281	2186.323	2104 Z
1117	617843.124	1008597.552	2185.753	2105 T
1118	617843.641	1008598.402	2185.857	2106 CR
1119	617849.709	1008591.325	2185.837	2107 E
1120	617840.827	1008593.799	2186.095	2108 V
1121	617849.011	1008589.289	2185.868	2109 V
1122	617840.370	1008593.054	2185.960	2110 T
1123	617848.640	1008588.145	2185.692	2111 T
1124	617839.925	1008592.224	2186.090	2112 T
1125	617848.343	1008587.257	2185.909	2113 T
1126	617839.390	1008591.611	2186.175	2114 T
1127	617848.093	1008586.819	2185.667	2115 Z
1128	617847.906	1008586.141	2185.636	2116 Z
1129	617838.856	1008591.001	2185.706	2117 Z
1130	617837.832	1008590.048	2185.611	2118 Z
1131	617850.405	1008593.760	2185.720	2119 V
1132	617837.516	1008589.658	2186.411	2120 CR
1133	617850.925	1008595.224	2185.638	2121 CR
1134	617848.079	1008584.678	2186.873	2122 CR.F
1135	617849.729	1008586.141	2185.796	2123 PTE
1136	617848.829	1008585.806	2185.581	2124 AL
1137	617848.848	1008585.621	2185.601	2125 AL
1138	617853.515	1008594.131	2185.590	2126 PTE
1139	617851.052	1008585.500	2185.812	2127 PTE
1140	617853.085	1008594.948	2185.424	2128 AL
1141	617851.391	1008584.662	2185.744	2129 AL
1142	617854.904	1008593.672	2185.571	2130 PTE
1143	617855.023	1008586.651	2185.467	2131 V.ENT
1144	617855.773	1008594.106	2185.373	2132 AL
1145	617859.783	1008585.248	2185.229	2133 V.ENT
1146	617859.135	1008588.576	2185.390	2134 E
1147	617854.727	1008578.959	2185.397	2135 CM
1148	617859.716	1008590.609	2185.250	2136 V

1149	617851.951	1008581.245	2185.516	2137 CM
1150	617859.947	1008591.524	2185.058	2138 T
1151	617860.222	1008592.618	2184.979	2139 CR
1152	617856.329	1008593.728	2185.088	2140 CR
1153	617856.711	1008594.276	2184.268	2141 Z
1154	617856.869	1008595.133	2184.142	2142 Z
1155	617860.947	1008592.524	2184.948	2143 CR
1156	617861.306	1008593.330	2183.789	2144 Z
1157	617861.248	1008594.390	2183.907	2145 Z
1158	617858.640	1008586.705	2185.375	2146 V
1159	617857.944	1008585.082	2185.317	2147 T
1160	617870.106	1008591.283	2183.796	2148 Z
1161	617870.539	1008592.681	2183.521	2149 Z
1162	617868.940	1008586.735	2185.177	2150 E
1163	617868.527	1008584.953	2185.054	2151 V
1164	617880.448	1008588.229	2183.622	2152 Z
1165	617868.439	1008584.258	2184.986	2153 T
1166	617881.074	1008589.794	2183.309	2154 Z
1167	617868.082	1008583.291	2185.088	2155 CR
1168	617890.123	1008585.943	2183.188	2156 Z
1169	617869.248	1008588.350	2185.105	2157 T
1170	617890.667	1008586.931	2182.858	2158 Z
1171	617869.557	1008589.061	2184.962	2159 V
1172	617892.614	1008586.032	2183.175	2160 Z
1173	617892.327	1008587.097	2182.841	2161 Z
1174	617869.820	1008590.050	2184.874	2162 CR
1175	617892.339	1008584.932	2183.643	2163 CR.ST
1176	617862.450	1008584.266	2185.254	2164 I.CR
1177	617878.873	1008584.533	2185.007	2165 E
1178	617888.319	1008582.315	2184.857	2166 E
1179	617879.248	1008586.344	2184.934	2167 V
1180	617888.725	1008583.823	2184.736	2168 T
1181	617879.541	1008587.173	2184.758	2169 T
1182	617888.875	1008584.473	2184.547	2170 V
1183	617879.705	1008587.718	2184.774	2171 CR
1184	617889.066	1008585.067	2184.381	2172 T
1185	617878.395	1008582.802	2184.935	2173 V
1186	617887.846	1008580.602	2184.734	2174 V
1187	617878.338	1008581.805	2184.852	2175 T
1188	617887.494	1008579.539	2184.437	2176 T
1189	617878.278	1008581.101	2184.729	2177 CR
1190	617887.449	1008578.658	2184.319	2178 CR
1191	617898.694	1008579.965	2184.812	2179 E
1192	617894.035	1008584.440	2184.271	2180 CR
1193	617899.160	1008581.677	2184.660	2181 V
1194	617894.165	1008584.933	2183.550	2182 T
1195	617899.766	1008582.392	2184.528	2183 T

1196	617899.777	1008582.891	2184.555	2184 CR
1197	617908.293	1008577.844	2184.780	2185 E
1198	617900.195	1008583.802	2183.556	2186 T
1199	617908.023	1008576.216	2184.685	2187 V
1200	617907.816	1008575.377	2184.519	2188 T
1201	617898.410	1008578.209	2184.719	2189 V
1202	617907.709	1008574.788	2184.499	2190 CR
1203	617898.333	1008577.525	2184.460	2191 T
1204	617898.206	1008576.936	2184.613	2192 CR
1205	617908.666	1008579.671	2184.667	2193 V
1206	617908.973	1008580.772	2184.612	2194 CR
1207	617918.249	1008575.805	2184.895	2195 E
1208	617909.019	1008581.290	2183.915	2196 T
1209	617918.957	1008577.381	2184.721	2197 V
1210	617919.238	1008578.005	2184.607	2198 T
1211	617919.412	1008578.643	2184.576	2199 CR
1212	617917.819	1008573.966	2184.748	2200 V
1213	617919.530	1008578.934	2183.987	2201 T
1214	617917.630	1008573.225	2184.618	2202 T
1215	617917.345	1008572.476	2184.695	2203 CR
1216	617927.940	1008573.262	2185.041	2204 E
1217	617928.305	1008574.727	2184.969	2205 V
1218	617928.725	1008575.580	2184.781	2206 T
1219	617928.852	1008576.142	2184.841	2207 CR
1220	617927.274	1008571.470	2184.949	2208 V
1221	617927.056	1008570.623	2184.797	2209 T
1222	617926.903	1008569.856	2184.825	2210 CR
1223	617794.033	1008631.419	2188.487	7 SM7
1224	617993.640	1008560.269	2183.900	9 SM9
1225	617945.752	1008565.156	2185.234	8 SM8
1226	617937.519	1008570.774	2185.218	2211 E
1227	617939.775	1008564.884	2185.502	2212 ENT
1228	617936.771	1008568.752	2185.131	2213 V
1229	617944.369	1008563.539	2185.411	2214 ENT
1230	617936.698	1008568.117	2184.996	2215 T
1231	617936.115	1008566.969	2185.256	2216 CR
1232	617929.071	1008561.840	2185.607	2217 P
1233	617937.929	1008572.364	2185.138	2218 V
1234	617938.258	1008573.412	2184.932	2219 T
1235	617917.551	1008564.884	2185.472	2220 P
1236	617938.485	1008574.120	2184.847	2221 CR
1237	617947.642	1008568.189	2185.404	2222 E
1238	617947.004	1008565.998	2185.322	2223 V
1239	617932.817	1008579.105	2184.598	2224 P
1240	617946.703	1008565.050	2185.153	2225 T
1241	617946.406	1008564.323	2185.226	2226 CR
1242	617948.242	1008569.967	2185.258	2227 V

1243	617948.620	1008570.885	2185.082	2228 T
1244	617948.887	1008571.530	2184.996	2229 CR
1245	617951.681	1008575.283	2184.854	2230 P
1246	617952.149	1008570.742	2185.053	2231 CR
1247	617952.940	1008573.780	2184.874	2232 CR
1248	617952.588	1008571.950	2184.675	2233 T
1249	617956.796	1008565.785	2185.241	2234 E
1250	617966.859	1008563.315	2185.008	2235 E
1251	617957.449	1008567.819	2185.105	2236 V
1252	617966.095	1008561.219	2184.862	2237 V
1253	617957.725	1008568.518	2184.931	2238 T
1254	617965.766	1008560.454	2184.736	2239 T
1255	617958.170	1008570.038	2184.779	2240 T
1256	617965.605	1008559.759	2184.829	2241 T
1257	617958.260	1008570.434	2184.720	2242 CR
1258	617966.111	1008558.986	2184.780	2243 CR
1259	617956.354	1008563.319	2185.097	2244 V
1260	617967.390	1008565.367	2184.875	2245 V
1261	617956.200	1008562.342	2184.925	2246 T
1262	617967.625	1008566.252	2184.756	2247 T
1263	617955.805	1008561.671	2185.044	2248 CR
1264	617968.030	1008567.278	2185.137	2249 T
1265	617968.193	1008567.753	2185.127	2250 CR
1266	617976.246	1008560.779	2184.706	2251 E
1267	617973.142	1008565.813	2184.925	2252 BAJ
1268	617975.586	1008558.248	2184.519	2253 V
1269	617985.424	1008558.073	2184.282	2254 E
1270	617974.881	1008556.659	2184.343	2255 T
1271	617986.245	1008560.119	2184.267	2256 V
1272	617974.560	1008556.071	2184.779	2257 CR
1273	617986.587	1008561.064	2184.128	2258 T
1274	617976.800	1008562.188	2184.660	2259 T
1275	617986.675	1008561.833	2184.329	2260 T
1276	617977.042	1008563.233	2184.502	2261 V
1277	617986.854	1008563.039	2184.536	2262 CR
1278	617977.156	1008563.813	2184.455	2263 T
1279	617984.595	1008555.820	2184.126	2264 V
1280	617977.472	1008564.971	2184.955	2265 CR
1281	617984.397	1008554.893	2183.992	2266 T
1282	617984.036	1008554.057	2184.262	2267 CR
1283	617994.067	1008554.034	2183.687	2268 E
1284	617993.782	1008563.067	2184.018	2269 CR
1285	617992.652	1008552.145	2183.529	2270 V
1286	617994.572	1008557.516	2183.814	2271 V.V
1287	617992.287	1008551.328	2183.488	2272 T
1288	617997.766	1008555.596	2183.558	2273 V.V
1289	617991.739	1008550.293	2184.442	2274 CR

1290	618005.571	1008565.681	2183.589	2275 V
1291	617995.506	1008556.234	2183.743	2276 V
1292	618003.052	1008567.700	2183.604	2277 V
1293	617996.990	1008558.176	2183.741	2278 T
1294	618001.822	1008555.168	2183.401	2279 ALT
1295	618003.519	1008547.204	2182.979	2280 PTE
1296	617999.817	1008545.585	2182.981	2281 PTE
1297	618001.661	1008546.307	2182.954	2282 E
1298	618017.819	1008521.069	2182.950	2283 PTE
1299	618020.777	1008523.601	2183.030	2284 PTE
1300	618019.215	1008522.325	2182.953	2285 E
1301	618026.193	1008512.997	2183.062	2286 E
1302	618023.682	1008510.362	2183.055	2287 P
1303	618024.701	1008512.064	2183.054	2288 T
1304	618023.731	1008511.475	2182.998	2289 V
1305	618030.506	1008500.056	2182.970	2290 P
1306	618027.480	1008514.133	2182.982	2291 T
1307	618028.515	1008514.845	2182.964	2292 V
1308	618032.348	1008504.620	2182.928	2293 E
1309	618037.551	1008497.094	2182.876	2294 E
1310	618034.098	1008505.750	2182.818	2295 V
1311	618035.712	1008496.010	2182.980	2296 T
1312	618035.333	1008506.463	2182.718	2297 T
1313	618034.614	1008495.334	2182.945	2298 V
1314	618036.845	1008507.664	2182.582	2299 T
1315	618039.155	1008498.319	2182.766	2300 T
1316	618034.213	1008507.378	2182.746	2301 V.V
1317	618040.151	1008499.209	2182.645	2302 V.V
1318	618046.786	1008516.056	2182.264	2303 V
1319	618051.026	1008512.432	2182.073	2304 V
1320	618030.100	1008503.146	2182.979	2305 V
1321	618028.978	1008502.368	2182.956	2306 T
1322	618029.958	1008514.245	2182.994	2307 IL
1323	618019.318	1008516.347	2182.996	2308 PROT
1324	618025.212	1008521.126	2182.731	2309 PROT
1325	618017.764	1008519.854	2183.025	2310 PROT
1326	618021.710	1008523.094	2183.045	2311 PROT
1327	618002.191	1008549.213	2183.109	2312 PROT
1328	618001.213	1008552.988	2183.523	2313 PROT
1329	618005.939	1008549.430	2182.900	1329T
1330	618012.214	1008554.894	2182.783	1330T
1331	617990.466	1008538.865	2182.800	1331T
1332	618030.269	1008531.653	2182.920	1332T
1333	618008.602	1008513.065	2183.000	1333T
1334	618026.806	1008489.442	2182.800	1334T
1335	618018.861	1008522.796	2179.000	1335T
1336	618001.924	1008545.893	2179.080	1336T

1337	618010.193	1008534.079	2177.800	1337T
1338	618007.960	1008514.133	2179.500	1338T
1339	617990.783	1008538.463	2179.500	1339T
1340	618012.615	1008554.456	2178.500	1340T
1341	618029.620	1008532.447	2178.500	1341T
1342	617999.623	1008526.116	2178.300	1342T
1343	618021.601	1008544.304	2177.300	1343T
1344	617919.009	1008588.521	2183.150	1344T
1345	617895.687	1008594.760	2183.100	1345T
1346	617869.148	1008601.603	2183.050	1346T
1347	617393.529	1008904.586	2188.800	1347T
1348	617382.411	1008908.779	2188.750	1348T
1349	617370.972	1008912.166	2188.650	1349T
1350	617392.328	1008890.055	2189.100	1350T
1351	617381.906	1008893.443	2189.020	1351T
1352	617369.047	1008896.695	2189.050	1352T
1353	617121.921	1008999.497	2188.500	1353T
1354	617111.971	1009002.257	2187.500	1354T
1355	617100.701	1009005.857	2187.500	1355T
1356	617002.194	1009072.501	2181.500	1356T
1357	616994.165	1009080.473	2180.500	1357T
1358	616988.350	1009085.962	2182.000	1358T
1359	617976.522	1008545.444	2184.000	1359T
1360	617949.296	1008553.535	2185.000	1360T
1361	617898.157	1008566.714	2184.300	1361T
1362	617866.836	1008574.663	2185.000	1362T
1363	617835.020	1008586.819	2186.400	1363T
1364	617846.752	1008604.701	2185.800	1364T
1365	617811.787	1008606.054	2188.300	1365T
1366	617824.719	1008620.734	2187.300	1366T
1367	617790.161	1008627.146	2188.400	1367T
1368	617802.293	1008641.693	2188.000	1368T
1369	617767.442	1008647.065	2186.700	1369T
1370	617779.707	1008661.478	2186.400	1370T
1371	617744.111	1008666.682	2184.000	1371T
1372	617755.443	1008680.962	2183.000	1372T
1373	617719.890	1008686.198	2182.000	1373T
1374	617731.222	1008700.611	2181.500	1374T
1375	617696.788	1008704.755	2181.200	1375T
1376	617718.919	1008713.162	2181.200	1376T
1377	617672.867	1008724.401	2182.600	1377T
1378	617683.933	1008739.081	2181.600	1378T
1379	617649.088	1008741.765	2185.600	1379T
1380	617658.953	1008756.712	2185.000	1380T
1381	617634.374	1008752.848	2187.000	1381T
1382	617619.176	1008763.391	2187.700	1382T
1383	617593.935	1008779.700	2190.400	1383T

1384	617603.134	1008793.179	2189.500	1384T
1385	617580.681	1008809.354	2190.500	1385T
1386	617566.550	1008821.098	2191.200	1386T
1387	617542.228	1008823.921	2192.500	1387T
1388	617553.427	1008834.598	2192.500	1388T
1389	617528.763	1008837.801	2194.300	1389T
1390	617539.828	1008849.011	2194.400	1390T
1391	617520.543	1008860.382	2194.900	1391T
1392	617511.543	1008866.649	2195.000	1392T
1393	617479.908	1008865.723	2194.000	1393T
1394	617485.946	1008880.896	2194.000	1394T
1395	617453.722	1008873.997	2192.200	1395T
1396	617457.788	1008890.526	2192.600	1396T
1397	617426.070	1008881.901	2191.300	1397T
1398	617429.520	1008897.444	2191.700	1398T
1399	617406.312	1008886.348	2190.300	1399T
1400	617410.132	1008902.014	2190.700	1400T
1401	617353.821	1008921.654	2191.800	1401T
1402	617323.840	1008918.702	2194.300	1402T
1403	617330.371	1008931.530	2194.200	1403T
1404	617297.795	1008930.556	2197.400	1404T
1405	617304.695	1008944.618	2195.900	1405T
1406	617269.773	1008941.666	2195.600	1406T
1407	617275.195	1008956.222	2195.400	1407T
1408	617242.484	1008952.775	2195.000	1408T
1409	617246.921	1008967.084	2194.800	1409T
1410	617213.233	1008960.676	2193.650	1410T
1411	617217.422	1008976.342	2193.600	1411T
1412	617184.248	1008969.063	2192.900	1412T
1413	617187.330	1008982.987	2192.900	1413T
1414	617154.574	1008976.290	2191.900	1414T
1415	617158.696	1008989.827	2191.800	1415T
1416	617128.231	1008982.492	2190.800	1416T
1417	617133.125	1008997.318	2191.000	1417T
1418	617098.570	1008991.006	2189.400	1418T
1419	617092.964	1009008.678	2189.000	1419T
1420	617070.941	1009001.845	2188.100	1420T
1421	617075.963	1009016.284	2188.100	1421T
1422	617053.518	1009007.024	2186.700	1422T
1423	617059.958	1009024.428	2187.200	1423T
1424	617026.472	1009024.686	2184.600	1424T
1425	617039.995	1009036.676	2184.800	1425T
1426	617006.852	1009046.129	2182.800	1426T
1427	617017.735	1009057.843	2182.800	1427T
1428	616992.397	1009062.315	2181.900	1428T
1429	616978.589	1009077.309	2183.600	1429T
1430	616957.122	1009098.065	2186.100	1430T

1431	616965.899	1009109.896	2186.000	1431T
1432	616931.568	1009117.290	2189.000	1432T
1433	616939.993	1009128.301	2188.700	1433T
1434	616923.336	1009140.862	2190.900	1434T
1435	616909.645	1009152.928	2192.700	1435T
1436	616884.852	1009176.552	2196.000	1436T
1437	616863.146	1009197.915	2198.000	1437T
1438	616849.777	1009211.867	2199.000	1438T
1439	616839.534	1009227.859	2200.000	1439T
1440	616818.646	1009230.317	2200.800	1440T
1441	616831.694	1009237.641	2200.500	1441T
1442	616806.451	1009261.933	2201.300	1442T
1443	616818.768	1009267.304	2201.600	1443T
1444	616795.720	1009289.888	2201.700	1444T
1445	616806.939	1009294.526	2201.800	1445T
1446	616789.695	1009305.940	2201.900	1446T
1447	616799.451	1009310.212	2201.900	1447T

## ANEXO B. REPORTE DISEÑO HORIZONTAL

DISEÑO HORIZONTAL - ELEMENTOS DE CURVATURA SANTIAGO - SAN ANDRES - K0+000.00 - K1+560.04																											
PI	COORDENADAS		R	Led	Ad	θd (°)	X	Y	ΔR	Xo	Yo	TL	TC	Cl	I	Beta	Te	ΔC	T	Lc	CLc	ABSCISAS					
	N	E																				TE	EC/PC	EE	CE/PT	ET	
INICIO	616785.517	1009329.349																									
1	616834.715	1009211.157	26°42'15" D	150.00	69.911	102.40	13.35	69.53	5.41	1.36	34.89	151.36	46.74	23.42	69.74	0.08	0.16	70.817	0.00	0.00	0.00	0.00	K0+057.21		K0+127.12		K0+197.03
2	616975.926	1009089.713	6°51'58" I	420.00	50.331	145.39	3.43	50.31	1.00	0.25	25.16	420.25	33.56	16.78	50.32	0.02	0.04	50.373	0.00	0.00	0.00	0.00	K0+262.09		K0+312.42		K0+362.75
3	617047.478	1009011.457	33°04'17" D	138.00	29.232	63.51	6.07	29.20	1.03	0.26	14.61	138.26	19.50	9.75	29.22	0.04	0.07	55.658	20.93	25.50	50.42	50.14	K0+362.75	K0+391.99		K0+442.41	K0+471.64
4	617253.414	1008958.233	10°09'58" I	193.00	34.244	81.30	5.08	34.22	1.01	0.25	17.12	193.25	22.84	11.42	34.23	0.03	0.06	34.307	0.00	0.00	0.00	0.00	K0+594.38		K0+628.62		K0+662.87
5	617380.667	1008899.819	13°09'06" D	214.30	35.858	87.66	4.79	35.83	1.00	0.25	17.92	214.55	23.91	11.96	35.85	0.03	0.06	42.657	3.56	6.67	13.33	13.33	K0+725.92	K0+761.78		K0+775.12	K0+810.97
6	617502.883	1008874.942	34°06'29" I	180.00	54.870	99.38	8.73	54.74	2.78	0.70	27.41	180.70	36.62	18.33	54.81	0.05	0.10	82.066	20.04	31.81	62.96	62.64	K0+810.97	K0+865.84		K0+928.80	K0+962.31
7	617574.136	1008802.147	11°51'16" D	140.00	28.966	63.68	5.93	28.93	1.00	0.25	14.48	140.25	19.32	9.67	28.95	0.03	0.07	29.039	0.00	0.00	0.00	0.00	K0+962.31		K0+991.28		K1+020.24
8	617686.116	1008727.299	6°53'34" I	414.00	49.805	143.59	3.45	49.79	1.00	0.25	24.90	414.25	33.21	16.61	49.80	0.02	0.04	49.847	0.00	0.00	0.00	0.00	K1+076.05		K1+125.86		K1+175.66
9	617842.980	1008592.604	27°42'14" D	60.00	29.011	41.72	13.85	28.84	2.33	0.58	14.48	60.58	19.40	9.72	28.94	0.08	0.16	29.416	0.00	0.00	0.00	0.00	K1+303.16		K1+332.17		K1+361.18
10	617993.174	1008558.073	41°00'24" I	38.79															41.01	14.51	27.76	27.17		K1+471.37		K1+499.13	
FINALIZA	618037.552	1008497.094																									

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO <math>V_D = 40</math> KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 1</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	150.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	26.704	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	3.820	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	69.911	m
Parámetro A	A	102.404	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	13.352	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	4.449	grados
Disloque	$\Delta R$	1.355	m
Abscisa del EC	X	69.532	m
Ordenada del EC	Y	5.410	m
Abscisa de PC desplazado	$X_o$	34.892	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_o$	151.355	m
Tangente principal	$T_e$	70.816	m
Tangente corta	$T_c$	23.426	m
Tangente larga	$T_L$	46.739	m
Longitud de la cuerda	CL	69.742	m
Ordenada externa	$E_e$	5.560	m
Desplazamiento del arco circular	t	1.395	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	-	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	-	m
Longitud total de la curva	$L_t$	139.822	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.213	m
Longitud de espiral	$L_e$	69.911	m
Longitud de aplanamiento	N	17.478	m
Longitud de transición	$L_t$	87.389	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V = 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 2</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	420.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	6.866	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	1.364	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	50.331	m
Parámetro A	A	145.393	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	3.433	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	1.144	grados
Disloque	$\Delta R$	0.251	m
Abscisa del EC	X	50.313	m
Ordenada del EC	Y	1.005	m
Abscisa de PC desplazado	$X_o$	25.162	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_o$	420.251	m
Tangente principal	$T_e$	50.372	m
Tangente corta	$T_C$	16.782	m
Tangente larga	$T_L$	33.561	m
Longitud de la cuerda	CL	50.323	m
Ordenada externa	$E_e$	1.006	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.252	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	-	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	-	m
Longitud total de la curva	$L_t$	100.662	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreancho	S	0.076	m
Longitud de espiral	$L_e$	50.331	m
Longitud de aplanamiento	N	12.583	m
Longitud de transición	$L_t$	62.914	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 3</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	138.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	33.071	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	4.152	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	29.232	m
Parámetro A	A	63.514	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	6.068	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	2.022	grados
Disloque	$\Delta R$	0.258	m
Abscisa del EC	X	29.199	m
Ordenada del EC	Y	1.031	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	14.611	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	138.258	m
Tangente principal	$T_e$	55.658	m
Tangente corta	$T_C$	9.753	m
Tangente larga	$T_L$	19.501	m
Longitud de la cuerda	CL	29.217	m
Ordenada externa	$E_e$	6.223	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.269	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	20.935	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	50.421	m
Longitud total de la curva	$L_t$	108.885	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.232	m
Longitud de espiral	$L_e$	29.232	m
Longitud de aplanamiento	N	7.308	m
Longitud de transición	$L_t$	36.540	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 4</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	193.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	10.166	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	2.969	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	34.244	m
Parámetro A	A	81.296	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	5.083	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	1.694	grados
Disloque	$\Delta R$	0.253	m
Abscisa del EC	X	34.217	m
Ordenada del EC	Y	1.012	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	17.116	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	193.253	m
Tangente principal	$T_e$	34.306	m
Tangente corta	$T_C$	11.422	m
Tangente larga	$T_L$	22.840	m
Longitud de la cuerda	CL	34.232	m
Ordenada externa	$E_e$	1.016	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.254	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	-	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	-	m
Longitud total de la curva	$L_t$	68.488	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.166	m
Longitud de espiral	$L_e$	34.244	m
Longitud de aplanamiento	N	8.561	m
Longitud de transición	$L_t$	42.805	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 5</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	214.300	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	13.152	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	2.674	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	35.858	m
Parámetro A	A	87.661	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	4.794	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	1.599	grados
Disloque	$\Delta R$	0.250	m
Abscisa del EC	X	35.833	m
Ordenada del EC	Y	1.000	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	17.923	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	214.550	m
Tangente principal	$T_e$	42.656	m
Tangente corta	$T_C$	11.966	m
Tangente larga	$T_L$	23.909	m
Longitud de la cuerda	CL	35.847	m
Ordenada externa	$E_e$	1.671	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.252	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	3.564	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	13.328	m
Longitud total de la curva	$L_t$	85.044	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.149	m
Longitud de espiral	$L_e$	35.858	m
Longitud de aplanamiento	N	8.965	m
Longitud de transición	$L_t$	44.823	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 6</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE a	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	180.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	34.108	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	3.183	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	54.870	m
Parámetro A	A	99.381	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	8.733	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	2.910	grados
Disloque	$\Delta R$	0.696	m
Abscisa del EC	X	54.743	m
Ordenada del EC	Y	2.783	m
Abscisa de PC desplazado	$X_o$	27.414	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_o$	180.696	m
Tangente principal	$T_e$	82.845	m
Tangente corta	$T_C$	18.330	m
Tangente larga	$T_L$	36.626	m
Longitud de la cuerda	CL	54.814	m
Ordenada externa	$E_e$	9.007	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.729	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	16.642	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	52.284	m
Longitud total de la curva	$L_t$	162.024	m
Peralte	e	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobrecancho	S	0.178	m
Longitud de espiral	$L_e$	54.870	m
Longitud de aplanamiento	N	13.718	m
Longitud de transición	$L_t$	68.588	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 7</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	140.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	11.854	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	4.093	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	28.966	m
Parámetro A	A	63.681	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	5.927	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	1.975	grados
Disloque	$\Delta R$	0.250	m
Abscisa del EC	X	28.935	m
Ordenada del EC	Y	0.998	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	14.478	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	140.250	m
Tangente principal	$T_e$	29.038	m
Tangente corta	$T_C$	9.664	m
Tangente larga	$T_L$	19.322	m
Longitud de la cuerda	CL	28.952	m
Ordenada externa	$E_e$	1.004	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.251	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	-	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	-	m
Longitud total de la curva	$L_t$	57.932	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.229	m
Longitud de espiral	$L_e$	28.966	m
Longitud de aplanamiento	N	7.242	m
Longitud de transición	$L_t$	36.208	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA ESPIRAL 8</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	414.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	6.893	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	1.384	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	49.805	m
Parámetro A	A	143.594	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	3.446	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	1.148	grados
Disloque	$\Delta R$	0.250	m
Abscisa del EC	X	49.787	m
Ordenada del EC	Y	0.998	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	24.904	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	414.250	m
Tangente principal	$T_e$	49.852	m
Tangente corta	$T_C$	16.605	m
Tangente larga	$T_L$	33.212	m
Longitud de la cuerda	CL	49.797	m
Ordenada externa	$E_e$	1.001	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.250	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	0.001	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	0.007	m
Longitud total de la curva	$L_t$	99.617	m
Peralte	i	0.080	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobreechancho	S	0.077	m
Longitud de espiral	$L_e$	49.805	m
Longitud de aplanamiento	N	12.451	m
Longitud de transición	$L_t$	62.256	m

<b>VIA DE SEGUNDO ORDEN</b>			
<b>TERRENO: MONTAÑOSO</b>			
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO V= 40 KPH</b>			
<b>CALCULO DE LOS ELEMENTOS 9</b>			
<b>ELEMENTO DE LA CURVA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Tipo de curva		ECE s	
Velocidad específica	$V_e$	40.000	kph
Radio de curvatura	R	60.000	m
Angulo central de curvatura	$\Delta$	27.704	grados
Grado de curvatura	$G_{10}$	9.549	grados
Longitud de la espiral	$L_e$	29.011	m
Parámetro A	A	41.721	
Angulo de deflexión	$\theta_d$	13.852	grados
Deflexión total de la espiral	$\phi$	4.615	grados
Disloque	$\Delta R$	0.583	m
Abscisa del EC	X	28.842	m
Ordenada del EC	Y	2.328	m
Abscisa de PC desplazado	$X_0$	14.477	m
Desplazamiento del PC (ordenada)	$Y_0$	60.583	m
Tangente principal	$T_e$	29.416	m
Tangente corta	$T_C$	9.724	m
Tangente larga	$T_L$	19.401	m
Longitud de la cuerda	CL	28.936	m
Ordenada externa	$E_e$	2.398	m
Desplazamiento del arco circular	t	0.602	m
Angulo de la curva circular	$\Delta_c$	-	grados
Longitud de la curva circular	$L_c$	-	m
Longitud total de la curva	$L_t$	58.022	m
Peralte	i	0.020	%
Factor de fricción	f	0.230	para $V_e=40$ kph
Calzada	C	6.000	m
Sobrancho	S	0.533	m
Longitud de espiral	$L_e$	29.011	m
Longitud de aplanamiento	N	29.011	m
Longitud de transición	$L_t$	58.022	m

## **ANEXO C. REPORTE DISEÑO VERTICAL**

CURVA	TIPO	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	A	K	L <sub>MIN</sub>		L <sub>MIN</sub>	L <sub>MA X</sub>	L	CHEQUEO	K	X	Y	E
						SEGURIDAD	OPERACIÓN								
1	Convexa	-1.020	-3.970	2.950	3.799	11.208	24.000	50.000	147.500	60.000	OK	20.339	- 20.746	NO	0.221
2	Convexa	-3.970	-9.540	5.570	3.799	21.163	24.000	50.000	278.500	80.000	OK	14.363	- 57.020	NO	0.557
3	Concava	-9.540	7.260	16.800	8.475	142.373	24.000	142.373	840.000	160.000	OK	9.524	90.857	- 4.334	3.360
4	Convexa	7.260	3.460	3.800	3.799	14.438	24.000	50.000	190.000	60.000	OK	15.789	114.632	NO	0.285
5	Convexa	3.460	-5.500	8.960	3.799	34.043	24.000	50.000	448.000	110.000	OK	12.277	42.478	0.735	1.232
6	Concava	-5.500	3.950	9.450	8.475	80.085	24.000	80.085	472.500	110.000	OK	11.640	64.021	- 1.761	1.299
7	Convexa	3.950	-4.890	8.840	3.799	33.587	24.000	50.000	442.000	100.000	OK	11.312	44.683	0.882	1.105
8	Convexa	-4.890	-8.070	3.180	3.799	12.082	24.000	50.000	159.000	60.000	OK	18.868	- 92.264	NO	0.239
9	Concava	-8.070	6.720	14.790	8.475	125.339	24.000	125.339	739.500	140.000	OK	9.466	76.389	- 3.082	2.588
10	Convexa	6.720	-2.870	9.590	3.799	36.436	24.000	50.000	479.500	90.000	OK	9.385	63.066	2.119	1.079
11	Concava	-2.870	-0.500	2.370	8.475	20.085	24.000	50.000	118.500	80.000	OK	33.755	96.878	NO	0.237

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVATURA - DISEÑO EN PERFIL							
SANTIAGO - SAN ANDRES K0+000.00 - K1+560.04							
No. PIV	ABSCISA PIV	COTA PIV	TIPO DE CURVA	PENDIENTE (%)	L.C.V (m.)	Kd	EVAL.
EOP	0	2202.64					
				-1.02			
1	80	2201.82	CONVEXA		60.00	20.40	Cumple
				-3.97			
2	170	2198.25	CONVEXA		80.00	14.35	Cumple
				-9.54			
3	345	2181.55	CONCAVA		160.00	9.52	Cumple
				7.26			
4	460	2189.9	CONVEXA		60.00	15.80	Cumple
				3.46			
5	665	2197	CONVEXA		110.00	12.27	Cumple
				-5.50			
6	780	2190.67	CONCAVA		110.00	11.63	Cumple
				3.95			
7	900	2195.41	CONVEXA		100.00	11.31	Cumple
				-4.89			
8	1050	2188.07	CONVEXA		60.00	18.89	Cumple
				-8.07			
9	1150	2180	CONCAVA		140.00	9.47	Cumple
				6.72			
10	1275	2188.4	CONVEXA		90.00	9.39	Cumple
				-2.87			
11	1450	2183.38	CONCAVA		80.00	33.78	Cumple
				-0.50			
EOP	1560	2182.83					

CARTERA DE RASANTE (DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL)														
SANTIAGO - SAN ANDRES - K0+000.00 - K1+560.04														
PTO.	ABSCISA	COORDENADAS		COTAS TERRENO			ANCHO	PERALTE		ANCHO	COTA TANG.VERT.	COTAS RASANTE		
		NORTE	ESTE	IZQUIERDO	EJE	DERECHO		PI	PD			IZQUIERDO	EJE	DERECHO
BOP	K0+000.00	616785.517	1009329.349	2202.31	2202.31	2191.31	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2202.64	2202.57	2202.64	2202.57
	K0+010.00	616789.360	1009320.117	2202.17	2202.19	2202.15	3.50	-1.67	-2.00	3.50	2202.54	2202.48	2202.54	2202.47
	K0+020.00	616793.203	1009310.885	2201.98	2202.10	2202.02	3.50	-1.34	-2.00	3.50	2202.44	2202.39	2202.43	2202.36
	K0+030.00	616797.046	1009301.653	2201.94	2202.00	2201.92	3.50	-1.01	-2.00	3.50	2202.33	2202.30	2202.33	2202.26
	K0+040.00	616800.889	1009292.421	2201.73	2201.89	2201.80	3.50	-0.68	-2.00	3.50	2202.23	2202.20	2202.23	2202.16
	K0+050.00	616804.732	1009283.188	2201.85	2201.89	2201.75	3.50	-0.35	-2.00	3.50	2202.13	2202.11	2202.13	2202.06
TE	K0+057.21	616807.501	1009276.536	2201.66	2201.87	2201.71	3.50	-0.11	-2.00	3.50	2202.05	2202.03	2202.04	2201.97
	K0+060.00	616808.575	1009273.956	2201.55	2201.85	2201.70	3.50	-0.02	-2.00	3.50	2202.03	2202.00	2202.00	2201.93
	K0+070.00	616812.448	1009264.737	2201.30	2201.70	2201.59	3.50	0.31	-2.00	3.50	2201.92	2201.83	2201.82	2201.75
	K0+080.00	616816.434	1009255.566	2201.21	2201.48	2201.34	3.50	0.64	-2.00	3.50	2201.82	2201.62	2201.60	2201.53
	K0+090.00	616820.617	1009246.483	2200.81	2201.14	2200.99	3.50	0.97	-2.00	3.50	2201.42	2201.36	2201.32	2201.25
	K0+100.00	616825.083	1009237.536	2200.77	2200.77	2200.63	3.50	1.30	-2.00	3.50	2201.03	2201.04	2201.00	2200.93
	K0+110.00	616829.910	1009228.779	2200.37	2200.30	2200.20	3.50	1.63	-2.00	3.50	2200.63	2200.68	2200.63	2200.56
	K0+120.00	616835.171	1009220.277	2199.98	2199.85	2199.78	3.50	1.96	-2.00	3.50	2200.23	2200.30	2200.23	2200.16
EE	K0+127.12	616839.216	1009214.421	2199.67	2199.58	2199.43	3.50	2.19	-2.19	3.50	2199.95	2200.02	2199.95	2199.87
	K0+130.00	616840.930	1009212.104	2199.61	2199.47	2199.28	3.50	2.10	-2.10	3.50	2199.84	2199.91	2199.83	2199.76
	K0+140.00	616847.191	1009204.308	2199.25	2199.14	2198.87	3.50	1.86	-1.86	3.50	2199.44	2199.47	2199.40	2199.34
	K0+150.00	616853.867	1009196.864	2198.94	2198.78	2198.46	3.50	1.65	-1.65	3.50	2199.04	2198.96	2198.90	2198.84
	K0+160.00	616860.870	1009189.727	2198.75	2198.30	2198.00	3.50	1.44	-1.44	3.50	2198.65	2198.38	2198.33	2198.28
	K0+170.00	616868.121	1009182.841	2198.10	2197.64	2197.37	3.50	1.24	-1.24	3.50	2198.25	2197.73	2197.69	2197.65
	K0+180.00	616875.547	1009176.144	2197.11	2196.88	2196.62	3.50	1.03	-1.03	3.50	2197.30	2197.02	2196.98	2196.94
	K0+190.00	616883.081	1009169.568	2196.33	2196.05	2195.81	3.50	0.83	-0.83	3.50	2196.34	2196.23	2196.20	2196.17
ET	K0+197.03	616888.406	1009164.981	2195.58	2195.40	2195.14	3.50	0.68	-0.68	3.50	2195.67	2195.63	2195.61	2195.59
	K0+200.00	616890.659	1009163.044	2195.23	2195.13	2194.84	3.50	0.62	-0.62	3.50	2195.39	2195.37	2195.35	2195.33
	K0+210.00	616898.241	1009156.523	2194.08	2194.16	2193.85	3.50	0.41	-0.41	3.50	2194.43	2194.45	2194.43	2194.42
	K0+220.00	616905.823	1009150.003	2193.16	2193.15	2192.84	3.50	0.21	-0.21	3.50	2193.48	2193.48	2193.48	2193.47
	K0+230.00	616913.405	1009143.482	2192.15	2192.12	2191.85	3.50	0.00	0.00	3.50	2192.52	2192.52	2192.52	2192.52
	K0+240.00	616920.987	1009136.962	2191.04	2190.99	2190.93	3.50	-0.24	0.24	3.50	2191.57	2191.56	2191.57	2191.58
	K0+250.00	616928.568	1009130.441	2190.03	2190.01	2191.24	3.50	-0.49	0.49	3.50	2190.62	2190.60	2190.62	2190.63
	K0+260.00	616936.150	1009123.921	2188.91	2188.93	2188.78	3.50	-0.73	0.73	3.50	2189.66	2189.64	2189.66	2189.69
TE	K0+262.09	616937.734	1009122.559	2188.70	2188.73	2188.56	3.50	-0.78	0.78	3.50	2189.46	2189.43	2189.46	2189.49
	K0+270.00	616943.729	1009117.398	2187.90	2187.97	2187.86	3.50	-0.97	0.97	3.50	2188.71	2188.69	2188.72	2188.75
	K0+280.00	616951.284	1009110.846	2187.11	2187.15	2186.99	3.50	-1.21	1.21	3.50	2187.75	2187.83	2187.87	2187.91
	K0+290.00	616958.783	1009104.230	2186.25	2186.28	2186.28	3.50	-1.46	1.46	3.50	2186.80	2187.08	2187.13	2187.18
	K0+300.00	616966.194	1009097.516	2185.54	2185.46	2185.47	3.50	-1.70	1.70	3.50	2185.84	2186.43	2186.49	2186.55
	K0+310.00	616973.483	1009090.671	2184.79	2184.68	2184.59	3.50	-1.94	1.94	3.50	2184.89	2185.89	2185.95	2186.02
EE	K0+312.42	616975.225	1009088.991	2184.59	2184.49	2184.38	3.50	-2.00	2.00	3.50	2184.66	2185.77	2185.84	2185.91
	K0+320.00	616980.620	1009083.666	2183.97	2183.89	2183.86	3.50	-1.70	1.70	3.50	2183.94	2185.47	2185.53	2185.58
	K0+330.00	616987.614	1009076.519	2183.16	2183.24	2182.64	3.50	-1.30	1.30	3.50	2182.98	2185.16	2185.20	2185.25
	K0+340.00	616994.497	1009069.265	2182.76	2182.96	2182.60	3.50	-0.90	0.90	3.50	2182.03	2184.95	2184.98	2185.01
	K0+350.00	617001.301	1009061.936	2182.43	2182.85	2182.64	3.50	-0.51	0.51	3.50	2181.91	2184.85	2184.87	2184.89
	K0+360.00	617008.061	1009054.567	2182.72	2182.88	2182.75	3.50	-0.11	0.11	3.50	2182.64	2184.86	2184.86	2184.86
ETE	K0+362.75	617009.918	1009052.537	2182.67	2182.95	2182.80	3.50	0.00	0.00	3.50	2182.84	2184.88	2184.88	2184.88

	KO+370.00	617014.820	1009047.198	2182.93	2183.15	2183.05	3.50	0.59	-0.59	3.50	2183.37	2184.98	2184.96	2184.94
	KO+380.00	617021.711	1009039.952	2183.74	2183.63	2183.54	3.50	1.40	-1.40	3.50	2184.09	2185.21	2185.16	2185.11
	KO+390.00	617028.905	1009033.007	2184.40	2184.40	2184.25	3.50	2.22	-2.22	3.50	2184.82	2185.54	2185.46	2185.39
EC	KO+391.99	617030.385	1009031.680	2184.49	2184.55	2184.43	3.50	2.38	-2.38	3.50	2184.96	2185.62	2185.54	2185.45
	KO+400.00	617036.537	1009026.549	2185.10	2185.21	2185.17	3.50	2.38	-2.38	3.50	2185.54	2185.96	2185.87	2185.79
	KO+410.00	617044.616	1009020.659	2186.40	2185.98	2185.85	3.50	2.38	-2.38	3.50	2186.27	2186.47	2186.39	2186.31
	KO+420.00	617053.100	1009015.370	2186.68	2186.78	2186.71	3.50	2.38	-2.38	3.50	2187.00	2187.09	2187.01	2186.93
	KO+430.00	617061.945	1009010.709	2187.22	2187.57	2187.57	3.50	2.38	-2.38	3.50	2187.72	2187.81	2187.73	2187.64
	KO+440.00	617071.104	1009006.701	2187.99	2188.19	2188.30	3.50	2.38	-2.38	3.50	2188.45	2188.50	2188.42	2188.34
CE	KO+442.41	617073.353	1009005.835	2188.17	2188.36	2188.46	3.50	2.38	-2.38	3.50	2188.62	2188.66	2188.58	2188.49
	KO+450.00	617080.523	1009003.349	2188.60	2188.77	2188.87	3.50	1.76	-2.00	3.50	2189.17	2189.11	2189.05	2188.98
	KO+460.00	617090.110	1009000.506	2189.08	2189.33	2189.30	3.50	0.95	-2.00	3.50	2189.90	2189.65	2189.62	2189.55
	KO+470.00	617099.775	1008997.941	2189.39	2189.63	2189.38	3.50	0.13	-2.00	3.50	2190.25	2190.13	2190.12	2190.05
ET	KO+471.64	617101.365	1008997.530	2189.50	2189.69	2189.25	3.50	0.00	-2.00	3.50	2190.30	2190.20	2190.20	2190.13
	KO+480.00	617109.457	1008995.439	2190.53	2189.89	2189.61	3.50	-0.68	-2.00	3.50	2190.59	2190.54	2190.56	2190.49
	KO+490.00	617119.139	1008992.936	2190.36	2190.44	2190.12	3.50	-1.49	-2.00	3.50	2190.94	2190.89	2190.94	2190.87
	KO+500.00	617128.821	1008990.434	2190.74	2190.91	2190.82	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2191.29	2191.22	2191.29	2191.22
	KO+510.00	617138.503	1008987.932	2191.17	2191.38	2191.19	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2191.63	2191.56	2191.63	2191.56
	KO+520.00	617148.185	1008985.429	2191.63	2191.81	2191.61	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2191.98	2191.91	2191.98	2191.91
	KO+530.00	617157.867	1008982.927	2192.03	2192.18	2191.84	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2192.32	2192.26	2192.33	2192.26
	KO+540.00	617167.548	1008980.425	2192.32	2192.47	2192.19	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2192.67	2192.60	2192.67	2192.60
	KO+550.00	617177.230	1008977.923	2192.57	2192.73	2192.61	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2193.02	2192.95	2193.02	2192.95
	KO+560.00	617186.912	1008975.420	2192.90	2193.01	2192.85	3.50	-2.00	-1.68	3.50	2193.36	2193.30	2193.37	2193.31
	KO+570.00	617196.594	1008972.918	2193.04	2193.28	2192.93	3.50	-2.00	-1.15	3.50	2193.71	2193.64	2193.71	2193.67
	KO+580.00	617206.276	1008970.416	2193.23	2193.47	2193.17	3.50	-2.00	-0.61	3.50	2194.06	2193.99	2194.06	2194.04
	KO+590.00	617215.958	1008967.914	2193.68	2193.79	2193.58	3.50	-2.00	-0.07	3.50	2194.40	2194.33	2194.40	2194.40
TE	KO+594.38	617220.198	1008966.818	2193.87	2194.02	2193.72	3.50	-2.00	0.16	3.50	2194.55	2194.49	2194.56	2194.56
	KO+600.00	617225.638	1008965.407	2194.18	2194.33	2193.96	3.50	-2.00	0.46	3.50	2194.75	2194.68	2194.75	2194.77
	KO+610.00	617235.297	1008962.816	2194.70	2194.85	2194.55	3.50	-2.00	1.00	3.50	2195.10	2195.03	2195.10	2195.13
	KO+620.00	617244.891	1008959.998	2194.99	2195.21	2194.84	3.50	-2.00	1.54	3.50	2195.44	2195.33	2195.40	2195.45
EE	KO+628.62	617253.074	1008957.276	2195.32	2195.42	2195.11	3.50	-2.00	2.00	3.50	2195.74	2195.53	2195.60	2195.67
	KO+630.00	617254.369	1008956.810	2195.38	2195.46	2195.15	3.50	-1.96	1.96	3.50	2195.79	2195.56	2195.63	2195.69
	KO+640.00	617263.688	1008953.185	2195.47	2195.50	2195.20	3.50	-1.63	1.63	3.50	2196.13	2195.71	2195.77	2195.83
	KO+650.00	617272.876	1008949.240	2195.55	2195.64	2195.36	3.50	-1.30	1.30	3.50	2196.48	2195.78	2195.83	2195.87
	KO+660.00	617281.986	1008945.117	2195.66	2195.93	2195.65	3.50	-0.98	0.98	3.50	2196.83	2195.77	2195.81	2195.84
ET	KO+662.87	617284.593	1008943.921	2195.71	2195.98	2195.70	3.50	-0.88	0.88	3.50	2196.93	2195.76	2195.79	2195.82
	KO+670.00	617291.075	1008940.945	2195.99	2196.10	2195.88	3.50	-0.65	0.65	3.50	2196.73	2195.68	2195.71	2195.73
	KO+680.00	617300.163	1008936.773	2197.33	2195.96	2195.82	3.50	-0.33	0.33	3.50	2196.17	2195.51	2195.52	2195.53
	KO+690.00	617309.251	1008932.602	2195.57	2195.63	2195.45	3.50	0.00	0.00	3.50	2195.62	2195.26	2195.26	2195.26
	KO+700.00	617318.339	1008928.430	2194.86	2195.08	2194.92	3.50	0.28	-0.28	3.50	2195.07	2194.92	2194.91	2194.90
	KO+710.00	617327.428	1008924.258	2194.26	2194.45	2194.14	3.50	0.56	-0.56	3.50	2194.52	2194.50	2194.48	2194.46
	KO+720.00	617336.516	1008920.086	2193.63	2193.73	2193.49	3.50	0.84	-0.84	3.50	2193.97	2194.00	2193.97	2193.94
TE	KO+725.92	617341.899	1008917.615	2193.14	2193.19	2192.91	3.50	1.00	-1.00	3.50	2193.65	2193.68	2193.65	2193.61
	KO+730.00	617345.605	1008915.916	2193.04	2192.84	2192.57	3.50	1.11	-1.11	3.50	2193.42	2193.47	2193.43	2193.39
	KO+740.00	617354.717	1008911.797	2192.05	2192.03	2191.67	3.50	1.39	-1.39	3.50	2192.87	2193.02	2192.97	2192.92
	KO+750.00	617363.904	1008907.847	2191.30	2191.43	2190.53	3.50	1.67	-1.67	3.50	2192.32	2192.65	2192.59	2192.53
	KO+760.00	617373.209	1008904.186	2190.88	2191.10	2190.50	3.50	1.95	-1.95	3.50	2191.77	2192.37	2192.30	2192.23
EC	KO+761.78	617374.882	1008903.574	2190.88	2191.07	2190.45	3.50	2.00	-2.00	3.50	2191.67	2192.32	2192.25	2192.18
	KO+770.00	617382.663	1008900.931	2190.52	2190.90	2190.29	3.50	2.00	-2.00	3.50	2191.22	2192.16	2192.09	2192.02
CE	KO+775.12	617387.555	1008899.437	2190.60	2190.81	2188.82	3.50	2.00	-2.00	3.50	2190.94	2192.09	2192.02	2191.95

	K0+780.00	617392.258	1008898.117	2190.67	2190.77	2190.02	3.50	1.73	-1.73	3.50	2190.67	2192.03	2191.97	2191.91
	K0+790.00	617401.959	1008895.689	2190.70	2190.79	2190.65	3.50	1.17	-1.17	3.50	2191.07	2191.98	2191.94	2191.89
	K0+800.00	617411.722	1008893.527	2190.78	2191.00	2190.78	3.50	0.61	-0.61	3.50	2191.46	2192.01	2191.99	2191.96
	K0+810.00	617421.515	1008891.504	2191.08	2191.32	2191.20	3.50	0.05	-0.05	3.50	2191.86	2192.13	2192.12	2192.12
ETE	K0+810.97	617422.466	1008891.311	2191.29	2191.37	2191.27	3.50	0.00	0.00	3.50	2191.89	2192.14	2192.14	2192.14
	K0+820.00	617431.312	1008889.498	2191.73	2191.79	2191.75	3.50	-0.33	0.33	3.50	2192.25	2192.34	2192.35	2192.36
	K0+830.00	617441.089	1008887.401	2192.06	2192.24	2192.02	3.50	-0.69	0.69	3.50	2192.65	2192.63	2192.66	2192.68
	K0+840.00	617450.825	1008885.117	2192.45	2192.58	2192.38	3.50	-1.06	1.06	3.50	2193.04	2193.00	2193.04	2193.08
	K0+850.00	617460.489	1008882.548	2192.74	2192.87	2192.75	3.50	-1.42	1.42	3.50	2193.44	2193.39	2193.44	2193.48
	K0+860.00	617470.043	1008879.599	2193.04	2193.23	2193.20	3.50	-1.79	1.79	3.50	2193.83	2193.72	2193.79	2193.85
EC	K0+865.84	617475.554	1008877.665	2193.30	2193.51	2193.46	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.06	2193.88	2193.95	2194.02
	K0+870.00	617479.439	1008876.181	2193.61	2193.74	2193.68	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.23	2193.98	2194.05	2194.12
	K0+880.00	617488.633	1008872.249	2194.22	2194.26	2194.08	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.62	2194.15	2194.22	2194.29
	K0+890.00	617497.594	1008867.813	2194.97	2194.70	2194.41	3.50	-2.00	2.00	3.50	2195.02	2194.24	2194.31	2194.38
	K0+900.00	617506.294	1008862.887	2195.15	2195.06	2194.85	3.50	-2.00	2.00	3.50	2195.41	2194.24	2194.31	2194.38
	K0+910.00	617514.708	1008857.485	2195.04	2194.99	2194.83	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.92	2194.14	2194.21	2194.28
	K0+920.00	617522.809	1008851.624	2194.84	2194.58	2194.81	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.43	2193.96	2194.03	2194.10
CE	K0+928.80	617529.662	1008846.098	2194.09	2194.15	2194.32	3.50	-2.00	2.00	3.50	2194.00	2193.73	2193.80	2193.87
	K0+930.00	617530.572	1008845.322	2194.01	2194.07	2194.25	3.50	-1.93	1.93	3.50	2193.94	2193.70	2193.77	2193.83
	K0+940.00	617537.999	1008838.627	2193.37	2193.42	2193.20	3.50	-1.33	1.33	3.50	2193.45	2193.36	2193.41	2193.45
	K0+950.00	617545.174	1008831.662	2192.57	2192.67	2192.48	3.50	-0.73	0.73	3.50	2192.96	2192.94	2192.96	2192.99
	K0+960.00	617552.205	1008824.552	2191.91	2191.96	2191.78	3.50	-0.14	0.14	3.50	2192.47	2192.47	2192.47	2192.48
ETE	K0+962.31	617553.823	1008822.899	2191.71	2191.80	2191.57	3.50	0.00	0.00	3.50	2192.36	2192.36	2192.36	2192.36
	K0+970.00	617559.214	1008817.419	2191.14	2191.36	2191.23	3.50	0.62	-0.62	3.50	2191.99	2192.01	2191.99	2191.96
	K0+980.00	617566.356	1008810.420	2190.69	2190.89	2190.81	3.50	1.43	-1.43	3.50	2191.50	2191.55	2191.50	2191.44
	K0+990.00	617573.796	1008803.740	2190.39	2190.58	2190.41	3.50	2.24	-2.24	3.50	2191.01	2191.08	2191.01	2190.93
EE	K0+991.28	617574.777	1008802.919	2190.36	2190.54	2190.37	3.50	2.34	-2.34	3.50	2190.94	2191.02	2190.94	2190.86
	K1+000.00	617581.641	1008797.541	2189.97	2190.20	2190.08	3.50	1.86	-1.86	3.50	2190.52	2190.58	2190.52	2190.45
	K1+010.00	617589.785	1008791.740	2189.54	2189.75	2189.66	3.50	1.56	-1.56	3.50	2190.03	2190.08	2190.03	2189.97
	K1+020.00	617598.075	1008786.146	2189.07	2189.22	2189.07	3.50	1.25	-1.25	3.50	2189.54	2189.58	2189.54	2189.49
ET	K1+020.24	617598.278	1008786.011	2189.05	2189.20	2189.06	3.50	1.24	-1.24	3.50	2189.53	2189.57	2189.53	2189.48
	K1+030.00	617606.388	1008780.589	2188.82	2188.64	2188.50	3.50	0.94	-0.94	3.50	2189.05	2189.05	2189.02	2188.99
	K1+040.00	617614.702	1008775.032	2188.18	2188.13	2187.96	3.50	0.63	-0.63	3.50	2188.56	2188.48	2188.45	2188.43
	K1+050.00	617623.016	1008769.475	2187.80	2187.85	2187.61	3.50	0.33	-0.33	3.50	2188.07	2187.84	2187.83	2187.82
	K1+060.00	617631.330	1008763.918	2187.80	2187.50	2187.42	3.50	0.02	-0.02	3.50	2187.26	2187.16	2187.16	2187.16
	K1+070.00	617639.644	1008758.361	2186.92	2186.90	2186.74	3.50	-0.29	0.29	3.50	2186.46	2186.42	2186.43	2186.44
TE	K1+076.05	617644.674	1008754.999	2186.37	2186.48	2186.76	3.50	-0.47	0.47	3.50	2185.97	2185.95	2185.96	2185.98
	K1+080.00	617647.957	1008752.804	2186.03	2186.14	2186.49	3.50	-0.59	0.59	3.50	2185.65	2185.63	2185.65	2185.67
	K1+090.00	617656.259	1008747.229	2185.07	2185.00	2184.63	3.50	-0.90	0.90	3.50	2184.84	2184.86	2184.90	2184.93
	K1+100.00	617664.523	1008741.598	2183.71	2183.77	2183.39	3.50	-1.21	1.21	3.50	2184.04	2184.20	2184.25	2184.29
	K1+110.00	617672.721	1008735.872	2182.65	2182.70	2182.51	3.50	-1.51	1.51	3.50	2183.23	2183.65	2183.70	2183.76
	K1+120.00	617680.824	1008730.011	2181.97	2181.93	2181.55	3.50	-1.82	1.82	3.50	2182.42	2183.20	2183.27	2183.33
EE	K1+125.86	617685.511	1008726.503	2181.59	2181.67	2181.43	3.50	-2.00	2.00	3.50	2181.95	2182.99	2183.06	2183.13
	K1+130.00	617688.800	1008723.980	2181.49	2181.53	2181.23	3.50	-2.00	1.85	3.50	2181.61	2182.87	2182.94	2183.00
	K1+140.00	617696.643	1008717.777	2181.36	2181.26	2180.74	3.50	-2.00	1.50	3.50	2180.81	2182.64	2182.71	2182.76
	K1+150.00	617704.378	1008711.438	2181.28	2181.25	2180.91	3.50	-2.00	1.15	3.50	2180.00	2182.52	2182.59	2182.63
	K1+160.00	617712.033	1008705.004	2181.49	2181.39	2181.16	3.50	-2.00	0.80	3.50	2180.67	2182.50	2182.57	2182.60
	K1+170.00	617719.639	1008698.512	2181.61	2181.61	2181.05	3.50	-2.00	0.45	3.50	2181.34	2182.60	2182.67	2182.68
ET	K1+175.66	617723.934	1008694.825	2181.70	2181.79	2181.32	3.50	-2.00	0.25	3.50	2181.72	2182.69	2182.76	2182.77
	K1+180.00	617727.226	1008691.999	2181.82	2181.96	2181.57	3.50	-2.00	0.10	3.50	2182.02	2182.79	2182.86	2182.86

	K1+190.00	617734.813	1008685.484	2182.24	2182.43	2182.06	3.50	-2.00	-0.25	3.50	2182.69	2183.09	2183.16	2183.15
	K1+200.00	617742.400	1008678.969	2182.85	2182.94	2182.66	3.50	-2.00	-0.60	3.50	2183.36	2183.50	2183.57	2183.55
	K1+210.00	617749.987	1008672.455	2183.23	2183.49	2183.29	3.50	-2.00	-0.95	3.50	2184.03	2184.02	2184.09	2184.05
	K1+220.00	617757.574	1008665.940	2184.07	2184.20	2184.11	3.50	-2.00	-1.30	3.50	2184.70	2184.63	2184.70	2184.66
	K1+230.00	617765.161	1008659.425	2185.21	2185.27	2185.23	3.50	-2.00	-1.65	3.50	2185.38	2185.31	2185.38	2185.32
	K1+240.00	617772.747	1008652.911	2186.53	2186.55	2186.36	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2186.05	2185.93	2186.00	2185.93
	K1+250.00	617780.334	1008646.396	2187.97	2187.67	2187.49	3.50	-1.46	-2.00	3.50	2186.72	2186.46	2186.51	2186.44
	K1+260.00	617787.921	1008639.882	2188.30	2188.49	2188.22	3.50	-0.92	-2.00	3.50	2187.39	2186.88	2186.91	2186.84
	K1+270.00	617795.508	1008633.367	2188.47	2188.69	2188.19	3.50	-0.37	-2.00	3.50	2188.06	2187.20	2187.21	2187.14
	K1+280.00	617803.095	1008626.852	2188.26	2188.50	2187.92	3.50	0.17	-2.00	3.50	2188.26	2187.41	2187.40	2187.33
	K1+290.00	617810.682	1008620.338	2188.26	2188.19	2187.85	3.50	0.71	-2.00	3.50	2187.97	2187.51	2187.49	2187.42
	K1+300.00	617818.268	1008613.823	2187.64	2187.74	2187.40	3.50	1.25	-2.00	3.50	2187.68	2187.51	2187.47	2187.40
TE	K1+303.16	617820.662	1008611.768	2187.75	2187.57	2187.24	3.50	1.42	-2.00	3.50	2187.58	2187.49	2187.44	2187.37
	K1+310.00	617825.875	1008607.332	2187.18	2187.18	2186.92	3.50	1.80	-2.00	3.50	2187.39	2187.41	2187.34	2187.27
	K1+320.00	617833.732	1008601.148	2186.59	2186.56	2186.44	3.50	3.17	-3.17	3.50	2187.10	2187.22	2187.11	2187.00
	K1+330.00	617842.145	1008595.755	2186.00	2186.04	2185.85	3.50	5.06	-5.06	3.50	2186.81	2187.00	2186.82	2186.64
EE	K1+332.17	617844.061	1008594.745	2186.00	2185.99	2185.80	3.50	5.47	-5.47	3.50	2186.74	2186.95	2186.76	2186.57
	K1+340.00	617851.247	1008591.636	2185.81	2185.73	2185.49	3.50	3.99	-3.99	3.50	2186.52	2186.67	2186.54	2186.40
	K1+350.00	617860.786	1008588.647	2185.24	2185.33	2184.98	3.50	2.11	-2.11	3.50	2186.23	2186.32	2186.25	2186.18
	K1+360.00	617870.500	1008586.277	2185.03	2185.15	2184.86	3.50	0.22	-2.00	3.50	2185.94	2185.97	2185.96	2185.89
ET	K1+361.18	617871.648	1008586.013	2184.99	2185.13	2184.85	3.50	0.00	-2.00	3.50	2185.90	2185.93	2185.93	2185.86
	K1+370.00	617880.246	1008584.036	2184.67	2184.97	2183.98	3.50	-1.66	-2.00	3.50	2185.65	2185.62	2185.68	2185.61
	K1+380.00	617889.992	1008581.796	2184.37	2184.84	2183.67	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2185.36	2185.32	2185.39	2185.32
	K1+390.00	617899.737	1008579.555	2184.59	2184.80	2184.05	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2185.07	2185.03	2185.10	2185.03
	K1+400.00	617909.483	1008577.314	2184.59	2184.78	2184.32	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2184.78	2184.74	2184.81	2184.74
	K1+410.00	617919.229	1008575.074	2184.76	2184.88	2184.17	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2184.49	2184.46	2184.53	2184.46
	K1+420.00	617928.975	1008572.833	2184.89	2185.06	2184.75	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2184.20	2184.19	2184.26	2184.19
	K1+430.00	617938.720	1008570.592	2185.26	2185.23	2184.86	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2183.91	2183.94	2184.01	2183.94
	K1+440.00	617948.466	1008568.352	2185.16	2185.36	2184.97	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2183.62	2183.73	2183.80	2183.73
	K1+450.00	617958.212	1008566.111	2185.01	2185.17	2184.79	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2183.33	2183.55	2183.62	2183.55
	K1+460.00	617967.958	1008563.870	2184.81	2184.93	2185.11	3.50	-3.03	0.06	3.50	2183.29	2183.36	2183.46	2183.47
	K1+470.00	617977.703	1008561.630	2184.49	2184.62	2184.90	3.50	-4.47	2.94	3.50	2183.24	2183.18	2183.34	2183.44
PC	K1+471.37	617979.036	1008561.323	2184.43	2184.56	2184.84	3.50	-4.67	3.33	3.50	2183.23	2183.16	2183.33	2183.44
	K1+480.00	617987.166	1008558.473	2184.03	2184.20	2184.22	3.50	-5.91	5.82	3.50	2183.19	2183.04	2183.25	2183.45
	K1+490.00	617995.521	1008553.030	2183.62	2183.57	2183.56	3.50	-5.98	5.97	3.50	2183.15	2182.97	2183.18	2183.39
PT	K1+499.13	618001.710	1008546.343	2180.66	2182.96	2182.95	3.50	-4.67	3.33	3.50	2183.11	2182.97	2183.13	2183.25
	K1+500.00	618002.221	1008545.642	2179.14	2179.04	2178.88	3.50	-4.54	3.08	3.50	2183.10	2182.97	2183.13	2183.24
	K1+510.00	618008.105	1008537.556	2178.25	2178.15	2178.00	3.50	-3.10	0.20	3.50	2183.06	2182.97	2183.08	2183.09
	K1+520.00	618013.990	1008529.471	2178.42	2178.30	2178.21	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2183.01	2182.96	2183.03	2182.96
	K1+530.00	618019.874	1008521.385	2183.02	2182.96	2183.00	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2182.97	2182.91	2182.98	2182.91
	K1+540.00	618025.758	1008513.300	2183.05	2183.06	2182.95	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2182.92	2182.86	2182.93	2182.86
	K1+550.00	618031.643	1008505.214	2182.97	2182.94	2182.74	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2182.88	2182.81	2182.88	2182.81
	K1+560.00	618037.527	1008497.129	2182.86	2182.88	2182.64	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2182.83	2182.76	2182.83	2182.76
EOP	K1+560.04	618037.552	1008497.094	2182.94	2182.88	2182.64	3.50	-2.00	-2.00	3.50	2182.83	2182.76	2182.83	2182.76

**ANEXO D. VOLUMEN EXPLANACIÓN SANTIAGO-SAN ANDRES**

<b>VOLUMEN EXPLANACION</b>				
<b>SANTIAGO - SAN ANDRES - K0+000.00 - K1+560.04</b>				
<b>ABSCISA</b>	<b>CORTE</b>		<b>RELLENO</b>	
	<b>AREA</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>AREA</b>	<b>VOLUMEN</b>
K0+000.00	0.30	0.00	0.00	0.00
K0+010.00	0.08	1.92	0.39	1.95
K0+020.00	0.08	0.83	0.80	5.96
K0+030.00	0.17	1.28	0.60	6.98
K0+040.00	0.09	1.33	0.94	7.67
K0+050.00	0.55	3.24	0.41	6.76
K0+057.21	0.79	4.86	0.51	3.33
K0+060.00	0.86	2.30	0.61	1.57
K0+070.00	1.03	9.43	0.71	6.61
K0+080.00	1.12	10.73	0.57	6.40
K0+090.00	0.62	8.69	0.96	7.67
K0+100.00	0.48	5.53	0.50	7.31
K0+110.00	0.02	2.51	0.78	6.37
K0+120.00	0.01	0.15	0.95	8.63
K0+127.12	0.06	0.25	1.05	7.10
K0+127.12	0.06	0.00	1.05	0.00
K0+130.00	0.10	0.23	1.02	2.98
K0+140.00	0.35	2.26	0.79	9.05
K0+150.00	1.32	8.34	0.37	5.81
K0+160.00	2.46	18.86	0.23	2.99
K0+170.00	2.41	24.32	0.22	2.23
K0+180.00	1.75	20.82	0.26	2.40
K0+190.00	1.40	15.80	0.31	2.84
K0+197.03	0.78	7.68	0.53	2.94
K0+200.00	0.38	1.72	0.69	1.81
K0+210.00	0.17	2.73	1.22	9.57
K0+220.00	0.09	1.30	1.61	14.15
K0+230.00	0.00	0.46	1.99	17.96
K0+240.00	0.00	0.00	2.84	24.12
K0+250.00	1.82	9.12	1.55	21.94
K0+260.00	0.00	9.12	4.84	31.94
K0+262.09	0.00	0.00	4.97	10.24
K0+270.00	0.00	0.00	4.97	39.33
K0+280.00	0.00	0.00	4.76	48.64
K0+290.00	0.00	0.00	5.73	52.43

K0+300.00	0.00	0.00	7.01	63.72
K0+310.00	0.00	0.00	9.81	84.13
K0+312.42	0.00	0.00	10.77	24.90
K0+312.42	0.00	0.00	10.77	0.01
K0+320.00	0.00	0.00	15.08	97.96
K0+330.00	0.00	0.00	25.59	203.40
K0+340.00	0.00	0.00	25.77	256.89
K0+350.00	0.00	0.00	22.54	241.60
K0+360.00	0.00	0.00	19.57	210.54
K0+362.75	0.00	0.00	19.21	53.35
K0+362.76	0.00	0.00	19.21	0.09
K0+370.00	0.00	0.00	17.05	131.36
K0+380.00	0.00	0.00	12.70	148.81
K0+390.00	0.00	0.00	8.22	104.65
K0+391.99	0.00	0.00	7.48	15.61
K0+400.00	0.00	0.00	4.24	47.07
K0+410.00	0.19	0.99	0.90	25.72
K0+420.00	0.53	3.62	0.66	7.81
K0+430.00	0.96	7.38	1.00	8.47
K0+440.00	0.92	9.26	0.87	9.55
K0+442.41	0.91	2.17	0.77	2.02
K0+450.00	0.65	5.89	0.75	5.78
K0+460.00	0.41	5.27	1.40	10.78
K0+470.00	0.00	2.04	3.71	25.56
K0+471.64	0.00	0.00	5.84	7.83
K0+480.00	0.20	0.85	4.55	43.42
K0+490.00	0.00	1.02	3.95	42.53
K0+500.00	0.00	0.00	1.56	27.55
K0+510.00	0.30	1.49	0.56	10.61
K0+520.00	0.85	5.76	0.52	5.42
K0+530.00	0.99	9.21	0.64	5.80
K0+540.00	0.70	8.44	0.70	6.71
K0+550.00	0.23	4.67	0.70	7.01
K0+560.00	0.04	1.35	1.17	9.38
K0+570.00	0.00	0.18	2.72	19.45
K0+580.00	0.00	0.00	4.04	33.77
K0+590.00	0.00	0.00	3.94	39.88
K0+594.38	0.00	0.00	3.42	16.12
K0+600.00	0.00	0.00	2.43	16.46
K0+610.00	0.39	1.94	1.08	17.58
K0+620.00	0.61	4.99	1.15	11.17

K0+628.62	0.77	5.94	0.93	9.01
K0+628.62	0.77	0.00	0.93	0.00
K0+630.00	0.83	1.10	0.87	1.24
K0+640.00	0.47	6.53	1.35	11.11
K0+650.00	0.71	5.90	0.99	11.71
K0+660.00	2.40	15.55	0.16	5.76
K0+662.87	3.00	7.75	0.06	0.32
K0+670.00	4.98	28.45	0.00	0.23
K0+680.00	8.13	65.54	0.00	0.00
K0+690.00	4.87	65.00	0.00	0.00
K0+700.00	3.01	39.41	0.05	0.25
K0+710.00	1.58	22.94	0.40	2.23
K0+720.00	0.27	9.23	0.83	6.14
K0+725.92	0.00	0.80	2.47	9.77
K0+730.00	0.00	0.00	3.36	11.87
K0+740.00	0.00	0.00	7.84	55.97
K0+750.00	0.00	0.00	13.61	107.17
K0+760.00	0.00	0.00	15.61	145.98
K0+761.78	0.00	0.00	15.14	27.39
K0+770.00	0.00	0.00	15.98	127.53
K0+775.12	0.00	0.00	18.21	87.13
K0+780.00	0.00	0.00	15.80	83.03
K0+790.00	0.00	0.00	9.91	128.52
K0+800.00	0.00	0.00	8.66	92.88
K0+810.00	0.00	0.00	6.14	74.04
K0+810.97	0.00	0.00	5.76	5.78
K0+810.97	0.00	0.00	5.76	0.00
K0+820.00	0.00	0.00	3.33	41.07
K0+830.00	0.00	0.00	2.42	28.79
K0+840.00	0.00	0.00	2.75	25.87
K0+850.00	0.00	0.00	3.50	31.24
K0+860.00	0.00	0.00	3.23	33.64
K0+865.84	0.00	0.00	2.20	15.86
K0+870.00	0.19	0.39	1.01	6.70
K0+880.00	2.21	11.92	0.12	5.68
K0+890.00	5.41	37.93	0.00	0.60
K0+900.00	8.65	70.07	0.00	0.00
K0+910.00	8.77	86.92	0.00	0.00
K0+920.00	7.96	83.56	0.00	0.00
K0+928.80	5.40	58.78	0.00	0.00
K0+930.00	5.05	6.25	0.00	0.00

K0+940.00	1.92	34.87	0.11	0.54
K0+950.00	0.11	10.13	0.95	5.30
K0+960.00	0.00	0.54	2.80	18.79
K0+962.31	0.00	0.00	3.49	7.28
K0+962.31	0.00	0.00	3.49	0.00
K0+970.00	0.00	0.00	4.43	30.41
K0+980.00	0.00	0.00	4.01	42.20
K0+990.00	0.00	0.00	2.29	31.52
K0+991.28	0.00	0.00	2.05	2.78
K0+991.28	0.00	0.00	2.05	0.00
K1+000.00	0.03	0.13	1.27	14.49
K1+010.00	0.14	0.87	0.89	10.80
K1+020.00	0.01	0.78	1.00	9.46
K1+020.24	0.01	0.00	1.02	0.25
K1+030.00	0.08	0.45	1.36	11.60
K1+040.00	0.31	1.94	0.93	11.44
K1+050.00	2.23	12.67	0.18	5.54
K1+060.00	5.12	36.73	0.00	0.90
K1+070.00	5.87	54.95	0.00	0.00
K1+076.05	6.89	38.61	0.00	0.00
K1+080.00	6.77	26.99	0.00	0.00
K1+090.00	2.72	47.46	0.22	1.09
K1+100.00	0.00	13.59	2.70	14.59
K1+110.00	0.00	0.00	7.73	52.15
K1+120.00	0.00	0.00	12.04	98.86
K1+125.86	0.00	0.00	12.19	70.95
K1+125.86	0.00	0.00	12.19	0.01
K1+130.00	0.00	0.00	12.64	51.47
K1+140.00	0.00	0.00	14.34	134.97
K1+150.00	0.00	0.00	11.56	129.54
K1+160.00	0.00	0.00	9.31	104.37
K1+170.00	0.00	0.00	9.30	93.06
K1+175.66	0.00	0.00	8.05	49.10
K1+180.00	0.00	0.00	7.15	32.97
K1+190.00	0.00	0.00	5.75	64.46
K1+200.00	0.00	0.00	4.51	51.29
K1+210.00	0.00	0.00	3.67	40.89
K1+220.00	0.03	0.13	2.08	28.75
K1+230.00	1.63	8.30	0.02	10.53
K1+240.00	7.06	43.47	0.00	0.12
K1+250.00	13.31	101.87	0.00	0.00

K1+260.00	15.62	144.67	0.00	0.00
K1+270.00	13.61	146.13	0.00	0.00
K1+280.00	10.42	120.12	0.00	0.00
K1+290.00	7.99	92.05	0.00	0.00
K1+300.00	3.79	58.91	0.01	0.06
K1+303.16	3.10	10.87	0.07	0.13
K1+310.00	0.91	13.75	0.50	1.96
K1+320.00	0.00	4.56	2.82	16.62
K1+330.00	0.00	0.00	5.51	41.65
K1+332.17	0.00	0.00	5.42	11.84
K1+332.17	0.00	0.00	5.42	0.00
K1+340.00	0.00	0.00	5.60	43.16
K1+350.00	0.00	0.00	9.52	75.39
K1+360.00	0.00	0.00	8.17	88.11
K1+361.18	0.00	0.00	7.88	9.45
K1+370.00	0.00	0.00	8.32	71.47
K1+380.00	0.00	0.00	8.25	82.88
K1+390.00	0.03	0.16	3.02	56.38
K1+400.00	1.55	7.88	0.96	19.93
K1+410.00	4.31	29.29	0.36	6.63
K1+420.00	8.47	63.92	0.00	1.81
K1+430.00	12.56	105.16	0.00	0.00
K1+440.00	15.41	139.86	0.00	0.00
K1+450.00	15.34	153.75	0.00	0.00
K1+460.00	15.69	155.12	0.00	0.00
K1+470.00	13.92	148.03	0.00	0.00
K1+471.37	13.60	18.81	0.00	0.00
K1+480.00	10.25	102.71	0.00	0.00
K1+490.00	5.92	79.99	0.00	0.00
K1+499.13	0.00	26.51	0.00	0.00
K1+500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K1+510.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K1+520.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K1+530.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K1+540.00	3.42	17.09	0.00	0.00
K1+550.00	2.93	31.75	0.05	0.24
K1+560.00	2.83	28.79	0.00	0.24
K1+560.04	0	0.06	0	0
<b>Total</b>		<b>3016.70</b>		<b>5443.08</b>

## **ANEXO E. VOLUMEN ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

<b>VOLUMEN PAVIMENTO - BASE</b>				
<b>SANTIAGO - SAN ANDRES - K0+000.00 - K1+560.04</b>				
<b>ABSCISA</b>	<b>PAVIMENTO</b>		<b>BASE</b>	
	<b>CORTE</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>CORTE</b>	<b>VOLUMEN</b>
K0+000.00	1.26	0.00	1.05	0.00
K0+010.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+020.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+030.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+040.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+050.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+057.21	1.26	9.08	1.05	7.57
K0+060.00	1.26	3.52	1.05	2.93
K0+070.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+080.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+090.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+100.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+110.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+120.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+127.12	1.26	8.97	1.05	7.48
K0+130.00	1.26	3.63	1.05	3.02
K0+140.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+150.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+160.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+170.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+180.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+190.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+197.03	1.26	8.86	1.05	7.38
K0+200.00	1.26	3.74	1.05	3.12
K0+210.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+220.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+230.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+240.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+250.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+260.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+262.09	1.26	2.63	1.05	2.19
K0+270.00	1.26	9.97	1.05	8.31
K0+280.00	1.26	12.60	1.05	10.50

K0+290.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+300.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+310.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+312.42	1.26	3.05	1.05	2.54
K0+320.00	1.26	9.55	1.05	7.96
K0+330.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+340.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+350.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+360.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+362.75	1.26	3.47	1.05	2.89
K0+370.00	1.26	9.14	1.05	7.61
K0+380.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+390.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+391.99	1.26	2.51	1.05	2.09
K0+400.00	1.26	10.09	1.05	8.41
K0+410.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+420.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+430.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+440.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+442.41	1.26	3.04	1.05	2.53
K0+450.00	1.26	9.56	1.05	7.97
K0+460.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+470.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+471.64	1.26	2.07	1.05	1.72
K0+480.00	1.26	10.53	1.05	8.78
K0+490.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+500.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+510.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+520.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+530.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+540.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+550.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+560.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+570.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+580.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+590.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+594.38	1.26	5.52	1.05	4.60
K0+600.00	1.26	7.08	1.05	5.90
K0+610.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+620.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+628.62	1.26	10.86	1.05	9.05

K0+630.00	1.26	1.74	1.05	1.45
K0+640.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+650.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+660.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+662.87	1.26	3.62	1.05	3.01
K0+670.00	1.26	8.98	1.05	7.49
K0+680.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+690.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+700.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+710.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+720.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+725.92	1.26	7.46	1.05	6.22
K0+730.00	1.26	5.14	1.05	4.28
K0+740.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+750.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+760.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+761.78	1.26	2.24	1.05	1.87
K0+770.00	1.26	10.36	1.05	8.63
K0+775.12	1.26	6.45	1.05	5.38
K0+780.00	1.26	6.15	1.05	5.12
K0+790.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+800.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+810.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+810.97	1.26	1.22	1.05	1.02
K0+810.97	1.26	0.00	1.05	0.00
K0+820.00	1.26	11.38	1.05	9.48
K0+830.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+840.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+850.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+860.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+865.84	1.26	7.36	1.05	6.13
K0+870.00	1.26	5.24	1.05	4.37
K0+880.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+890.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+900.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+910.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+920.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+928.80	1.26	11.09	1.05	9.24
K0+930.00	1.26	1.51	1.05	1.26
K0+940.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+950.00	1.26	12.60	1.05	10.50

K0+960.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+962.31	1.26	2.91	1.05	2.43
K0+970.00	1.26	9.69	1.05	8.07
K0+980.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+990.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K0+991.28	1.26	1.61	1.05	1.34
K0+991.28	1.26	0.00	1.05	0.00
K1+000.00	1.26	10.99	1.05	9.16
K1+010.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+020.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+020.24	1.26	0.30	1.05	0.25
K1+030.00	1.26	12.30	1.05	10.25
K1+040.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+050.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+060.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+070.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+076.05	1.26	7.62	1.05	6.35
K1+080.00	1.26	4.98	1.05	4.15
K1+090.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+100.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+110.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+120.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+125.86	1.26	7.38	1.05	6.15
K1+130.00	1.26	5.22	1.05	4.35
K1+140.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+150.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+160.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+170.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+175.66	1.26	7.13	1.05	5.94
K1+180.00	1.26	5.47	1.05	4.56
K1+190.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+200.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+210.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+220.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+230.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+240.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+250.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+260.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+270.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+280.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+290.00	1.26	12.60	1.05	10.50

K1+300.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+303.16	1.26	3.98	1.05	3.32
K1+310.00	1.26	8.62	1.05	7.18
K1+320.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+330.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+332.17	1.26	2.73	1.05	2.28
K1+332.17	1.26	0.00	1.05	0.00
K1+340.00	1.26	9.87	1.05	8.22
K1+350.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+360.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+361.18	1.26	1.49	1.05	1.24
K1+370.00	1.26	11.11	1.05	9.26
K1+380.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+390.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+400.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+410.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+420.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+430.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+440.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+450.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+460.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+470.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+471.37	1.26	1.73	1.05	1.44
K1+480.00	1.26	10.87	1.05	9.06
K1+490.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+499.13	1.26	11.50	1.05	9.59
K1+500.00	1.26	1.10	1.05	0.91
K1+510.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+520.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+530.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+540.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+550.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+560.00	1.26	12.60	1.05	10.50
K1+560.04	1.26	0.05	1.05	0.04
<b>Total</b>		<b>1965.65</b>		<b>1638.04</b>

**ANEXO F. CARTERA DE CHAFLANES**

CARTERA DE CHAFLANES								
SANTIAGO - SAN ANDRES - K0+000.00 - K1-560.04								
ABSCISA	CHAFLAN IZQUIERDO				CHAFLAN DERECHO			
	COORDENADAS		DISTANCIA	COTA	COORDENADAS		DISTANCIA	COTA
	NORTE	ESTE			NORTE	ESTE		
K0+000.00	616781.686	1009327.754	-4.15	2202.62	616789.348	1009330.944	4.15	2202.62
K0+010.00	616785.219	1009318.393	-4.48	2202.19	616793.191	1009321.712	4.15	2202.52
K0+020.00	616788.934	1009309.108	-4.62	2201.96	616797.435	1009312.646	4.58	2201.98
K0+030.00	616792.775	1009299.875	-4.63	2201.87	616801.263	1009303.408	4.57	2201.89
K0+040.00	616796.561	1009290.619	-4.69	2201.72	616805.092	1009294.170	4.55	2201.81
K0+050.00	616800.565	1009281.454	-4.51	2201.80	616808.894	1009284.921	4.51	2201.75
K0+057.21	616803.321	1009274.796	-4.53	2201.71	616811.627	1009278.253	4.47	2201.70
K0+060.00	616804.333	1009272.189	-4.60	2201.60	616812.676	1009275.666	4.44	2201.68
K0+070.00	616808.094	1009262.885	-4.73	2201.30	616816.456	1009266.442	4.36	2201.60
K0+080.00	616812.070	1009253.621	-4.78	2201.04	616820.456	1009257.358	4.40	2201.32
K0+090.00	616816.195	1009244.370	-4.90	2200.66	616824.652	1009248.411	4.47	2200.98
K0+100.00	616820.967	1009235.385	-4.64	2200.60	616829.080	1009239.626	4.51	2200.62
K0+110.00	616825.680	1009226.316	-4.89	2199.99	616833.839	1009231.068	4.55	2200.21
K0+120.00	616831.250	1009217.694	-4.69	2199.80	616838.986	1009222.789	4.57	2199.79
K0+127.12	616835.636	1009211.825	-4.42	2199.80	616842.973	1009217.146	4.64	2199.43
K0+130.00	616837.467	1009209.491	-4.34	2199.77	616844.664	1009214.921	4.68	2199.28
K0+140.00	616843.874	1009201.483	-4.36	2199.31	616850.749	1009207.338	4.67	2198.86
K0+150.00	616850.825	1009194.002	-4.18	2198.98	616857.257	1009200.054	4.65	2198.39
K0+160.00	616857.802	1009186.598	-4.38	2198.90	616864.052	1009192.971	4.54	2197.94
K0+170.00	616865.097	1009179.563	-4.46	2198.40	616871.205	1009186.184	4.55	2197.30
K0+180.00	616872.778	1009173.012	-4.18	2197.13	616878.570	1009179.562	4.56	2196.58
K0+190.00	616880.291	1009166.340	-4.27	2196.51	616886.091	1009173.052	4.60	2195.77
K0+197.03	616885.685	1009161.818	-4.17	2195.73	616891.478	1009168.553	4.71	2195.08
K0+200.00	616887.878	1009159.810	-4.27	2195.31	616893.757	1009166.646	4.75	2194.78
K0+210.00	616895.287	1009153.089	-4.53	2194.12	616901.393	1009160.188	4.83	2193.78
K0+220.00	616902.899	1009146.603	-4.48	2193.20	616908.927	1009153.612	4.76	2192.91
K0+230.00	616910.463	1009140.062	-4.51	2192.21	616916.404	1009146.970	4.60	2192.12
K0+240.00	616917.905	1009133.379	-4.73	2191.03	616923.945	1009140.402	4.54	2191.24
K0+250.00	616925.400	1009126.758	-4.86	2189.94	616931.340	1009133.664	4.25	2190.88
K0+260.00	616932.901	1009120.143	-4.98	2188.85	616939.512	1009127.830	5.16	2188.73
K0+262.09	616934.544	1009118.850	-4.89	2188.74	616941.107	1009126.481	5.17	2188.52
K0+270.00	616940.488	1009113.639	-4.96	2187.92	616946.995	1009121.183	5.00	2187.95
K0+280.00	616947.789	1009106.844	-5.31	2186.72	616954.490	1009114.517	4.87	2187.24
K0+290.00	616955.466	1009100.514	-4.98	2186.30	616962.236	1009108.099	5.19	2186.19
K0+300.00	616962.752	1009093.779	-5.08	2185.55	616969.776	1009101.405	5.29	2185.46
K0+310.00	616969.763	1009086.793	-5.37	2184.71	616977.319	1009094.670	5.54	2184.68
K0+312.42	616971.422	1009085.070	-5.46	2184.51	616979.396	1009093.291	5.99	2184.12
K0+320.00	616976.512	1009079.571	-5.80	2183.87	616985.727	1009088.758	7.21	2182.57
K0+330.00	616983.214	1009072.286	-6.11	2183.03	616992.933	1009081.636	7.38	2182.07
K0+340.00	616989.934	1009064.989	-6.25	2182.20	617000.133	1009074.547	7.72	2181.49
K0+350.00	616996.602	1009057.607	-6.39	2182.16	617006.499	1009066.726	7.07	2182.02
K0+360.00	617003.284	1009050.198	-6.47	2182.58	617012.794	1009058.897	6.41	2182.65

K0+362.75	617005.223	1009048.244	-6.36	2182.71	617014.601	1009056.819	6.35	2182.73
K0+370.00	617010.370	1009043.075	-6.07	2183.11	617019.282	1009051.331	6.08	2183.05
K0+380.00	617017.693	1009035.996	-5.64	2183.77	617025.756	1009043.933	5.68	2183.63
K0+390.00	617025.316	1009029.062	-5.33	2184.41	617032.410	1009036.860	5.21	2184.38
K0+391.99	617026.863	1009027.699	-5.32	2184.50	617033.785	1009035.524	5.13	2184.52
K0+400.00	617033.425	1009022.590	-5.04	2185.12	617039.517	1009030.340	4.82	2185.17
K0+410.00	617042.277	1009017.194	-4.18	2186.49	617047.156	1009024.424	4.54	2185.97
K0+420.00	617050.743	1009011.265	-4.73	2186.56	617055.307	1009019.214	4.43	2186.70
K0+430.00	617059.855	1009006.370	-4.82	2187.19	617063.822	1009014.608	4.33	2187.52
K0+440.00	617069.370	1009002.312	-4.72	2187.97	617072.670	1009010.665	4.26	2188.27
K0+442.41	617071.739	1009001.532	-4.60	2188.14	617074.851	1009009.827	4.26	2188.43
K0+450.00	617079.047	1008998.756	-4.82	2188.49	617081.850	1009007.475	4.33	2188.85
K0+460.00	617088.820	1008995.840	-4.84	2189.01	617091.329	1009004.916	4.58	2189.17
K0+470.00	617098.536	1008993.154	-4.94	2189.38	617101.261	1009003.681	5.93	2188.32
K0+471.64	617100.144	1008992.806	-4.88	2189.52	617103.068	1009004.117	6.80	2187.53
K0+480.00	617108.365	1008991.212	-4.36	2190.38	617111.257	1009002.401	7.19	2187.50
K0+490.00	617117.926	1008988.243	-4.85	2190.24	617120.748	1008999.161	6.43	2188.64
K0+500.00	617127.647	1008985.892	-4.69	2190.73	617130.028	1008995.104	4.82	2190.60
K0+510.00	617137.438	1008983.811	-4.26	2191.51	617139.645	1008992.352	4.57	2191.20
K0+520.00	617147.029	1008980.958	-4.62	2191.49	617149.325	1008989.842	4.56	2191.55
K0+530.00	617156.733	1008978.542	-4.53	2191.93	617159.023	1008987.403	4.62	2191.84
K0+540.00	617166.411	1008976.023	-4.55	2192.26	617168.701	1008984.885	4.61	2192.20
K0+550.00	617176.102	1008973.557	-4.51	2192.64	617178.371	1008982.336	4.56	2192.59
K0+560.00	617185.762	1008970.971	-4.60	2192.90	617188.073	1008979.913	4.64	2192.87
K0+570.00	617195.402	1008968.307	-4.76	2193.08	617197.813	1008977.634	4.87	2193.00
K0+580.00	617205.048	1008965.665	-4.91	2193.28	617207.529	1008975.264	5.01	2193.23
K0+590.00	617214.743	1008963.214	-4.85	2193.68	617217.209	1008972.756	5.00	2193.60
K0+594.38	617218.995	1008962.161	-4.81	2193.88	617221.457	1008971.686	5.03	2193.73
K0+600.00	617224.455	1008960.872	-4.69	2194.19	617226.881	1008970.168	4.92	2194.05
K0+610.00	617234.090	1008958.480	-4.50	2194.73	617236.591	1008967.467	4.83	2194.50
K0+620.00	617243.535	1008955.652	-4.55	2194.98	617246.329	1008964.604	4.83	2194.83
K0+628.62	617251.628	1008953.210	-4.31	2195.42	617254.681	1008961.796	4.80	2195.07
K0+630.00	617252.903	1008952.777	-4.29	2195.47	617256.007	1008961.317	4.80	2195.10
K0+640.00	617261.984	1008949.049	-4.47	2195.44	617265.496	1008957.574	4.75	2195.28
K0+650.00	617271.070	1008945.172	-4.45	2195.53	617274.781	1008953.532	4.70	2195.38
K0+660.00	617280.215	1008941.252	-4.25	2195.72	617283.823	1008949.123	4.41	2195.64
K0+662.87	617282.840	1008940.103	-4.20	2195.91	617286.399	1008947.857	4.33	2195.69
K0+670.00	617289.228	1008936.922	-4.43	2196.29	617292.814	1008944.733	4.17	2195.82
K0+680.00	617298.063	1008932.200	-5.03	2197.33	617301.933	1008940.630	4.24	2195.77
K0+690.00	617307.417	1008928.606	-4.40	2195.80	617310.994	1008936.399	4.18	2195.36
K0+700.00	617316.545	1008924.519	-4.30	2194.82	617320.099	1008932.264	4.22	2194.88
K0+710.00	617325.573	1008920.217	-4.45	2194.26	617329.312	1008928.363	4.52	2194.15
K0+720.00	617334.634	1008915.986	-4.51	2193.69	617338.460	1008924.321	4.66	2193.48
K0+725.92	617339.977	1008913.427	-4.61	2193.27	617343.950	1008922.082	4.91	2192.90
K0+730.00	617343.708	1008911.772	-4.56	2193.12	617347.735	1008920.569	5.12	2192.48
K0+740.00	617352.681	1008907.207	-5.02	2192.20	617356.945	1008916.819	5.49	2191.63
K0+750.00	617361.791	1008902.745	-5.52	2191.33	617366.686	1008914.566	7.27	2189.46
K0+760.00	617370.818	1008897.733	-6.88	2189.68	617375.789	1008911.152	7.43	2189.00
K0+761.78	617372.569	1008897.173	-6.81	2189.72	617377.411	1008910.574	7.44	2188.94
K0+770.00	617380.466	1008894.031	-7.24	2189.12	617384.907	1008907.974	7.39	2188.83

K0+775.12	617385.563	1008892.625	-7.10	2189.19	617389.582	1008906.367	7.22	2188.93
K0+780.00	617390.490	1008891.553	-6.80	2189.43	617394.090	1008904.914	7.04	2189.07
K0+790.00	617400.626	1008889.984	-5.86	2190.32	617403.240	1008901.178	5.64	2190.46
K0+800.00	617410.537	1008887.929	-5.72	2190.49	617412.835	1008898.783	5.37	2190.79
K0+810.00	617420.456	1008886.302	-5.31	2191.02	617422.529	1008896.485	5.08	2191.24
K0+810.97	617421.410	1008886.122	-5.30	2191.05	617423.474	1008896.262	5.05	2191.29
K0+820.00	617430.252	1008884.401	-5.21	2191.33	617432.289	1008894.198	4.80	2191.76
K0+830.00	617440.017	1008882.586	-4.93	2191.90	617442.139	1008892.116	4.83	2192.05
K0+840.00	617449.611	1008880.230	-5.04	2192.17	617452.003	1008889.858	4.89	2192.39
K0+850.00	617459.157	1008877.880	-4.85	2192.73	617461.838	1008887.279	4.92	2192.77
K0+860.00	617468.540	1008875.101	-4.74	2193.18	617471.564	1008884.150	4.80	2193.25
K0+865.84	617473.950	1008873.315	-4.64	2193.44	617477.178	1008882.071	4.70	2193.52
K0+870.00	617477.661	1008871.680	-4.84	2193.34	617481.133	1008880.466	4.61	2193.71
K0+880.00	617486.894	1008868.476	-4.15	2194.21	617490.468	1008876.230	4.38	2194.11
K0+890.00	617495.507	1008863.877	-4.46	2194.90	617499.543	1008871.491	4.16	2194.45
K0+900.00	617503.898	1008858.915	-4.64	2195.26	617508.551	1008866.625	4.37	2194.86
K0+910.00	617512.109	1008853.674	-4.61	2195.12	617517.194	1008861.129	4.41	2194.86
K0+920.00	617519.993	1008847.951	-4.63	2194.97	617525.611	1008855.278	4.60	2195.06
K0+928.80	617526.833	1008842.759	-4.38	2194.23	617532.516	1008849.464	4.41	2194.45
K0+930.00	617527.738	1008842.022	-4.35	2194.15	617533.433	1008848.654	4.39	2194.37
K0+940.00	617535.120	1008835.567	-4.20	2193.51	617540.931	1008841.744	4.28	2193.38
K0+950.00	617541.997	1008828.473	-4.50	2192.64	617548.428	1008834.928	4.61	2192.58
K0+960.00	617548.844	1008821.258	-4.71	2191.96	617555.672	1008827.948	4.85	2191.83
K0+962.31	617550.417	1008819.565	-4.77	2191.79	617557.319	1008826.321	4.89	2191.67
K0+970.00	617555.636	1008813.865	-5.04	2191.16	617562.697	1008820.878	4.91	2191.25
K0+980.00	617562.841	1008806.703	-5.12	2190.63	617569.661	1008813.915	4.81	2190.84
K0+990.00	617570.758	1008800.145	-4.71	2190.58	617576.757	1008807.244	4.59	2190.54
K0+991.28	617571.786	1008799.315	-4.68	2190.54	617577.682	1008806.419	4.55	2190.51
K1+000.00	617578.867	1008793.814	-4.65	2190.14	617584.312	1008801.131	4.48	2190.18
K1+010.00	617587.234	1008788.028	-4.50	2189.78	617592.280	1008795.370	4.40	2189.77
K1+020.00	617595.659	1008782.532	-4.35	2189.43	617600.549	1008789.849	4.45	2189.24
K1+020.24	617595.862	1008782.397	-4.35	2189.42	617600.753	1008789.714	4.45	2189.23
K1+030.00	617604.041	1008777.077	-4.22	2189.25	617608.942	1008784.410	4.60	2188.59
K1+040.00	617612.151	1008771.215	-4.59	2189.41	617617.380	1008779.038	4.82	2187.81
K1+050.00	617620.702	1008766.014	-4.16	2187.88	617625.546	1008773.260	4.55	2187.47
K1+060.00	617628.870	1008760.238	-4.43	2187.76	617633.691	1008767.451	4.25	2187.41
K1+070.00	617637.190	1008754.691	-4.41	2187.00	617642.017	1008761.912	4.27	2186.73
K1+076.05	617642.157	1008751.234	-4.53	2186.75	617647.223	1008758.814	4.59	2186.91
K1+080.00	617645.454	1008749.062	-4.50	2186.38	617650.519	1008756.634	4.61	2186.64
K1+090.00	617653.833	1008743.635	-4.34	2185.29	617658.782	1008750.965	4.51	2184.62
K1+100.00	617662.052	1008738.010	-4.36	2184.05	617667.431	1008745.821	5.13	2183.36
K1+110.00	617669.930	1008731.939	-4.82	2183.03	617675.919	1008740.379	5.53	2182.43
K1+120.00	617677.770	1008725.876	-5.14	2182.26	617684.378	1008734.825	5.98	2181.55
K1+125.86	617682.421	1008722.432	-5.11	2182.08	617689.135	1008731.275	5.99	2181.34
K1+125.86	617682.421	1008722.432	-5.11	2182.08	617689.135	1008731.275	5.99	2181.34
K1+130.00	617685.643	1008719.904	-5.16	2181.91	617692.511	1008728.772	6.06	2181.14
K1+140.00	617693.063	1008713.337	-5.70	2181.14	617700.661	1008722.759	6.40	2180.56
K1+150.00	617700.833	1008707.175	-5.54	2181.17	617708.121	1008715.942	5.86	2180.97
K1+160.00	617708.609	1008700.969	-5.29	2181.41	617715.647	1008709.265	5.59	2181.22

K1+170.00	617716.214	1008694.517	-5.26	2181.53	617723.402	1008702.901	5.78	2181.10
K1+175.66	617720.609	1008690.953	-5.10	2181.79	617727.612	1008699.109	5.65	2181.33
K1+180.00	617723.950	1008688.183	-5.03	2181.96	617730.828	1008696.193	5.53	2181.54
K1+190.00	617731.492	1008681.616	-5.10	2182.20	617738.288	1008689.530	5.33	2182.02
K1+200.00	617739.179	1008675.218	-4.94	2182.76	617745.789	1008682.916	5.20	2182.55
K1+210.00	617747.214	1008669.225	-4.26	2183.96	617753.251	1008676.256	5.01	2183.24
K1+220.00	617754.839	1008662.755	-4.20	2184.78	617760.600	1008669.465	4.65	2184.21
K1+230.00	617762.428	1008656.243	-4.19	2185.45	617767.887	1008662.600	4.18	2185.33
K1+240.00	617769.807	1008649.487	-4.51	2186.70	617775.611	1008656.246	4.40	2186.47
K1+250.00	617777.191	1008642.736	-4.83	2187.86	617783.406	1008649.974	4.72	2187.62
K1+260.00	617784.760	1008636.200	-4.85	2188.33	617790.983	1008643.447	4.70	2187.99
K1+270.00	617792.412	1008629.761	-4.75	2188.45	617798.471	1008636.818	4.55	2187.99
K1+280.00	617800.025	1008623.277	-4.71	2188.58	617805.946	1008630.173	4.38	2187.83
K1+290.00	617807.632	1008616.786	-4.68	2188.62	617813.486	1008623.604	4.31	2187.78
K1+300.00	617815.495	1008610.594	-4.26	2187.78	617821.014	1008617.020	4.21	2187.39
K1+303.16	617817.791	1008608.424	-4.41	2188.06	617823.491	1008615.061	4.34	2187.23
K1+310.00	617823.053	1008603.954	-4.40	2187.20	617828.811	1008610.846	4.58	2186.89
K1+320.00	617830.786	1008597.092	-5.01	2186.41	617836.552	1008605.032	4.80	2186.40
K1+330.00	617839.651	1008591.218	-5.18	2186.02	617844.555	1008600.142	5.01	2185.84
K1+332.17	617841.673	1008590.018	-5.30	2185.86	617846.307	1008599.192	4.98	2185.79
K1+340.00	617849.481	1008586.871	-5.08	2185.79	617853.167	1008596.818	5.53	2185.07
K1+350.00	617859.427	1008583.577	-5.25	2185.27	617862.487	1008594.994	6.57	2183.81
K1+360.00	617869.344	1008581.256	-5.15	2185.02	617871.988	1008592.734	6.63	2183.47
K1+361.18	617870.494	1008580.992	-5.15	2184.98	617873.131	1008592.463	6.62	2183.44
K1+370.00	617879.087	1008578.996	-5.17	2184.65	617881.706	1008590.386	6.52	2183.29
K1+380.00	617888.828	1008576.735	-5.19	2184.33	617891.475	1008588.246	6.62	2182.90
K1+390.00	617898.689	1008574.994	-4.68	2184.55	617901.011	1008585.095	5.68	2183.55
K1+400.00	617908.513	1008573.096	-4.33	2184.62	617910.635	1008582.324	5.14	2183.80
K1+410.00	617918.261	1008570.863	-4.32	2184.85	617920.281	1008579.650	4.70	2183.96
K1+420.00	617927.962	1008568.427	-4.52	2184.98	617929.962	1008577.128	4.41	2184.75
K1+430.00	617937.635	1008565.873	-4.84	2185.38	617939.742	1008575.036	4.56	2184.81
K1+440.00	617947.377	1008563.615	-4.86	2185.20	617949.526	1008572.962	4.73	2184.94
K1+450.00	617957.123	1008561.377	-4.86	2185.01	617959.281	1008570.762	4.77	2184.84
K1+460.00	617966.875	1008559.163	-4.83	2184.77	617969.051	1008568.626	4.88	2184.97
K1+470.00	617976.641	1008557.010	-4.74	2184.41	617978.778	1008566.305	4.80	2184.79
K1+471.37	617977.972	1008556.696	-4.75	2184.41	617980.107	1008565.983	4.78	2184.75
K1+480.00	617985.152	1008554.289	-4.64	2184.07	617989.134	1008562.563	4.54	2184.28
K1+490.00	617992.431	1008549.408	-4.76	2184.24	617998.254	1008556.233	4.21	2183.56
K1+499.13	617998.355	1008543.901	-4.15	2183.02	618005.066	1008548.785	4.15	2183.30
K1+500.00	617998.866	1008543.200	-4.15	2183.02	618005.577	1008548.084	4.15	2183.29
K1+510.00	618004.750	1008535.114	-4.15	2183.02	618011.461	1008539.998	4.15	2183.14
K1+520.00	618010.634	1008527.029	-4.15	2183.01	618017.345	1008531.913	4.15	2183.01
K1+530.00	618016.518	1008518.943	-4.15	2182.96	618023.229	1008523.827	4.15	2182.96
K1+540.00	618022.347	1008510.817	-4.22	2183.05	618029.128	1008515.752	4.17	2182.95
K1+550.00	618028.246	1008502.742	-4.20	2182.96	618035.137	1008507.757	4.32	2182.69
K1+560.00	618034.171	1008494.687	-4.15	2182.81	618040.882	1008499.571	4.15	2182.81

## **ANEXO G. ESTUDIO DE SUELOS**



MEMORIA DE SONDEOS Y RESULTADOS DE ENSAYOS

PROYECTO Via Santiago Inspección San Andrés Munic Santiago

APIQUE No. 1

LOCALIZACIÓN K0+040 Izquierda

ESTRATOS	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL	IP	IL	CLASIFICACIÓN		qu kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD HÚMEDA	HUMEDAD NATURAL
		# 4	# 200				SUCS	AASTHO			
0,0 0,40	Material de mejoramiento actual						GP				
1,60	Arcilla de alta plasticidad color café, consistencia media, presenta conglomerao	99,61	77,42	57,58	29,00	0,1	CH	A-7-6			32,43
2,00	Limo arenoso de alta compresibilidad color amarillo, consistencia media	87,88	66,40	53,18	20,65	0,4	MH	A-7-5			41,72

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. En su defecto, agradeceré.

  
BERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo

  
GIOVANNY TORO  
Ingeniero Especialista



## CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andrés Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 1 Profundidad 1,00 m LOCALIZACIÓN K0+00 Izquierda  
 DESCRIPCIÓN Arcilla de alta plasticidad color café, consistencia media, presenta conglomerado.

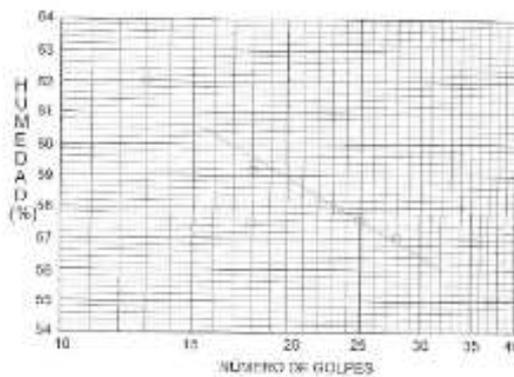
### LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	10	89	80	1	95	11	70
Peso húmedo + recp. gr.	29,29	27,28	24,43	25,58	32,60	32,20	35,18
Peso seco + recp. gr.	19,17	16,83	17,72	18,23	25,81	26,43	28,12
Peso recipiente gr.	6,23	5,19	6,38	6,36	6,59	5,19	5,32
Humedad %	55,52	57,04	59,17	62,01	28,64	28,51	32,43
Número de golpes	37	28	18	13			

\* Cuando existiere el riesgo de asentamiento o una sucesión puntiforme, se utilizará el primer

### LÍMITES

### GRANULOMETRÍA



Tamaño %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Peso %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	0,37	0,38	89,51
10	1,49	1,58	88,42
18	2,65	2,79	87,30
40	6,45	6,83	83,17
100	15,23	16,15	77,42
200	21,32	22,58	77,42
Pasa 200			

### RESULTADOS

### CLASIFICACIÓN

### PESO SECO TOTAL

LL(%)= 57,58

IP(%)= 29,06

AASHTO SUCS

94,42 gr

LP(%)= 28,58

W(%)= 32,43

A-7-E CH

IL(%)= 0,1

### OBSERVACIONES

  
 HERNEY LASSO DE VARRIA  
 Ingeniero Geólogo

  
 GIOVANNI TORO  
 Ingeniero Geocivilista



### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

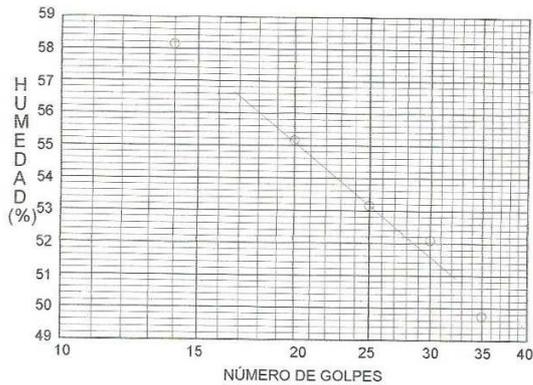
PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 1 Profundidad 1,80 m LOCALIZACIÓN K0+040 Izquierda  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color amarillo, consistencia media, presenta conglomerado

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	63	75	81	49	75	49	34
Peso húmedo + recip. gr.	24,70	26,90	24,53	24,33	29,45	34,85	37,83
Peso seco + recip. gr.	18,53	19,85	18,01	17,65	23,83	27,74	28,63
Peso recipiente gr.	6,13	6,32	6,19	6,16	6,32	6,16	6,58
Humedad %	49,76	52,11	55,16	58,14	32,10	32,95	41,72
Número de golpes	35	30	20	14			

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionado penalmente. Exija informes originales!

#### LÍMITES



#### GRANULOMETRÍA

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	11,31	12,12	87,88
10	14,33	15,36	84,64
16	15,69	16,82	83,18
40	19,59	21,00	79,00
100	26,74	28,66	71,34
200	31,35	33,60	66,40
Pasa 200			

#### RESULTADOS

LL(%)= 53,18  
 LP(%)= 32,53  
 IL(%)= 0,4

#### CLASIFICACIÓN

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

#### PESO SECO TOTAL

93,3 gr

#### OBSERVACIONES

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista



MEMORIA DE SONDEOS Y RESULTADOS DE ENSAYOS

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago

APIQUE No. 2

LOCALIZACIÓN K0+228 Derecha

ESTRATOS	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL	IP	IL	CLASIFICACIÓN		qu kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD HÚMEDA	HUMEDAD NATURAL
		# 4	# 200				SUCS	AASTHO			
0,0 0,50	Relleno: Material hetergéneo						GM				
1,80	Relleno: Limo arenoso de alta compresibilidad color negro, arena, etc, compacidad media	98,87	54,25	91,35	47,52	0,1	MH A-7-5			50,91	
2,00	Limo arenoso de alta compresibilidad color verdoso, consistencia media	100,00	82,36	59,78	27,28	-0,8	MH A-7-5			11,31	

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

HERVEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

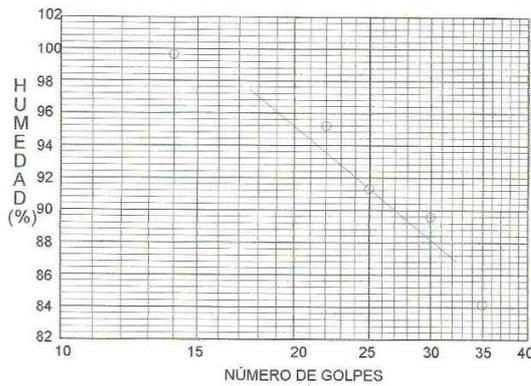
PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 2 Profundidad 1,20 m LOCALIZACIÓN K0+228 Derecha  
 DESCRIPCIÓN Relleno: Limo arenoso de alta compresibilidad color negro, arena, etc, compacidad media

**LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG**

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	25	42	14	25	26	4	52
Peso húmedo + recip. gr.	24,01	23,06	21,99	22,80	29,79	28,36	25,58
Peso seco + recip. gr.	15,82	15,29	14,44	14,46	22,68	21,70	19,13
Peso recipiente gr.	6,09	6,62	6,51	6,09	6,29	6,66	6,46
Humedad %	84,17	89,62	95,21	99,64	43,38	44,28	50,91
Número de golpes	35	30	22	14			

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionado penalmente. Exija informes originales!

**LÍMITES**



**GRANULOMETRÍA**

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	1,02	1,13	98,87
10	4,92	5,47	94,53
16	8,31	9,25	90,75
40	21,97	24,45	75,55
100	34,53	38,42	61,58
200	41,12	45,75	54,25
Pasa 200			

**RESULTADOS**

LL(%)= 91,35  
 LP(%)= 43,83  
 IL(%)= 0,1

**CLASIFICACIÓN**

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

**PESO SECO TOTAL**

89,87 gr

**OBSERVACIONES**

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

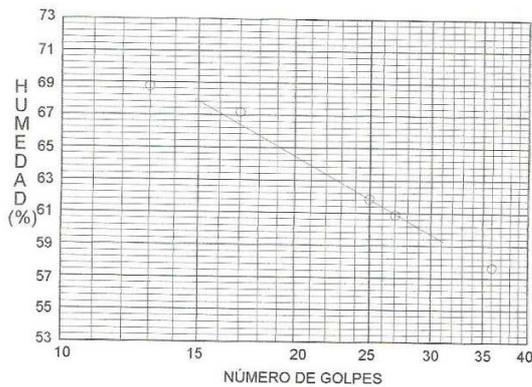
PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 3 Profundidad 1,00 m LOCALIZACIÓN K0+500 Derecha  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color habano, consistencia media a firme

**LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG**

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	57	29	74	74	89	7	81
Peso húmedo + recip. gr.	24,29	24,27	24,51	19,77	33,98	31,84	33,32
Peso seco + recip. gr.	17,86	17,57	17,37	14,46	26,75	24,94	24,90
Peso recipiente gr.	6,71	6,57	6,74	6,74	6,19	6,08	6,19
Humedad %	57,67	60,91	67,17	68,78	35,17	36,59	45,00
Número de golpes	36	27	17	13			

Qualquier modificación al contenido de este informe será sancionado penalmente. Exija informes originales!

**LÍMITES**



**GRANULOMETRÍA**

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	14,86	13,49	86,51
10	18,38	16,69	83,31
16	20,24	18,38	81,62
40	26,86	24,39	75,61
100	37,73	34,26	65,74
200	43,94	39,90	60,10
Pasa 200			

**RESULTADOS**

LL(%)= 61,88  
 LP(%)= 35,88  
 IL(%)= 0,4

**CLASIFICACIÓN**

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

**PESO SECO TOTAL**

110,12 gr

**OBSERVACIONES**

HERNEY LASSO CHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista



MEMORIA DE SONDEOS Y RESULTADOS DE ENSAYOS

PROYECTO Pavimentación Vía de Acceso Principal a Cabrera APIQUE No. 3 LOCALIZACIÓN K0+500 Derecha

ESTRATOS	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL	IP	IL	CLASIFICACIÓN		qu kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD HÚMEDA	HUMEDAD NATURAL
		# 4	# 200				SUCS	AASTHO			
0,0	Material de afirmado actual						GM				
0,30	Limo arenoso de alta compresibilidad color habano, consistencia media a firme	86,51	80,10	61,88	26,00	0,4	MH	A-7-5			45,00
1,00	Limo arenoso de alta compresibilidad color habano, consistencia media a firme	93,49	66,26	59,17	24,80	0,4	MH	A-7-5			45,12
2,00											

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

  
HERNEY LASSO ECHEVARRÍA  
Geotecnólogo

  
GIOVANNY TORO  
Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

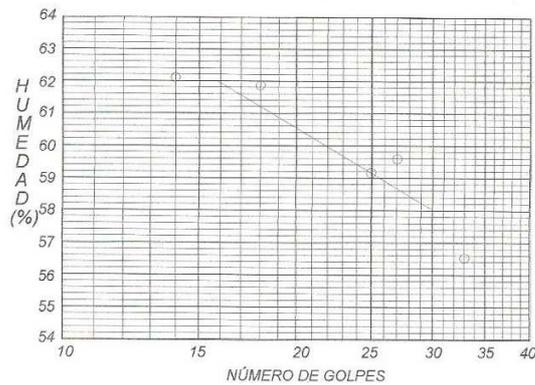
PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Junio de 2007  
 REFERENCIA Apique No 3 Profundidad 1,50 m LOCALIZACIÓN K0+500 Derecha  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color habano, consistencia media a firme

**LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG**

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	66	69	62	11	79	71	83
Peso húmedo + recip. gr.	25,94	25,12	25,44	25,87	35,21	29,60	35,76
Peso seco + recip. gr.	18,94	18,29	18,24	18,33	27,87	23,61	26,65
Peso recipiente gr.	6,56	6,83	6,60	6,19	6,35	6,31	6,46
Humedad %	56,54	59,60	61,86	62,11	34,11	34,62	45,12
Número de golpes	33	27	18	14			

*Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!*

**LÍMITES**



**GRANULOMETRÍA**

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	6,60	6,51	93,49
10	9,87	9,74	90,26
16	11,57	11,42	88,58
40	17,59	17,36	82,64
100	27,80	27,43	72,57
200	34,19	33,74	66,26
Pasa 200			

**RESULTADOS**

LL(%)= 59,17  
 LP(%)= 34,37  
 IL(%)= 0,4

IP(%)= 24,80  
 W(%)= 45,12

**CLASIFICACIÓN**

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

**PESO SECO TOTAL**

101,34 gr

**OBSERVACIONES**

HERNEY LASSO ESCOBAR  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero-Especialista



MEMORIA DE SONDEOS Y RESULTADOS DE ENSAYOS

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago APIQUE No. 4 LOCALIZACIÓN K0+720 Izquierda

ESTRATOS	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL	IP	IL	CLASIFICACIÓN		qu kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD HÚMEDA	HUMEDAD NATURAL
		# 4	# 200				SUCS	AASTHO			
0,0	Material de mejoramiento actual						GM				
0,20	Limo arenoso de alta compresibilidad color café claro, consistencia firme	81,73	59,61	55,10	17,72	-0,4	MH	A-7-5			30,95
1,00	Limo arenoso de alta compresibilidad color café claro, consistencia firme	80,45	56,79	57,29	22,89	0,2	MH	A-7-5			40,07
2,00											

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

  
HERNEY LASSO ESCOBAR  
Geotecnólogo

  
GIOVANNY TORO  
Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



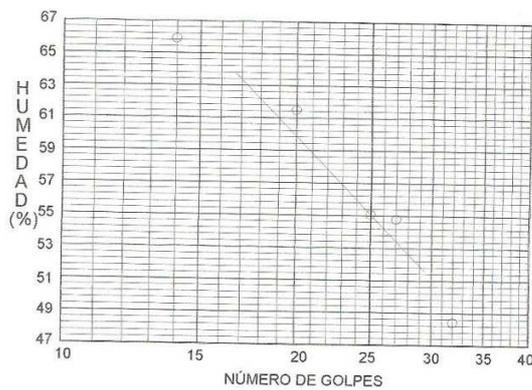
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

PROYECTO Vía Santiago Inspección - San Andres Mun Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 4 Profundidad 1,00 m LOCALIZACIÓN K0+720 Izquierda  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color café claro, consistencia firme

LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	51	88	12	61	97	63	49
Peso húmedo + recip. gr.	25,12	26,11	22,88	25,70	30,95	35,12	33,32
Peso seco + recip. gr.	19,15	19,16	16,44	18,11	24,26	27,28	26,90
Peso recipiente gr.	6,83	6,48	5,97	6,59	6,51	6,13	6,16
Humedad %	48,46	54,81	61,51	65,89	37,69	37,07	30,95
Número de golpes	32	27	20	14			

LÍMITES



GRANULOMETRÍA

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	22,09	18,27	81,73
10	24,99	20,67	79,33
16	26,73	22,11	77,89
40	32,79	27,12	72,88
100	42,68	35,30	64,70
200	48,83	40,39	59,61
Pasa 200			

RESULTADOS

LL(%)= 55,10  
 LP(%)= 37,38  
 IL(%)= -0,4

IP(%)= 17,72  
 W(%)= 30,95

CLASIFICACIÓN

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

PESO SECO TOTAL

120,89 gr

OBSERVACIONES

HERNEY LASSO ECNAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

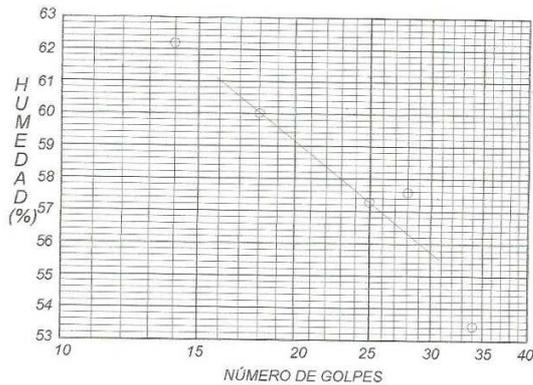
PROYECTO Vía Santiago Inspección - San Andres Mun Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 4 Profundidad 1,60 m LOCALIZACIÓN K0+720 Izquierda  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color café claro, consistencia firme

LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	13	44	46	100	38	55	22
Peso húmedo + recip. gr.	23,42	27,82	25,82	25,43	35,19	35,10	31,11
Peso seco + recip. gr.	17,47	19,97	18,57	18,13	27,85	27,72	23,97
Peso recipiente gr.	6,34	6,34	6,49	6,39	6,34	6,44	6,15
Humedad %	53,46	57,59	60,02	62,18	34,12	34,68	40,07
Número de golpes	34	28	18	14			

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

LÍMITES



GRANULOMETRÍA

Tamíz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	22,09	19,55	80,45
10	24,99	22,11	77,89
16	26,73	23,65	76,35
40	32,79	29,02	70,98
100	42,68	37,77	62,23
200	48,83	43,21	56,79
Pasa 200			

RESULTADOS

LL(%)= 57,29  
 LP(%)= 34,40  
 IL(%)= 0,2

CLASIFICACIÓN

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

PESO SECO TOTAL

113,01 gr

OBSERVACIONES

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista



MEMORIA DE SONDEOS Y RESULTADOS DE ENSAYOS

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andrés Munic Santiago APIQUE No. 5 LOCALIZACIÓN K0+950 Derecha

ESTRATOS	DESCRIPCIÓN	% PASA		LL	IP	IL	CLASIFICACIÓN		qu kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD HÚMEDA	HUMEDAD NATURAL
		# 4	# 200				SUCS	AASTHO			
0,0	Material de mejoramiento actual										
0,40							GM				
1,10	Limo arenoso de alta compresibilidad color gris con conglomerado, consistencia media a firme	98,73	70,57	60,81	23,51	0,6	MH	A-7-5			50,58
1,90	Limo arenoso de alta compresibilidad color crema consistencia media, presenta bolos	95,53	70,18	53,25	17,07	0,6	MH	A-7-5			50,15

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

  
HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
Geotecnólogo

  
GIOVANNY TORO  
Ingeniero Especialista



CLASIFICACIÓN DE SUELOS

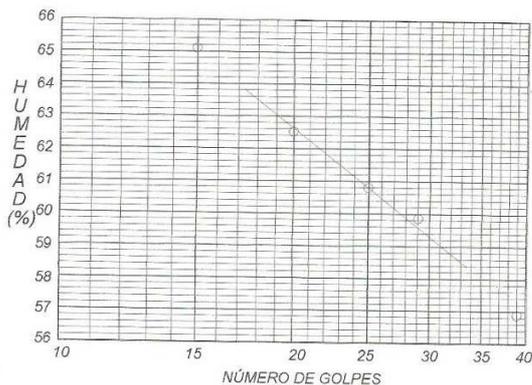
PROYECTO Vía Santiago Inspección - San Andres Mun Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 5 Profundidad 0,60 m LOCALIZACIÓN K0+950 Der  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color gris con conglomerado, consistencia media a firme

LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	47	86	23	51	81	86	41
Peso húmedo + recip. gr.	25,58	24,76	24,65	27,60	31,80	34,91	33,61
Peso seco + recip. gr.	18,57	17,97	17,66	19,41	24,84	27,23	24,50
Peso recipiente gr.	6,25	6,63	6,48	6,83	6,19	6,63	6,49
Humedad %	56,90	59,88	62,52	65,10	37,32	37,28	50,58
Número de golpes	39	29	20	15			

Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

LÍMITES



GRANULOMETRÍA

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	1,27	1,27	98,73
10	4,49	4,50	95,50
16	6,40	6,42	93,58
40	12,49	12,53	87,47
100	23,04	23,12	76,88
200	29,33	29,43	70,57
Pasa 200			

RESULTADOS

LL(%)= 60,81  
 LP(%)= 37,30  
 IL(%)= 0,6

IP(%)= 23,51  
 W(%)= 50,58

CLASIFICACIÓN

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

PESO SECO TOTAL

99,67 gr

OBSERVACIONES

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

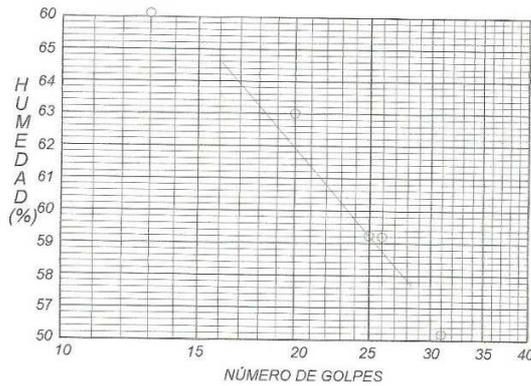
PROYECTO Pavimentación Vía de Acceso Principal a Cabrera FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Apique No 5 Profundidad 1,70 m LOCALIZACIÓN K0+950 Der  
 DESCRIPCIÓN Limo arenoso de alta compresibilidad color crema, consistencia media, presenta botos

**LÍMITES DE CONSISTENCIA O ATTERBERG**

Tipo de ensayo	LL	LL	LL	LL	LP	LP	H
Recipiente No.	61	72	71	68	30	62	7
Peso húmedo + recip. gr.	25,62	30,12	29,83	23,47	29,75	35,07	36,56
Peso seco + recip. gr.	19,26	21,94	21,29	17,08	23,59	27,45	26,38
Peso recipiente gr.	6,59	6,57	6,31	6,45	6,39	6,60	6,08
Humedad %	50,20	53,22	57,01	60,11	35,81	36,55	50,15
Número de golpes	31	26	20	13			

*Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!*

**LÍMITES**



**GRANULOMETRÍA**

Tamiz %	Peso Ret. Acum.	Retenido Acum. %	Pasa %
3/4"			
1/2"			
3/8"			
4	4,33	4,47	95,53
10	6,80	7,01	92,99
16	8,31	8,57	91,43
40	13,60	14,03	85,97
100	22,96	23,68	76,32
200	28,91	29,82	70,18
Pasa 200			

**RESULTADOS**

LL(%)= 53,25  
 LP(%)= 36,18  
 IL(%)= 0,8

IP(%)= 17,07  
 W(%)= 50,15

**CLASIFICACIÓN**

AASHTO SUCS  
 A-7-5 MH

**PESO SECO TOTAL**

96,96 gr

**OBSERVACIONES**

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO



ENSAYO DE CBR INALTERADO

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Ensayo No 1 LOCALIZACIÓN Apique No 1  
 DESCRIPCIÓN \_\_\_\_\_

PESOS UNITARIOS DE LA MUESTRA

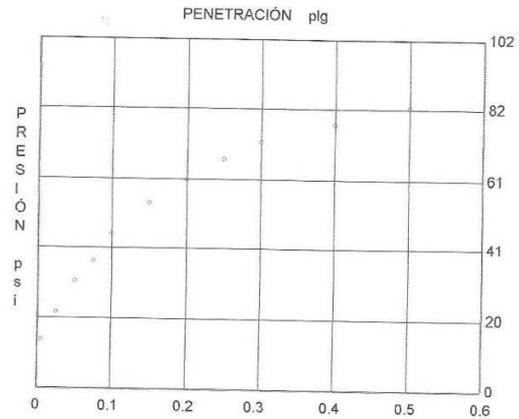
Molde No.	1
Altura de la muestra cm	11,6
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2179
Peso suelo húmedo + molde gr	5818
Peso del molde gr	2836
Peso suelo húmedo gr	2982
Peso suelo húmedo + recipiente gr	1,37
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	1,01

CONTENIDO DE AGUA

Recipiente No.	155
Peso suelo húmedo + recipiente gr	251,55
Peso suelo seco + recipiente gr	202,19
Peso del recipiente gr	63,25
Humedad %	35,53
Humedad promedio %	35,53

PRESIÓN vs PENETRACIÓN

Penetración plg	Dial Carga	Presión psi
0.005	44	14
0.025	69	22
0.050	98	31
0.075	117	37
0.100	141	45
0.150	171	54
0.200	191	61
0.250	210	67
0.300	226	72
0.400	243	77
0.500	259	82
CBR corregido a 0.1"	4,50	
CBR corregido a 0.2"	4,07	



Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**ENSAYO DE CBR INALTERADO**

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Ensayo No 3 LOCALIZACIÓN Apique No 3  
 DESCRIPCIÓN \_\_\_\_\_

**PESOS UNITARIOS DE LA MUESTRA**

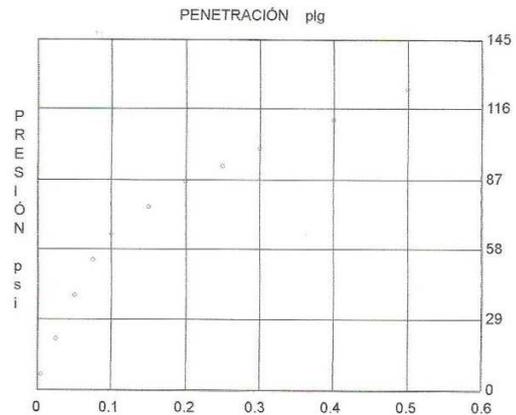
Molde No. 1  
 Altura de la muestra cm 11,6  
 Volumen molde cm<sup>3</sup> 2179  
 Peso suelo húmedo + molde gr 5933  
 Peso del molde gr 2836  
 Peso suelo húmedo gr 3097  
 Peso suelo húmedo + recipiente gr 1,42  
 Peso unitario seco gr/cm<sup>3</sup> 0,96

**CONTENIDO DE AGUA**

Recipiente No. 146  
 Peso suelo húmedo + recipiente gr 368,7  
 Peso suelo seco + recipiente gr 268,7  
 Peso del recipiente gr 58,96  
 Humedad % 47,68  
 Humedad promedio % 47,68

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración plg	Dial Carga	Presión psi
0.005	18	6
0.025	63	20
0.050	116	37
0.075	160	51
0.100	193	61
0.150	227	72
0.200	257	82
0.250	276	88
0.300	300	95
0.400	333	106
0.500	370	118
CBR corregido a 0.1"	6,10	
CBR corregido a 0.2"	5,47	



Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

HÉRNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**ENSAYO DE CBR INALTERADO**

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Ensayo No 4 LOCALIZACIÓN Apique No 4  
 DESCRIPCIÓN \_\_\_\_\_

**PESOS UNITARIOS DE LA MUESTRA**

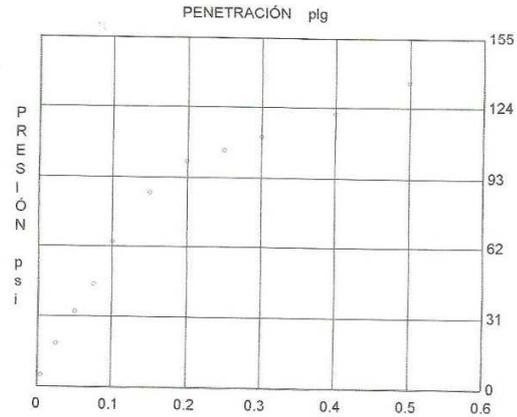
Molde No.	1
Altura de la muestra cm	10,3
Volumen molde cm <sup>3</sup>	1894,18
Peso suelo húmedo + molde gr	7426
Peso del molde gr	4729
Peso suelo húmedo gr	2697
Peso suelo húmedo + recipiente gr	1,42
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	1,03

**CONTENIDO DE AGUA**

Recipiente No.	104
Peso suelo húmedo + recipiente gr	188,94
Peso suelo seco + recipiente gr	147,95
Peso del recipiente gr	41,22
Humedad %	38,41
Humedad promedio %	38,41

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración plg	Dial Carga	Presión psi
0.005	15	5
0.025	60	19
0.050	105	33
0.075	140	45
0.100	201	64
0.150	269	86
0.200	314	100
0.250	330	105
0.300	348	111
0.400	380	121
0.500	424	135
CBR corregido a 0.1"	5,47	
CBR corregido a 0.2"	6,62	



Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**HERNEY LASSO ECHAVARRÍA**  
 Geotecnólogo

**GIOVANNY TORO**  
 Ingeniero Especialista

**SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO**



**ENSAYO DE CBR INALTERADO**

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Ensayo No 5 LOCALIZACIÓN Apique No 5  
 DESCRIPCIÓN \_\_\_\_\_

**PESOS UNITARIOS DE LA MUESTRA**

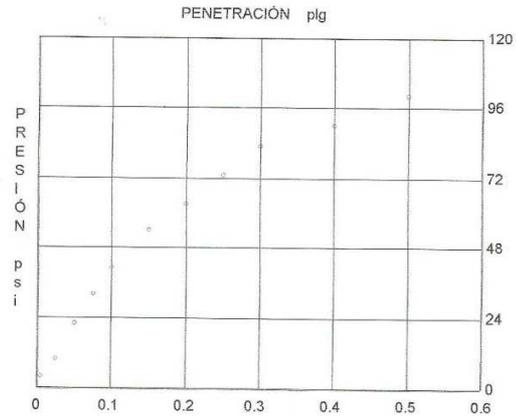
Molde No.	1
Altura de la muestra cm	18,0
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2514,7
Peso suelo húmedo + molde gr	9695
Peso del molde gr	4729
Peso suelo húmedo gr	4966
Peso suelo húmedo + recipiente gr	1,97
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	1,58

**CONTENIDO DE AGUA**

Recipiente No.	116
Peso suelo húmedo + recipiente gr	217,96
Peso suelo seco + recipiente gr	182,92
Peso del recipiente gr	40,89
Humedad %	24,67
Humedad promedio %	24,67

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

Penetración plg	Dial Carga	Presión psi
0.005	11	4
0.025	31	10
0.050	68	22
0.075	100	32
0.100	128	41
0.150	169	54
0.200	198	63
0.250	228	73
0.300	262	83
0.400	283	90
0.500	314	100
CBR corregido a 0.1"	4,10	
CBR corregido a 0.2"	4,20	



Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

  
 HERNEY LASSO BCHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

  
 GIOVANNY TORO  
 Ingeniero Especialista

SUELOS Y MATERIALES  
LABORATORIO



ENSAYO DE CBR INALTERADO

PROYECTO Vía Santiago Inspección San Andres Munic Santiago FECHA Febrero de 2010  
 REFERENCIA Ensayo No 2 LOCALIZACIÓN Apique No 2  
 DESCRIPCIÓN \_\_\_\_\_

PESOS UNITARIOS DE LA MUESTRA

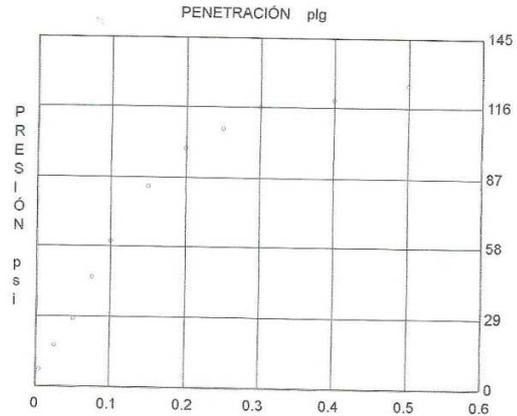
Molde No.	1
Altura de la muestra cm	11,6
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2179
Peso suelo húmedo + molde gr	5717
Peso del molde gr	2836
Peso suelo húmedo gr	2881
Peso suelo húmedo + recipiente gr	1,32
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	0,89

CONTENIDO DE AGUA

Recipiente No.	147
Peso suelo húmedo + recipiente gr	243,31
Peso suelo seco + recipiente gr	186,00
Peso del recipiente gr	66,03
Humedad %	47,77
Humedad promedio %	47,77

PRESIÓN vs PENETRACIÓN

Penetración plg	Dial Carga	Presión psi
0.005	23	7
0.025	53	17
0.050	89	28
0.075	142	45
0.100	187	60
0.150	262	83
0.200	310	99
0.250	337	107
0.300	363	116
0.400	374	119
0.500	392	125
CBR corregido a 0.1"	6,00	
CBR corregido a 0.2"	6,60	



Cualquier modificación al contenido de este informe será sancionada penalmente. Exija informes originales!

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

HERNEY LASSO ECHAVARRÍA  
 Geotecnólogo

GIOVANNY TORO  
 Ingeniero-Especialista











**ANEXO H. METODOLOGIA GENERAL AJUSTADA  
PRESUPUESTO + ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ANEXO I. PLANOS LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO –DISEÑO  
GOMETRICO –DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE -DISEÑO ESTRUCTURA DE  
PAVIMENTO**