

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPRENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO – CTON. HATO NUEVO”

PRESENTADO POR:
LOVO HERNÁNDEZ, ANA BELIS
SORTO GARCÍA, JULIO ERNESTO
HERNÁNDEZ GARCÍA, JORGE ERMIS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN MIGUEL, NOVIEMBRE DE 2008

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Ing. Msc. Rufino Antonio Quezada Sánchez

VICERRECTOR ACADÉMICO:

Arq. Msc. Miguel Angel Pérez Ramos

SECRETARIA GENERAL:

Lic. Douglas Bladimir Alfaro Chávez

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO:

Ing. David Arnoldo Chávez Saravia

SECRETARIA:

Ing. Jorge Alberto Rugama Ramírez

JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:

Ing. Uvin Edgardo Zúñiga Cruz

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL,
COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO – CTON. HATO NUEVO”

Presentado por:

LOVO HERNÁNDEZ, ANA BELIS
SORTO GARCÍA, JULIO ERNESTO
HERNÁNDEZ GARCÍA, JORGE ERMIS

Para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador de Proyectos de Graduación:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES

Docente Director de Trabajo de Graduación:

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

Ciudad Universitaria, San Miguel, Noviembre de 2008

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

Docente Director:

ING. JOSÉ LUIS CASTRO CORDERO

Coordinador de Proyectos de Graduación:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, principio y fin de todo el conocimiento, por habernos permitido un poco de intelecto para lograr terminar, no sin antes pasar por muchas pruebas y obstáculos, esta carrera profesional;

A la Universidad de El Salvador, por brindarnos el medio para aumentar considerablemente nuestro acervo cultural y convertirnos en profesionales;

A nuestro docente director, Ing. José Luis Castro Cordero por su ayuda en el desarrollo de este estudio;

A la Ing. Milagro de María Romero Bardales, Coordinadora de Proyectos de Graduación, por animarnos cuando nuestras fuerzas flaquearon a medida nos adentrábamos en la realización de esta tesis;

A los docentes que compartieron con nosotros sus conocimientos a lo largo de los años que permanecemos en la U, y nos hicieron forjar nuestras herramientas;

A nuestras familias y amigos, que de alguna forma pusieron su grano de arena en la realización de esta investigación;

A todos esos protagonistas anónimos que nos ayudaron incondicionalmente, gracias...

A Dios Todo Poderoso quien fue el amigo y apoyo en los momentos de incertidumbre, a mi madre quien con su apoyo, comprensión y paciencia logro llevarme hasta la meta final , a mi hijo quien fue el motivo de lucha los últimos años de mi carrera, a mis hermanos y familia en general por darme su apoyo incondicional.

La culminación de este trabajo cierra y la vez abre una etapa de aprendizaje en mi existencia, y me demuestra que aun en los momentos de indecisión Dios camina conmigo.

Por eso le estoy inmensamente agradecido a mi Padre Celestial, porque me permitió llegar al término de esta carrera, y, me da la capacidad de comprender que éste es apenas un peldaño escalado de tantas cosas que él me hará pasar para conducirme a donde él me quiere llevar.

Su madre también fue un bastión importante ya que en muchas ocasiones, y aun olvidándome de ella, siempre intercedió por mí ante él en cada decisión que he tomado.

También le agradezco a mi papá: Don Mardo, por haberse convencido que no hay mejor herencia para un hijo que regalarle con mucho esfuerzo la posibilidad de estudiar; a la Tere y la Cati, porque sin pedirlo formamos una hermandad y hemos sido desde la niñez un apoyo el uno del otro; a mi tía Mila y su esposo, por creer en mí y haber sido incondicionales sobre todo en la recta final de esta carrera; a mis familiares (tíos, abuelos, primos), por sus palabras de aliento y reprensiones cuando las he necesitado; a los miembros del Ministerio Asís, por haberme enseñado el camino desde niño y haber vivido con ellos la suma de experiencias que hoy me permiten ser quien soy; a mis amigos y a todas aquellas personas que Dios permitió, por alguna razón, que se cruzaran en mi camino; y por último, a mi mamá: Chayito, por haber madrugado desde que yo tengo uso de razón, convencida de que el mercado (como arma de doble filo) le llevaría algún día a ver los frutos de tan encomiable sacrificio: ESTO ES POR Y PARA USTED MAMÁ...

A mis compañeros de tesis, para que comprendamos que esto no es más que “un medio” que nos permitirá trabajar por lo material, pero que no es “el fin”, y que nunca lleguemos a instrumentalizarnos a donde sea que las circunstancias nos lleven.

Julio Ernesto Sorto García

DEDICO ESTE TRIUNFO:

A DIOS TODOPODEROSO: Por guiarme e iluminarme a lo largo de mi formación académica y el haberme permitido alcanzar la meta que me propuse.

A MIS PADRES: Jorge Ervis Hernández y Mirna Ruth García, por ser ejemplos en mi vida y pilares fundamentales para mi formación profesional, brindándome siempre apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A MIS HERMANOS: Manuel Alexander Hernández García y Mirna Elizabeth Hernández García, por brindarme su apoyo en momentos difíciles.

A MIS ABUELAS: Mirian Argentina Ramos y Fidelina Hernández, por estar pendientes de mí, dándome ánimo y apoyándome constantemente en todo lo que necesité.

A MIS TÍAS y TÍOS: María Antonia García, Lidia Ofelia Ramos, Rosa Idalia, Martha Ramos, Rina Deysi Ramos, Guadalupe Hernández y Vicente Hernández (Q.D.D.G), como un reconocimiento por su ayuda a lo largo de toda mi carrera profesional.

A MIS AMIGOS: Heriberto Torres, Hugo Castro y Lic. Carlos Alberto Machuca, quienes me aconsejaron y me apoyaron de manera incondicional.

A MIS COMPAÑEROS: Julio y Ana, por haber formado junto a ellos un grupo que luchó y se esmero por salir adelante, nunca dándose por vencido, lo que contribuyó a alcanzar con éxito nuestro objetivo.

Al resto de mi Familia y Amigos con mucho afecto y cariño.

“Encomienda a Jehová tus Obras y se realizaran tus Proyectos” (PROVERBIOS 16:3)

Jorge Ervis Hernández García

Índice de Contenido.

INTRODUCCION GENERAL.....	i
Capítulo I: Anteproyecto.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Planteamiento del Problema.....	6
1.4. Objetivos.....	8
1.5. Alcances.....	8
1.6. Limitaciones.....	9
1.7. Justificación.....	10
Capítulo II: Marco Referencial.....	13
2.1. Introducción.....	14
2.2. Marco Normativo.....	14
2.3. Marco Histórico.....	17
2.4. Marco Conceptual.....	20
2.4.1. Aplicación de la Topografía a las Carreteras.....	20
2.4.1.1. Estudio Topográfico del Trazado.....	22
2.4.2. Diseño Geométrico de Carreteras.....	23
2.4.3. Elementos Principales del Diseño Geométrico.....	24
2.4.3.1. Alineamiento Horizontal.....	24
2.4.3.1.1. Elementos que lo Integran.....	24
2.4.3.2. Alineamiento Vertical.....	30
2.4.3.2.1. Elementos que Integran el Alineamiento Vertical.....	31
2.4.3.2.2. Aspectos a Considerar en una Curva Vertical.....	33
2.4.3.3. Secciones Transversales.....	35
2.4.3.3.1. Elementos que integran las secciones transversales.....	35
2.4.4. Conceptos Básicos Relacionados con la Ingeniería de Transito.....	42
2.4.4.1. El Usuario.....	43

2.4.4.2.	La Vialidad.	44
2.4.4.3.	El Vehículo de Diseño.	44
2.4.4.4.	Los Volúmenes de Transito.	46
2.4.4.5.	El Transito Promedio Diario Anual (TPDA).	47
2.4.4.6.	Las Velocidades.	47
2.4.4.7.	Capacidad del Camino.	49
2.4.4.8.	Nivel de Servicio.	49
2.4.5.	Señalización Vial.	51
2.4.5.1.	Señalización Horizontal.	52
2.4.5.2.	Señalización Vertical.	55
2.4.5.3.	Semáforos.	64
Capítulo III: Generalidades del Área de estudio.		67
3.1.	Introducción.	68
3.2.	Ubicación y Geomorfología.	68
3.3.	Geología.	73
3.4.	Hidrología.	75
3.4.1.	Corrientes Hidrológicas Involucradas.	76
3.5.	Recursos Medio Ambientales.	80
3.6.	Usos del Suelo.	83
3.6.1.	Uso de Suelo Habitacional y Actividad Comercial Actual.	86
Capítulo IV: Evaluación de Rutas.		88
4.1.	Introducción.	89
4.2.	Elaboración de los croquis.	90
4.3.	Reconocimientos preliminares.	93
4.3.1.	Reconocimiento en Campo de las Alternativas.	94
4.4.	Estudio del trazo.	95
4.4.1.	Estudio sobre cartas geográficas.	96
4.4.2.	Estudio sobre imágenes aéreas y de satélite.	97

4.4.3. Estudio del trazo de las alternativas propuestas.....	98
4.4.3.1. Alternativa 1.	99
4.4.3.2. Alternativa 2.	102
4.4.3.3. Alternativa 3.	105
4.5. Selección de Alternativa para el Diseño Geométrico.....	108
Capítulo V: Selección de Parámetros y Diseño Geométrico.....	112
5.1. Introducción.....	113
5.2. Metodología Empleada para el Diseño Geométrico.....	114
5.2.1. Reglamento de Diseño y Software Empleado.	114
5.3. Revisión y Análisis de Datos de Tráfico.	116
5.3.1. Tasa de Crecimiento Vehicular.....	118
5.3.2. Período de diseño de la propuesta.....	120
5.3.3. Transito Promedio Diario Anual, TPDA.	120
5.4. Clasificación de la Vía.....	124
5.4.1. Criterios para la Clasificación de las Carreteras.....	124
5.4.2. Análisis de la Categoría del Camino.....	125
5.5. Análisis de Capacidad Vial.....	126
5.6. Vehículo de Diseño.	129
5.7. Selección de Parámetros de Diseño.....	131
5.7.1. Velocidad de Diseño (Vd).	132
5.7.2. Carriles de Circulación y Hombros.....	133
5.7.2.1 Número de Carriles (n).	133
5.7.2.2 Ancho de los Carriles.....	134
5.7.2.3 Ancho de los Hombros.	134
5.7.3. Ancho del Derecho de Vía.....	135
5.7.4. Distancia Mínima de Visibilidad (Dv).....	135
5.7.5. Sobreelevación máxima (e) y Pendiente transversal de calzada.....	137
5.7.6. Radio Mínimo (Rmin) y Grados Máximos (D) de Curvas.	138
5.7.7. Pendiente Máxima.	140
5.7.8. Parámetro mínimo K de Curva Vertical en Cresta y Columpio.	141

5.7.9. Cuadro Resumen de Parámetros Utilizados en el Diseño Geométrico.....	143
5.8. Diseño del Alineamiento Horizontal.....	144
5.8.1. Radios de Curvas Horizontales.....	144
5.8.2. Puntos de Intersección, Longitudes de Curvas, Subtangentes, Grados de Curvatura y Deltas de Curvas Horizontales.....	145
5.8.3. Distancias de Visibilidad en Curvas Horizontales.....	146
5.8.4. Presentación de Resultados del Diseño Horizontal.....	149
5.9. Diseño del Alineamiento Vertical.....	150
5.9.1. Pendientes Longitudinales.....	150
5.9.2. Curvas Verticales.....	151
5.9.3. Presentación de Resultados del Diseño Vertical.....	156
5.10. Diseño Transversal.....	156
5.10.1. Sección Transversal Tipo.....	156
5.10.2. Diseño de la Sobreelevación.....	157
5.10.3. Diseño de Longitudes de Transición de Sobreelevación.....	158
5.10.4. Presentación de Resultados del Diseño Transversal.....	161
5.11. Intersecciones.....	162
5.11.1. Intersecciones con otras Vías.....	162
5.11.2. Intersecciones con Corrientes de Agua.....	165
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	166
6.1 Conclusiones.....	167
6.2 Recomendaciones.....	168
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
-ANEXOS.-.....	171
ANEXO A-1.....	172
Anexo A-1_1: Mapa No. 3-T del PTU.....	172
Anexo A-1_2: Mapa No. 6-T del PTU.....	173
ANEXO A-2.....	174
ANEXO A-3.....	175
ANEXO A-4.....	176
ANEXO A-5: PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.....	179

ANEXO A-6.....	192
ANEXO A-7.....	194

Índice de Tablas.

Tabla 2.1. Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales.	22
Tabla 2.2. Descripción de Elementos de la Curva Circular Simple.	26
Tabla 2.3. Descripción de Elementos de la Curva Circular Compuesta.....	28
Tabla 2.4. Descripción de Componentes de las Curvas Circulares y Espirales.	29
Tabla 2.5. Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales.	31
Tabla 2.6. Dimensiones de los Vehículos de Diseño (metros).....	45
Tabla 2.7. Radios Mínimos de Giro de los Vehículos de Diseño (metros).....	45
Tabla 2.8. Distancias para la Ubicación de las Señales Preventivas en Vías Rurales o en Vías Urbanas de Jerarquía Superior a las Arterias.	55
Tabla 2.9. Significado de las Señales Preventivas.....	58
Tabla 2.10. Significado de las Señales Reglamentarias.	61
Tabla 4.1. Características Sobresalientes de las 3 Alternativas Propuestas.	110
Tabla 5.1. Tasa de crecimiento Geométrico a utilizar.....	119
Tabla 5.2. TPDA Inicial del Proyecto.	122
Tabla 5.3. TPDA Final del Proyecto.	123
Tabla 5.4. Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales.....	125
Tabla 5.5. Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para Diseño.	128
Tabla 5.6. Clasificación y Dimensiones de los Vehículos de Diseño.	129
Tabla 5.7. Elementos de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.....	130
Tabla 5.8. Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.....	132
Tabla 5.9. Anchos mínimos de hombros y aceras.....	134
Tabla 5.10. Distancias de visibilidad de parada en terreno plano.	136
Tabla 5.11. Distancias de visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.	136
Tabla 5.12. Sobreelevaciones máximas de acuerdo al tipo de terreno.	137
Tabla 5.13. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.	139
Tabla 5.14. Pendientes máximas y mínimas por tipo de carretera.	140
Tabla 5.15. Valores del parámetro K para curvas verticales en cresta basados en las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento.....	141

Tabla 5.16. Valores del parámetro K para curvas verticales en columpio basados en las distancias de visibilidad de parada.	142
Tabla 5.17. Parámetros utilizados en el diseño geométrico.	143
Tabla 5.18. Características Generales de Curvas Horizontales.	145
Tabla 5.19. Elementos de las Curvas Horizontales.	146
Tabla 5.20. Distancias de Visibilidad para las Curvas Horizontales.	147
Tabla 5.21. Resumen del Diseño Horizontal.	149
Tabla 5.22. Pendientes Longitudinales.	150
Tabla 5.23. Datos curvas verticales y distancia de visibilidad.	152
Tabla 5.24. Longitudes mínimas requeridas en las curvas verticales.	153
Tabla 5.25. Resumen del Diseño Vertical.	156
Tabla 5.26. Sección Transversal Tipo según tramo.	157
Tabla 5.27. Valores de Sobreelevación para cada curva horizontal.	158
Tabla 5.28. Gradientes máximos en cambio de sobreelevación.	160
Tabla 5.29. Longitudes de Transición en las Curvas Horizontales.	161
Tabla 5.30. Resumen del Diseño Transversal.	161
Tabla 5.31. Longitud generada de claros en cursos de agua.	165

Índice de Figuras.

Figura 1.1. Carretera El Sitio – Hato Nuevo, Proyectos Viales a largo plazo (PTU – PLAMADUR).	5
Figura 2.1. Elementos de la Curva Circular Simple.	26
Figura 2.2. Elementos de la Curva Circular Compuesta.	27
Figura 2.3. Componentes de las Curvas Circulares y Espirales.	29
Figura 2.4. Tipos de Curvas Verticales.	33
Figura 2.5. Elementos de las Curvas Verticales.	35
Figura 2.6. Sección Transversal Típica en una Tangente del Alineamiento Horizontal.	40
Figura 2.7. Detalle Típico de Bordillo.	41
Figura 2.8. Faja Separadora.	42
Figura 2.9. Características del Vehículo de Diseño WB-20.	46
Figura 2.10. Líneas Centrales y de Borde de Pavimento.	53
Figura 2.11. Flechas en el Pavimento (medidas en metros).	54
Figura 2.12. Señales Preventivas.	57
Figura 2.13. Señales Reglamentarias.	61
Figura 2.14. Posición de las Lentes en un Semáforo de Tres Luces.	66
Figura 3.1. Ubicación Geográfica del Área de Interés.	69
Figura 3.2. Formaciones Geológicas predominantes en San Miguel.	73
Figura 3.3. Sub-Cuencas Hidrográficas en San Miguel y la Zona de Interés.	76
Figura 3.4. Corrientes de Agua que atravieza la Propuesta.	77
Figura 3.5. Usos de suelo del área de estudio.	83
Figura 4.1. Elaboración de los Croquis sobre Cuadrantes Topográficos.	91
Figura 4.2. Identificación de Controles Primarios.	92
Figura 4.3. Identificación de Controles Secundarios.	93
Figura 4.4. Alternativas sobre Cartas Geográficas.	98
Figura 4.5. Alternativas sobre Imágenes de Satélite.	99
Figura 4.6. Imágen de Satelite que muestra la zona donde pasa la Alternativa 1.	101
Figura 4.7. Propuesta de Diseño Geométrico de By Pass en la Ciudad de San Miguel.	111
Figura 5.1 Clasificación funcional de la red vial interurbana para el análisis de capacidad vial.	127
Figura 5.2. Vehículo de diseño WB-20.	131

Figura 5.3. Método “A” para el desarrollo de la sobreelevación.	159
Figura 5.4. Intersección tipo “T” sobre Carretera Panamericana y Ruta Militar.	163
Figura 5.5. Intersección tipo “CUÑA” sobre Calles Antigua a Quelepa y a Agua Zarca..	164

Índice de Fotografías.

Fotografía 1.1. Congestionamiento vehicular sobre la Carretera Panamericana y Ruta Militar.....	7
Fotografía 1.2. Congestionamientos a la altura de el triángulo, Junio-2008.....	11
Fotografía 1.3. Congestionamiento sobre la CA-01 en El Sitio.....	11
Fotografía 3.1. Inicio del sitio de la propuesta, coordenadas 13 ⁰ 29' 54.99'' N, 88 ⁰ 12' 32.97'' W.....	70
Fotografía 3.2. Tramo de terreno semiplano a 200 m de la CA-01.....	70
Fotografía 3.3. Punto donde la traza proyectada atraviesa la calle antigua a Quelepa.....	70
Fotografía 3.4. Planicie que atraviesa la traza con cultivos de maíz.....	71
Fotografía 3.5. Intercepcion de la propuesta con la calle a Agua Zarca.....	72
Fotografía 3.6. Intercepcion con el Río Grande de San Miguel; 13 ⁰ 31' 02.37'' N, 88 ⁰ 10' 21.95'' W.....	72
Fotografía 3.7. Final de la Propuesta; coordenadas 13 ⁰ 30' 26.61'' N, 88 ⁰ 09' 15.97''W.....	72
Fotografía 3.8. Pequeña ladera formada por epiclastitas volcánicas de color café.....	74
Fotografía 3.9. Estrato de rocas efusivas acidas en las cercanías del Río Grande de San Miguel.....	75
Fotografía 3.10. Quebrada Jalacatal.....	78
Fotografía 3.11. Punto de interes sobre el Río Grande de San Miguel.....	79
Fotografía 3.12. Quebradas al oriente del Río Grande de San Miguel.....	80
Fotografía 3.13. Especies de Arboles a 920.m de la CA-01.....	82
Fotografía 3.14. Vegetación de la zona comprendida entre Carretera panamericana y Cantón El Sitio.....	84
Fotografía 3.15. Cultivos de la zona entre Cantón El Sitio y antigua calle a Quelepa.....	85
Fotografía 3.16. Arbustos y matorrales en las cercanías al Rio Grande.....	85
Fotografía 3.17. Uso del suelo en Cantón Hato Nuevo.....	85
Fotografía 3.18. Tipos de Vivienda en Colonias al Norte de la Ciudad.....	86
Fotografía 3.19. Baja densidad Poblacional al oriente del Río Grande.....	86
Fotografía 4.1. Alternativa 1 : Entrada de la Residencial El Sitio.....	95
Fotografía 4.2. Alternativa 2 : Interseccion con Calle a Agua Zarca.....	95
Fotografía 4.3. Alternativa 3 : Zona con alta densidad poblacional.....	95
Fotografía 4.4. Entrada de la Residencial El Sitio.....	100

Fotografía 4.5. Punto sobre la alternativa 1, al fondo muro perimetral de Residencial Riverside.....	100
Fotografía 4.6. Alternativa 1 sobre sitios poblados.....	100
Fotografía 4.7. Alternativa 1 sobre Lotificación Valle Nuevo.....	100
Fotografía 4.8. Punto de inicio de Alternativa 2.....	102
Fotografía 4.9. Cultivos de maiz dentro de la alternativa.....	102
Fotografía 4.10. Interseccion de Alternativa 2 con Calle Antigua a Quelepa.....	103
Fotografía 4.11. Parte trasera de Campo Aventura.....	104
Fotografía 4.12. Punto del Rio Grande por donde pasa la Alternativa 2.....	104
Fotografía 4.13. Terrenos del Canton Hato Nuevo.....	105
Fotografía 4.14. Fin de Alternativa 2, intersección con Ruta Militar.....	105
Fotografía 4.15. Primeros 200 m de la Alternativa 3.....	106
Fotografía 4.16. Alternativa 3 sobre Camino Existente.....	106
Fotografía 4.17. Cultivos de Maíz sobre Alternativa 3.....	106
Fotografía 4.18. Alternativa 3 al oriente de Interseccion con Calle a Quelepa.....	107
Fotografía 4.19. Alternativa 3 al poniente de Interseccion con Calle a Agua Zarca.....	107

INTRODUCCION GENERAL.

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

Las carreteras son vías de comunicación que permiten todo tipo de transporte, mediante vehículos, de un lugar a otro, de forma racional y económica. Cada país tiene sus problemas, estrechamente ligados al medio económico y humano, a los recursos naturales, al clima. Entre estos problemas, la concepción de una red de carreteras es una de los más importantes. Otro problema ligado con él es la planificación de los transportes, que comprende, naturalmente, la planificación de sus vías.

El aumento de tamaño y densidad de la población en la ciudad de San Miguel han contribuido en los últimos años a agudizar el problema del congestionamiento en sus principales arterias; la necesidad de comunicación con otras regiones y la ubicación geográfica de la ciudad permite que esta sea un punto de confluencia para el comercio en la zona oriental, lo que se presta para que un buen porcentaje de vehículos circulen de paso por la ciudad. Muchos inconvenientes generados por el tráfico de paso son los que dicha situación provoca entre los que podemos destacar los accidentes, las demoras, la contaminación ambiental, aumento en los costos de operación vehicular, entre otros.

En este trabajo se propone el diseño geométrico de una alternativa que ayudaría a reducir los altos volúmenes de tránsito sobre la Carretera Panamericana en la entrada de la ciudad y sobre la Ruta Militar (entre la Av. Roosevelt y la 10^a Av. Norte), se toma en cuenta la normativa del Manual Centroamericano para el diseño geométrico de las carreteras regionales para establecer los parámetros a considerar en el diseño, teniendo en cuenta que el diseño geométrico de dicha alternativa es el fin de esta tesis.

Capítulo I: Anteproyecto.

ANTEPROYECTO

1.1. Introducción.

Se hace una descripción de manera específica del problema que aquí se está abordando, detallándose todos los elementos que constituyen el Anteproyecto, enfocados en la necesidad de dar a conocer y solventar dicha situación concerniente al caos vehicular en dos de las tres entradas que posee la ciudad de San Miguel; entre los elementos que contiene este anteproyecto se mencionan:

Antecedentes del problema, se visualiza la situación en el contexto histórico de cómo la situación vehicular en la zona de interés viene desarrollándose con el transcurrir de los años y los muchos o pocos esfuerzos realizados por los personajes involucrados en la administración de la cosa pública para solucionar los problemas de congestionamiento;

Planteamiento del problema, el cual es una descripción de las circunstancias en la cual aparece la dificultad que da origen al problema. Significa definir qué es lo que se trata de resolver o de conocer;

Objetivos Generales y específicos, son la pauta de referencia que guían el desarrollo de la investigación y a cuyo logro se dirigen los esfuerzos;

Alcances, es donde se determinan los aspectos del problema que se abarcan en estudio;

Limitaciones, se indica cuales aspectos del problema quedan fuera del ámbito de estudio, ya sea por limitaciones derivadas de la realidad o del universo de estudio, del tipo de enfoque escogido del problema; y,

Justificación, entendiéndose como tal, el sustentar, con argumentos convincentes, la realización del estudio, señalar porque se va a llevar a cabo, a quienes y como va a beneficiar. En forma concisa si el problema es oportuno, urgente necesario de estudiar.

1.2. Antecedentes.

“El buen funcionamiento de la red de carreteras es, por lo tanto, crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socioeconómicas en los cinco países de la región”¹; la frase anterior extraída del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico, de la Secretaria de Integración Económica Centroamericana SIECA, resume la importancia que se les debe a las carreteras como patrimonio de los países y como el principal motor que impulsa el desarrollo de los pueblos en la Región.

A finales de 1,920 los gobiernos de la Región Centroamericana concedieron más importancia a las carreteras y ampliaron antiguas veredas. En el año de 1,945 se consideraba que la red vial en Centroamérica ya superaba los 40,000 kilómetros. En su gran mayoría, eran carreteras de tierra, transitables parcialmente en época seca y muy pocos caminos, quizá el 10%, tenían una cubierta de rodadura.

Nuestro país cuenta con aproximadamente 6,073.22 Km de carreteras de los cuales 3,017.28 Km son pavimentadas y los restantes 3,055.94 Km son no pavimentadas; sin embargo, aunque se han obtenido avances muy importantes en cuanto a mejoras en los diseños de las vías, aun hace falta investigaciones locales aplicables al diseño geométrico de las carreteras en la región.

Actualmente, es una necesidad mejorar y ampliar la red vial de El Salvador modernizándola, por ejemplo, en los requerimientos de capacidad y servicio que los altos volúmenes de tránsito demandan, para poder garantizar la fluidez y niveles de servicio óptimos que tales condiciones imponen.

Con el transcurrir de los años San Miguel ha experimentado un crecimiento en sus actividades productivas y económicas, lo que la sitúa como la tercera Ciudad en importancia del país, y es el principal motor para el comercio y servicios en el oriente.

¹ Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, Resumen Ejecutivo, pág. 2

Pero dicho crecimiento no ha ido a la par conjuntamente en avances importantes de infraestructura, principalmente en el sector vial. Debido a un acelerado crecimiento, a un pobre sistema de mantenimiento y problemas institucionales, la infraestructura de transporte y la administración del tráfico local se han visto relegadas en relación a la expansión económica y demográfica de la ciudad y la zona oriental en general.

Estos factores antes mencionados han contribuido de manera progresiva hasta el día de hoy, a un incremento de los volúmenes de tránsito que por ende reducen la eficiencia del sistema vial primario en la periferia de la ciudad, reflejándose en aumentos de accidentes, contaminación ambiental, demoras y mayores costos de operación; justamente lo que se observa a diario en dos de las carreteras principales del país que convergen en la ciudad: la carretera CA – 01 (Carretera Panamericana) y la CA – 07 (Ruta Militar).

Se han realizado estudios que abordaron directamente el tema. El Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR – SAN MIGUEL)², en su Plan de Transporte Urbano (PTU) menciona que el desarrollo desenfrenado en la periferia de San Miguel, requiere de accesos para atravesar la ciudad; es así como estas propuestas visualizan la necesidad de crear una calle de circunvalación destinada para el tráfico que cruza la zona.

Las proyecciones de este estudio indican que para el año 2015 habrá una demanda para una vía de circunvalación de 20,300 viajes de personas al norte de la ciudad; dichos viajes serán generados principalmente por el tráfico de paso y el externo hacia dichas zonas.

En el capítulo III “Recomendaciones del Estudio”, numeral 3.1.2.3 del mismo documento, se plantea la necesidad de construir una vía atravesando la zona norte de este a oeste, desde alrededor de la salida de la ciudad por la Carretera Panamericana a San Salvador hasta la salida por la Ruta Militar.

² Consorcio PADCO-ESCO, 1996 - 1997

La Figura 1.1 resume los proyectos viales propuestos en el PLAMADUR a largo plazo, siendo el proyecto No. 19 la vía de circunvalación El Sitio – Hato Nuevo con una longitud aproximada de 6.5 km (apertura y mejoramiento), según el citado estudio, la que actuaría como un By pass en la zona norte de la ciudad.

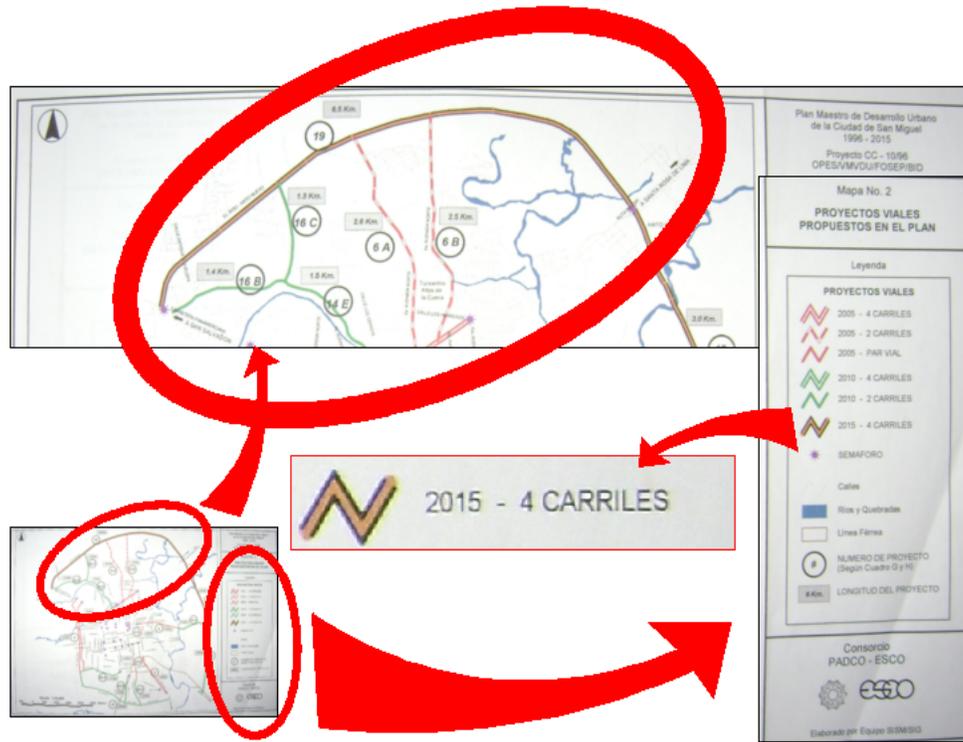


Figura 1.1. Carretera El Sitio – Hato Nuevo, Proyectos Viales a largo plazo (PTU – PLAMADUR).

Los proyectos pretendían satisfacer las necesidades de la ciudad en lo concerniente al sistema vial en su periodo de diseño; pero, aunque algunos ya fueron ejecutados, se está llegando al término del tiempo establecido y todavía faltan ciertos de ellos para que sus recomendaciones aún tengan efecto. El proyecto No. 19 es uno de los que faltan, y es parte del anillo periférico recomendado para desviar el tráfico de la congestionada Avenida Roosevelt y de la Ruta Militar.

1.3. Planteamiento del Problema.

Desde hace algunos años San Miguel ha crecido rápidamente. En la periferia de la ciudad el fenómeno es más palpable. Nuevos asentamientos, que en la mayoría de los casos no cuentan con los servicios adecuados, ya que la descentralización de los mismos no ha sido implementada, lo que aumenta el flujo hacia y desde el centro.

La dinámica comercial en el oriente del país también ha experimentado una expansión, muchos son los factores involucrados, el flujo de remesas provenientes del extranjero, la construcción del Puerto Cutuco en La Unión, la misma ubicación geográfica que propicia el intercambio comercial con los países vecinos; todo ello ha ubicado a San Miguel como la principal ciudad de la zona y la tercera en importancia del país.

Todos estos movimientos de personas impulsan su desarrollo, pero la ciudad todavía no ofrece una infraestructura y servicios adecuados que tales condiciones imponen.

La infraestructura vial y el transporte son una de las necesidades críticas para la ciudad. Se requiere su buen funcionamiento para ajustarse al cambio estructural y para proveer un adecuado servicio a la población; una de las mayores dificultades son los congestionamientos, e impedirlos es uno de los indicadores más importantes para resolver los problemas.

El Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR – SAN MIGUEL), en su Plan de Transporte Urbano (PTU) plantea el siguiente escenario para la ciudad sin plan:

- Congestionamientos y desorden del tráfico, generándose incrementos en los costos de operación vehicular, tiempos de viajes y números de accidentes, especialmente en el centro de la ciudad, zona sur poniente y vías distribuidoras que comunican con las vías externas, tales como la Av. Roosevelt, **y la Ruta Militar entre la Av. Roosevelt y la 10ª Av. Norte.**
- Habrá una gran contaminación del medio ambiente, etc.

Si bien es cierto que unas recomendaciones han sido implementadas, todavía quedan algunas pendientes; y ante esto, se observan situaciones como las anteriores planteadas en el Plan.

Los viajes de vehículos han aumentado considerablemente, al tráfico interno de la ciudad se le suma el tráfico de paso. Todos estos viajes circulan en las calles de San Miguel, que en su mayoría son estrechas con derechos de vía que no pueden ser ampliados, pues las edificaciones y los negocios se expanden casi hasta los cordones. Sobre la Carretera Panamericana en la entrada de la ciudad y sobre la Ruta Militar (entre la Av. Roosevelt y la 10ª Av. Norte) se constata que la vía está funcionando con altos flujos vehiculares. La Fotografía 1.1 ilustra tales condiciones en el mes de junio de 2008.



Fotografía 1.1. Congestionamiento vehicular sobre la Carretera Panamericana y Ruta Militar.

Aunado a lo anterior, la falta de mantenimiento rutinario ha contribuido a que las vías en estudio presenten un alto grado de deterioro por la solicitud del tránsito sobre ellas; el transporte colectivo se “autorregula”, en la fotografía anterior se observa que las paradas de buses no están bien definidas, ocasionando demoras a otros usuarios de la carretera; gran parte de las mismas son utilizadas como estacionamientos debido al auge de establecimientos de ventas y reparaciones de vehículos.

Todas estas situaciones ocasionan problemas en la población en general, se recalca de nuevo que el tráfico de paso representa una importante demanda sobre la Carretera Panamericana en la entrada de la ciudad y sobre la Ruta Militar, una vía de circunvalación al norte de la ciudad (By Pass) sería una opción para aliviar tal situación.

1.4. Objetivos.

Objetivo General.

- Estudiar y establecer las bases, en materia de Diseño geométrico, de una vía de circunvalación (By pass) sobre la parte norte de la ciudad de San Miguel.

Objetivos Específicos.

- Establecer la franja de terreno, en la que se pueda ubicar el trazo de la Propuesta de By Pass.
- Diseñar la configuración geométrica del BY PASS de acuerdo a las normas vigentes en la región.
- Detallar, en el estudio “PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPRENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO – CTON. HATO NUEVO”, los elementos principales del diseño geométrico: Alineamiento Horizontal, Alineamiento Vertical y Secciones Transversales.

1.5. Alcances.

- Se estudian las técnicas que conducen al diseño de los elementos básicos de una vía.
- Los datos de Transito promedio diario anual (TPDA), insumo principal para el diseño geométrico de carreteras, se analizan y proyectan en base al Estudio de

- Tráfico realizado en el Plan de Transporte Urbano (PTU) del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR – SANMIGUEL).
- Se analizan a partir de Cuadrantes Topográficos y de Imágenes de Satélite, 3 alternativas de la posible traza, para luego seleccionar la que se considere más adecuada a partir de criterios técnicos y reconocimiento en campo.
 - Se realiza el Estudio Topográfico de la Alternativa de Ruta seleccionada donde se propondrá la configuración geométrica de la propuesta de By pass.
 - Se elaboran y se presentan planos del By Pass con los principales componentes del Diseño Geométrico (alineamientos horizontal, vertical y secciones transversales tipo).
 - Se revisa que los parámetros establecidos para el Diseño Geométrico cumplan con los valores máximos y mínimos de las normas nacionales e internacionales vigentes en nuestro país en materia de Diseño Geométrico de carreteras.

1.6. Limitaciones.

- El trabajo esta orientado al Diseño Geométrico de la vía y no a los estudios anteriores ni posteriores al diseño.
- Las obras de paso (en ríos y quebradas) únicamente se proponen en los puntos sobre el eje que se estimen convenientes; no se incluye su diseño estructural debido a la magnitud de los estudios hidráulicos e hidrológicos que involucra el diseño de este tipo de estructuras.
- Los sistemas de drenaje mayor y drenaje menor de la carretera, por la magnitud que representa un estudio hidrológico, no se diseñan en este trabajo.
- El diseño del paquete estructural de las distintas capas que conforman el pavimento de la carretera, no es parte de esta propuesta.
- En lo referente a datos de transito, se utiliza la información disponible en el Plan de Transporte Urbano del PLAMADUR por ser el único estudio que ha identificado la demanda vehicular que tendría una vía de circunvalación en la periferia de la ciudad de San Miguel.

- No se presenta el presupuesto del By Pass.

1.7. Justificación.

La problemática del congestionamiento vehicular en la entrada de la ciudad sobre la Carretera Panamericana, específicamente a la altura de la Residencial El Sitio y que se extiende sobre el tramo de la Ruta Militar que atraviesa el área urbana de San Miguel, surge como consecuencia de que la ciudad no posee una vía alterna destinada para la circulación de los vehículos de paso que hacen uso de las carreteras CA - 01 ↔ CA - 07 hacia otros destinos del país o fuera de este.

La ciudad de San Miguel, considerada la tercera en importancia del país se ve actualmente ahogada por los problemas que ya padecen las grandes ciudades: el caos vehicular. “Hasta 2006, y según datos publicados en la revista Motor, del Grupo Dutriz, la ciudad de San Miguel tenía registrados alrededor de 37,137 vehículos circulando por la ciudad. Sin embargo, esta cifra se eleva ya que un sin número de unidades ingresan y salen del municipio provenientes de otros departamentos de la zona y del resto del país”³.

Debido al alto flujo vehicular, las entradas y salidas se saturan, ya que la carretera Panamericana, que une San Miguel con el resto del país, tiene solamente dos carriles. El mayor problema se origina al término de la avenida Roosevelt sur y el inicio de la carretera Panamericana, ya que en este punto finalizan los cuatro carriles y quedan solo dos. Esto ocurre en el puente ubicado frente a la seccional del Cuerpo de Bomberos; las fotografías muestran el punto donde ocurre este cuello de botella.

³ Revista “EL HERALDO DE ORIENTE”, Grupo Dutriz, Edición del Viernes 31 de Octubre de 2,008.



Fotografía 1.2. Congestionamientos a la altura de el triángulo, Junio-2008.

El tráfico que llega por la Ruta Militar a este punto proveniente de La Unión y Morazán, empeora la situación, y más aun teniendo en cuenta que un buen porcentaje corresponde a tráileres de carga como se ve al final en la fotografía derecha. Las horas más complicadas para circular en vehículo son entre las 7 y las 9 de la mañana, y por la tarde de las 4 a las 7 de la noche, sobre todo a la salida de la ciudad, donde convergen la Avenida Roosevelt, la Carretera Ruta Militar y la Carretera Panamericana (Fotografía 1.2.), donde son muy comunes embotellamientos de grandes proporciones (Ver Fotografía 1.3.).



Fotografía 1.3. Congestionamiento sobre la CA-01 en El Sitio.

Fuente: "EL HERALDO DE ORIENTE", Edición del Viernes 31 de Octubre de 2008

Es de mencionar también que las construcciones existentes a ambos lados del tramo de la CA - 01 en el sector norponiente de la ciudad, así como diversas actividades económicas

sobre dicho tramo no permiten una ampliación física de la vía para que esta de abasto al creciente parque vehicular que circula por tan importante arteria.

Por lo anteriormente expuesto, “*se justifica*” y resulta necesario proponer una solución para atacar el problema. La propuesta consiste en proyectar una carretera sobre la parte norte de la ciudad que actué como un By Pass, interceptando la CA-01 en un punto sobre el cantón El Sitio y la CA-07 en un punto sobre el cantón Hato Nuevo, incorporando en su diseño todos los requerimientos geométricos de las normativas vigentes utilizadas en nuestro país.

Otras ciudades del país han disminuido en buena medida sus problemas viales con la implementación de estos desvíos que permiten que el tráfico de paso continúe su ruta bordeando el casco urbano sin necesidad de entrar a las áreas céntricas.

De implementarse esta propuesta, se obtendrían beneficios como la generación de ahorro en los costos de operación y la reducción en los tiempos de transición de los vehículos que la utilicen, se reduciría este tráfico del centro de la ciudad y por ende los inconvenientes que ocasionan a la población.

Capítulo II: Marco Referencial.

MARCO NORMATIVO, MARCO HISTÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL.

2.1. Introducción.

Se presenta en este capítulo, una recopilación de las Normas, Leyes, Reglamentos, Historia, y Teoría relacionada al diseño geométrico de carreteras, y más propiamente, el contexto histórico y actual en cuanto a la situación de las normas en la región centroamericana y en San Miguel.

Los marcos regulatorios y los entes encargados se citan en el desarrollo del Marco Normativo; la importancia de la Topografía en el entorno del Diseño Geométrico de una carretera en el cual se describe de manera específica el estudio del Trazado, los elementos que integran el alineamiento horizontal y vertical entre otros, son abarcados en la parte teórica y conceptual de este capítulo.

También se hace mención de una serie de conceptos básicos relacionados con la Ingeniería de Transito; todo ello para poder tener un mejor entendimiento de cada elemento aquí involucrado, posteriormente esta información sirve de base para la ejecución del Diseño Geométrico en sí.

2.2. Marco Normativo.

Con el objetivo de proporcionar una orientación sobre la legislación que influye y regula el diseño geométrico de las carreteras nacionales se presenta a continuación la información respectiva:

➤ **Según la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.**

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

Art. 3.- Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

Especiales, que son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.

Primarias, las capacitadas para intensidades de tránsito superiores a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.

Secundarias, las capacitadas para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes;

Terciarias, aquellas cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revestimiento de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes; y

Rurales, las capacitadas para una intensidad de tránsito de cien vehículos promedio por día, con cinco metros de plataforma y un mínimo de tres metros de rodaje en los puentes; o que, sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

Art. 18.- Las velocidades mínimas y máximas a que podrán transitar los vehículos automotores en las carreteras o caminos, serán fijadas por la oficina respectiva del Ministerio de Obras Públicas, atendiendo a las condiciones geométricas de éstos.

La Dirección General de Policía velará por que se cumplan las disposiciones que se adopten al respecto.

Las carreteras primarias de la red vial centroamericana, deben diseñarse para las mayores velocidades (90-110km/h) que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia.

➤ **Según la Ley de Transporte Transito y Seguridad Vial.**

Art. 11.- Para los efectos de esta ley, los vehículos se clasifican en:

- a) De motor;
- b) De tracción humana, ya sea de mano o pedal; y,
- c) De tracción animal.

Art. 12.- Los vehículos automotores regulados por esta ley serán:

1) Livianos de pasajeros:

- a- Automóviles;
- b- Microbuses;
- c- Motocicletas de todo tipo y clase.

2) Livianos de carga:

- a- Pick ups y paneles;
- b- Camiones hasta de tres toneladas de capacidad.

3) Pesados de pasajeros:

- a- Autobuses de todo tipo y clase;
- b- Otros de tecnología diferente que a futuro se utilicen.

4) Pesados de cargas:

- a- Camiones de más de tres toneladas de capacidad;
- b- Camiones y remolques articulados;
- c- Cabezales y tráiler;
- d- Maquinaria pesada montada sobre ruedas de hule;
- e- Otros no contemplados.

Asimismo, se establecen regulaciones especiales en lo que compete a esta ley, sobre los vehículos de tracción humana o animal; así como cualquier vehículo de tecnología diferente que a futuro pudiese incorporarse a la circulación vehicular en el país, a excepción del transporte ferroviario.

Art. 90.- La planificación y diseño de la señalización vial, la demarcación sobre el pavimento, y todos los demás dispositivos para el control del tránsito en las vías terrestres;

será competencia del Viceministerio de transporte; pudiendo coordinarse su ejecución y conservación con instituciones públicas, municipales y privadas.

Dentro de este trabajo, se pretende desarrollar una propuesta de circulación vial para lograr darle fluidez al tráfico vehicular proyectado.

➤ **Según El Reglamento de Transporte Terrestre de Carga de El Salvador**

Art. 10- Las dimensiones máximas permitidas para los vehículos de transporte de carga en sus diferentes modalidades serán las siguientes:

Ancho Máximo **2.60 m.**

Altura Máxima **4.15 m.**

2.3.Marco Histórico.

Las carreteras son una de las necesidades críticas para la ciudad de San Miguel. Se requiere su buen funcionamiento para poder alcanzar el crecimiento económico, a pesar del alto incremento de la población, para ajustarse al cambio estructural del modelo espacial de la ciudad y para proveer un adecuado servicio a la población. Una de las mayores dificultades son los congestionamientos vehiculares e impedirlos es unos de los indicadores más importantes para resolver los problemas.

Dentro del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de la ciudad de San Miguel (PLAMADUR) se presentan estudios que revelan las dimensiones de las fuerzas que están detrás de los problemas, y describe la manera o los medios de cómo enfrentarlos. Así como también se presentan los proyectos de mejoramiento de la ciudad a corto y largo plazo.

Tal es el caso de la vía de circunvalación El sitio –Hato nuevo, una alternativa de solución que se menciona en dicho plan para mejorar el desarrollo desenfrenado en la periferia de San Miguel, lo cual requiere de accesos para atravesar la ciudad, debido a que se está llegando a una situación en la cual no es posible lograr una convergencia desde las calles de la periferia a las arterias concurridas del centro. Es así como esta propuesta visualiza la

necesidad de crear una calle de circunvalación, especialmente en la periferia norte de la ciudad del área urbana de San Miguel, establecer esta parte del anillo, desviara tráfico de la congestionada carretera Panamericana (CA-01) y de la carretera Ruta Militar (CA-07), este nuevo desarrollo aumenta la demanda por viajes al centro de la ciudad, particularmente de la periferia norte y este del área Urbana.

Pero cabe mencionar que San Miguel sufre más que muchas ciudades, debido a la postergación de la atención a los sistemas de transporte durante los años del conflicto armado, a la falta de atención de las autoridades nacionales a los problemas locales de la ciudad, al rápido crecimiento y desarrollo a través de las remesas familiares de los migüeños residentes en el extranjero y a la acelerada transición de lo urbano tradicional a lo contemporáneo.

Para estructurar mejor la situación se han identificado cinco temas de mayor problemática en lo que la ciudad se desenvuelve.

➤ **La demanda de Viajes**

Se advierte que el estado del problema existente y la insinuación de los problemas futuros son ya evidentes, con el crecimiento de la población de la ciudad, un porcentaje declinante, pero cada vez mayor en números de viajes tendrán como destino el centro de la ciudad. El área de la entrada sur ya es parte importante del volumen de viajes. El área norte aun se mantiene pero es la parte de la ciudad que mas rápido está creciendo. Las proyecciones indican que, mientras el destino deseado de los viajes ya no pueda ser absorbido por las zonas del centro, hay un incremento dramático en las zonas periféricas especialmente al norte. Por supuesto los incrementos serán acompañados de una descentralización, así que los nuevos viajeros no busquen todas las concurridas calles existentes, pero crearan atascamientos muy dificultosos, especialmente en las entradas de la ciudad.

➤ **Transporte Público**

El uso del transporte público en San Miguel crecerá con el incremento de la población, especialmente debido a que una buena parte de la población, serán individuos de bajos ingresos, los cuales no tendrán acceso al uso de automóviles. El transporte público en San Miguel sufre de muchos problemas, la mayoría de los cuales tienen orígenes institucionales, aunque algunos son problemas de tráfico.

➤ **La terminación de la Red Vial y las Condiciones de la Superficie**

Es especialmente necesaria una vía de circunvalación. Como se concluyó cuando se evaluó la nueva demanda periférica de viajes, no será posible para los habitantes de nuevos vecindarios continuar viajando al centro de la ciudad por trabajo, compras y servicio. Una gran parte de los nuevos viajantes buscará destinos en algún otro lado de la periferia a los centros comerciales y a los lugares de trabajo descentralizados. Estos viajes serán muy numerosos y potencialmente muy perturbadores en la mayor parte del sistema radial de San Miguel. Por esta razón, la oportuna atención a los viajes de circunvalación será muy importante.

➤ **Administración de Tráfico**

Los camiones son una preocupación importante para la administración de tráfico. Los 900 camiones que cada día pasan por San Miguel necesitan estar en rutas que soporten estos vehículos de manera adecuada y hay que facilitar las funciones de carga y transferencia por la ciudad. Las posibilidades de solución incluyen inducir a un desarrollo más compacto de la tierra en la periferia, y consolidando el desarrollo urbano en partes de baja densidad existentes en la ciudad.

➤ **El Transporte de Carga**

Debido a que el Vice-Ministerio de Transporte, donde se agrupa mucha de la autoridad, hasta hace pocos años no tenía presencia en San Miguel. Por esta razón no se atendían muchas funciones, incluyendo la gerencia del tráfico y la regulación de concesiones de tráfico.

En conclusión, estos cinco elementos son altamente interactivos. Cuando se trabaja en cualquiera de ellos, es necesario tener en cuenta el resto.

Como una prueba de unificación de criterios para que los diseños geométricos de las carreteras traten de ser uniformes en cuanto a técnicas de concepción, diseños y posterior ejecución se estableció que:

En Septiembre de 1999 se realizaron esfuerzos encaminados a modernizar y armonizar las normas técnicas aplicables a carreteras y al transporte dentro de la región centroamericana. En virtud de ese esfuerzo se contrataron los servicios del consultor Raúl Leclair para preparar la primera versión del “Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales”, poniéndolo a disposición para ser discutido y revisado por los representantes de los cinco países firmantes de la región Centroamericana, dando por aprobada la versión de dicho manual que nosotros hemos adoptado para la realización de este trabajo con el objeto de aplicar las normas de reciente formación y adaptadas a nuestra propia realidad regional.

2.4.Marco Conceptual.

2.4.1. Aplicación de la Topografía a las Carreteras.

Para el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obras viales, es necesario el uso de la Topografía. Siempre es necesaria la realización de algún tipo de levantamiento prácticamente para todas las etapas de la planeación del alineamiento que marcará la ruta de una vía en cuestión, para determinar tanto el diseño como el trabajo de construcción.

Generalmente es necesario ejecutar las siguientes etapas:

1º.El levantamiento topográfico de la zona o del área destinada para la obra.

Las características del terreno son la guía del ingeniero, para la mejor distribución y ubicación de la obra, los estudios dirigidos a la obra vial consisten en levantamientos topográficos de una longitud considerable y un ancho relativo escaso (franja de estudio de

100, 200 metros de ancho por varios kilómetros de longitud). Los levantamientos en nuestro país se realizan en su mayoría por medio de dos métodos: Radiación y Secciones transversales, siendo este último el de mayor uso.

2º. La Geometría del proyecto, es donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre sí mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos geodésicos) con fines de su posterior replanteo.

En obras complejas puede resultar necesario el levantamiento de muchos detalles a partir de elementos como puntos geodésicos. Como referencia se pueden levantar los siguientes:

- El trazo de caminos y obras de arte existentes;
- Edificaciones y toda estructura hecha por el hombre;
- Servicios públicos, líneas de transmisión, etc.
- Drenajes existentes;
- Pavimentos existentes;
- Puentes y obras de paso existentes;
- Cercos y divisiones de propiedad;
- Desarrollo de taludes laterales;
- Ríos, quebradas, cauces y cursos de agua;
- Otros elementos necesarios que pudieran resultar de interés para las distintas especialidades involucrada en el proyecto.

3º. El replanteo, mediante el cual se ubican en el terreno las diferentes partes de la obra, en las posiciones relativas señaladas en el proyecto.

Hay que mencionar que esta etapa se realiza una vez finalizado el diseño geométrico, para lo cual es necesario un listado de coordenadas @ "X" metros del eje de diseño con la respectiva elevación de rasante, además de un listado de coordenadas geodésicas para ser utilizadas con fines de búsqueda de los puntos del eje con un navegador GPS.

2.4.1.1. Estudio Topográfico del Trazado.

Entre dos o más puntos que van a unirse con una carretera pueden trazarse numerosas líneas. El problema radica, en seleccionar la que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se hayan establecido en el proyecto, las características topográficas de la zona a explorar, la naturaleza de los suelos y el drenaje. El método de estudio variará según se trate de terreno plano o accidentado, el cual se clasificará según lo establecido en la Tabla 2.1, considerando por separado las distintas topografías que hayan en la ruta elegida como la mejor alternativa.

Tabla 2.1. Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales.

Tipo de Terreno	Rangos de Pendientes (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 < G \leq 15$
Montañoso	$15 < G \leq 30$

G= Pendiente

La AASHTO identifica las tres categorías generales de terreno del cuadro anterior, en la forma que se describe seguidamente:

Terreno plano: es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical, la construcción y reconstrucción de las obras viales, facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y económica operación de los vehículos. Las distancias de visibilidad en el alineamiento horizontal y vertical pueden lograrse sin mayores dificultades.

El Terreno ondulado: presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y, ocasionalmente, ofrece algunas dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.

El último tipo se identifica como **terreno montañoso**, el cual ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables. Las pendientes longitudinales y transversales son frecuentes en este tipo de terreno.

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia muy relevante en la operación de los vehículos que circulan por ellas. En los automóviles, las pendientes de subida hasta 5 por ciento, no tienen influencia apreciable en su velocidad, cuando se compara con las correspondientes a terreno plano. En pendientes de subida mayores, la velocidad decrece progresivamente, y en las de bajada estos vehículos livianos sufren un pequeño aumento, siempre comparadas con las velocidades en terreno plano. Las condiciones del sitio relacionadas con comodidad y seguridad, imponen restricciones a estas velocidades.

2.4.2. Diseño Geométrico de Carreteras.

Los diseños geométricos de carreteras y vías urbanas son un complejo campo de acción para los actuales diseñadores, puesto que ellos demandan tener en cuenta no solo los factores propios matemáticos del diseño, sino también el impacto social y ambiental que el diseño pueda generar mediante la alteración del espacio público. El objeto del diseño es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales proyectadas considerando a su vez el cumplimiento de las Normas de Diseño geométrico vigentes en nuestro medio.

Geométricamente, la carretera es un cuerpo tridimensional totalmente irregular, lo que en un principio hace complicada su representación. Sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio:

- El predominio de una de sus dimensiones respecto a las otras dos: la carretera es una obra lineal.
- La posibilidad de reproducirla fielmente mediante el desplazamiento de una sección transversal que permanece constante a lo largo de un eje que define su trayectoria.

Estas dos características permiten la adopción de un sistema de representación relativamente sencillo, de fácil interpretación y muy útil desde el punto de vista constructivo.

En base a este sistema, la carretera queda totalmente definida mediante tres tipos de vistas: **Planta, Perfil Longitudinal y Perfil Transversal.**

- **El Trazado en Planta** suele ser el punto por el cual comienza a diseñarse geoméricamente una carretera, ya que al ser ésta una obra lineal, define perfectamente la forma y recorrido de la misma; sobre ella se representa de forma explícita la proyección horizontal de la carretera.
- **El Perfil Longitudinal** de una vía lo conforman las rasantes, que definen la inclinación de la vía y dotan de cota a cada uno de sus puntos.
- **La Sección Transversal** de una carretera es la vista idónea para definir perfectamente los diferentes elementos que la componen: plataforma, calzada, carriles, arcenes, mediana, cunetas, etc.

En definitiva, a los tres aspectos anteriores es hacia donde se pretende llegar con un diseño geométrico. No obstante, existen ciertos parámetros de diseño que hay que tener en cuenta, los cuales rigen todo estudio relacionado con la geometría de obras viales. En El Salvador al igual que en todo el territorio centroamericano, el Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, define estos parámetros como los elementos principales del diseño geométrico.

2.4.3. Elementos Principales del Diseño Geométrico.

A continuación se presentan los elementos principales del diseño geométrico de carreteras, definidos de acuerdo al sistema de representación Planta – Perfil – Sección Transversal.

2.4.3.1. Alineamiento Horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

2.4.3.1.1. Elementos que lo Integran.

Tres son los principales elementos que integran el alineamiento horizontal:

Tangentes, Curvas Circulares y Curvas de Transición.

➤ Tangentes

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente y se le representa por PST.

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien, porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas.

➤ Curvas Circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

a) **Curvas Circulares Simples.** Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la Figura 21.

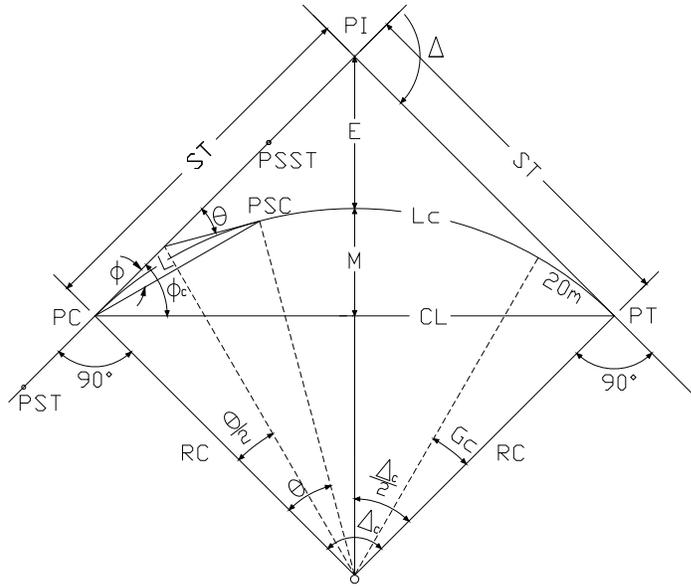


Figura 2.1. Elementos de la Curva Circular Simple.

Tabla 2.2. Descripción de Elementos de la Curva Circular Simple.

NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
PC	Punto en donde comienza la curva circular simple.
PT	Punto en donde termina la curva circular simple.
PST	Punto sobre tangente.
PSST	Punto sobre subtangente.
PSC	Punto sobre la curva simple.
O	Centro de la curva circular.
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes.
Δ_c	Ángulo central de la curva circular.
Θ	Ángulo de deflexión a un PSC.
Φ	Ángulo de una cuerda cualquiera.
ϕ_c	Ángulo de la cuerda larga.
G_c	Grado de curvatura de la curva circular.
R_c	Radio de la curva circular.
ST	Subtangente.
E	Externa.
M	Ordenada media.
C	Cuerda.
CL	Cuerda larga.
I	Longitud de arco.
I_c	Longitud de la curva circular

b) **Curvas Circulares Compuestas.** Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas. En caminos debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos; sin embargo, en intersecciones pueden emplearse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación. Los principales elementos de la curva circular compuesta se ilustran con una curva de tres centros en la Figura 2.2; para su cálculo se utilizan los elementos de las curvas circulares simples que la integran y los resultados obtenidos pueden extrapolarse para curvas de más de tres centros.

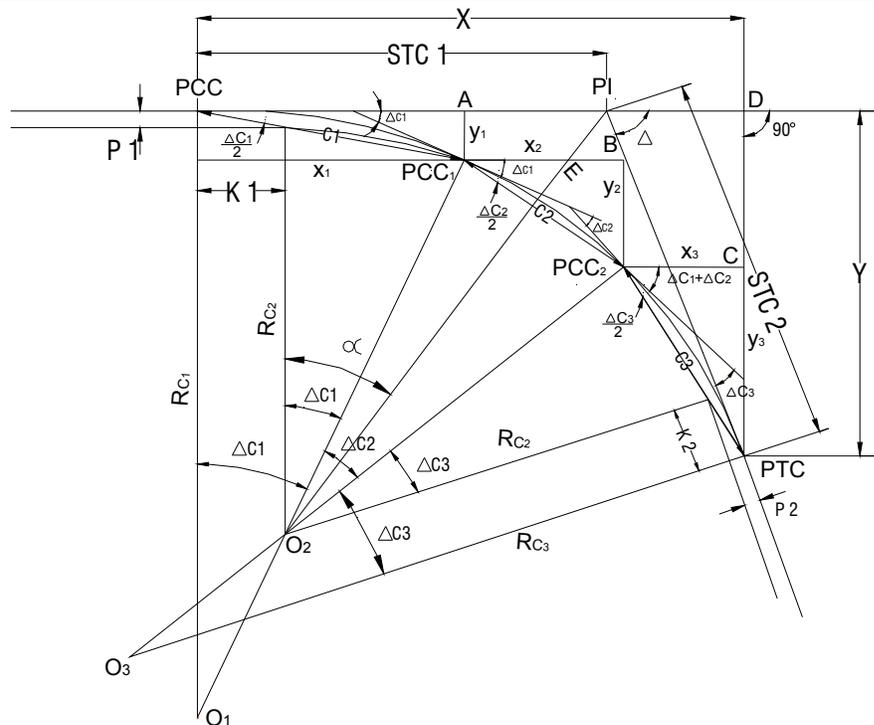


Figura 2.2. Elementos de la Curva Circular Compuesta.

Tabla 2.3. Descripción de Elementos de la Curva Circular Compuesta.

NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
PI	Punto de intersección de las tangentes.
PCC	Punto donde se inicia la curva circular compuesta.
PTC	Punto donde termina la curva circular compuesta.
PCC ₁ , PCC ₂	Puntos de curvatura compuesta, o sea los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra.
O ₁ , O ₂ , O ₃	Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta.
Δ	Ángulo de deflexión entre las tangentes.
Δ_{C1} , Δ_{C2} , Δ_{C3}	Ángulos centrales de las curvas circulares simples.
R _{C1} , R _{C2} , R _{C3}	Radios de cada una de las curvas circulares simples.
STC ₁ , STC ₂	Subtangentes de la curva circular compuesta.
p ₁ , p ₂ , k ₁ , k ₂	Desplazamientos de la curva central para curva compuesta de tres centros.

➤ Curvas de Transición.

Las curvas horizontales de transición son las que sirven para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta ó tangente de una carretera a una determinada curva horizontal circular, de forma gradual.

En los nuevos diseños se ha vuelto práctica común intercalar una curva de transición, que facilite a los conductores el recorrido seguro y cómodo de la curva, manteniendo el vehículo inscrito dentro de su carril y sin experimentar la violencia de la fuerza centrífuga que es propia de la circulación por dicha curva.

El requerimiento especial de una curva de transición consiste en que su radio de curvatura pueda decrecer gradualmente desde el infinito en la tangente que se conecta con la espiral (TE) (Figura 2.3.) Hasta el final de la espiral en su enlace con la curva circular (EC). En la situación de salida de la curva circular hacia la espiral (CE), se produce el desarrollo inverso hasta el contacto de la espiral con la tangente (ET). Esta condición produce un incremento y decremento gradual de la aceleración radial, que es bastante deseable en diseño. Esto mejora la apariencia y la circulación en una carretera.

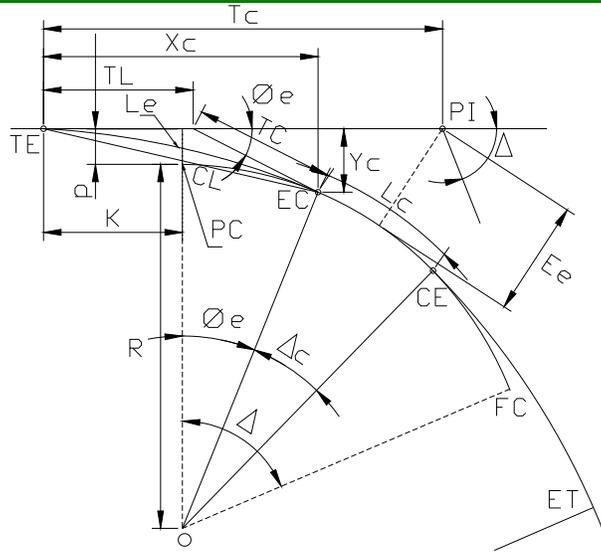


Figura 2.3. Componentes de las Curvas Circulares y Espirales.

Tabla 2.4. Descripción de Componentes de las Curvas Circulares y Espirales.

NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
R	Radio de la curva circular
CL	Cuerda de la espiral entre TE y EC, CE y ET
TE	Tangente-esprial
ET	Esprial-tangente
Ee	Externa de la curva total
EC	Esprial-curva
CE	Curva-esprial
PC	Principio de proyección de curva circular
FC	Final de proyección de curva circular
O	Centro de curva circular
Δ	Angulo entre tangentes principales
Δ_c	Angulo central de la curva circular
\varnothing_e	Angulo entre las tangentes TL y TC
Le	Longitud de la espiral
Lc	ongitud de la curva circular
TL	Longitud de la espiral
TC	Tangente corta de la espiral
Te	Segmento de tangente principal entre TE y PI
Xc, Yc	Coordenadas del punto EC con respecto a TE
k, p	Coordenadas del PC con respecto a TE

La transición en espiral facilita el movimiento del timón, evitando cambios abruptos en la aceleración radial, que causa mucha incomodidad al conductor y los pasajeros, ya que la fuerza centrífuga se va incrementando hasta la curva circular y disminuye a la salida en sentido inverso, hasta alcanzar de nuevo la tangente.

Esta longitud de transición es la longitud de la carretera en la cual se cambia de la sección con pendientes transversales normales que corresponde a una sección en tangente, a una sección con pendiente sobreelevada en un solo sentido y su punto inferior hacia el interior de la curva. Igualmente, la curva de transición ofrece una distancia apropiada de transición para la construcción de los sobreelevamientos exigidos por la curva circular.

2.4.3.2. Alineamiento Vertical.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad.
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

Idealmente se desea que los vehículos operen en el cambio más alto en el alineamiento vertical, sin necesidad de cambiar hasta la detención; pero por consideraciones económicas se aceptan pendientes mayores a las ideales. La Tabla 2.5, a continuación, contiene una clasificación de las pendientes en los terrenos naturales donde se localizan las carreteras.

Tabla 25. Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales.

Tipo de Terreno	Rangos de Pendientes (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 < G \leq 15$
Montañoso	$15 < G \leq 30$

G= Pendiente

2.4.3.2.1 Elementos que Integran el Alineamiento Vertical.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

➤ Tangentes.

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, se representa como T_v . La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

a) **Pendiente Gobernadora.** Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al con jugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

b) **Pendiente Máxima.** Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto.

Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como acantilados, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

c) **Pendiente Mínima.** La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

d) **Longitud Crítica de una Tangente del Alineamiento Vertical.** Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo del proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito. El vehículo con su relación peso/potencia, define las características de operación que determinan la velocidad con que es capaz de recorrer una pendiente dada. La configuración del terreno impone condiciones al proyecto, que desde el punto de vista económico, obligan a la utilización de pendientes que reducen la velocidad de los vehículos pesados y hacen que estos interfieran con los vehículos ligeros. El volumen y la composición del tránsito son elementos primordiales para el estudio económico del tramo, ya que los costos de operación dependen básicamente de las mismas.

➤ **Curvas Verticales.**

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de *curvas en columpio* o *en cresta* respectivamente. En la Figura 2.4 se ilustran los tipos representativos de curvas verticales en cresta y en columpio; en los tipos I y III las

pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo.

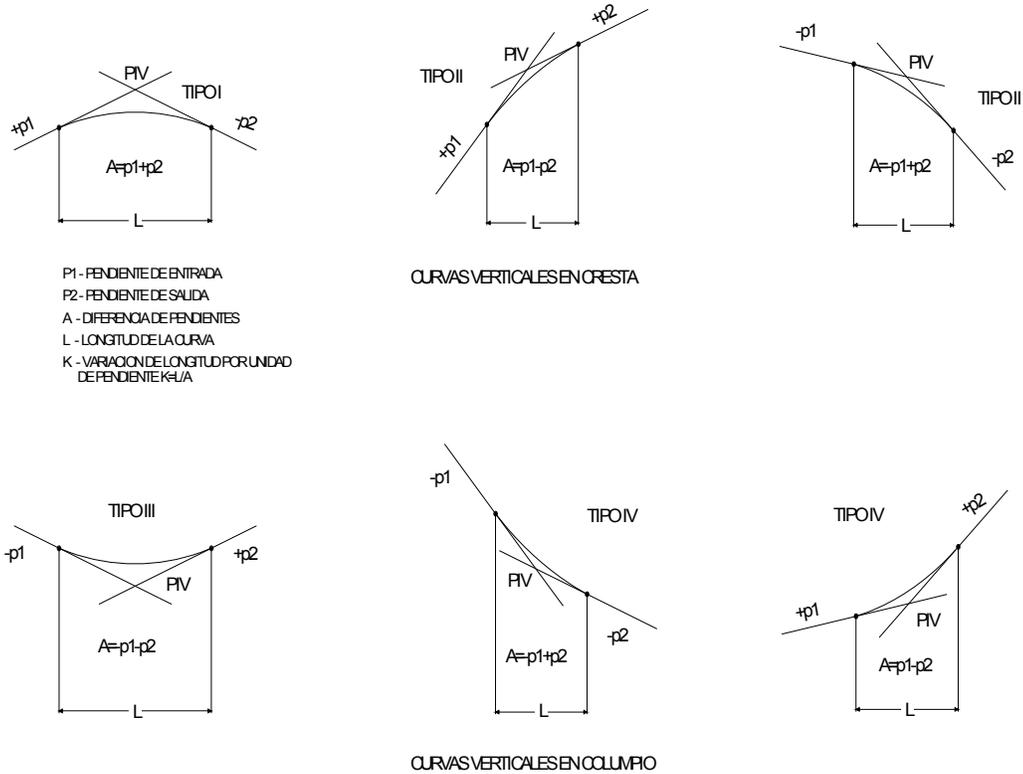


Figura 2.4. Tipos de Curvas Verticales.

2.4.3.2. Aspectos a Considerar en una Curva Vertical.

1) **Longitud.** Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son:

- a) **Criterio de Comodidad.** Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.
- b) **Criterio de Apariencia.** Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- c) **Criterio de Drenaje.** Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.
 - d) **Criterio de Seguridad.** Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.
- 2) **Pendiente en un punto cualquiera de la curva.** Para determinar esta pendiente “P”, se parte de la propiedad de la parábola de que la variación de pendiente a lo largo de ella respecto a su longitud, es uniforme.
- 3) **Pendiente de la cuerda en un punto cualquiera.** Para determinar esta pendiente simbolizada como P’ se hace uso de la propiedad de la parábola de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.
- 4) **Desviación respecto a la tangente.** Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva llamada “t” (ver Figura 2.5.)

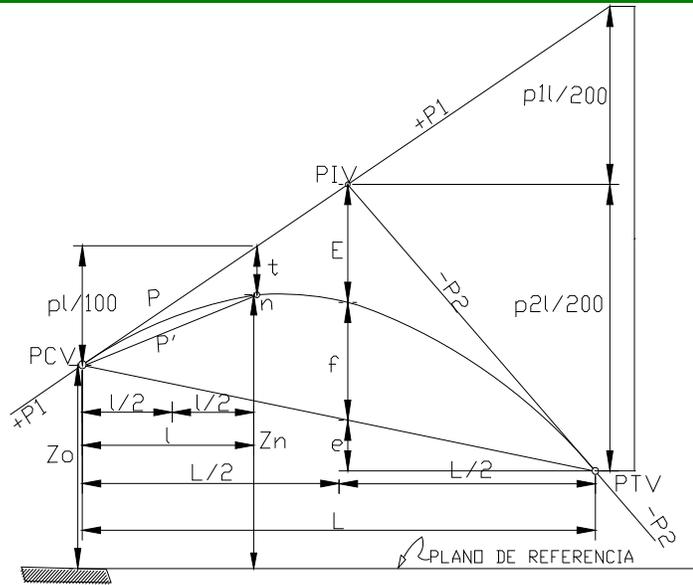


Figura 25. Elementos de las Curvas Verticales.

2.4.3.3. Secciones Transversales.

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

En las etapas iniciales del diseño de las carreteras, siempre es conveniente dar la debida consideración al uso de componentes de dimensiones normales o mejoradas en la sección transversal. Se deben considerar las características operativas del tránsito, la estética, los patrones de velocidad, la capacidad y sus niveles de servicio, tomando en cuenta además las dimensiones de los vehículos de diseño y sus características operativas.

2.4.3.3.1. Elementos que integran las secciones transversales.

A continuación se describen los componentes básicos de las secciones transversales de una carretera.

➤ **Corona.**

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea.

Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

- a) **Rasante.** La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.
- b) **Pendiente transversal.** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje.
- c) **Calzada.** La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. El ancho de la calzada es variable a lo largo del camino y depende de la focalización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.
- d) **Acotamientos.** Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino.

Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

1. Bombeo.

2. Sobre elevación.

3. Transición del bombeo a la sobre elevación.

1. Bombeo.

El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

2. Sobreelevación.

Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

3. Transición del bombeo a la sobreelevación.

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva: este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. La longitud de la espiral debe ser tal, que permita hacer adecuadamente el camino de pendientes transversales. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobre elevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino: esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobre elevación completa.

➤ Subcorona.

La subcorona es la superficie que limita la terracería, y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

- a) **Subrasante.** La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo

desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.

- b) **Pendiente Transversal.** La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobre elevación, según que la sección esté en tangente, en curva o en transición.
- c) **Ancho.** El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche, siendo el ensanche el sobre ancho que se da a cada lado de la subcorona para cada lado de la subcorona para que, con los taludes del proyecto, pueda obtenerse el ancho de corona después de construir las capas de base y sub-base; es función del espesor de base y sub-base, de la pendiente transversal y de los taludes.

➤ **Cunetas y Contra cunetas**

Las cunetas y contra cunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

- a) **Cunetas.** Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte. Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta: su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección puede calcularse con los métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y el área drenada. Cuando los caminos no se pavimentan inmediatamente después de construidas las terracerías, es necesario proyectar una cuneta provisional para drenar la subcorona.
- b) **Contracunetas.** Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos

superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto en dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones que redunden en la inestabilidad de los taludes del corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, sustituirlas por bordos o buscar otra solución.

➤ Taludes

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es de 1.5 en los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

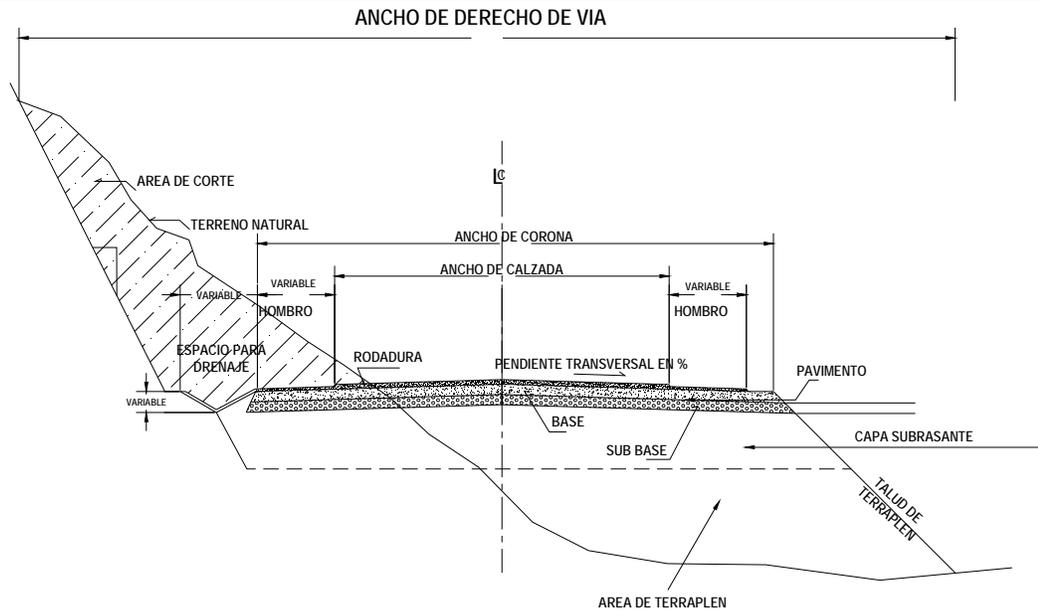


Figura 2.6. Sección Transversal Típica en una Tangente del Alineamiento Horizontal.

➤ **Partes complementarias.**

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas o aceras y fajas separadoras.

Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como parte de la sección transversal.

- a) **Guarniciones y bordillos.** Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. El tipo y ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y, por tanto, en la seguridad y utilidad del camino. Los bordillos se usan extensamente en las carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo, en las carreteras rurales. En la Figura 2.7; se puede apreciar una ilustración de un bordillo.

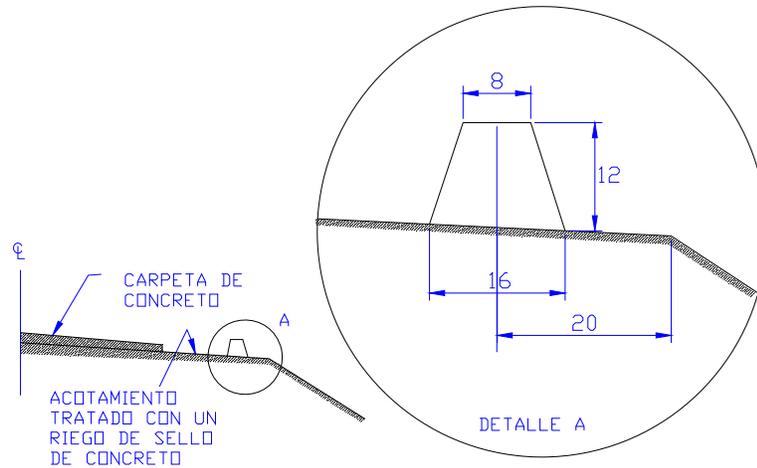


Figura 2.7. Detalle Típico de Bordillo.

- b) **Banquetas.** Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias. La justificación del proyecto de banquetas depende del peligro a que estén sujetos los peatones en caso de no haberlas, lo que a su vez está gobernado por la circulación horaria de peatones y el volumen y la velocidad de tránsito. Cuando la circulación de peatones es eventual no es necesario construir banquetas.
- c) **Fajas separadoras y camellones.** Se llaman fajas separadoras a las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior al de la calzada, toman el nombre de camellones, que igualmente pueden ser centrales o laterales; su anchura es variable dependiendo del costo del derecho de vía y de las necesidades del tránsito.

La siguiente figura muestra la forma de estos dispositivos.

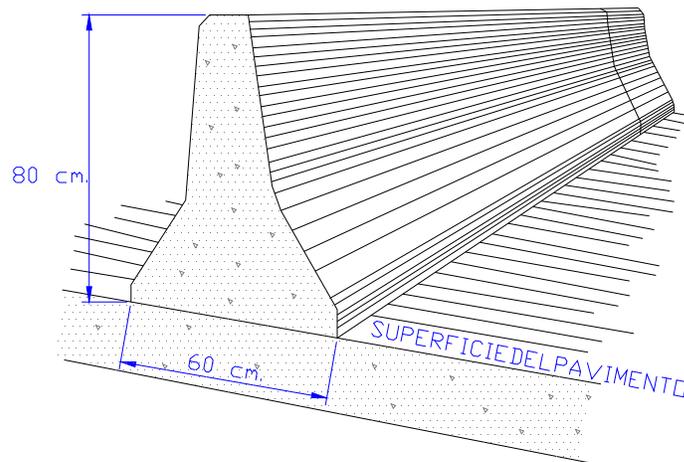


Figura 2.8. Faja Separadora.

Las medidas indicadas en la ilustración pueden variar, dependiendo del tipo e importancia de la vía.

➤ Derecho de vía

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

En general, conviene que el ancho de derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intersecciones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho.

2.4.4. Conceptos Básicos Relacionados con la Ingeniería de Transito.

La ingeniería de transito es un subconjunto de la ingeniería de transporte, y a su vez el proyecto geométrico es una etapa de la Ingeniería de Transito. El Proyecto Geométrico de

calles y carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.

Tres son los componentes básicos de tránsito, los cuales se definen a continuación:

El usuario, compuesto por peatones y conductores, **la vialidad** relacionada con calles y carreteras y **el vehículo**.

2.4.4.1 El Usuario.

El conductor es sin duda alguna el elemento principal de un complejo sistema integrado por personas, vehículos y vías denominado tráfico; aunque éste sea el principal referente a la hora de concebir una carretera, no hemos de olvidar la importancia del vehículo, instrumento que actúa como intermediario entre conductor y vía, ni descuidar la interacción de un tercer componente tan sumamente frágil como es el peatón.

Una vez al volante de su automóvil, el conductor dispone de una gran libertad de acción que, aunque no absoluta, sí es muy grande. De él depende una vez haya fijado su destino la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento.

Esta elección, si bien tiene un componente subjetivo y relativamente aleatorio inherente a la propia naturaleza humana del conductor (normalmente está influenciada por gran cantidad de factores tanto externos como internos) que afectan tanto a la vía como al propio conductor y al vehículo que gobierna.

El peatón y su interacción con la vía; en zonas urbanas, la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos. Fuera de ellas, el tráfico de peatones disminuye considerablemente, aun estando permitido en todas las vías a excepción de las autopistas.

El comportamiento de este colectivo es si cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que, salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón tenderá a hacer lo más corto posible su recorrido, atajando allá donde sea posible, aun infringiendo las normas de circulación vial; por ello los peatones son sin duda alguna el elemento más frágil de todos los que conforman el tráfico, es necesario dotarlos de infraestructuras especiales que los

salvaguarden de los vehículos que circulan por la vía, como por ejemplo aceras, semáforos, pasos a desnivel (pasarelas), pasos cebra, etc.

2.4.4.2. La Vialidad.

La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las llamadas calles de la ciudad.

Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representan uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. Se encontrara siempre que un país de un alto nivel de vida tendrá un excelente sistema vial, un país atrasado tendrá una red deficiente.

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal.

2.4.4.3. El Vehículo de Diseño.

Los vehículos de diseño son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras regionales, por lo que al tipificar las dimensiones, pesos y características de operación de cada uno de ellos, se brinda al diseñador los controles y elementos a los que se deben ajustar los diseños para posibilitar y facilitar su circulación irrestricta. De cada tipo de vehículo utilizado para diseño, se seleccionan a propósito para adoptar las condiciones más desfavorables, aquellos de mayores dimensiones físicas y de radios de giro mayores dentro de su clasificación tipológica.

En la Tabla 2.6 se muestran las dimensiones típicas de estos tipos de vehículos, conforme las tablas de la AASHTO, siendo oportuno destacar que los vehículos pesados, de pasajeros o de carga, tienen ya un ancho máximo para diseño de 2.6 metros, mientras el Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras de 1958, en proceso de revisión, limita dicho ancho a 2.5 metros. Las alturas máximas también han registrado incrementos a tomar en consideración en el diseño de los túneles y estructuras de paso a través. De 2.4 metros de

altura (8 pies) según normas de la ISO, los propios contenedores han aumentados a 2.6, 2.7 y 2.9 metros (respectivamente 8.5, 9 y 9.5 pies de alto).

Tabla 2.6. Dimensiones de los Vehículos de Diseño (metros).

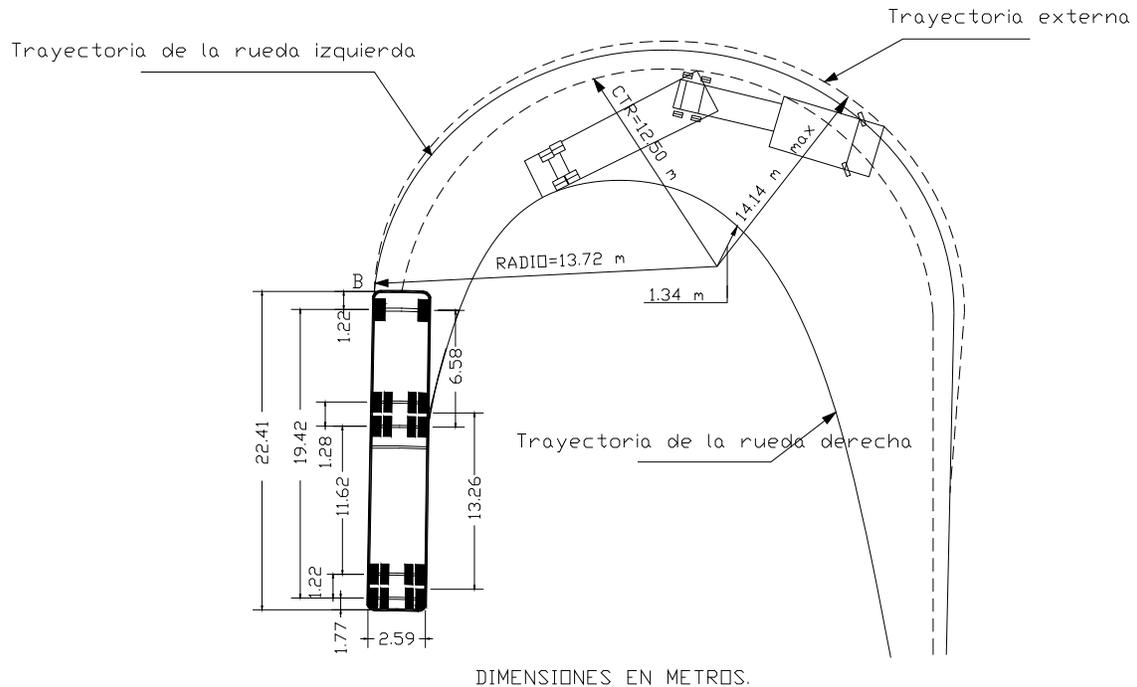
	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre ejes extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre ejes extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994. p.21

Tabla 2.7. Radios Mínimos de Giro de los Vehículos de Diseño (metros).

Vehículo - Tipo	Radio Interior (m)	Radio de Diseño (m)
Automóvil, P	4.2(4.7)	7.3(7.3)
Autobús Sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión Sencillo, SU	8.5(8.7)	12.8(12.8)
Camión Articulado, WB-15	5.8(6.0)	13.7(13.7)
Camión Articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión Articulado, WB-20	0	13.7

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994. p.22



Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2001. p.34.

Figura 2.9. Características del Vehículo de Diseño WB-20.

2.4.4.4. Los Volúmenes de Tránsito.

El buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del período seleccionado de diseño, sea que se trate de una nueva carretera o de una carretera existente que se propone reconstruir o ampliar. Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, lo mismo que mediante investigaciones de Origen y Destino (O/D) que, dependiendo de la metodología utilizada, arrojarán datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes. En las intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los

accesos a las mismas, durante períodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

2.4.4.5. El Transito Promedio Diario Anual (TPDA).

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

2.4.4.6. Las Velocidades.

La velocidad en una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo, que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o interferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales para el control del flujo vehicular.

Para el conductor, la velocidad es uno de los elementos críticos a considerar en la selección de la ruta a transitar o la escogencia de un determinado modo de transporte, ponderándose su importancia en términos de tiempos de recorrido, de costos de viaje, de la combinación de los dos factores anteriores y de la conveniencia de los usuarios.

La mayoría de las corrientes de tránsito registran en su comportamiento variaciones de velocidades que se ubican dentro de una distribución estadística normal, esto es, que la mayoría de los valores ocurren dentro de un rango central, con muy pocos valores ubicados en los rangos extremos de arriba y de abajo de la distribución. El diseño, en todo caso, busca satisfacer razonablemente los requerimientos de los usuarios en lo relativo a velocidades, bajo condiciones de seguridad y economía en las operaciones, sin dejarse llevar por incómodos extremos, como sucedería si se pretendiera atender al reducido número de usuarios que reclaman mayores velocidades de lo que se juzga razonable.

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades, la de operación, la de diseño y la de rueda.

➤ **Velocidad de Operación.**

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determina la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

➤ **Velocidad de Diseño.**

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

Las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando a la vez debida cuenta de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseño por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

➤ **Velocidad de Ruedo.**

La velocidad de ruedo es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario. La determinación de la velocidad promedio de ruedo, donde el flujo del tránsito es relativamente continuo, puede efectuarse mediante la aplicación de conocidos procedimientos de la ingeniería de tránsito para la medición y cálculo de la velocidad instantánea promedio en un punto característico de dicho tramo.

2.4.4.7. Capacidad del Camino.

Es el máximo volumen horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o una sección de la carretera, bajo las condiciones geométricas prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular.

La capacidad de una carretera no puede ser excedida sin cambiar una o más de las condiciones prevalecientes.

2.4.4.8. Nivel de Servicio.

Es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestionamiento alcance niveles preseleccionados por el diseñador.

Para la evaluación de la calidad que ofrece una carretera se recurre al concepto de nivel de servicio. En vías interurbanas se definen seis niveles de servicio, cada uno de los cuales lleva asociada una letra. Las condiciones de circulación en cada uno de estos seis niveles son las siguientes:

Niveles de servicio en vías interurbanas		
A	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos es la que elige libremente cada conductor • Cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarlo sin sufrir demora • Condiciones de circulación libre y fluida 	
B	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos mas rápidos se ve influenciada por otros vehículos • Pequeñas demoras en ciertos tramos, aunque sin llegar a formarse colas • Circulación estable a alta velocidad 	
C	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad y la libertad de maniobra se hallan más reducidas, formándose grupos • Aumento de demoras de adelantamiento • Formación de colas poco consistentes • Nivel de circulación estable 	
D	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y regulada en función de la de los vehículos precedentes • Formación de colas en puntos localizados • Dificultad para efectuar adelantamientos • Condiciones inestables de circulación 	
E	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y uniforme para todos los vehículos, del orden de 40-50 km/h • Formación de largas colas de vehículos • Imposible efectuar adelantamientos • Define la capacidad de una carretera 	
F	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de largas y densas colas • Circulación intermitente mediante parones y arrancadas sucesivas • La circulación se realiza de forma forzada 	

Las carreteras interurbanas deben dimensionarse de forma que las condiciones de circulación no sean peores que las correspondientes a un nivel de servicio B, excepto durante unas pocas horas al año. En autopistas y arterias urbanas no debería sobrepasarse el nivel de servicio C durante las horas punta, mientras que las condiciones de circulación correspondientes al nivel de servicio D sólo resultan tolerables durante períodos cortos de tiempo en zonas urbanas o suburbanas.

También cabe reseñar que la intensidad de tráfico definida por el nivel de servicio E siempre coincide con la capacidad de la vía estudiada.

2.45. Señalización Vial.

El proyecto de señalización debe guardar armonía, estética y comodidad con el diseño geométrico de las vías para ofrecer un recorrido fácil y agradable exento de sorpresas y desorientaciones.

Es función de los dispositivos para la regulación del tránsito indicar a los usuarios las precauciones que debe tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía.

La velocidad en las vías modernas, al mismo tiempo que el continuo crecimiento del volumen de vehículos que circulan por ellas, son factores que sumados al acelerado cambio en la forma de vida, crean situaciones conflictivas en determinados tramos de las vías, en las cuales es preciso prevenir, reglamentar e informar a los usuarios, por intermedio de las señales de tránsito, sobre la manera correcta de circular con el fin de aumentar la eficiencia, la seguridad y la comodidad de las vías, así como proporcionar una circulación más ágil.

El proyecto de seguridad vial define los diseños y las medidas a implementar que permitan:

- Disminuir el riesgo de que los usuarios del camino sufran accidentes de Tránsito.
- Frente a la ocurrencia de un accidente de tránsito, disminuir sus consecuencias.

Un Sistema de Señalización comprende un conjunto de elementos destinados a informar, ordenar y/o regular la circulación de los usuarios por la vía.

A partir de las consideraciones anteriores y en base a los criterios generales de claridad, sencillez y uniformidad que debe cumplir una buena señalización, todo proyecto vial desarrollado debe de considerar la aplicación de diversos elementos de carácter tradicional y otros de reciente incorporación.

2.4.5.1. Señalización Horizontal.

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

La señalización horizontal se clasifica así:

- **Marcas Longitudinales**
- **Marcas Transversales**

a) **Marcas Longitudinales.**

Una línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, ni cuando la marca separe los dos sentidos de circulación, circular por la izquierda de ella.

Una marca longitudinal constituida por dos líneas continuas tiene el mismo significado. Se excluyen de este significado las líneas continuas de borde de calzada.

Dentro de las marcas longitudinales tenemos:

- Líneas centrales
- Líneas de borde de pavimento
- Líneas de carril
- Líneas de separación de rampas de entrada o de salida
- Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido
- Demarcación de bermas pavimentadas
- Demarcación de canalización

- Demarcación de transiciones en el ancho del pavimento
- Demarcación de aproximación a obstrucciones
- Demarcación de aproximación a pasos a nivel
- Demarcación de líneas de estacionamiento
- Demarcación de uso de carril
- Demarcación de carriles exclusivos para buses
- Demarcación de paraderos de buses
- Demarcación de carriles de contra flujo
- Flechas

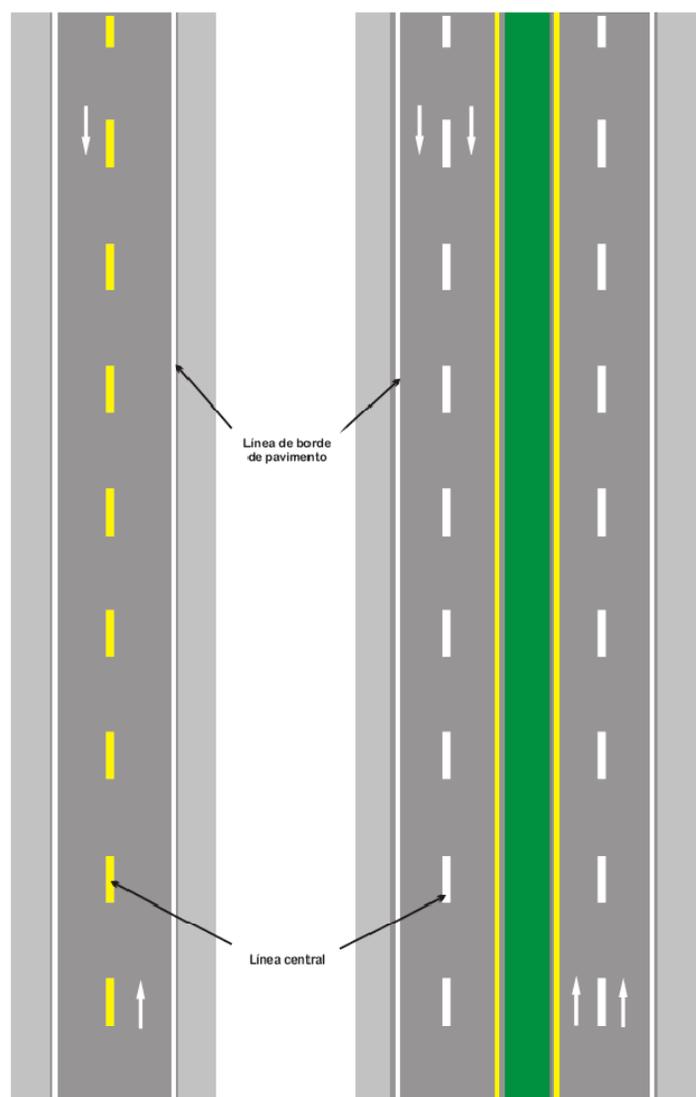


Figura 2.10. Líneas Centrales y de Borde de Pavimento.

b) **Marcas Transversales.**

Dentro de las marcas transversales tenemos:

- Demarcación de líneas de “pare”
- Demarcación de pasos peatonales
- Demarcaciones de ceda el paso
- Líneas antibloqueo
- Símbolos y letreros

A continuación se presentan algunas de las señales reglamentarias que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.

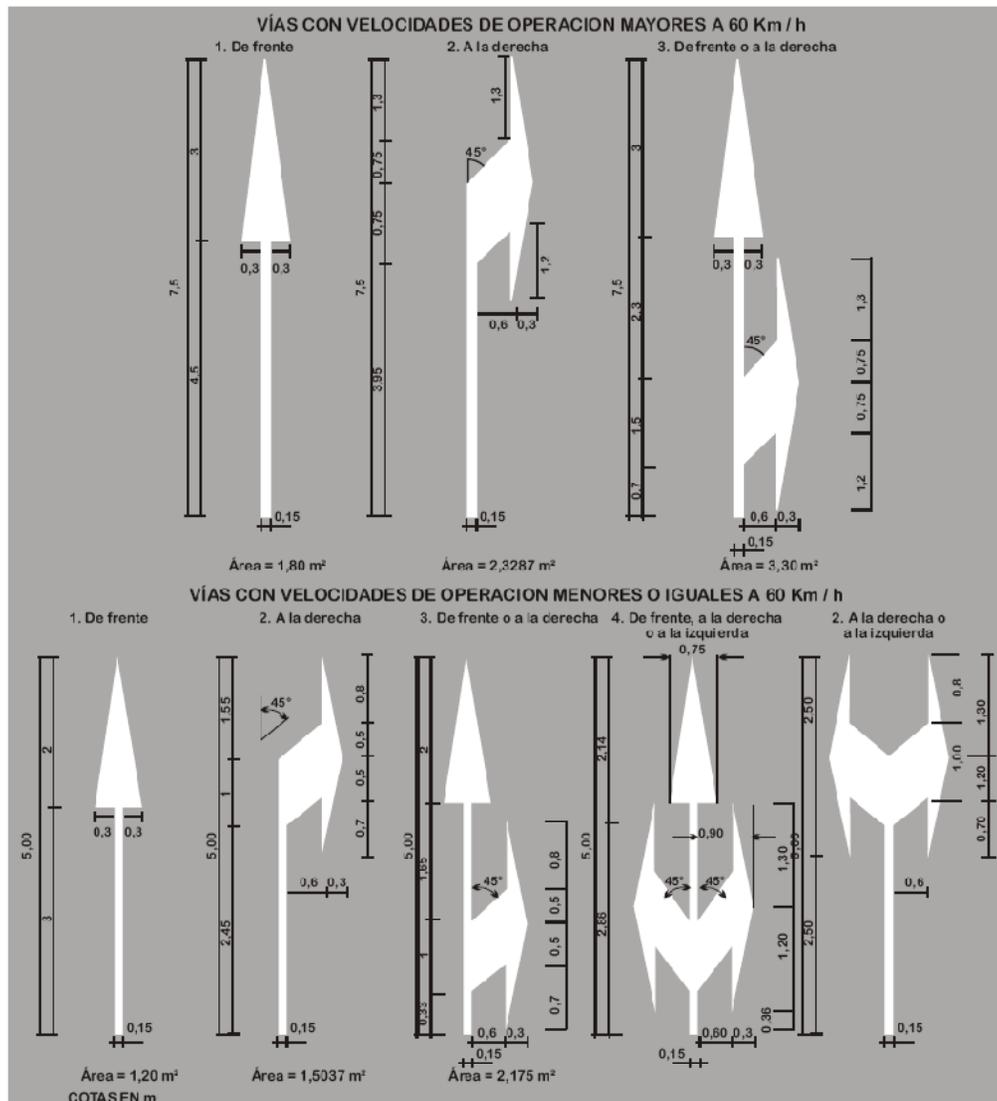


Figura 2.11. Flechas en el Pavimento (medidas en metros).

2.4.5.2. Señalización Vertical.

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

- Señales Preventivas
- Señales Reglamentarias
- Señales Informativas

a) Señales Preventivas.

Llamadas también de prevención, tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Se identifican con el código SP. Deberán ser colocadas antes del riesgo a prevenir. En vías arterias urbanas, o de jerarquía inferior, se ubicarán a una distancia que podrá variar entre 60 y 80 m. Para el caso de vías rurales, o urbanas de jerarquía superior a las arterias, las señales preventivas se colocarán de acuerdo con la velocidad de operación del sector, así:

Tabla 2.8. Distancias para la Ubicación de las Señales Preventivas en Vías Rurales o en Vías Urbanas de Jerarquía Superior a las Arterias.

Velocidad de Operación (Km/h)	Distancia (m)
40	50
60	90
80	120
100	150
Más de 100	No menos de 150

A continuación se presentan algunas de las señales preventivas de mayor importancia que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.

SP-01



SP-02



SP-03



SP-04



SP-05



SP-06



SP-07



SP-08





Figura 2.12. Señales Preventivas.

Tabla 2.9. Significado de las Señales Preventivas.

NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
SP-01	Curva peligrosa a la izquierda
SP-02	Curva peligrosa a la derecha
SP-03	Curva pronunciada la izquierda
SP-04	Curva pronunciada a la derecha
SP-05	Curva y contracurva peligrosas (izquierda-derecha)
SP-06	Curva y contracurva peligrosas (derecha-izquierda)
SP-07	Curvas sucesivas primera izquierda
SP-08	Curvas sucesivas primera derecha
SP-09	Curva y contracurva pronunciadas (izquierda-derecha)
SP-10	Curva y contracurva pronunciadas (derecha-izquierda)
SP-11	Intersección de Vías
SP-12	Vía lateral izquierda
SP-13	Vía lateral derecha
SP-14	Bifurcación en "T"

b) Señales Reglamentarias.

Las señales reglamentarias o de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican con el código SR.

Su violación acarrea las sanciones previstas en el Código Nacional de Tránsito Terrestre.

Las señales reglamentarias se ubicarán en el sitio mismo a partir del cual empieza a aplicarse la reglamentación o prohibición descrita en la señal.

A continuación se presentan algunas de las señales reglamentarias que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.

SR-01



SR-02



SR-03



SR-04



SR-05



SR-07



SR-06



SR-08



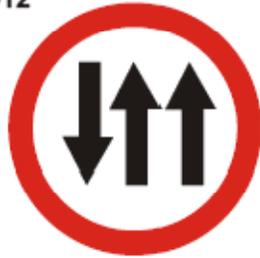
SR-10



SR-11



SR-12



SR-13



SR-14



SR-16



SR-17



SR-18



SR-19



SR-20





Figura 2.13. Señales Reglamentarias.

Tabla 2.10. Significado de las Señales Reglamentarias.

NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
SR-01	Pare
SR-02	Ceda el paso
SR-03	Siga de frente
SR-04	No Pase
SR-05	Giro a la izquierda solamente
SR-06	Prohibido girar a la izquierda
SR-07	Giro a la derecha solamente
SR-08	Prohibido girar a la derecha
SR-10	Prohibido girar en “U”
SR-11	Doble vía
SR-12	Tres carriles (uno en contraflujo)
SR-13	Tres carriles (dos en contraflujo)
SR-14	Prohibido el cambio de calzada
SR-16	Circulación prohibida de vehículos automotores
SR-17	Vehículos pesados a la derecha
SR-18	Circulación prohibida de vehículos de carga
SR-19	Peatones a la izquierda
SR-20	Circulación prohibida de peatones
SR-21	Circulación prohibida de cabalgaduras
SR-22	Circulación prohibida de bicicletas
SR-23	Circulación prohibida de motocicletas
SR-24	Circulación prohibida de maquinaria agrícola

c) **Señales Informativas.**

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc. Estas señales se identifican con el código SI.

Las señales informativas se clasifican en:

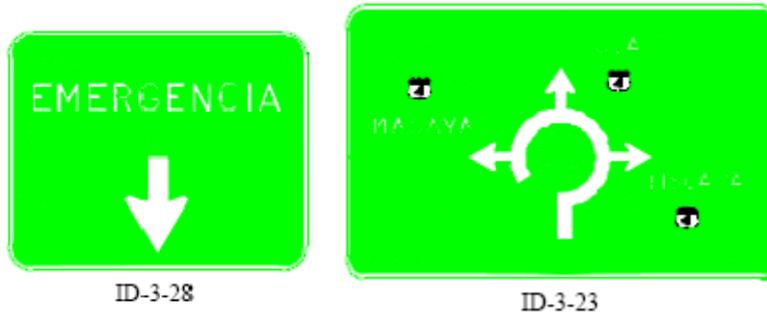
- De identificación
- Postes de referencia
- De destino
- De Información en ruta
- De Información general
- De servicios
- De información turística

A continuación se presentan gráficamente algunas de las señales informativas de mayor importancia que se utilizan en un proyecto de señalización de las vías terrestres.

Postes de referencia.



Señales de Identificación.



ID-3-28

ID-3-23

SOLO ↓ SALIDA

ID-3-33

SOLO SALIDA

ID-3-34

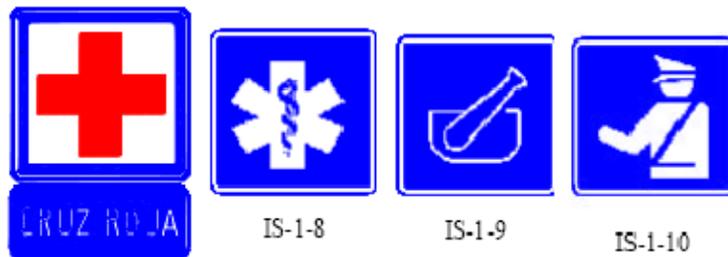
CARRIL DERECHO EXCLUSIVO

ID-3-35

USE CARRIL IZQUIERDO

ID-3-36

Señales de Información de Servicios y Turísticas.



CRUZ ROJA

IS-1-7

IS-1-8

IS-1-9

IS-1-10



2.4.5.3. Semáforos.

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

El semáforo es un dispositivo útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones.

Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección y uso de tan importante artefacto de regulación sea precedido de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito.

Los semáforos se usarán para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.

- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento del tránsito.

Clasificación.

De acuerdo con el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

1. Semáforos para el control del tránsito de vehículos
2. Semáforos para pasos peatonales
3. Semáforos especiales

1. Semáforos para el control del tránsito de vehículos.

Los semáforos para el control del tránsito de vehículos se clasifican de la siguiente forma:

- a) Semáforos de tiempos fijos o predeterminados (dependientes del tiempo).
- b) Semáforos accionados o activados por el tránsito (dependientes del tránsito):
 - Totalmente accionados (totalmente dependientes del tránsito).
 - Parcialmente accionados (semidependientes del tránsito).

2. Semáforos para pasos peatonales.

Los semáforos para peatones son señales de tránsito instaladas con el propósito exclusivo de dirigir el tránsito de peatones en intersecciones sanforizadas.

Los semáforos para pasos peatonales se dividirán de la siguiente manera:

- a) En zonas de alto volumen peatonal
- b) En zonas escolares

3. Semáforos especiales.

Los semáforos especiales para el tránsito se dividen en:

- a) Semáforos intermitentes o de destello

b) Semáforos para regular el uso de carriles

c) Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes (pasos a nivel)

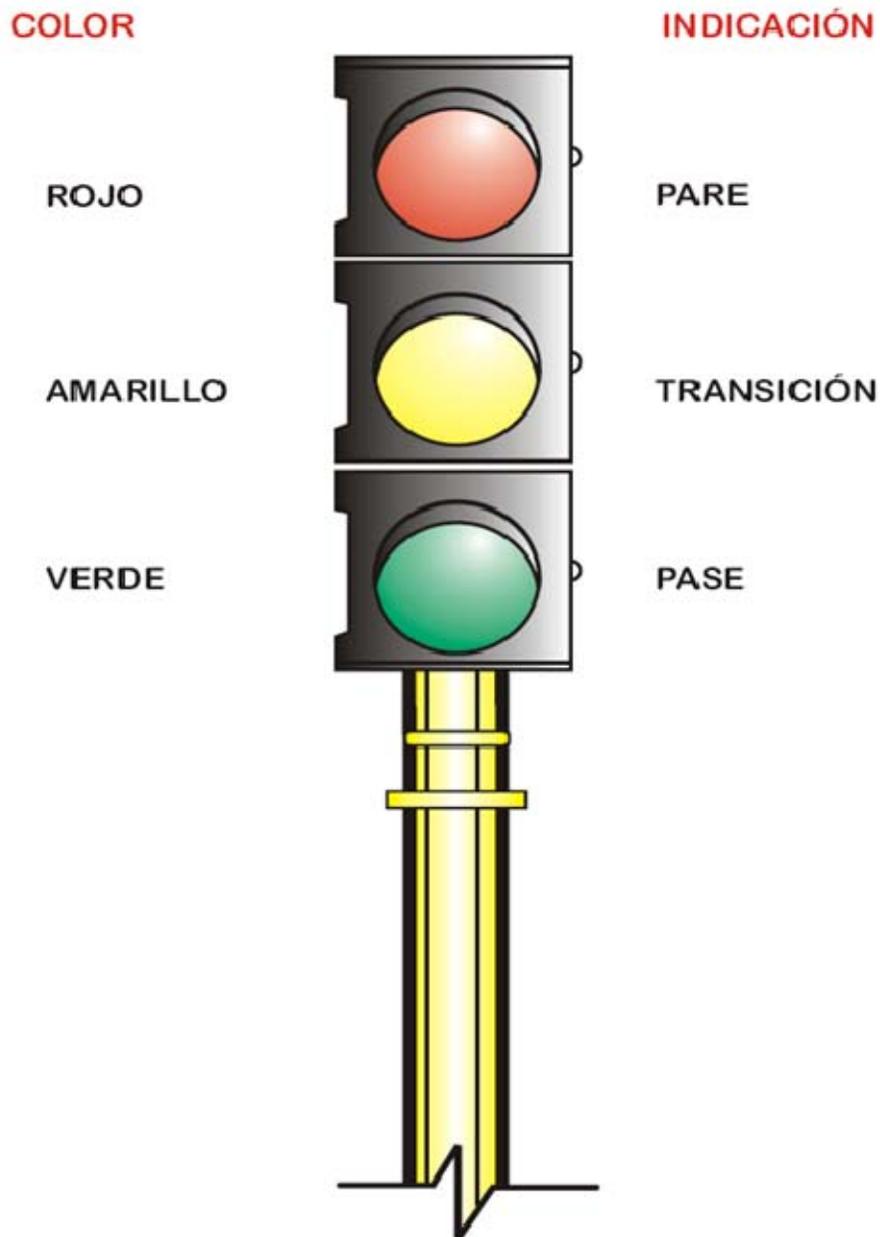


Figura 2.14. Posición de las Lentes en un Semáforo de Tres Luces.

Capítulo III: Generalidades del Área de estudio.

FACTORES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.1. Introducción.

Un By Pass, desde el punto de vista de las carreteras, es una vía que enlaza dos carreteras principales que convergen en un casco urbano, y actúa como un desviador del tráfico de paso, facilitando la movilidad de los vehículos. By Pass es solamente un concepto moderno, y no es más que un tramo de carretera en el que se debe involucrar todos los criterios conocidos aplicables al proyecto de estas obras.

La topografía, la geología, la hidrología, el medio ambiente, los usos del suelo, etc., son factores que tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de carretera y conjuntamente con los datos del tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

Seleccionar una ruta es un proceso que involucra evaluar varios factores, y los citados anteriormente son solo unos. De ellos es necesario tener información básica, relacionada a la zona de estudio donde se ubicara la vialidad.

La propuesta vial de esta tesis se ubica al norte de la zona urbana de San Miguel; a continuación se describe de manera general estas características del área de estudio.

3.2. Ubicación y Geomorfología.

La ciudad de San Miguel, cabecera departamental y municipal, está situada en la cuenca del Río Grande de San Miguel, la cual abarca una superficie aproximada de 2,050 kilómetros cuadrados. La ciudad se ubica al Noreste del volcán Chaparrastique y a 132.5 kilómetros al oriente de la ciudad de San Salvador. Las poblaciones vecinas a la ciudad son: Chinameca, Moncagua, Quelepa, Chapeltique y Uluazapa.

La ciudad se une por medio de las carreteras Panamericana (CA-01) y del Litoral, con varias poblaciones importantes situadas en la región oriental, paracentral y central del país; y por la carretera Ruta Militar (CA-07) con la ciudad de San Francisco Gotera, poblaciones intermedias y la frontera con la República de Honduras.

La localización de la zona de estudio se ubica en el departamento de San Miguel al norte de esta ciudad, inicia en el cantón el Sitio y finaliza en el cantón Hato Nuevo, pasando en su franja central por el cantón El Zamorano; la propuesta tiene una longitud de aproximadamente 7.2 Km. y se encuentra ubicado, entre las coordenadas 13° 29' 54.99" Latitud Norte, 88° 12' 32.97" Longitud Oeste (Inicio) y 13° 30' 26.61" Latitud Norte, 88° 09' 15.97" Longitud Oeste (Final); la figura 3.1 muestra una imagen ilustrativa de satélite del sitio donde se ubicara la propuesta.

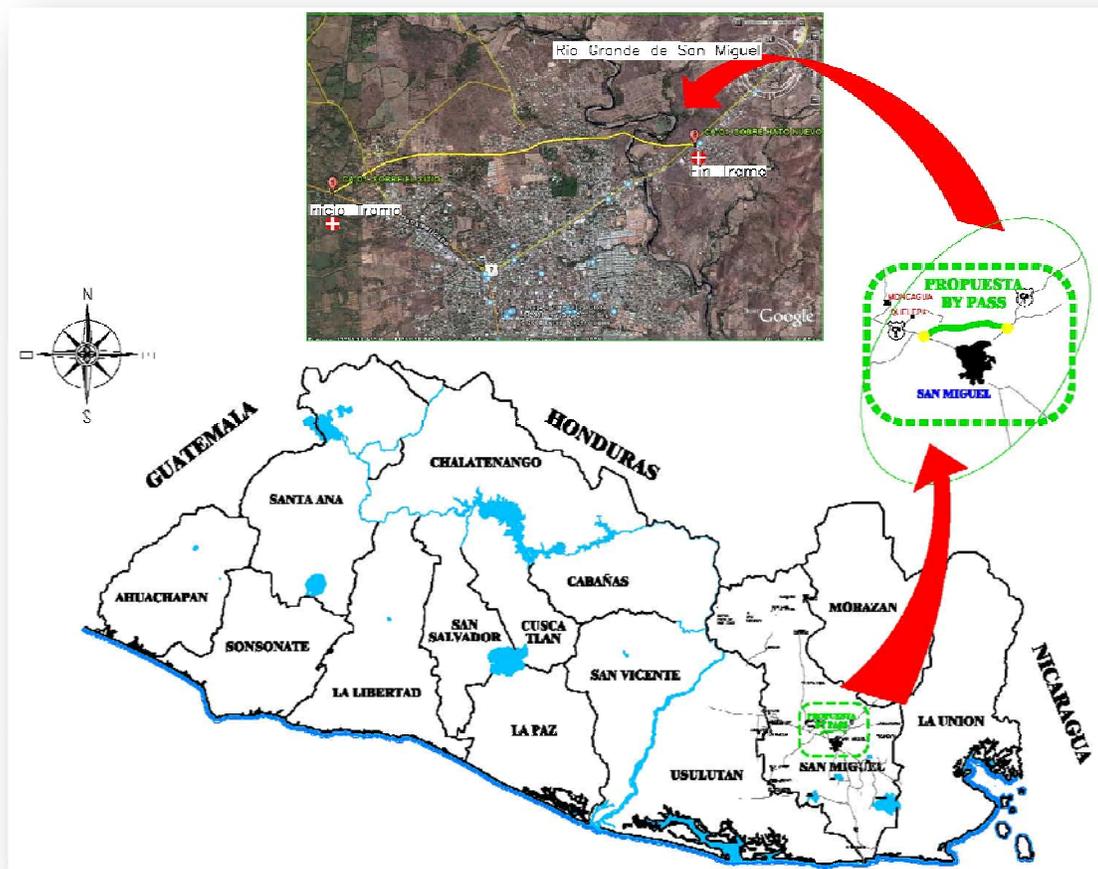


Figura 3.1. Ubicación Geográfica del Área de Interés.

El By Pass inicia en el punto sobre la Carretera Panamericana (CA-01) situado a la altura del kilómetro 133.4, en la fotografía 3.1 se muestra la imagen correspondiente al inicio del sitio del proyecto.



Fotografía 3.1 Inicio del sitio de la propuesta, coordenadas 13° 29' 54.99" N, 88° 12' 32.97" W.

La zona a lo largo de la traza está constituida por planicies y faldas de suave declive. La situación actual del área de estudio presenta una topografía que se clasifica como terreno plano a lo largo de la ruta casi en su totalidad (Pendiente Natural < 5%), y en ciertos tramos con pendientes que no superan el 10% clasificados como terrenos ondulado (5% < Pendiente Natural < 15%), el inicio de la ruta se extiende sobre campo traviesa en terrenos ondulados, en un tramo de aproximadamente 985 m. desde el inicio de la ruta hasta llegar al punto donde la traza intercepta a la calle antigua a Quelepa tal como se muestra en las Fotografías 3.2. y 3.3.



Fotografía 3.2. Tramo de terreno semiplano a 200 m de la CA-01.



Fotografía 3.3. Punto donde la traza proyectada atraviesa la calle antigua a Quelepa.

Siguiendo el recorrido, la ruta atraviesa terrenos planos cubiertos por pastos y cultivos de maíz, que a partir de la calle antigua a Quelepa se extienden en dirección Noreste, llegando hasta la rivera del Río Grande. Ver fotografía 3.4



Fotografía 3.4. Planicie que atraviesa la traza con cultivos de maíz.

La propuesta además atraviesa la carretera que desde el turicentro la Cueva conduce al cantón Agua Zarca. La Fotografía 3.5 muestra la intercepción. Este tramo del By pass se encuentra sobre terrenos planos, se ubica en promedio a 85 m. hacia el norte del muro perimetral de la Residencial Riverside Garden, siguiendo un rumbo Noreste por donde se propone el corredor en estudio; al oriente de este punto, este tramo de la traza en particular presenta un alineamiento recto con un ancho de rodaje mayor a 6.50 m. y es transitable en toda su longitud, la calzada posee una estructura de balasto, hasta llegar al Río Grande de San Miguel, como se muestra en la Fotografía 3.6



Un rasgo orográfico notable de la zona de influencia del estudio es su ubicación dentro del valle fluvial (o cuenca) del río Grande de San Miguel. Las áreas a lo largo de las cuencas media y baja del Río Grande son planicies propensas a inundaciones; cabe mencionar que el punto de cruce sobre el Río se encuentra en la parte media-alta de la subcuenca del acuífero San Miguel, por lo que raramente se dan inundaciones en este sector.

El corredor en estudio se propone finalizarlo a inmediaciones del kilómetro 149 ½ que de la carretera Ruta Militar (CA-07) conduce hacia la frontera con Honduras. La Fotografía 3.7 muestra el punto donde la ruta propuesta se incorporaría a la CA-07.



3.3. Geología.

En el área de Estudio se distinguen dos Formaciones Geológicas bien diferenciadas. Según el Mapa Geológico de la República de El Salvador⁴, estas formaciones son: Formación Cuscatlán y Formación San Salvador.

En la figura 3.2 se presentan las formaciones geológicas de San Miguel; la geología en la zona de interés se representa dentro del círculo.

La traza proyectada atraviesa las formaciones geológicas antes mencionadas: Formación San Salvador y formación Cuscatlán. La primera formación se extiende desde el inicio del proyecto hasta llegar al Río Grande de San Miguel donde predominan en esa zona rocas efusivas acidas pertenecientes a la formación Cuscatlán y se extienden hasta el final del proyecto.

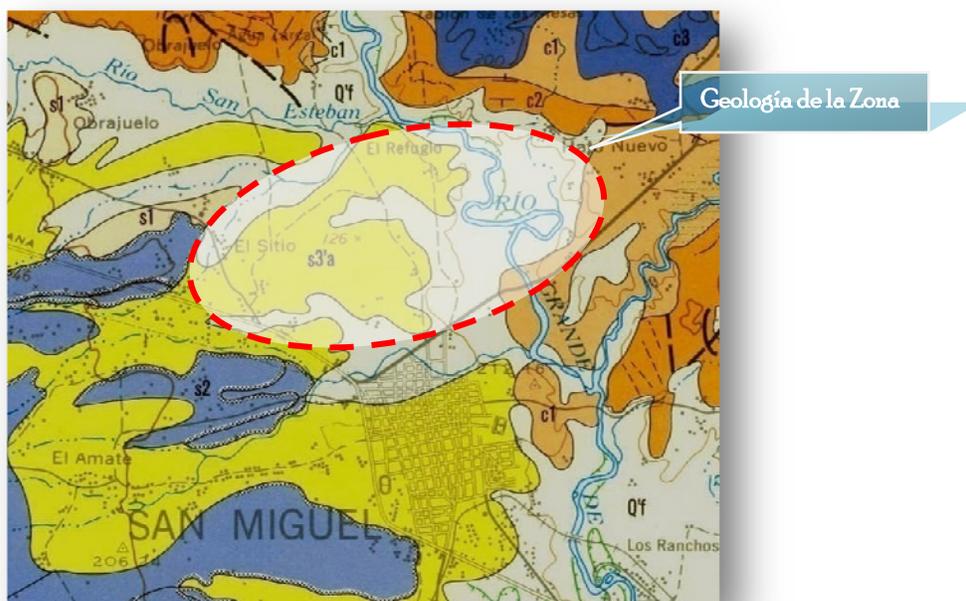


Figura 3.2. Formaciones Geológicas predominantes en San Miguel.

La formación San Salvador, la más reciente, cuya edad va del pleistoceno hasta el cuaternario reciente, está constituida por epiclastitas volcánicas (s3'a), los que se han

⁴ Mapeo Geológico por la Misión Geológica Alemana en El Salvador en colaboración con el Centro de Investigaciones Geotécnicas (1967 – 1971).

originado como consecuencia de las erupciones del Volcán de San Miguel. Todos estos materiales afloran al poniente, norponiente y surponiente de la ciudad de San Miguel, hasta el cono del Volcán de San Miguel.

En ambos márgenes del Río Grande de San Miguel se han depositado piroclastos reabajados y sedimentos aluviales, los cuales forman los depósitos del cuaternario fluvial (Q_f). Dichos materiales están formados de arcilla, limos y arenas de diferentes granulometría.

En la Fotografía 3.8 se muestran los tipos de materiales que predominan en el lugar y que pertenecen a la Formación San Salvador.



Fotografía 3.8. Pequeña ladera formada por epiclastitas volcánicas de color café.

La formación Cuscatlán, la cual es la más antigua de edad pliocénica, formada por estratos de rocas efusivas ácidas de granulometría fina a gruesa, alternando con algunos flujos de lavas andesíticas, y lavas basálticas las cuales afloran al norte, nororiente y oriente de la ciudad de San Miguel. Su símbolo según esta clasificación es “c1”; esta formación se encuentra al nororiente de la ciudad y al oriente del Río Grande, como se observa en la Fotografía 3.9.



Fotografía 3.9. Estrato de rocas efusivas acidas en las cercanías del Río Grande de San Miguel.

3.4. Hidrología.

La ciudad de San Miguel se ubica en la cuenca del Río Grande de San Miguel. En lo referente a la zona de estudio, esta se encuentra en los márgenes al norte de la subcuenca comprendida entre las Estaciones Hidrométricas Villerías y Moscoso identificada como Subcuenca San Miguel; también influye (aunque en menor medida) en la hidrología de la zona la subcuenca del Río San Esteban la cual se ubica hacia el norponiente de la ciudad, según se muestra en la figura 3.3.

La subcuenca del Río San Esteban, se extiende desde el Volcán Chaparrastique (San Miguel) hasta las planicies del Valle entre Moncagua y el Río Grande.

El Río San Esteban, es alimentado por una serie de cauces que se originan en el Volcán Chaparrastique, estos cauces, conducen agua únicamente en la época lluviosa, durante la estación seca el Río San Esteban es alimentado por una serie de nacimientos entre los que se destacan los que dan origen al Río El Tejar, en el Cantón El Tejar, y los de Moncagua.

En general, el río San Esteban sigue una dirección de poniente a oriente, desde Moncagua hasta su desembocadura, que se localiza 500 metros aguas arriba de la Estación Villerías en el Río Grande de San Miguel. La pendiente media de la Cuenca es de 8.6%, y en el Valle al Norte de la Carretera Panamericana, posee una pendiente promedio de 2.2 %.

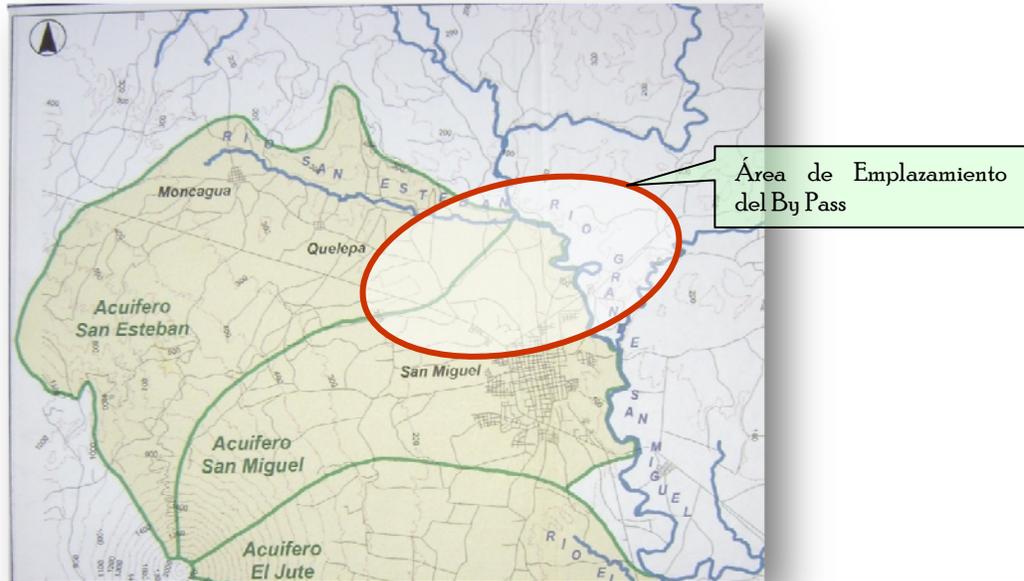


Figura 3.3. Sub-Cuencas Hidrográficas en San Miguel y la Zona de Interés.

La subcuenca de la ciudad de San Miguel, se origina en las alturas 2000 m.s.n.m. del Volcán Chaparrastique (San Miguel), hasta las Planicies del Valle donde se asienta la ciudad en los márgenes del río Grande. En dicha subcuenca se identifican pequeñas quebradas que, bajando del Volcán, conducen solamente la escorrentía superficial provenientes de las aguas lluvias, estas quebradas entran al Río Grande por el margen izquierdo, la más importante de ellas es la Quebrada Jalacatal.

En el margen derecho del Río Grande dentro de la zona de interés también existen una serie de quebradas las cuales son atravesadas por la propuesta, y que inciden en menor medida en el desarrollo de esta ya que conducen agua únicamente durante algunas lluvias en el invierno.

3.4.1. Corrientes Hidrológicas Involucradas.

El eje de la propuesta discurre en su mayoría sobre terrenos pertenecientes a la subcuenca San Miguel donde predominan los terrenos planos debido a la geomorfología de la zona; las principales corrientes de agua que serán atravesadas por la propuesta del By Pass son: El Río Grande de San Miguel, como el principal y más grande obstáculo natural a lo largo del trazo

propuesto; la Quebrada Jalacatal ubicada al sur poniente del Río Grande; y al oriente del mismo las Quebradas El Tacuazín, El Platanillo, y una Quebrada sin nombre. La figura 3.4 muestra un panorama general de los cursos de agua involucrados.

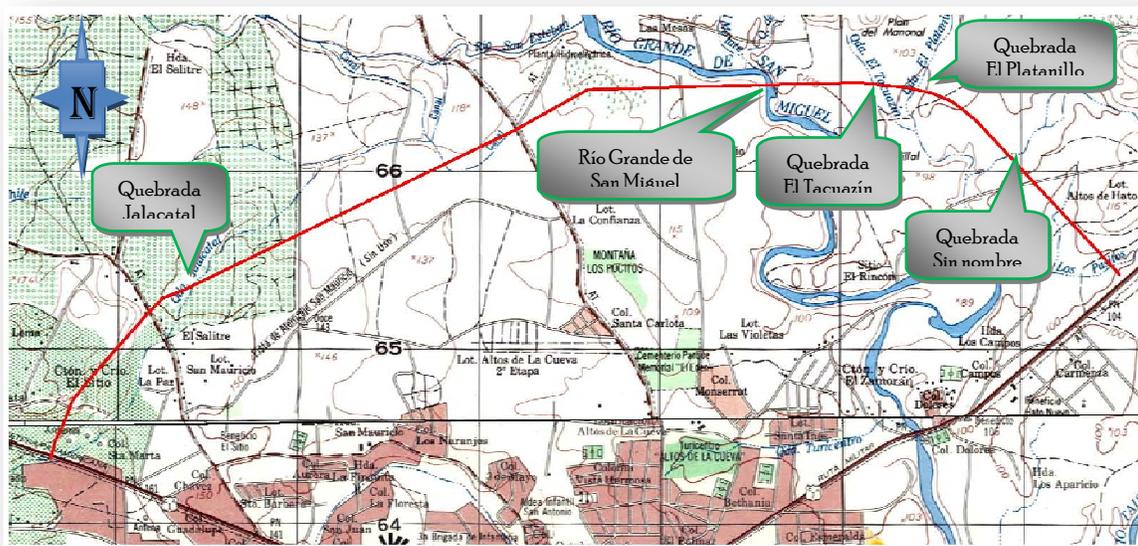
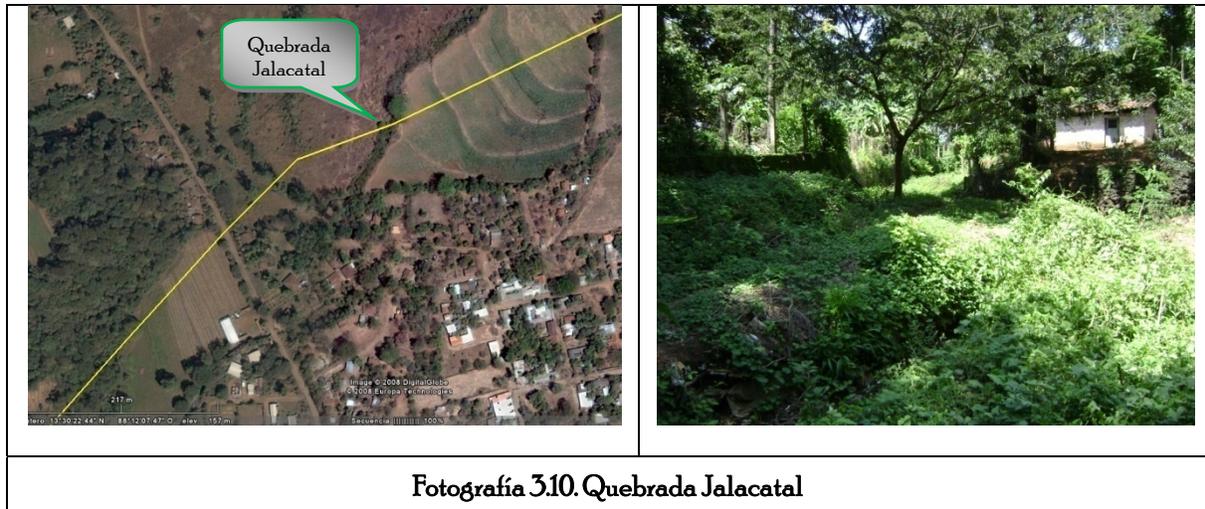


Figura 3.4. Corrientes de Agua que atraviesa la Propuesta.

Quebrada Jalacatal. Es el primer curso de agua que intercepta la propuesta, aproximadamente en las coordenadas $13^{\circ} 30' 25.87''$ N, $88^{\circ} 12' 07.72''$ W y a 260 m. al noreste de donde la propuesta intercepta la calle antigua a Quelepa.

Esta quebrada sirve de división entre el acuífero San Esteban y el acuífero San Miguel, los terrenos que la circundan son planos con pendientes inferiores al 2%, y únicamente conduce agua durante periodos prolongados de lluvia de moderada a alta intensidad; la trayectoria de su curso de agua es en dirección noreste hasta desembocar en el Río San Esteban. Durante el verano y gran parte del año su cauce es seco.

Las imágenes de la Fotografía 3.10 muestran las condiciones geomorfológicas de la Quebrada Jalacatal.



Fotografía 3.10. Quebrada Jalacatal

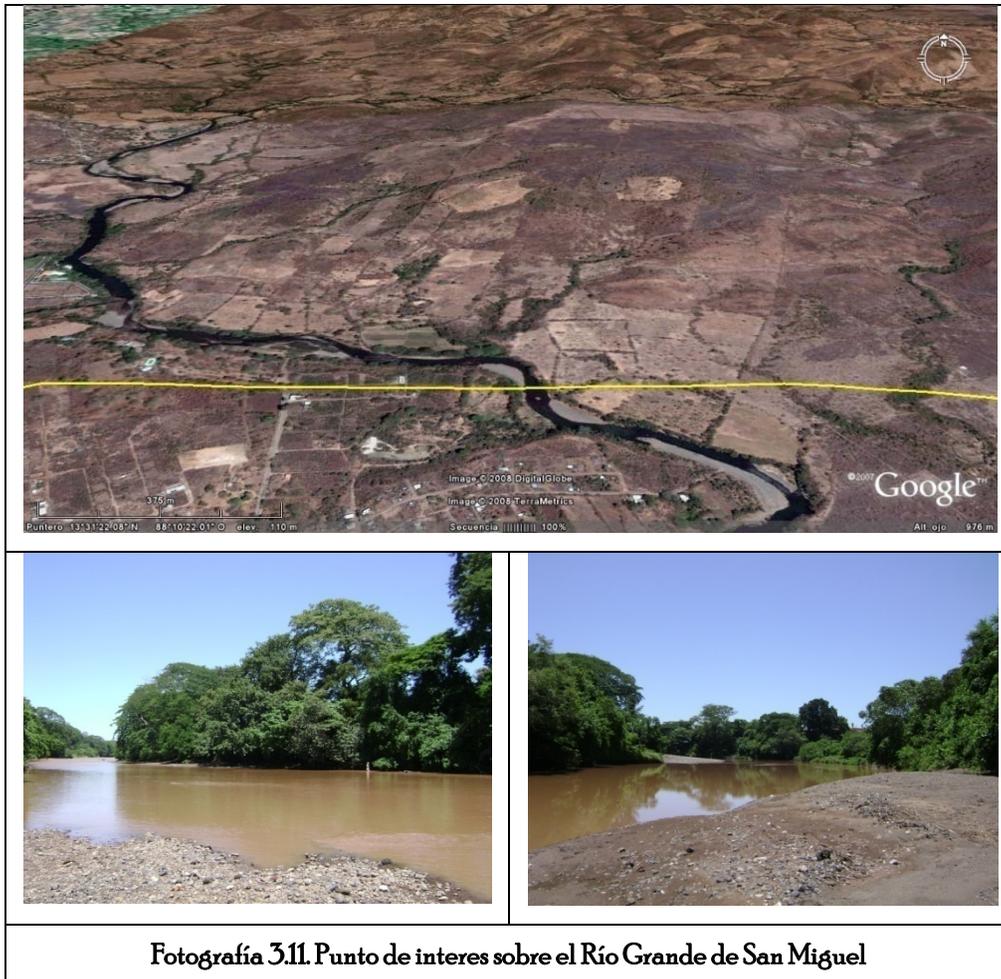
Río Grande de San Miguel. Es el más grande curso de agua que se encuentra en la ruta y también el más grande de la ciudad.

Es alimentado por los Ríos Villerías y El Guayabal como afluentes principales, estos se ubican al norte de la ciudad (2.65 Km al norte de la propuesta), y por una serie de ríos y quebradas de menor caudal en las proximidades de la ruta en estudio, siendo el Río San Esteban el principal en las cercanías; el drenaje del río es considerado como de tipo dendrítico (drenaje en forma de árbol, con un modelo ramificado que consiste de ríos que se unen al azar y con tributarios que se unen a los ríos más grandes irregulares pero siempre en ángulos agudos pero menos de 89 grados. Este es el tipo de drenaje más común que el resto).

El sector de la propuesta se encuentra en la cuenca alta del río por lo que se reportan pocos desbordamientos durante inviernos normales, según se observó durante el reconocimiento de campo y por comentarios de los lugareños el nivel máximo alcanzado es de 5.0 m. aproximadamente.

La ruta del By pass atraviesa el río en las coordenadas $13^{\circ} 31' 02.37''$ N, $88^{\circ} 10' 21.95''$ W, el claro que se genera en este punto es de 55.0 m. aproximadamente, en este punto la altura aproximada desde el nivel del agua hasta el margen poniente del río es de 15.0 m. y la misma altura al margen oriente es de 20.0 m.

Las imágenes de la Fotografía 3.11 muestran las características hidrográficas del Río Grande en el punto de interés.

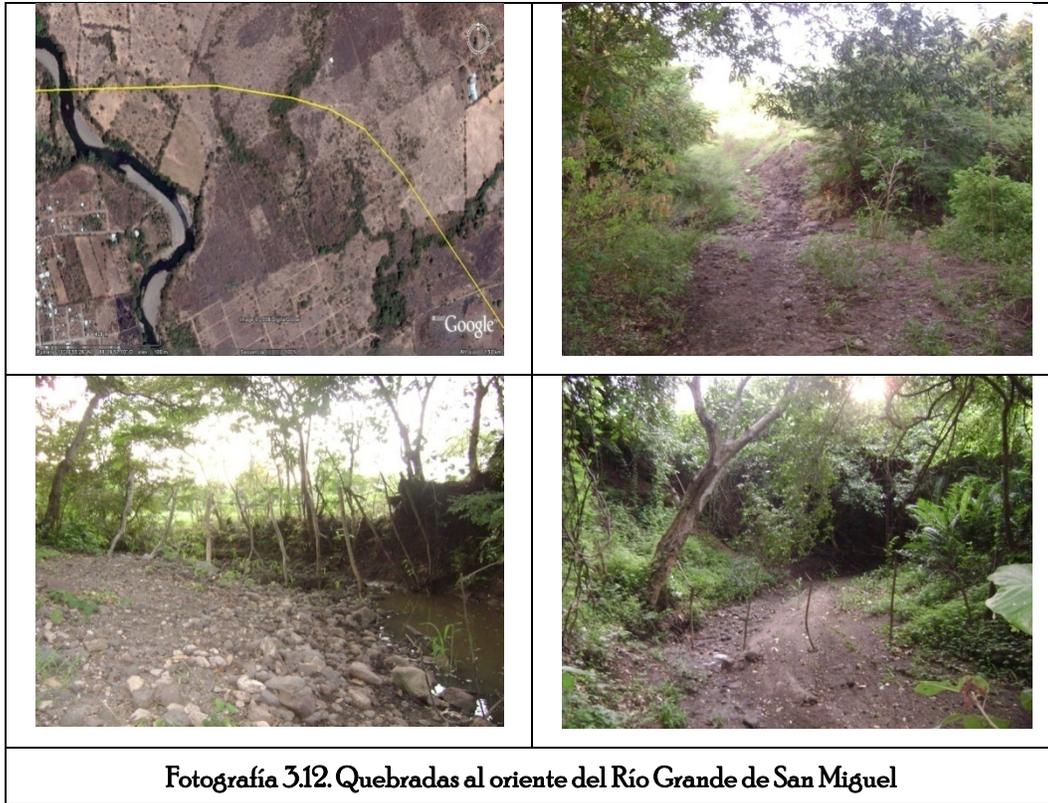


Fotografía 3.11. Punto de interes sobre el Río Grande de San Miguel

En general, la pendiente media de la cuenca donde se encuentra la ciudad, los terrenos tienen una pendiente de 1.6%.

Al oriente del Río Grande se encuentran las quebradas El Tacuazín, El Platanillo y una quebrada sin nombre, las cuales presentan características muy similares en cuanto a su geomorfología e hidrografía; son cauces que conducen agua únicamente durante lluvias intensas y desembocan en el Río Grande al sur de la propuesta.

La Fotografía 3.12 muestra las características mencionadas de dichas quebradas.



En general se puede decir que las características hidrográficas e hidrológicas en las zonas por donde pasa la propuesta son captadas por las corrientes hidrográficas descritas, las cuales a excepción del Río Grande conducen la escorrentía únicamente durante lluvias, y que forman parte de la cuenca del mismo.

3.5. Recursos Medio Ambientales.

El desarrollo de la ciudad de San Miguel tiende a transformar el ambiente natural de manera negativa, el aumento poblacional, el crecimiento desordenado de la ciudad, la deforestación en zonas de Recarga Hídrica, son solo unos de los factores que inciden negativamente en la situación ambiental de la ciudad.

Para el caso de la ciudad de San Miguel, la deforestación no solo sirve para dar lugar a áreas de cultivo, sino también, como zonas de urbanización debido a su tendencia de crecimiento.

La vegetación original de San Miguel es menos del 4 %, muchas zonas carecen de vegetación.

También existen áreas dispersas de pequeños bosques de especies latifoliadas que se localizan tanto en sitios abiertos como en valles interiores, e incluso a orillas de los ríos, principalmente cerca del Río Grande de San Miguel; incluye especies tales como la caoba, ceiba, cedro, conacaste, maquilishuat, almendro de río, madrecaao, castaño y volador. En San Miguel existen 22,283 hectáreas de bosque irregular y matorrales constituidos principalmente por zonas de morro, chaparro, carbón y carbón rojo.

Existen situaciones que se dan sobre el medio ambiente producto de la expansión de las áreas urbanas, las presiones sobre el medio ambiente urbano se refieren a los problemas y carencias en infraestructura y vivienda, así como también aspectos relacionados con la actividad industrial. Las mismas incluyen, en general, todo tipo de presiones generadas por la actividad económica y social, así como también todas las fluctuaciones, cambios o variaciones, que perturban o modifican el medio ambiente de su condición natural.

En cuanto a la calidad del aire, la contaminación de este en la ciudad es producida principalmente por fuentes móviles, es decir, emisiones del transporte urbano (autobuses, camiones y automóviles), polvo de carreteras y calles no pavimentadas, una red vial urbana y usos del suelo inadecuados causantes de problemas de congestionamiento de tráfico, además de otros factores tales como la edad y condición de la flota de vehículos, el tipo de combustible utilizado y condiciones atmosféricas.

De la zona de la propuesta se puede decir que la mayor parte se encuentran cultivos de ciertas especies como maíz, un poco más al norte caña de azúcar, y maleza; siguiendo el curso de la ruta, aproximadamente a 920 m. de la Carretera Panamericana se encuentra un área con abundante vegetación y se extiende hasta 65 m. delante de este punto hasta interceptar la calle antigua a Quelepa, tal como se muestra en la Fotografía 3.13.



También se encuentran áreas con numerosos árboles en las cercanías de las quebradas por las que pasa la propuesta y en el Río Grande.

Esencialmente se identifican especies arbustivas y arbóreas representadas localmente por Almendro del Río, Amate, Árbol de Fuego, árboles frutales, Café, Carbón, Cedro, Ceiba, Chaparro, Conacaste, Madrecacao, Maquilishuat, Morro, Pepeto, varias especies de Roble y pastizales.

En el lado oriente del Río Grande predominan matorrales, milpas y carboncillo.

No se puede obviar que todo cambio hecho por el hombre trae modificaciones a los hábitats de muchas especies, el proceso de planeación de una carretera trae consigo significativos impactos ambientales adversos y a largo plazo sobre los terrenos por los cuales pasa, pero también es de señalar que el proceso de desarrollo de las mismas trae sustanciales beneficios económicos y sociales en las economías de las regiones por donde pasa.

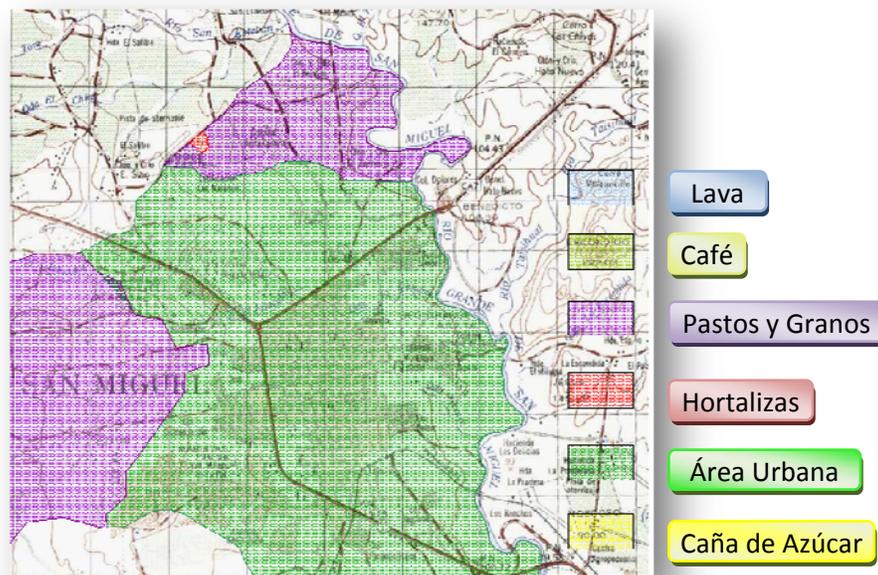
En los párrafos precedentes se mencionan las características ambientales de la zona de la propuesta; en las etapas subsiguientes de una propuesta o anteproyecto, es decir, cuando se considera seriamente en llevar a ejecución un proyecto de esta naturaleza, debe de elaborarse un Programa de Manejo Ambiental (PMA), que describa las medidas de prevención, atenuación y/o compensación, propuestas para evitar, mitigar y compensar los efectos negativos que ocasionará la construcción de la carretera. Las medidas presentadas en este Programa pretenden eliminar, compensar o reducir a niveles aceptables, los impactos

negativos tanto de la fase de construcción como de funcionamiento, con significancia media/moderada, alta o muy alta. Se debe de considerar medidas de cómo mitigar los efectos que se ocasionarán sobre las corrientes de agua, el suelo, la flora, la fauna, e incorporarlas en un PMA que refleje como se compensara los daños que una obra vial represente sobre el medio ambiente.

3.6. Usos del Suelo.

El uso del suelo se caracteriza por su gran actividad productiva, sobre saliendo entre ellos el cultivo del café al poniente, hortalizas y granos básicos en la parte media; sin embargo también existen remanentes de áreas con pasto, especies arbustivas y matorrales y desde luego parte del área impermeabilizada de la ciudad de San Miguel al oriente.

En la figura 3.5 se muestra los usos de suelo en la ciudad.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Figura 3.5. Usos de suelo del área de estudio.

Como se observa en la figura, en la zona de la propuesta casi la totalidad del suelo es área destinada a pastos y granos básicos.

Según el PLAMADUR, para el periodo 2006 – 2010, la construcción de un anillo periférico abrirá a la urbanización nuevas áreas al norte urbano de la ciudad, la zona principal de alta densidad, que corresponde a grupos socioeconómicos más bajos, se extiende de una nueva área de desarrollo al norte de la Ruta Militar hasta el nororiente, pasando por barrios existentes antes de cruzar el anillo periférico propuesto. Hay otra pequeña zona de alta densidad al norte de la Residencial El Sitio.

Lo anterior indica que la zona norte es un área potencial para el futuro desarrollo social y económico de la ciudad.

Dentro del recorrido de campo que se realizó para evaluar la zona norte de la ciudad, donde se ubicará la propuesta, los primeros 200 m. del tramo, entre la Carretera panamericana y Cantón El Sitio se observó que el uso en cuanto al suelo es el correspondiente a una baja densidad poblacional, mayormente dominante por maleza de la zona tal como indica la Fotografía 3.14.



Fotografía 3.14. Vegetación de la zona comprendida entre Carretera panamericana y Cantón El Sitio.

A medida se avanza en el recorrido, se observa que a 300 m. al norte de la carretera panamericana, el uso del suelo se destina mayoritariamente a la siembra de granos básicos, predominando los cultivos de maíz, esta característica del uso del suelo se observó hasta

interceptar un pequeño bosque y posteriormente la Calle Antigua a Quelepa, tal como se ilustra en la fotografía 3.15.

De aquí en adelante existen, gran cantidad de arbustos, pastizales y matorrales hasta las cercanías del Río Grande como se observa en la fotografía 3.16.

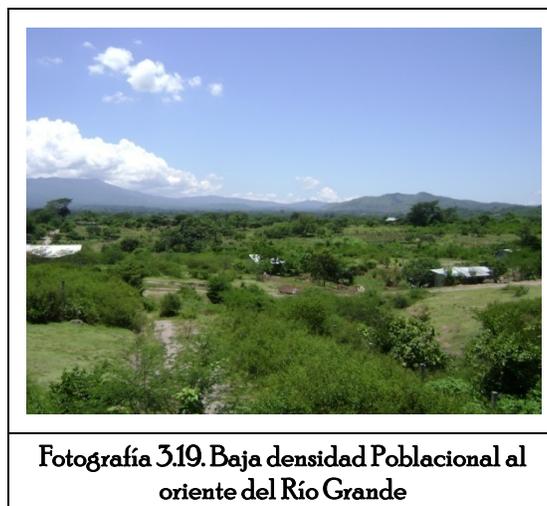


A medida se avanza hasta el punto final, en el Cantón Hato Nuevo se observa que el uso respectivo del suelo es de tipo habitacional, aunque a mucho menor escala que al poniente del Río Grande, y a la vez existen terrenos con presencia de ganado bovino, maleza y cultivos de maíz.



3.6.1. Uso de Suelo Habitacional y Actividad Comercial Actual.

La zona norte del casco urbano de la ciudad y al poniente del Río Grande presenta núcleos poblacionales de alta densidad, que corresponde a grupos socioeconómicos más bajos; se pudo constatar dentro de estos núcleos viviendas de tipo mixto (ladrillo de barro cocido), casas de bahareque (casas de adobe) y casas de bloque; además, cerca de la traza donde se propone el By pass se ubican las Residenciales El Sitio y Riverside Garden, siendo zonas de gran plusvalía destinadas al uso habitacional de grupos socioeconómicos de mejores ingresos. Al oriente del Río Grande, en el cantón Hato Nuevo el uso habitacional es menos intenso, pero se observan de forma dispersa casas de ladrillo de barro y bloque.



En cuanto a la presencia de actividad comercial en la zona, esta es muy baja, predominan tiendas con artículos de primera necesidad, cultivos de maíz y caña de azúcar.

En las cercanías del punto inicial y final de donde se ubicará la propuesta, sobre las Carreteras Panamericana y Ruta Militar respectivamente, existe un leve aumento de la actividad comercial. Sobre la Carretera Panamericana existen Bodegas de productos alimenticios, Talleres mecánicos y Lotes de venta de Vehículos, por mencionar los de mayor relevancia; mientras que sobre la Ruta Militar se encuentra la Gasolinera Shell Hato Nuevo, Bodegas de Vehículos pesados para transporte de mercadería y Talleres mecánicos.

Capítulo IV: Evaluación de Rutas.

EVALUACIÓN DE RUTAS.

4.1. Introducción.

La evaluación de rutas es el proceso preliminar de acopio de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio que reúna las mejores condiciones (óptimas), para efectuar el trazo.

Para iniciar esta fase dentro del anteproyecto de carreteras, se debe de tener claro que es la ruta; la ruta es la franja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde la carretera debe obligatoriamente pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazo de la vía.

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial, consiste en el estudio de las rutas. En esta etapa, se obtiene información de base, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas posibles para elegir a una de ellas, la más conveniente a todas las combinaciones exigidas o requeridas, y que mejor representará para el buen diseño geométrico. Esta es una de las fases más importantes en el estudio de una carretera.

Las alternativas de las rutas pueden ser numerosas. Este estudio es por consiguiente, un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazo, tales como: el tipo de terreno, la adquisición de derechos de vía; y abarca actividades que van desde la obtención de la información relativa a esos factores hasta la evaluación de la ruta, en los reconocimientos preliminares.

En el capítulo anterior se recolectó la información básica concerniente a tipos de terreno, geología, hidrología, etc., de la zona norte de la ciudad, para tener un panorama general de dichas características de la ruta en estudio.

En el desarrollo de este capítulo se estudiarán la elaboración de croquis, Reconocimientos preliminares, estudio del trazo, lo que nos permitirá seleccionar la alternativa que servirá para el diseño geométrico de la propuesta.

Se proponen, tres (3) alternativas de rutas; la Alternativa 1 corresponde a la vía de circunvalación propuesta en el PLAMADUR (Plan de Transporte Urbano (PTU), Consorcio PADCO-ESCO, 1997) y que es parte del anillo periférico en el tramo comprendido entre los cantones El sitio y Hato nuevo; las Alternativas 2 y 3 se han propuesto un poco más al norte de la anterior por razones de espacio físico; se evalúan cada una de ellas para seleccionar la que servirá para el posterior diseño geométrico.

4.2. Elaboración de los croquis.

El estudio de las rutas se realiza, generalmente sobre un mapa de la región, los cuales son una representación del terreno, obtenida por proyección sobre un plano, de una parte de la superficie esférica de la tierra. El relieve del terreno aparece representado en los mapas por medio de las curvas de nivel, curvas que enlazan puntos del terreno situados a la misma cota en el país, los principales mapas regionales que se utilizan en la elaboración del croquis de una vía son editados en escalas 1:25,000; 1:50,000 ó 1:100,000.

A continuación se presentan los mapas de la región donde se muestran las rutas propuestas. Estos croquis se han elaborado a partir de los cuadrantes topográficos obtenidos del Instituto Geográfico Nacional “Ingeniero Pablo Arnoldo Guzmán”, correspondientes al departamento de San Miguel, utilizándose las Hojas 2556 II NW, y 2556 I SW; editados a escala 1:25,000.

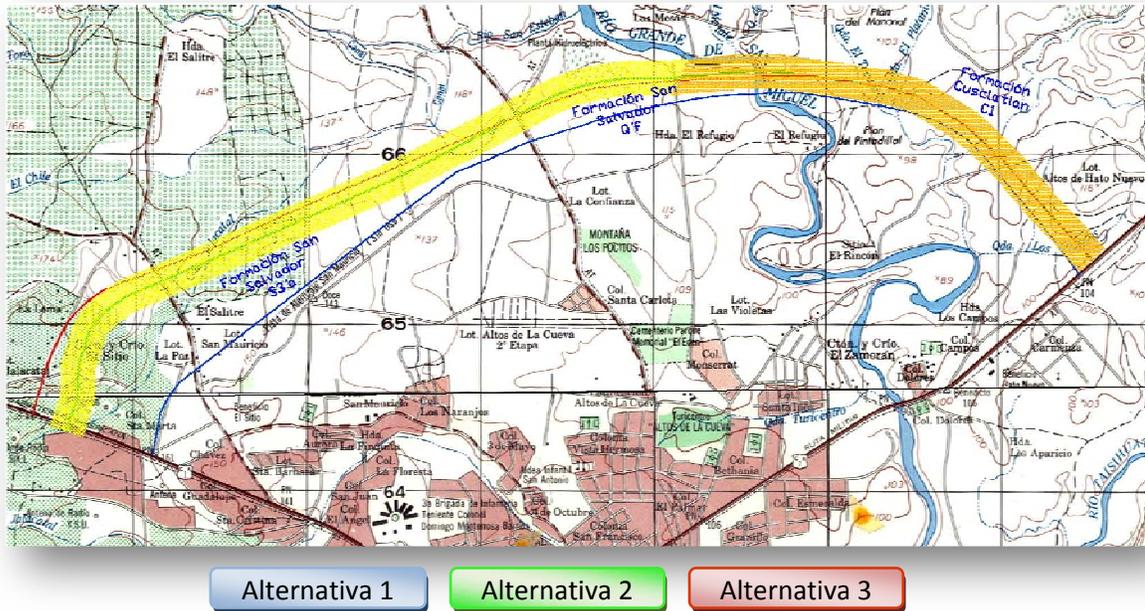


Figura 4.1. Elaboración de los Croquis sobre Cuadrantes Topográficos.

La figura anterior ilustra la zona que ha sido considerada para el estudio de las alternativas; estas han sido verificadas mediante reconocimientos de campo, los cuales brindan un mejor panorama de cada una de ellas.

Con los datos obtenidos de los mapas, los ingenieros de proyecto y diseño, logran formarse una buena idea de la región. Sobre ellos puede señalar los desniveles, los cursos de agua, las filas montañosas, los cruces con otras vías, etc. También puede marcar en ellos, las informaciones recogidas a través del material de consulta que se ha reunido previamente, los datos de población, zona de producción, intensidad de lluvias, tipos de terrenos y formaciones geológicas, etc. Además, deben indicarse con especial cuidado los controles primarios que guían el alineamiento general de la vía por los cuales se prevé que ésta debe pasar; así como controles secundarios tales como caseríos, carreteras existentes, sitios de puentes, zonas de terreno firme, cruce con otras vías, bosques, etc.

En base a este procedimiento, se han logrado establecer los puntos inicial y final de la propuesta del By Pass como controles primarios, los mismos se ubican sobre la Carretera

Panamericana (CA-01) en el cantón El Sitio y sobre la Carretera Ruta Militar (CA-07) en el cantón Hato Nuevo, respectivamente. La Figura 4.2 muestra la localización de estos controles primarios.



Figura 4.2. Identificación de Controles Primarios.

Se han identificado como controles secundarios los puntos donde las distintas alternativas propuesta atraviesan diferentes cursos de agua, siendo el más importante el Río Grande de San Miguel, la figura 4.3 muestra las líneas hidrográficas involucradas; también dentro de estos controles se encuentran los cruces con otras vías importantes como la Calle Antigua a Quelepa y la Calle a Agua Zarca, ver figura 4.3.

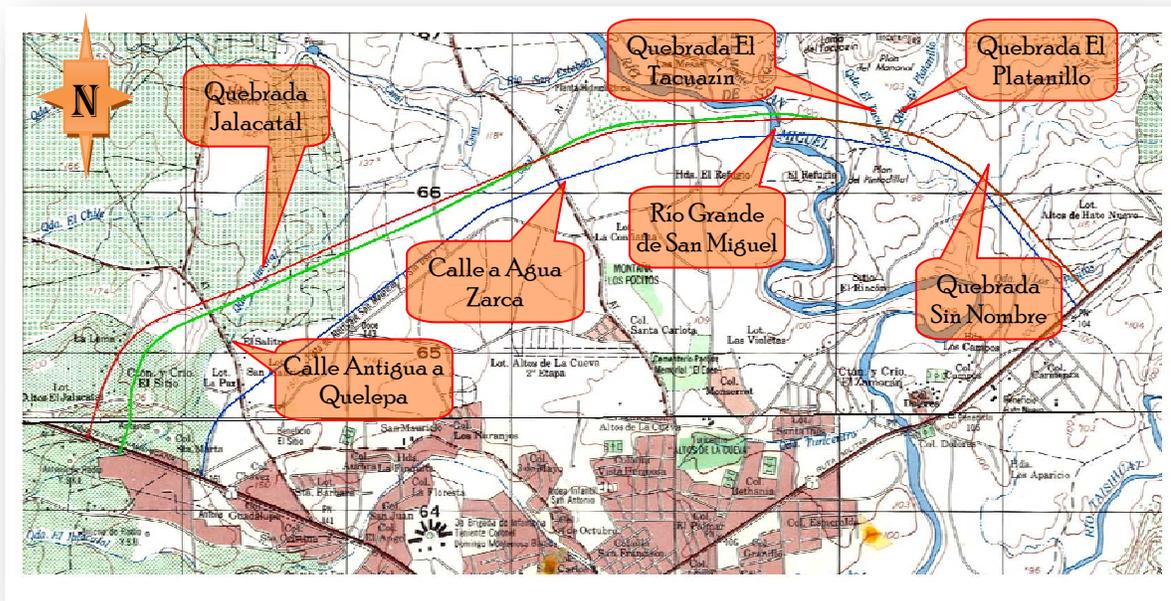


Figura 4.3. Identificación de Controles Secundarios.

La elaboración de los croquis permitió, además de establecer los controles primarios y secundarios, obtener datos importantes de la zona donde se propone el By Pass como la Geología, la Hidrología, Usos de Suelo, etc., los cuales han sido descritos con más detalle en el Capítulo III.

De esta manera, quedó orientado el alineamiento general de la carretera y con los datos adquiridos y anotados sobre los mapas, fue posible señalar en ellos varias líneas o croquis de la vía que determinaron las fajas de terrenos de ancho variable o rutas, sobre los cuales será posible ubicar el trazo de la carretera previos reconocimientos de campo de cada una de las tres alternativas.

4.3.Reconocimientos preliminares.

Una vez elaborados los croquis, se empieza el trabajo de campo o reconocimiento preliminar, este consiste en el examen general de las fajas o zonas de terreno que han quedado determinados por los croquis. Su finalidad es la de descubrir las características

sobresalientes que hacen a una ruta la mejor opción que las demás; sirve también para obtener datos complementarios de la región, tener una idea del posible costo de la construcción de la carretera propuesta, anticipar los efectos potenciales de la carretera en el desarrollo económico de los terrenos que esta atraviesa y estimar los efectos destructivos que se pudieran tener en el paisaje natural, al paso de la alternativa de la vía propuesta.

Con los datos obtenidos durante el reconocimiento preliminar y con la información reunida con anterioridad a él, los ingenieros se formarán un criterio que les permitirá seleccionar la ruta que ameritará el estudio topográfico.

El reconocimiento debe ser rápido y de carácter general y puede realizarse, incluso, recorriendo la ruta a pie. El ingeniero encargado del reconocimiento debe llevar consigo los instrumentos adecuados para la determinación de las elevaciones relativas, la obtención de rumbos y la medida de pendientes, las brújulas y los niveles de mano o clisímetros que sirven perfectamente para el trabajo. Así, cuando se está haciendo el estudio de las rutas para la construcción de una carretera, se pueden obtener las pendientes del terreno con la exactitud necesaria en esta etapa de prediseño.

4.3.1 Reconocimiento en Campo de las Alternativas.

Con los croquis elaborados en los cuadrantes topográficos y superpuestos en imágenes de satélite, fue posible llevar a cabo visitas de campo para observar las características propias de la ruta y las tres alternativas de trazo planteadas.

Para ubicarse de manera precisa en el campo, nos auxiliamos de tecnología GPS (Global Positioning System) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto con una precisión hasta de unos pocos metros; con esto resultó posible recorrer a pie las tres alternativas propuestas en los croquis con gran precisión, en el estudio del trazo se describen las particularidades de cada una de ellas, las siguientes fotografías esquematizan sitios puntuales de cada recorrido.



Fotografía 4.1. Alternativa 1: Entrada de la Residencial El Sitio.



Fotografía 4.2. Alternativa 2: Intersección con Calle a Agua Zarca.



Fotografía 4.3. Alternativa 3: Zona con alta densidad poblacional.

4.4. Estudio del trazo.

El proceso de estudio del trazo de una carretera implica una búsqueda continua de la mejor alternativa de la ruta, una evaluación y selección de las posibles líneas que se pueden localizar en cada una de las fajas de terreno que han quedado como merecedoras de un estudio más detallado después de haber practicado los reconocimientos preliminares y la evaluación de las rutas.

La finalidad de este estudio es la de establecer en las fajas de terreno, la línea o líneas correspondientes a posibles trazos de la carretera. Para ello, es necesario llevar a efecto un minucioso reconocimiento adicional sobre las rutas seleccionadas.

En términos generales, existen dos enfoques posibles para efectuar los reconocimientos de campo; estos son, el aéreo y el terrestre, utilizados por separado o conjuntamente.

El método terrestre, es aconsejable cuando, después de haber llevado a término los reconocimientos preliminares, los posibles alineamientos del trazo han quedado bien definidos; asimismo, cuando el ancho de la faja de derecho de vía es reducido y cuando el uso de la tierra es escaso para utilizarlo en ampliaciones, rehabilitaciones y construcciones.

El método aéreo, en cambio, es preferible cuando durante los reconocimientos no ha sido posible precisar los alineamientos del trazo; cuando el terreno es muy accidentado y cuando el uso de la tierra es muy intenso. Se utiliza en apertura de carreteras cuando el acceso a la zona del proyecto es dificultoso.

La selección del método a usar para el reconocimiento de campo deberá basarse en un análisis comparativo de los costos que origine cada una de las técnicas posibles y en la disponibilidad de tiempo acorde a las exigencias de cada una de ellas. También, se basará en las necesidades y requerimientos del proyecto, el proyectista y de la construcción.

4.4.1. Estudio sobre cartas geográficas.

Las principales cartas geográficas disponibles en la actualidad en El Salvador son las elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional “Ingeniero Pablo Arnoldo Guzmán” (IGN), dependencia del Centro Nacional de Registros (CNR), a escalas 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000, 1:5000.

El estudio de estas cartas permite al ingeniero, formarse una idea de las características más importantes de la región sobre todo en lo que respecta a su topografía, a su hidrología y a la ubicación de las poblaciones. Auxiliado con las cartas geológicas existentes, se dibujan sobre ella las rutas que pueden satisfacer el objetivo de comunicación deseado. Especial cuidado

debe tenerse en aquellos puntos obligados, primarios o principales, que guíen el alineamiento general de la ruta.

De esta manera es posible señalar sobre la carta varias rutas posibles, es decir, varias franjas para estudio. En las diferentes rutas aparecerán nuevos puntos de paso obligados, tales como cruces de ríos, quebradas, cruces con otras vías, que constituyen los puntos obligados secundarios de la vía.

Al dibujar las diferentes líneas que definen las posibles rutas, deben considerarse los desniveles entre puntos obligados, así como las distancias entre ellos, para conocer las pendientes que regirán su trazado.

El estudio sobre estas cartas geográficas es la etapa donde se elaboran los croquis que sirven para el reconocimiento en campo.

4.4.2. Estudio sobre imágenes aéreas y de satélite.

Hoy en día existe una poderosa herramienta multimedia que permite visualizar imágenes aéreas de satélite de alta resolución de la tierra con tecnología de avanzada, el programa “Google Earth Pro”.

Los reconocimientos aéreos son los que ofrecen mayor ventaja sobre los demás, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas, lo que facilita el estudio. Hasta hace poco estos reconocimientos se efectuaban con avionetas y helicópteros, resultando en ocasiones muy costosos.

Otra alternativa que se tenía (y aun se tiene) cuando estos reconocimientos no eran posibles es la Fotogrametría Aérea, En este caso se hacía la interpretación de las fotografías con que se cuenta, marcando en ellas las diferentes rutas posibles, eliminando aquellas que ofrezcan menores ventajas, seleccionando las mejores. Si la línea llegara a salirse de las fotografías disponibles, se utilizan cartas geográficas para completar lo faltante, a fin de que al efectuar el reconocimiento terrestre se tuviese una idea clara de la situación general de la ruta.

El programa “Google Earth Pro” se utiliza de manera muy similar a lo que puede ser la Fotogrametría Aérea. Hay que auxiliarse conjuntamente de Cuadrantes Topográficos, Mapas Geológicos, Mapas de Usos de Suelos, para poder interpretar de una manera más precisa las imágenes satelitales; se hacen valoraciones de las afectaciones a propiedades en el derecho de vía, se visualizan de manera clara muchas características geográficas que no es posible observar en mapas de la zona.

4.4.3. Estudio del trazo de las alternativas propuestas.

Para el estudio del trazo de la propuesta de By Pass en la zona norte de la ciudad, se presentan tres (3) Alternativas. Para efectuar el reconocimiento de cada una de las alternativas se utilizaron los dos métodos anteriores. Mediante el procesamiento de los cuadrantes topográficos en softwares de diseño y software de conversión entre sistemas de unidades de posición geográfica, fue posible superponer las alternativas planteadas en los cuadrantes con imágenes en el programa “Google Earth Pro”. En las Figuras 4.4 y 4.5 se presentan las tres alternativas propuestas.

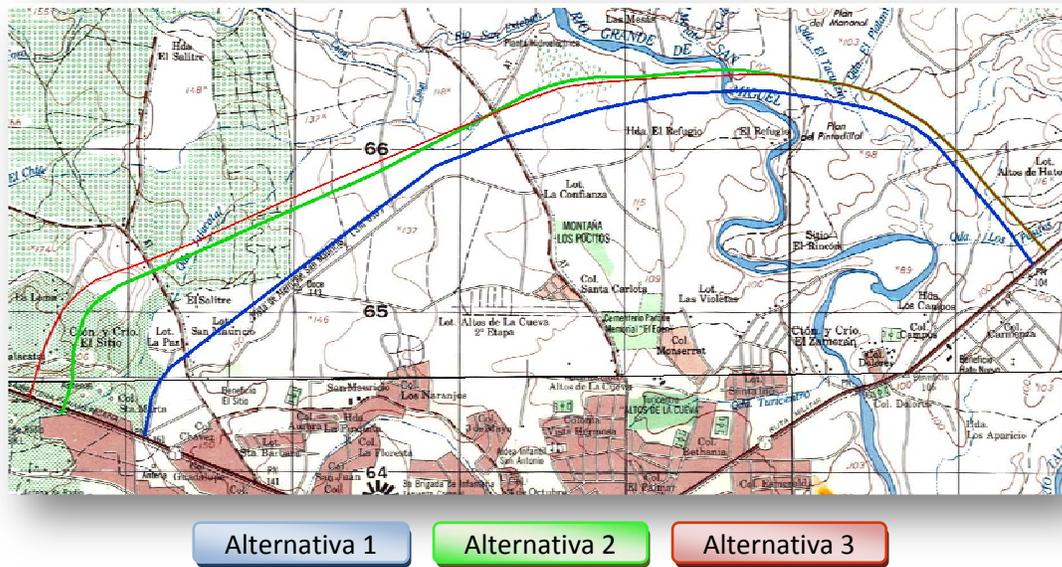


Figura 4.4. Alternativas sobre Cartas Geográficas.



Figura 4.5. Alternativas sobre Imágenes de Satélite.

Esta combinación de métodos permitió una mejor comprensión de las características de las zonas, y ajustar las alternativas para simplificar el reconocimiento de ellas en el campo.

A continuación se estudian las tres alternativas, a partir del reconocimiento de campo.

4.4.3.1. Alternativa 1.

La Alternativa 1 corresponde a la vía de circunvalación propuesta en el Plan de Transporte Urbano incluido dentro del Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PLAMADUR), la cual es parte del anillo periférico, según este estudio, la periferia de San Miguel requiere de accesos para atravesar dicha Ciudad.

Esta ruta cuenta con una longitud de aproximadamente 6.5 Km. en el tramo comprendido entre los cantones El sitio y Hato Nuevo al norte de la Ciudad de San Miguel, la propuesta inicia a la altura del Kilómetro 134 sobre la Carretera Panamericana (CA-01) ubicándose el punto de inicio en las coordenadas Geodésicas $13^{\circ} 29' 50.64''$ N, $88^{\circ} 12' 16.38''$ W. La ruta en general atraviesa zonas de terreno plano en su mayoría, e intercepta al igual que las demás alternativas cursos de agua y calles existentes como la Calle Antigua a Quelepa y la Calle a Agua Zarca. La Propuesta que fue evaluada en el año de 1997 no previó el desarrollo desenfrenado en la periferia norte de la Ciudad de San Miguel. La Fotografía 4.4 y

fotografía 4.5 muestran las Residenciales El Sitio y Riverside Gardens por donde la ruta atraviesa, zonas que actualmente se encuentran totalmente pobladas y urbanizadas.



El punto de inicio de esta alternativa coincide con la entrada de la Residencial El Sitio, zona totalmente urbanizada; luego pasa por colonias aledañas a esta residencial, como la Lotificación Valle Nuevo y otras colonias, ver Fotografías 4.6 y 4.7; la ruta además atraviesa la residencial Riverside Gardens, en la fotografía anterior se visualiza el punto donde la alternativa 1 intercepta la calle a Agua Zarca y donde pasa justamente a inmediaciones de esta Residencial, por donde se propone el corredor en estudio.



Esta ruta propuesta en el PLAMADUR ya no es factible debido al incremento de la población en esa zona y lo elevado en costos que resultaría adquirir estas propiedades. Esto hace que las demás rutas a evaluar se propongan más alejadas, a unos 500 metros al norte de la Alternativa 1. La imagen de satélite en la figura 4.6 nos muestra la propuesta, observándose en el inicio de la ruta una zona altamente urbanizada por la Residencial El Sitio etapas I y II, seguido de las colonias antes mencionadas y luego por la Residencial Riverside Gardens (la cual aun no aparece en estas imágenes) que actualmente se está desarrollando; continúa con un incremento a menor escala de la población en la Lotificación La Confianza hasta llegar a la cercanías del Río Grande de San Miguel; del Río en adelante la densidad poblacional disminuye encontrándose esta zona con predios baldíos y terrenos utilizados en su mayoría para potreros y carbónales, con pocos cultivos, hasta llegar al punto en donde la traza intercepta la carretera Ruta Militar (CA-07) a la altura del Kilómetro 149.36 en el punto donde finaliza esta Alternativa, en las Coordenadas Geodésicas $13^{\circ} 30' 23.78''$ N, $88^{\circ} 09' 18.33''$ W.

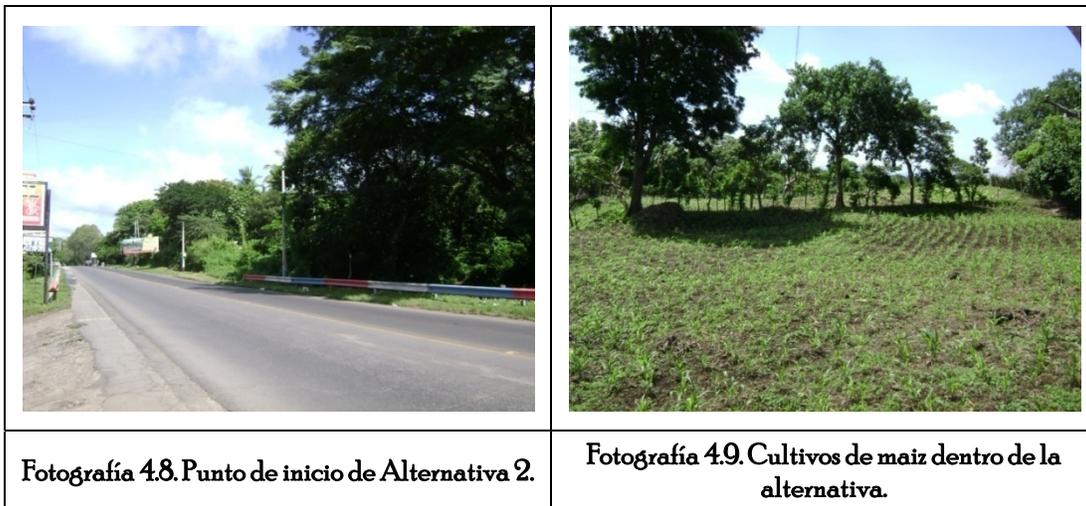


Figura 4.6. Imagen de Satelite que muestra la zona donde pasa la Alternativa 1.

4.4.3.2. Alternativa 2.

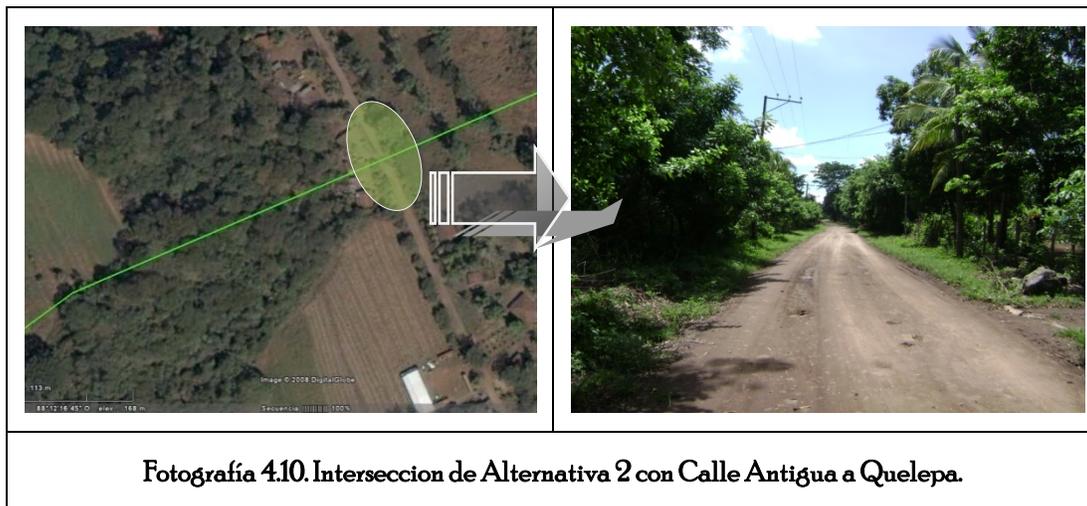
La alternativa 2 tiene una longitud aproximada de 7.145 Km., inicia sobre la carretera panamericana específicamente a la altura del kilómetro 133.4, con coordenadas Geodésicas en dicho punto de 13° 29' 55.59" N, 88° 12' 32.25" W (fotografía 4.8), donde el terreno es plano con una pendiente ascendente promedio del 3% y con poca densidad poblacional; en esta parte se nota la presencia de flora, en su mayoría arbustos y maleza; estas características se observan en los primeros 200 m. de la alternativa.

Las tierras sobre las que pasa esta alternativa en los siguientes 320 m. son destinadas a la siembra de granos básicos en su mayoría el cultivo de maíz, presentan una pendiente ascendente del 4% clasificándose como terrenos planos; en los siguientes 390 m. el suelo continúa siendo ocupado por cultivos de maíz, todavía se clasifican como terrenos planos pero la pendiente ahora desciende promediando valores del 3% hasta interceptar una zona con abundante vegetación. La Fotografía 4.9 muestra las características de la zona.



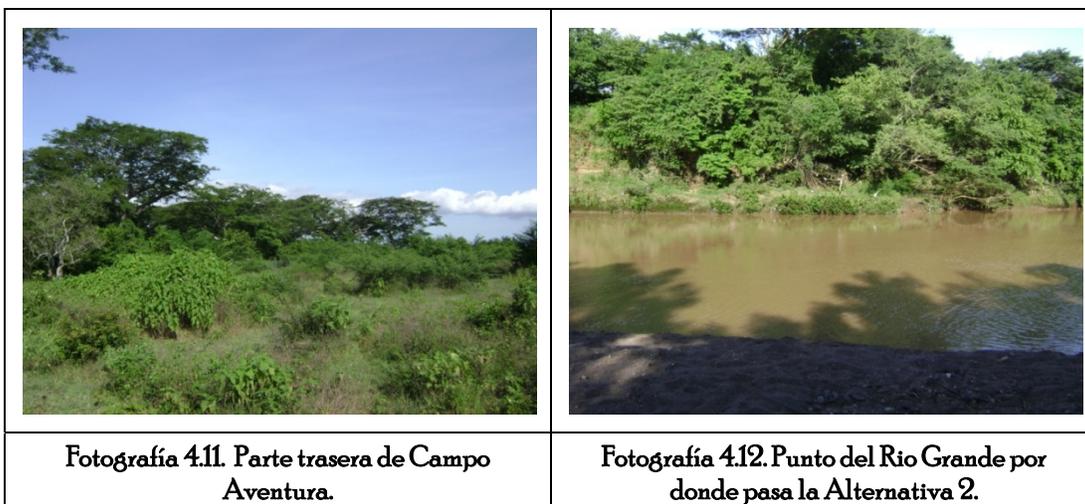
En esta zona se logra apreciar árboles como Conacaste, Quebracho, entre otros; la alternativa 2 en este subtramo tiene una longitud aproximada de 175 m. hasta interceptar la carretera antigua a Quelepa en las coordenadas Geodésicas 13° 30' 23.12" N, 88° 12' 14.77" W, donde justamente al costado poniente de dicha vía se aprecia una baja densidad poblacional, este trayecto presenta una forma ondulada, con una pendiente descendente

hasta de 12%. Las imágenes en la fotografía 4.10 ilustran el punto de cruce de esta alternativa con la calle en mención.



La ruta continúa en dirección noreste unos 2.25 Km. hasta cruzar la calle a Agua Zarca en las coordenadas $13^{\circ} 30' 54.42''$ N, $88^{\circ} 11' 6.85''$ W. En este trayecto los terrenos son planos con pendientes menores de 2%; son ocupados mayoritariamente por maleza y matorrales, algunos cultivos de caña de azúcar ocupan los terrenos en los alrededores de donde la alternativa 2 atraviesa la Quebrada Jalacatal; los últimos 900 m. de este subtramo pasan 110 m. al norte paralelos al muro perimetral de la Residencial Riverside Gardens en donde en el invierno los suelos se aprovechan para cultivos de maíz.

Los siguientes 500 m. discurren sobre un tramo recto de un camino existente, luego pasa al sur de lo que antes era conocido como Parque Recreativo Campo Aventura (Fotografía 4.11) para luego acercarse a una pequeña zona poblacional que se conoce como Parcelación Sevilla donde unos 250 m. de la alternativa corren sobre un camino de esta localidad y así llegar a las Riberas del Río Grande de San Miguel en el punto que se muestra en la Fotografía 4.12. La zona se clasifica como terreno plano, la pendiente desciende suavemente (2%) hasta llegar a la ribera occidental del río.



Después de pasar el Río Grande de San Miguel, la alternativa se introduce en potreros del Cantón Hato Nuevo donde el terreno es plano, con leves pendientes ascendentes y descendentes que no superan valores del 2%, en estos terrenos se observan cultivos de maíz y la presencia de arbustos y maleza (Fotografía 4.13). Dicha alternativa cruza dentro de este tramo las Quebradas El Tacuazín, El Platanillo, y otra que esta sin nombre dentro de los cuadrantes topográficos utilizados en la elaboración de los croquis y durante el recorrido, estas tres quebradas únicamente transportan agua en invierno y sus cursos se dirigen en dirección del Río Grande para empalmarlo aguas abajo del sitio de la fotografía 4.12.

Finalmente, esta alternativa aprovecha un tramo de 400 m. sobre un camino existente en la Lotificación Hato Nuevo hasta empalmar con la Ruta Militar a la altura del kilómetro 149½ en las coordenadas 13° 30' 28.06" N, 88° 09' 15.66" W; en este lugar la densidad de población es baja y los terrenos son planos. La fotografía 4.14 muestra el sitio donde finaliza la alternativa 2.



En resumen, la alternativa 2 atraviesa terrenos planos en casi todo su recorrido, a excepción de un pequeño tramo dentro del cantón El Sitio con características onduladas pero con pendientes que no superan el 12%; su afectación a construcciones existentes es mínima, casi nula, únicamente a la altura de la intersección con la Calle Antigua a Quelepa donde existen viviendas a la orilla poniente, en donde habría que examinar cuidadosamente el diseño geométrico del trazo para afectar lo menos posible; la alternativa también aprovecha aproximadamente 1 Km. de caminos existentes, los cuales presentan una geometría que permite su utilización dentro del ajuste de diseño geométrico; la longitud restante de la alternativa son tramos de apertura, y por la magnitud que un proyecto vial representa y particularmente el caso de un By Pass en una ciudad importante como lo es San Miguel, tendría un impacto positivo en el desarrollo económico de los terrenos que esta atraviesa.

4.4.3.3. Alternativa 3.

La alternativa 3 cuenta con una longitud de 7.2 Km. y en comparación con las dos alternativas anteriores es la más larga. Inicia en la carretera panamericana a la altura del Km 133.16, en las coordenadas geodésicas $13^{\circ} 29' 57.93''$ N, $88^{\circ} 12' 39.44''$ W, se dirige al norte sobre terrenos ondulados con una pendiente ascendente aproximada de 8% en los primeros 200 m. En este subtramo la alternativa atraviesa una zona densamente poblada donde existen edificaciones que interfieren en el trazo de esta alternativa. Las imágenes en la Fotografía 4.15 ilustran la situación de este subtramo.



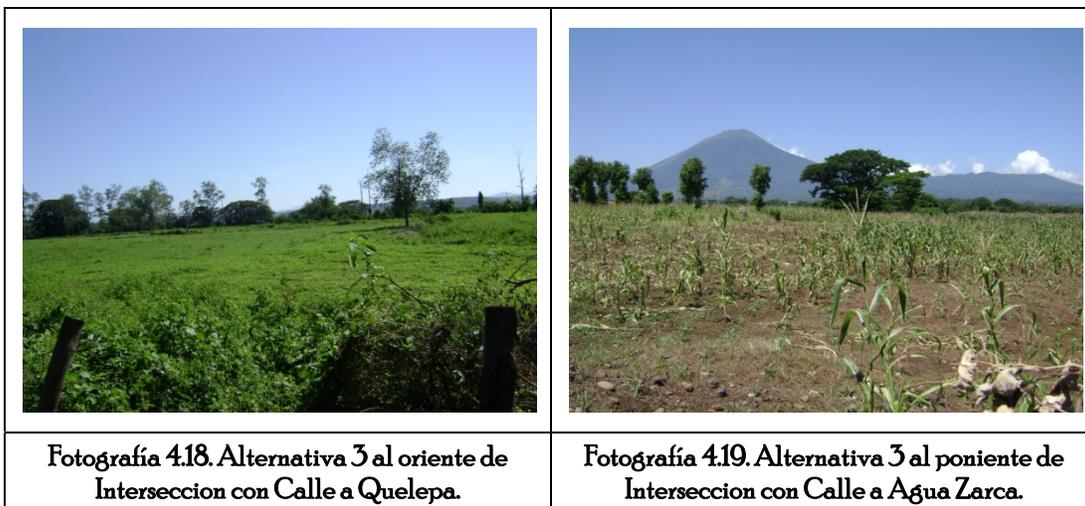
En adelante continua 400 m. en dirección noreste sobre un camino existente con un ancho aproximado de 6.50 m. y construcciones a ambos lados del mismo; la pendiente de este camino es levemente ascendente con valores entre 2% ~ 3% considerándose como terreno plano, según se observa en la Fotografía 4.16. En el punto con coordenadas 13° 30' 16.53" N, 88° 12' 34.29" W la alternativa 3 deja el camino existente y sigue con rumbo N 70° 49' 13.77" E atravesando terrenos que en época de invierno son utilizados para la siembra de maíz, este tramo es de aproximadamente 440 m., el tipo de terreno se clasifica como terreno plano con una pendiente descendente entre 3% ~ 4%. Ver Fotografía 4.17.



La alternativa 3 continúa con el mismo rumbo anterior y atraviesa una zona con muchos árboles en los siguientes 170 m., el tipo de terreno es ondulado, con una pendiente descendente aproximada del 11%, hasta donde se intercepta con la Calle Antigua a

Quelepa en las coordenadas 13° 30' 25.45" N, 88° 12' 16.12" W donde existen una serie de viviendas a la orilla poniente sobre dicha calle; este punto se encuentra ubicado a 645 m. al norte de donde la alternativa 1 intercepta esta calle y a 80 m. al norte de la intersección de la alternativa 2 con esta misma calle.

Luego, esta alternativa sigue con rumbo N 68° 50' 37.25" E hasta atravesar la calle a Agua Zarca a una distancia de 2.26 Km., los terrenos son planos y la pendiente desciende suavemente promediando un valor del 2%. El tramo pasa por terrenos con maleza que no son ocupados por ningún tipo de actividad productiva hasta cruzar la Quebrada Jalacatal, en adelante existen propiedades con siembras de caña de azúcar y matorrales; la alternativa pasa 140 m. al norte paralela al muro perimetral de la Residencial Riverside Gardens, en estos terrenos predominan los matorrales que en invierno alcanzan alturas hasta de 2.0 m. y en verano son prácticamente inexistentes tornándose el suelo muy árido; llegando al empalme con la calle a Agua Zarca los terrenos son ocupados por cultivos de maíz. Las Fotografías 4.18 y 4.19 muestran las planicies que atraviesa la alternativa 3.



De esta intersección en adelante la alternativa pasa por la Lotificación La Confianza hasta llegar al Río Grande en un tramo de aproximadamente 1.37 Km. sobre terreno plano manteniendo la misma pendiente del 2%, el suelo en este tramo es de uso habitacional y la alternativa atraviesa esta zona. Sobre el Río Grande la Alternativa 3 se une a la Alternativa 2 coincidiendo el punto de cruce.

Del Río Grande hasta el final la alternativa 3 se une con la alternativa 2 y finalizan en el mismo punto, pasando por terrenos planos donde la densidad poblacional es muy baja.

El aprovechamiento de caminos existentes de esta alternativa es un poco menor que la alternativa 2, solo 400 m. en el tramo del cantón Hato Nuevo y unos 400 m. en el cantón El Sitio donde existen muchas casas a ambos lados, hay que mencionar que los primeros 200 m. de ésta atraviesa muchas viviendas y bodegas comerciales ubicadas sobre la Carretera Panamericana, y de nuevo atraviesa viviendas en la Lotificación La Confianza; también, de las tres Alternativas consideradas, ésta es la que posee una mayor longitud.

4.5. Selección de Alternativa para el Diseño Geométrico.

Ahora centraremos nuestra atención en el ejercicio utilizado para seleccionar una alternativa entre las tres propuestas. Hemos analizado con detenimiento los valores individuales para cada alternativa de cada uno de los siguientes indicadores:

- a) Longitud de la Alternativa en kilómetros
- b) Aspectos topográficos
- c) Adquisición de Derechos de Vía.

De esta manera, comparando las cifras que arrojan cada uno de estos indicadores para cada una de las alternativas tendremos una clara identificación de las bondades que ofrecen individualmente y los suficientes elementos de juicio para realizar una escogencia acertada.

Dentro de las alternativas presentadas se escoge aquella que presentó las mejores características en su análisis.

Por lo planteado anteriormente, se escoge para el Diseño Geométrico de la Propuesta de By Pass en la Ciudad de San Miguel entre Cantón El Sitio – Cantón Hato Nuevo la **ALTERNATIVA 2**, la cual presenta las mejores condiciones en comparación con las otras alternativas.

Dentro de las características sobresalientes que hacen de esta alternativa la mejor, comparativamente con las otras, podemos mencionar:

- La alternativa 2 es la que menos impacta sobre viviendas existentes a lo largo de su trazo, siendo la adquisición de derechos de vía uno de los factores que elevan de sobremanera los costos económicos cuando se ejecutan proyectos viales; comparándola con la Alternativa 1 (PLAMADUR) la cual atraviesa las 2 etapas de la Residencial El Sitio y la Residencial Riverside Gardens, siendo estas las zonas donde los terrenos tienen unos de los costos más elevados de la ciudad.
- En cuanto a las características topográficas de la alternativa, el terreno natural de ésta, al igual que las otras alternativas son terrenos planos; en menor porcentaje aparecen terrenos ondulados al poniente de la Calle Antigua a Quelepa, en pequeños tramos con pendientes que no superan el 12%.
- El trazo de esta alternativa aprovecha aproximadamente 1 Km. de derecho de vía sobre caminos existentes, los cuales presentan una geometría que permite su utilización dentro del ajuste de diseño geométrico; lo anterior es un beneficio sustancial, considerando que el tipo de intervención en la mayor parte del corredor será de apertura.

La tabla que sigue muestra comparativamente las ventajas y desventajas identificadas de cada una de las tres alternativas evaluadas.

Tabla 4.1. Características Sobresalientes de las 3 Alternativas Propuestas.

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Alt -1	- La Alternativa 1 en comparación con las demás es la de menor longitud (6.5 Km).	- La Alternativa 1 en su recorrido afecta áreas densamente pobladas, esto hace que los costos en un proyecto vial se eleven al adquirir estos terrenos para derechos de vía. - Esta traza propuesta en su recorrido afecta las Residenciales El Sitio y Riverside Gardens; que por sus elevados costos de adquisición en el derecho de vía hace que no sea factible económicamente.
Alt -2	- Esta Alternativa procura que la afectación en los predios ocasionada por el derecho de vía sea mínimo. - Evita en su recorrido, cruzar sitios con asentamientos humanos, dada la implicación social que ocasiona la reubicación de estos. - Es la que aprovecha mas tramos de camino existente, lo que probablemente disminuye en costos; considerando que la mayor parte de la traza es de apertura. - Presenta las características topográficas que mejor se ajustan para un buen diseño geométrico; contando esta Alternativa en su totalidad con características de terreno plano.	-
Alt -3	- Presenta características topográficas que se ajustan a un buen diseño geométrico. - Aprovecha tramos de camino existente, lo que probablemente disminuye en costos; considerando que la mayor parte de la traza es de apertura.	- Esta alternativa en comparación con las otras 2 es la de mayor longitud (7.2 Km). - Presenta características topográficas que no permite el ajuste del diseño geométrico en varios tramos de la traza proyectada.

Como se observa, la Alternativa 2 es la que presenta mayores ventajas de acuerdo a los indicadores planteados al inicio de esta sección (Sección 4.5).

A continuación se presenta la figura 4.7 con la alternativa seleccionada para el diseño geométrico, y que es la propuesta de un By pass ubicado en la zona norte de la ciudad de San Miguel.

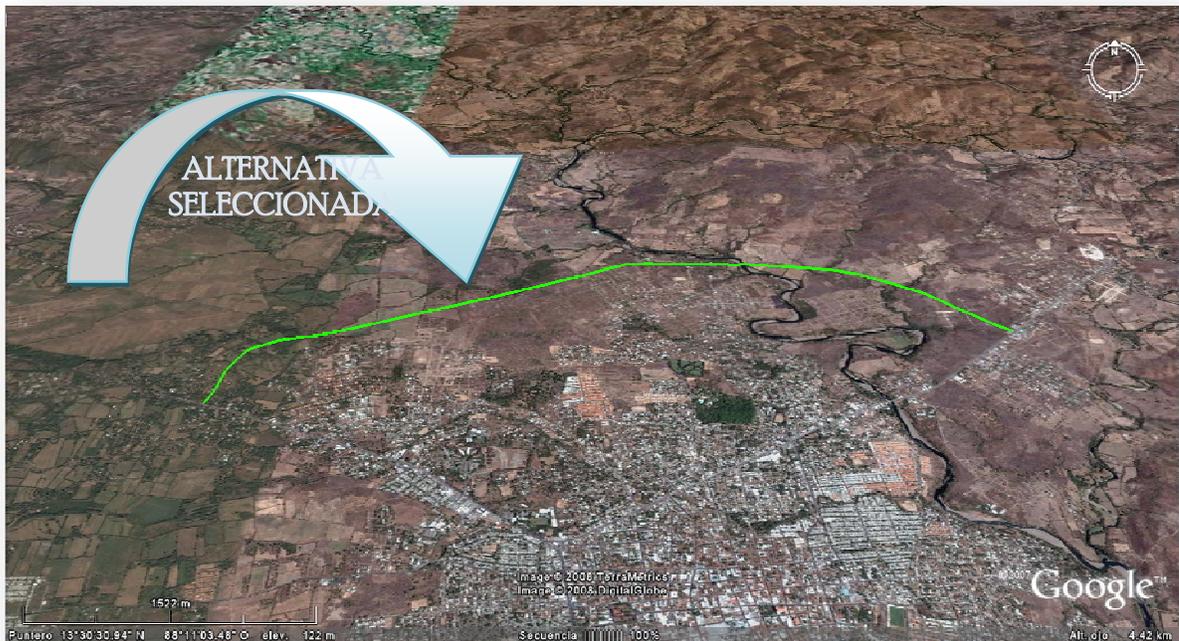


Figura 4.7. Propuesta de Diseño Geométrico de By Pass en la Ciudad de San Miguel.

Características de la Alternativa Seleccionada:

- Longitud: 7.145 Km.
- Coordenadas Iniciales: 13° 29' 55.59" N, 88° 12' 32.25" W
- Coordenadas Finales: 13° 30' 28.06" N, 88° 09' 15.66" W
- Tipo de Terreno: Mayormente Plano a levemente Ondulado en pequeños tramos

Capítulo V: Selección de Parámetros y Diseño Geométrico.

SELECCIÓN DE PARÁMETROS Y DISEÑO GEOMÉTRICO.

5.1. Introducción.

El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y la sección transversal. En la definición de diseño geométrico de carreteras, este se concibe como el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos automotores, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. Una carretera queda definida geoméricamente por el proyecto de su eje en planta o alineamiento horizontal, por su perfil o alineamiento vertical y por el proyecto de los elementos integrantes de sus secciones transversales típicas.

En el desarrollo de este capítulo se trae a cuenta el apego al Manual Centroamericano “Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales”, 2da. Edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (Manual de la SIECA), para establecer los parámetros básicos en el desarrollo de la propuesta de by pass en la zona norte de San Miguel.

En lo sucesivo, se trata de demostrar que la alternativa de ruta seleccionada en el capítulo anterior puede ser factible geoméricamente para albergar una vía que sirva para desviar el tráfico vehicular de paso por la ciudad en dirección Ruta Militar (CA-07) – Carretera Panamericana (CA-01) y viceversa.

El parámetro que sirve de base para establecer todas las características geométricas de la vía es el Transito Promedio Diario Anual “TPDA”. Debido a la carestía de información reciente en cuanto al tránsito de paso por la ciudad, el TPDA a usar se obtiene del estudio de tránsito desarrollado en el Plan de Transporte Urbano (PTU) incluido dentro del PLAMADUR (1996 – 1997) elaborado por el Consorcio PADCO – ESCO. En este sentido, los mapas No. 3-T y No. 6-T del Apéndice IV del PTU contienen la información de los flujos

vehiculares de paso por la ciudad en los años 1997 y 2015 respectivamente; más adelante se establece el procedimiento para proyectar estos valores al año horizonte de la propuesta y que es el TPDA a usar. En la sección de Anexos, el Anexo A-1 muestra imágenes de los mapas No. 3-T y No. 6-T del PTU considerados en este trabajo.

Todos los parámetros derivados de los datos de tráfico se revisan en los planos de diseño geométrico del By pass, siguiendo los Softwares y Reglamentos de diseño vigentes en el país.

5.2. Metodología Empleada para el Diseño Geométrico.

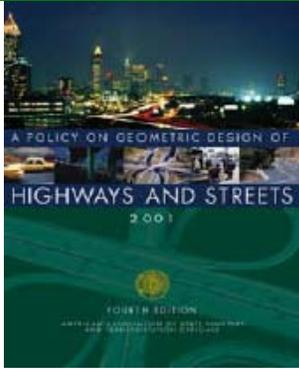
5.2.1 Reglamento de Diseño y Software Empleado.

➤ Reglamentos de Diseño Utilizados.

Para la realización del diseño geométrico se han tomado documentos relacionados con diseño geométrico de carreteras que estén a la disposición tomando como mínimo los siguientes:



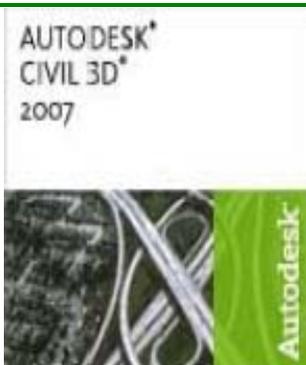
Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA. Al que de aquí en adelante cuando se haga referencia a él se le citará únicamente como “Manual de la SIECA”.



“A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 2001, 4^a Edition, de la American Association of State Highway And Transportation Officials, AASHTO. Al que de aquí en adelante cuando se haga referencia a él se le citará únicamente como “Manual de la AASTHO”.

➤ **Software de Diseño Utilizados.**

Adicionalmente para la elaboración del diseño geométrico se utilizó principalmente el reconocido programa de diseño de ingeniería:



Autodesk Civil 3D 2007 y AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2007.

Y herramientas informáticas para la realización automatizada de cálculos, Búsqueda, transformación de coordenadas y otras actividades tales como:

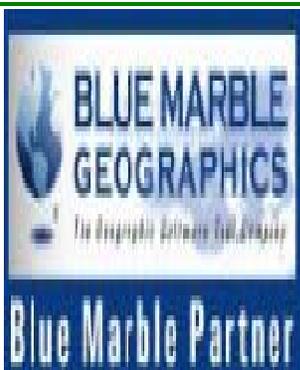


Google Earth.

Programa de búsqueda con imágenes de satélite, mapas y terrenos.



Garmin MapSource. Herramienta para descargar y cargar información geodésica de puntos a navegadores GPS.



Geocalc.

Herramienta para transformación de coordenadas entre diferentes sistemas.

5.3.Revisión y Análisis de Datos de Tráfico.

Cuando se proyecta una carretera, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

El buen diseño de una carretera solamente puede lograrse si se dispone de la adecuada información sobre la intensidad del movimiento vehicular que la utiliza y la utilizará hasta el término del período seleccionado de diseño, sea que se trate de una nueva carretera o de una carretera existente que se propone reconstruir o ampliar. Esta visión cuantificada del lado de la demanda del tránsito, es comparada con la oferta de capacidad que promete la solución del diseñador, para establecer su necesaria compatibilidad y consistencia.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales, a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras, lo mismo que mediante investigaciones de Origen y Destino (O/D) que, dependiendo de la metodología utilizada, arrojarán datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes.

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, por ejemplo el TPDA del año de proyecto, en la construcción de una nueva carretera deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera. En el caso de la apertura de una nueva carretera, el tránsito actual se compone completamente del tránsito atraído; los usuarios, componentes del tránsito atraído a una nueva carretera, la eligen motivados por una mejora en los tiempos de recorrido, en la distancia, en las características geométricas, en la comodidad y en la seguridad.

En este sentido, se han realizado estudios de tráfico del área donde se localiza la propuesta. Los datos que sirven de base en este estudio, por ser los únicos realizados directamente sobre el área de la propuesta, han sido tomados de los mapas No. 3-T y No. 6-T del Apéndice IV del Plan de Transporte Urbano (PTU) del PLAMADUR y que se presentan en el Anexo A-1 de este trabajo, lo cual ha significado la revisión del mencionado documento. Existen datos anuales del flujo vehicular en las principales calles y carreteras de nuestro país, tabulados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) en base a estaciones de conteo permanentes; el Estudio de Tránsito 2005 es la investigación a escala nacional más reciente en donde el MOP para poder lograr sus objetivos de administrar la red vial a su cargo, requirió de información actualizada del tránsito circulando en la Red Vial Nacional, por lo que existen datos de la movilización vehicular sobre la Carretera Panamericana (CA-01) en el Km. 133.4 y sobre la Ruta Militar (CA-07) en el Km. 149.5, pero no se cuenta con información del porcentaje de estos conteos vehiculares cuyo destino sea circular de paso por la ciudad en dirección oriente – poniente, y que obligatoriamente tienen que pasar las congestionadas calles del centro de la ciudad por no existir una vía periférica al norte de la ciudad. Por esta

razón, el estudio de tránsito incluido dentro del PLAMADUR, proporciona los insumos de tráfico que servirán como parámetros de diseño, teniendo en cuenta lo complicado que resultaría a nivel de este trabajo realizar un estudio de tránsito en la zona de influencia de la propuesta.

Para establecer el TPDA relacionado con los viajes de vehículos de paso por la ciudad, se realizaron conteos vehiculares, encuestas de origen y destino en los accesos a la ciudad, se analizaron datos económicos relacionados al Producto Interno Bruto (PIB) y su relación con el parque vehicular para establecer la tasa a la que éste crece. Para mayor detalle de la metodología adoptada para realizar dichos estudios, se recomienda al lector revisar el Plan de Transporte Urbano (PTU) incluido dentro del PLAMADUR. A continuación se presentan los datos de tráfico tomados del PTU, y que sirven de base para establecer la propuesta de diseño geométrico del *by pass*.

5.3.1 Tasa de Crecimiento Vehicular.

El pronóstico de los volúmenes de tránsito futuro es muy complejo. El crecimiento que experimenta la demanda vehicular a lo largo de los años y las repercusiones que produce sobre la operación del tráfico, es un factor preponderante en la determinación de los beneficios que se derivan de un proyecto a lo largo de su vida útil. Por esto, resulta de suma importancia determinar una predicción realista de las tasas anuales promedio de crecimiento para los distintos tipos de vehículos que utilizan la vialidad al interior del área de análisis del estudio del proyecto.

En este proceso se utilizan técnicas estadísticas que permiten evaluar la bondad de los resultados obtenidos. Generalmente se adopta el supuesto de que, dada su importancia, el tránsito normal del futuro eje será función de la evolución de la actividad económica general del País, cuyo indicador más representativo es su Producto Interno Bruto (PIB).

Es muy común suponer que el tránsito normal del camino crecerá en los próximos años acompañando el crecimiento de la actividad económica del país. La comparación en muchos

estudios de tráfico del comportamiento del PIB y tránsito, expone evoluciones similares, siendo las dos continuamente crecientes, e inclusive con coincidencias en los ciclos de aceleración y desaceleración.

El Estudio Centroamericano De Transporte (ECAT) en su Informe Final Parte 2: **Proyecciones de la demanda de Transporte**, menciona que las demandas de transporte son la expresión de la población para satisfacer sus necesidades, ya sea en términos de viajes de pasajeros o del consumo de mercaderías, por consiguiente, es razonable asumir que la generación de tránsito es proporcionalmente influenciada por la magnitud de la concentración de la población; en este sentido, es muy común relacionar varios indicadores de transporte (como consumo de carburante, volumen de tránsito, flotas de vehículos, etc.) a parámetros como la población, el PIB y el PIB per cápita.

La tasa de crecimiento vehicular calculada en el PLAMADUR siguiendo la metodología anterior se obtuvo analizando el TPDA de vehículos de paso por la ciudad en el sentido Carretera Panamericana – Ruta Militar en los años 1997 y su proyección al año 2015 en base a la formula de crecimiento geométrico evaluada para “i”:

$$i = (TPDA_f \div TPDA_o)^{\left(\frac{1}{n}\right)-1}$$

donde:

i = Tasa de crecimiento vehicular

TPDA_o = Volumen de vehículos en el año inicial

TPDA_f = Volumen de vehículos en el año final

n = numero de años

y que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Tasa de crecimiento Geométrico a utilizar.

TPDA _o	TPDA _f	n	Tasa, i
12184 (Plamadur, 1997)	21572 (Plamadur, 2015)	18	3.22%

5.3.2. Período de diseño de la propuesta.

En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de **veinte años** como la base para el diseño. La utilización de períodos mayores de veinte años no parece justificada, particularmente en la región centroamericana, por las dificultades de prever los cambios posibles a tan largo plazo en el uso del suelo y realizar proyecciones confiables sobre la situación socio-económica de la población, dentro de la zona de influencia del proyecto. Los pronósticos de tránsito guardan estrecha relación con indicadores de las múltiples actividades humanas, cuyos patrones relacionados con la movilidad, se consideran invariables en el período de diseño de las obras viales, a menos que se conozcan de antemano factores que pueden influir en su futuro comportamiento.

Bajo estas consideraciones plasmadas en el Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, en la presente propuesta apegada a dicho manual se adopta un periodo de análisis de **veinte años**.

Partiendo del TPDA del año 1997, se utiliza la ecuación del crecimiento geométrico para “proyectar” con la tasa de crecimiento establecida en la sección 5.3.1 ese valor al año de inicio del periodo de análisis: 2008, y luego con la misma ecuación y tasa establecer el TPDA de diseño al final del periodo: año 2028. En la siguiente sección se describe este procedimiento para determinar el TPDA de proyecto.

5.3.3. Transito Promedio Diario Anual, TPDA.

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por *volúmenes de tránsito*, los cuales representan el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada durante un periodo determinado de tiempo.

De manera general, los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos: **Planeación, Proyecto, Ingeniería de tránsito, Seguridad, Investigación, Usos comerciales.**

Los volúmenes de tránsito promedio diario son utilizados para **medir la demanda actual en calles y carreteras, evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial, localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes, proyectar y rediseñar geoméricamente calles e intersecciones.**

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal, que se estima utilizará la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

El mapa No. 3-T del PTU “*Viajes de Personas de paso en todo tipo de Vehículos por las carreteras de acceso a la ciudad de San Miguel en el año de 1997*”, muestra el resultado final de los análisis del tráfico de paso, de las encuestas de origen/destino, y de todas las variables involucradas y estimadas que influyen en la demanda de accesos periféricos en la ciudad.

Según este mapa, una cifra de **12,184 vehículos** haría uso en 1997 de una vía al norte de San Miguel uniendo las carreteras Panamericana (CA-01) y Ruta Militar (CA-07).

Con la fórmula del crecimiento geométrico, la cual se expresa como:

$$TPDA_f = TPDA_o(1 + i)^n$$

donde:

$TPDA_f$ = Volumen final de vehículos

$TPDA_o$ = Volumen inicial de vehículos

i = Tasa de crecimiento vehicular

n = número de años

ha sido posible determinar el incremento anual, a partir de 1997 hasta establecer el TPDA inicial en el año 2008, el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.2. TPDA Inicial del Proyecto.

Año	Tasa Media Anual	TPDA
1997	0.0322	12,184
1998	0.0322	12,577
1999	0.0322	12,982
2000	0.0322	13,401
2001	0.0322	13,833
2002	0.0322	14,279
2003	0.0322	14,740
2004	0.0322	15,215
2005	0.0322	15,706
2006	0.0322	16,212
2007	0.0322	16,735
2008	0.0322	17,275

En base a las proyecciones, el TPDA al inicio del proyecto es de **17,275** vehículos en el año 2008.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se logra establecer el TPDA de proyecto al año horizonte de esta propuesta, mostrando el incremento anual del TPDA en la siguiente tabla:

Tabla 5.3. TPDA Final del Proyecto.

Año	Tasa Media Anual	TPDA
2008	0.0322	17,275
2009	0.0322	17,832
2010	0.0322	18,407
2011	0.0322	19,000
2012	0.0322	19,613
2013	0.0322	20,245
2014	0.0322	20,898
2015	0.0322	21,572
2016	0.0322	22,268
2017	0.0322	22,986
2018	0.0322	23,727
2019	0.0322	24,492
2020	0.0322	25,282
2021	0.0322	26,097
2022	0.0322	26,939
2023	0.0322	27,807
2024	0.0322	28,704
2025	0.0322	29,629
2026	0.0322	30,585
2027	0.0322	31,571
2028	0.0322	32,589

En base a la tabla anterior, el TPDA que sirve de base para establecer todos los parámetros de diseño geométrico de la propuesta del by pass en la zona norte de San Miguel es de **32,589** vehículos, que constituyen la demanda que la vía deberá de satisfacer al final del periodo de diseño.

En el año 2015 la proyección del tráfico calculada en la tabla es de 21,572 vehículos; en el Anexo A-1 se presenta el mapa No. 6-T en el cual las proyecciones del Estudio de Tráfico del PLAMADUR para ese año arrojan esa demanda vehicular.

Al analizar la tabla anterior, a partir del 5to. año el tránsito superará los 20,000 vehículos e irá en aumento hasta el año horizonte; lo anterior, según el cuadro 3.1 del manual de diseño geométrico de la SIECA en la página 3-9, hace suponer que la carretera debe de poseer como mínimo 4 carriles.

A partir de estos altos volúmenes de tránsito, más adelante se clasifica el tipo de carretera que será la propuesta y se determinan también los parámetros mínimos necesarios para el diseño geométrico.

5.4. Clasificación de la Vía

5.4.1. Criterios para la Clasificación de las Carreteras.

En la práctica cotidiana los países en desarrollo tienden a agrupar las carreteras conforme a dos criterios diferentes, el primero de carácter administrativo, para el caso las clasifica como Regionales, Nacionales, Departamentales, etc., y el segundo de tipo más funcional el cual agrupa a las carreteras según la naturaleza del servicio que están supuestas a brindar. En El Salvador, por ejemplo, se clasifican como Primarias, Secundarias, Terciarias, etc.

Ante tal práctica, el Manual de la SIECA en su página 3-3 realiza la siguiente afirmación: “Obviamente que el primer criterio goza de menor reconocimiento práctico que el segundo, pues es muy poco frecuente que una carretera sea diseñada a altos estándares meramente por razón de su clasificación de regional, por ejemplo, sin prestar debida atención a los volúmenes de tránsito que dicha carretera está proyectada para atender durante su período de diseño.”

En la Tabla 5.4 la cual se muestra a continuación, el mismo manual propone una clasificación de tipo funcional para las carreteras regionales.

Tabla 5.4. Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales.

TPDA	>20,000		20,000-10,000		10,000-3,000		3,000-500	
	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.
AR - Autopistas Regionales	6-8	Pav.	4-6	Pav.				
TS - Troncales Suburbanas	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales Rurales	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras Suburbanas			2-4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR - Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

No. C: Número de carriles; Superf.: Superficie de Rodamiento; Pav.: Pavimento asfáltico o de cemento portland.

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 3-9.

5.4.2. Análisis de la Categoría del Camino.

El presente Proyecto de By pass, por su ubicación geográfica, forma parte de un tramo de carretera en la periferia norte de la ciudad de San Miguel. Los datos de tráfico del área donde se localiza la propuesta han sido tomados del mapa No. 3-T del PTU. Se obtiene por proyecciones propias que los volúmenes de tránsito vehicular varían desde los 17,275 vehículos promedio diario (vpd) a 32,589 vpd para los años 2008 y 2028 respectivamente; estos valores indicados corresponden a las proyecciones realizadas a partir del TPDA plasmado en el estudio de tráfico realizado en el año de 1997 y contenidos en el mapa No. 3-T, los cuales se han utilizado para establecer la categoría del camino.

Analizando estas dos variables: la ubicación y el tránsito vehicular, y de acuerdo a la tabla anterior, se puede ver claramente que el tramo se puede clasificar como una *Troncal Suburbana* clasificación que el Manual de la SIECA define como sigue:

Troncal Suburbana: Las carreteras dentro de esta clasificación están concebidas fundamentalmente para atender demandas de tránsito que, al término del periodo de diseño, alcanzarán volúmenes comprendidos entre 10,000 y 20,000 vehículos promedio diario. Se localizan entre las ciudades dormitorio y las capitales, de las cuales las primeras son tributarias, o entre aéreas proyectadas para alcanzar un llamativo desarrollo económico. Dan acceso directo a los generadores principales de tránsito y se interconectan con el sistema de autopistas y vías de circulación rápida.

Hay que mencionar que a partir del 5to. año de proyecto según la tabla 5.3, el TPDA excede los 20,000 vehículos promedio diarios; el manual de la SIECA tiende a ubicar las carreteras que exceden este valor en *Autopistas Regionales* según el cuadro 1 en la página 13 del Resumen Ejecutivo del manual, pero al final de dicho cuadro en el ítem No. 25 y de acuerdo a la Clasificación Funcional puede ser AR – TS. Por la definición de cada una, **troncal suburbana** es la que se asemeja a las condiciones a las cuales podría estar sometida la propuesta de by pass.

5.5. Análisis de Capacidad Vial.

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc. Es indispensable también conocer la capacidad en los estudios de planificación de las redes de carreteras, cuando se trata de establecer la suficiencia con que los componentes de dichas redes están sirviendo al tránsito existente o, por la misma línea, programar en orden de prioridad las necesidades de inversión a corto y mediano plazo, para enfrentar con la debida antelación los efectos del crecimiento del tráfico.

De manera general podemos afirmar que la red vial interurbana está compuesta por diversos tipos de facilidades, tales como vías, intercambiadores, puentes, etc. De estas facilidades son de nuestro interés para el presente proyecto las vías pavimentadas clasificadas como vías multicarril, que son las vías con las características típicas de la propuesta en estudio (ver Figura 5.1).

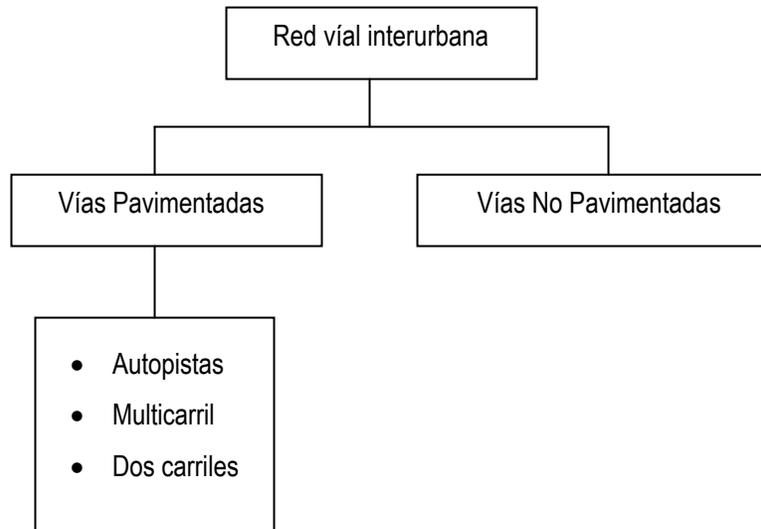


Figura 5.1 Clasificación funcional de la red vial interurbana para el análisis de capacidad vial.

Para poder comprender una evaluación de la eficiencia operativa de un componente de la red vial, es necesario tener en claro dos conceptos básicos dentro del proceso de análisis:

- Capacidad: la capacidad de una facilidad es definida por el flujo máximo de vehículos que puede pasar, atravesar razonablemente en un punto ó una sección uniforme de camino, en un determinado período de tiempo bajo unas condiciones físicas determinadas.
- Nivel de servicio (N.S.): el nivel de servicio es una medida de la calidad operacional de las condiciones del flujo de tráfico, generalmente describe la calidad en términos de la velocidad, tiempo de viaje, interrupciones del tráfico, confort y conveniencia.

Diversas normativas se han optado por establecer seis niveles de servicio, para cada tipo de facilidad, teniendo cada facilidad un procedimiento diferente para su análisis. Los niveles de servicio son designados por letras que van desde la A hasta la F, siendo el nivel de servicio A, el que representa las mejores condiciones operativas y el F, el que representa las peores condiciones. Cada nivel de servicio representa un rango de condiciones operativas y la percepción del usuario ante esas condiciones.

Existen actualmente diversas metodologías para el cálculo de capacidades y niveles de servicio de facilidades de transporte, entre las que sobresalen la del Manual de Capacidades de Carreteras, conocido por sus siglas en inglés HCM 2000 (Highway Capacity Manual, TRB); y los Estándares Británicos (British Standards, TRL- DOT UK). De ambas metodologías se han realizado adaptaciones propias mediante investigaciones detalladas en diferentes países; en otros, tales metodologías son utilizadas tal y como son, ya que presentan condiciones básicas semejantes para ser implementadas en diversas localidades.

Históricamente, en El Salvador se han utilizado las metodologías presentadas en el Highway Capacity Manual (HCM), con buenos resultados, motivo por el cual se recomienda al lector consultar dichas fuentes para estudiar a fondo el procedimiento para el cálculo de capacidades y niveles de servicio.

La Tabla siguiente muestra la guía recomendada por la AASHTO en el conocido manual de la especialidad de diseño geométrico, para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.

Tabla 5.5. Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para Diseño.

Tipo de carretera	Tipo de Area y Nivel de Servicio Apropriado			
	Rural Plano	Rural Ondulado	Rural Montañoso	Urbano Suburbano
Autopista Especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 2-17.

En base al TPDA de diseño, el cual enmarca la propuesta de by pass en lo relativo a su clasificación como troncal suburbana, y de acuerdo a la tabla anterior, el nivel de servicio (según el HCM) seleccionado para el diseño geométrico es el **C**, "el cual pertenece al rango

del flujo estable, la selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida”⁵

5.6. Vehículo de Diseño.

Los vehículos de diseño son los vehículos automotores predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por las carreteras regionales, el Manual de la SIECA presenta en su página 2-4 el cuadro 2.1 en el que se detalla la clasificación de acuerdo a sus dimensiones, el cual se muestra en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Clasificación y Dimensiones de los Vehículos de Diseño.

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, P 2-4.

El mismo Manual, en su resumen ejecutivo del manual página 13, presenta un resumen de elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales el cual se muestra en la Tabla 5.7:

⁵ Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, 7a. Edición, Cal y Mayor y James Cárdenas, México D.F., 1994.

Tabla 5.7. Elementos de Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.

No.	Descripción	Autopistas Regionales	Troncales		Colectoras	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehículos promedio diarios	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB-15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, Km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int. 1.0-1.5; Ext. 1.8-2.5	Int. 1.0-1.5; Ext. 1.8-2.5	Int. 0.5-1.0; Ext. 1.2-1.8	Ext. 1.2-1.5	Ext. 1.2-1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.
11	Dist. de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist. de Visibilidad de Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Mín. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Maximo Grado de Curva	5°53' -2°03'	5°53' -3°25'	8°29' -4°35'	12°44' -5°53'	12°44' -5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max., porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2.0-5.0	2.0-5.1	2.0-5.2	2.0-5.3	2.0-5.4
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de Vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	4.0-12	4.0-10	2.0-6.0	-	-
23	Nivel de Servicio, según HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACION FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

Notas: **Pav:** Pavimento asfáltico de cemento portland

P: Plano **O:** Ondulado **M:** Montañoso

AR: Autopista Regional; **TS:** Troncal Suburbana; **CS:** Colectora Suburbana; **CR:** Colectora Rural

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P13

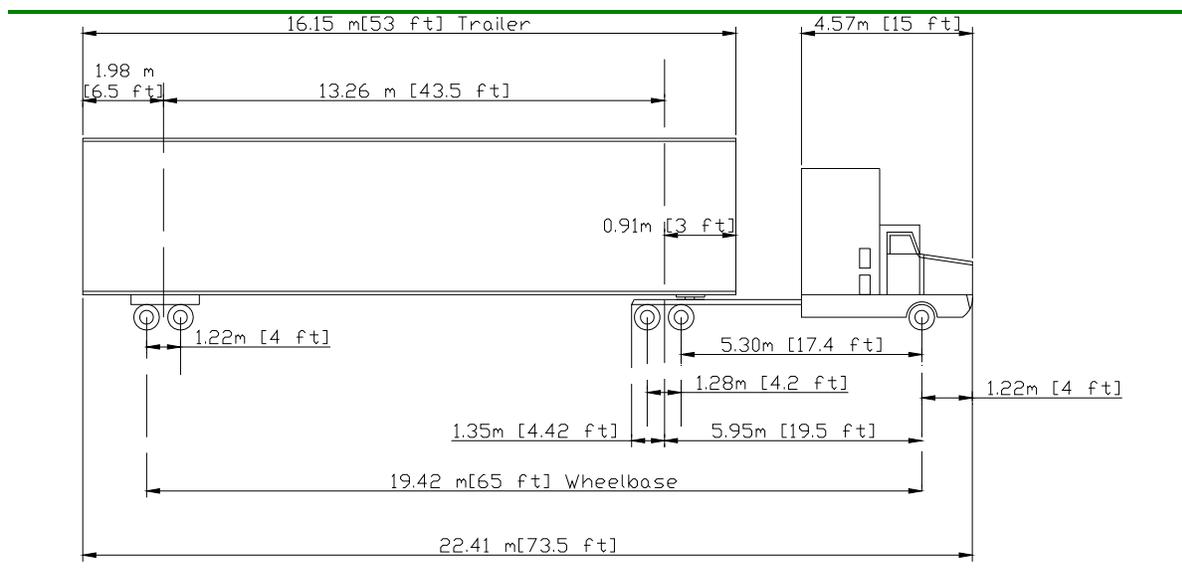


Figura 5.2. Vehículo de diseño WB-20.

Para el tipo de vía (Troncal Suburbana) con TPDA > 20,000, se recomienda el vehículo clasificado como WB-20. De las proyecciones del TPDA, este valor de 20,000 vehículos promedio diario se ve excedido a partir del 5to. año de proyecto y con un incremento bastante considerable de 32,589 al año 2028. Por los datos establecido en la SIECA se propone la utilización del vehículo de diseño tipo WB-20 (Figura 5.2), que es el recomendado para calles con TPDA > 20,000.

5.7. Selección de Parámetros de Diseño.

Los parámetros de diseño se han establecido de acuerdo al Manual de diseño geométrico de la SIECA.

Algunas consideraciones importantes a tener en cuenta para la determinación de los parámetros, bajo ciertas circunstancias en las que puedan entrar en conflicto con las normas establecidas se mencionan a continuación, las mismas se salvan con el buen juicio del profesional responsable a cargo del diseño:

- El diseño de los tramos debe alcanzar una factibilidad económica positiva y ambiental sostenible; aunque algunos parámetros técnicos sobrepasen, razonablemente, los límites especificados en los términos de referencia y normas.

- Se debe procurar que la afectación predial ocasionada por el derecho de vía sea mínimo.
- Se debe evitar en lo posible, cruzar sitios con asentamientos humanos, dada la implicación social que ocasiona la reubicación de estas poblaciones.
- En los tramos de mejoramiento, se debe procurar respetar el derecho de vía existente.

5.7.1 Velocidad de Diseño (Vd).

Tomando en debida consideración las recomendaciones del Manual de la SIECA, se presenta la Tabla 5.8 la cual muestra las variaciones recomendables en las velocidades de diseño para las carreteras de la red regional, teniendo a la vista solamente lo que se refiere a los rangos de volúmenes de tránsito para diseño y las condiciones topográficas del terreno, sea que se trate de terreno plano, ondulado o montañoso.

Por debajo de los 50 kilómetros por hora, la velocidad de diseño es más propia de caminos de bajos volúmenes de tránsito, que escapan a la tipología de las carreteras centroamericanas.

Tabla 5.8. Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.

Tipo de Terreno	Volúmenes de Tránsito diario ó TPDA, en vpd.			
	> 20,000	20,000 - 10,000	10,000 - 3,000	3,000 - 500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-3.

La Ley de Carreteras y Caminos Vecinales en su artículo 18 establece que "Las velocidades mínimas y máximas a que podrán transitar los vehículos automotores en las carreteras o caminos, serán fijadas por la oficina respectiva del Ministerio de Obras Públicas, atendiendo a las condiciones geométricas de éstos", con esta directiva, la tabla anterior sirve de parámetro y no es una ley, es decir, hay que tomar en cuenta además de la cantidad de vehículos y el tipo de terreno, en que medio rural o urbano se encuentra la carretera y las

condiciones geométricas de la misma. El Ministerio de Obras Públicas establece que la velocidad máxima permitida para carreteras primarias es de 90 Km/h.

Ante tal situación y de acuerdo a la tabla 5.7 (cuadro 1 del Manual de la SIECA, página 13 del Resumen Ejecutivo) para carreteras clasificadas como Troncal Suburbana, se proponen las siguientes velocidades de diseño:

- **Terreno Plano: 90km/h.**
- **Terreno Ondulado: 80km/h.***
- **Terreno Montañoso: 70km/h.***

* Podrá disminuirse en condiciones en que sea necesario, a efectos de lograr alcanzar las consideraciones importantes a tener en cuenta descritas anteriormente.

5.7.2. Carriles de Circulación y Hombros.

El carril es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. Las carreteras están provistas de uno, dos o más carriles de circulación por sentido, el numero y ancho de carriles debe de ser suficiente para permitir la circulación adecuada al nivel de servicio seleccionado para su funcionamiento.

5.7.2.1 Número de Carriles (n).

En la Tabla 5.4 (cuadro 3.1 del Manual de la SIECA, página 3-9), que se mostró anteriormente, se ve que para el tipo de vía (Troncal Suburbana), y para el volumen de tránsito proyectado, el Manual recomienda 4 carriles; por otro lado, el PLAMADUR en el Cuadro H del Plan de Transporte Urbano (PTU) establece la necesidad de que la vía de circunvalación El sitio – Hato Nuevo sea de 4 carriles lo cual se justifica por el volumen de tránsito que la utilizara hasta el final del período de diseño.

En base a lo anterior y de acuerdo a las necesidades se propone una vía de **4 carriles**.

5.7.2.2 Ancho de los Carriles.

El Manual de la SIECA en su página 4-6 hace el siguiente comentario:

“El ancho de carril de 3.6 metros es deseable para las carreteras de la red regional, de manera que una calzada de dos carriles con 7.2 metros ofrecerá óptimas condiciones para la circulación vehicular. Cuando haya restricciones en el derecho de vía, el carril de 3.3 metros se considerará recomendable; en tanto que el carril de 3.0 metros de ancho es aceptable únicamente en el caso de vías diseñadas para baja velocidad”.

El PTU en su apéndice III recomienda un ancho de carriles de 3.50 metros. Ante tal situación y conforme a los volúmenes de tráfico proyectados, se considera que **carriles de 3.50 metros** de ancho son adecuados.

5.7.2.3 Ancho de los Hombros.

Los hombros se justifican por la necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido, para llenar la importante función de dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento lateral, para permitir los movimientos peatonales en ciertas áreas donde la demanda lo justifique y para proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito.

A continuación se presenta la Tabla 5.9 la cual contiene valores de ancho de hombro según el tipo de carretera, el cual ha sido tomado del Manual de la SIECA.

Tabla 5.9. Anchos mínimos de hombros y aceras.

Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)	
			Internos	Externos		
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	10 - 15	18 - 25	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	10 - 15	18 - 25	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 10*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

* Solamente con mediana

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, P 4-9.

El tramo de la vía en estudio, de acuerdo a su función dentro de la red vial, se ha clasificado como una Troncal Suburbana, de acuerdo a las recomendaciones expuestas en la tabla mostrada, el ancho de hombros estaría en el rango de 1.8 - 2.5 metros. Sin embargo, según las consideraciones planteadas al inicio de la sección 5.7, analizando las características del terreno y teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio físico, se propone un **ancho de hombros de 1.5 metros**.

5.7.3. Ancho del Derecho de Vía.

Según la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales en el artículo 5, se entiende por Derecho de vía, el área destinada al uso de una vía pública comprendida entre los límites que le sirven de linderos o con las propiedades adyacentes. Dentro de esta área, deben acomodarse todos los elementos integrantes de la sección transversal de la carretera.

De lo anterior, sumando los anchos propuestos para los carriles (3.50 metros c/u) y los hombros (1.50 metros c/u) se tiene que el ancho mínimo de la vía es de 17.0 metros.

El ancho de Derecho de Vía recomendado en el apéndice III del PTU es de 30 metros, por lo que la vía con todos sus elementos se puede ubicar en esta franja de terreno, quedando una zona de retiro de 6.50 metros a cada lado de la vía.

Se selecciona un ancho de Derecho de Vía de **30 metros**.

5.7.4. Distancia Mínima de Visibilidad (D_v).

Existen dos tipos de distancia de visibilidad a ser satisfechos en una carretera, la distancia de visibilidad de Parada y la de Adelantamiento, la primera generalmente es más pequeña que la segunda y es la que según el Manual de la SIECA, como en su página 4-22 expresa: "Es la distancia de visibilidad mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo".

En las Tablas 5.10 y 5.11 se presenta un resumen de distancias de visibilidad de parada de acuerdo a la velocidad.

Tabla 5.10. Distancias de visibilidad de parada en terreno plano.

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Parada para (m)
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
Km/h	Km/h			f		
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-28.

Tabla 5.11. Distancias de visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
Km/h						
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-28.

De lo anterior se proponen las siguientes distancias de visibilidad para cada tipo de terreno:

- Terreno Plano ($V_d = 90\text{km/h}$): 169 metros.
- Terreno Ondulado ($V_d = 80\text{ km/h}$): 176 metros.*
- Terreno Montañoso ($V_d = 70\text{km/h}$): 136 metros.*

* Valores Para una pendiente de 9%, podrán variar dependiendo de la pendiente específica del tramo.

5.7.5. Sobreelevación máxima (e) y Pendiente transversal de calzada.

Sobreelevación máxima (e). De acuerdo con las recomendaciones descritas en el Manual de la SIECA, en su página 4-36 se presenta la Tabla 5.12 donde se resumen las diferentes sobreelevaciones máximas según el tipo de área.

Tabla 5.12. Sobreelevaciones máximas de acuerdo al tipo de terreno.

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-36

Se propone la utilización de los siguientes valores:

- **Terreno Plano: 6%**
- **Terreno Ondulado: 8%**
- **Terreno Montañoso: 10%**

Pendiente transversal de calzada. El Manual de la SIECA en su resumen ejecutivo pagina 13 presenta un cuadro resumen (ver Tabla 5.7) del cual se extrae que para el tipo de vía "Troncal Suburbana" se puede utilizar un rango de valores de Pendiente transversal entre 1.5 y 3.

La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento.

La propuesta de By pass presenta dos carriles por sentido, de acuerdo a la tabla 5.7 y al párrafo anterior, se fija el valor de la pendiente transversal de calzada en 2 %.

5.7.6. Radio Mínimo (R_{min}) y Grados Máximos (D) de Curvas.

“Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. El uso de radios más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de sobreelevación.” (Tomado del Manual Centroamericano “Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales” 2ª edición, de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, pág. 4-39).

“El grado de curva o de curvatura (D) es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies ó de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado.” (Manual de la SIECA, pág. 4-40).

Ambos valores se relacionan y se obtienen en el sistema métrico de acuerdo a las siguientes formulas:

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

donde:

- R = Radio mínimo de curva, en metros
- e = Tasa de sobreelevación en fracción decimal.
- f = Factor de fricción lateral
- V = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora

y

$$D = \frac{1145.92}{R}$$

donde:

D = Grado de curva para un arco de 20 metros

R = Radio de curva, en metros

El Manual de la SIECA en su página 4-41, muestra un cuadro en el que se exponen valores de radio mínimo y grado de curva para diferentes velocidades de diseño y sobreelevación máxima, en la Tabla 5.13 se presentan estos valores.

Tabla 5.13. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Paralte máximo 4%			Paralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44´	30.8	30	38° 12´
40	0.17	60.0	60	19° 06´	54.8	55	20° 50´
50	0.16	98.4	100	11° 28´	89.5	90	12° 44´
60	0.15	149.2	150	7° 24´	135.0	135	8° 29´
70	0.14	214.3	215	5° 20´	192.9	195	5° 53´
80	0.14	280.0	280	4° 05´	252.0	250	4° 35´
90	0.13	375.2	375	3° 04´	335.7	335	3° 25´
100	0.12	492.1	490	2° 20´	437.4	435	2° 38´
110	0.11	635.2	635	1° 48´	560.4	560	2° 03´
120	0.09	872.2	870	1° 19´	755.9	775	1° 29´

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Paralte máximo 8%			Paralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12´	26.2	25	45° 50´
40	0.17	50.4	50	22° 55´	46.7	45	25° 28´
50	0.16	82.0	80	14° 19´	75.7	75	15° 17´
60	0.15	123.2	120	9° 33´	113.4	115	9° 58´
70	0.14	175.4	175	6° 33´	160.8	160	7° 10´
80	0.14	229.1	230	4° 59´	210.0	210	5° 27´
90	0.13	303.7	305	3° 46´	277.3	275	4° 10´
100	0.12	393.7	395	2° 54´	357.9	360	3° 11´
110	0.11	501.5	500	2° 17´	453.7	455	2° 31´
120	0.09	667.0	665	1° 43´	596.8	595	1° 56´

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-41.

Del cual se extraen los siguientes valores de radio mínimo y su correspondiente grado de curva:

- Terreno Plano ($V_d = 90\text{km/h}$): 335 metros , $3^\circ 25'$
- Terreno Ondulado ($V_d = 80\text{km/h}$): 230 metros^* , $4^\circ 59'$
- Terreno Montañoso ($V_d = 70\text{km/h}$): 160 metros^* , $7^\circ 10'$

* Podrá ser menor en los casos que se reduzca la velocidad de diseño por causales citadas en las consideraciones a tener en cuenta descritas al inicio de la sección 5.7.

5.7.7. Pendiente Máxima.

El Manual de la SIECA presenta en su página 4-65 unos valores de pendientes máximas y mínimas recomendadas para cada tipo de camino de acuerdo a las velocidades de diseño y el tipo de terreno, el cual se muestra en la Tabla 5.14.

Tabla 5.14. Pendientes máximas y mínimas por tipo de carretera.

Clasificación Funcional	Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (Km/h) y Pendiente Máxima (%)						Pendiente Mínima (%)
		32	48	64	80	96	112	
AR Autopistas Regionales	Plano	-	-	-	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	-	5	4	4	
	Montañoso	-	-	-	6	6	5	
TS Troncales Suburbanas	Plano	-	8	7	6	5	-	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	9	8	7	6	-	
	Montañoso	-	11	10	9	8	-	
TR Troncales Rurales	Plano	-	-	5	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	6	5	4	4	
	Montañoso	-	-	8	7	6	5	
CS Colectoras Suburbanas	Plano	9	9	9	7	6	5	0.3 - 0.5
	Ondulado	12	11	10	8	7	6	
	Montañoso	14	12	12	10	9	7	
CR Colectoras Rurales	Plano	-	7	7	6	5	-	0.5
	Ondulado	11	10	9	8	6	-	
	Montañoso	16	14	12	10	-	-	

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-65.

De la tabla se extraen para cada velocidad de diseño las pendientes máximas que se proponen para el tipo de camino Troncal Suburbana, mas sin embargo se puede apreciar de manera general que, para velocidades de diseño menores se permiten pendientes mayores al disminuirle la categoría al camino, lo cual se tomará en cuenta para cada caso en particular.

- Terreno Plano: 5%.
- Terreno Ondulado: 7%.
- Terreno Montañoso: 10%.

5.7.8. Parámetro mínimo K de Curva Vertical en Cresta y Columpio.

Con respecto a los valores del parámetro K para curvas verticales en Cresta y en Columpio el Manual de la SIECA presenta una serie de valores mínimos del parámetro para diferentes velocidades de diseño basados en las Distancias de Visibilidad de Parada, los cuales se presentan en las Tablas 5.15 y 5.16:

Tabla 5.15. Valores del parámetro K para curvas verticales en cresta basados en las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento.

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Distancia de parada para diseño (m)	Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G*	Distancia mínima de adelantam. para Diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, long (m) por % de G*
30	30-30	30-30	3-3	217	50
40	40-40	45-45	5-5	285	90
50	47-50	60-65	9-10	345	130
60	55-60	75-85	14-18	407	180
70	67-70	95-110	22-31	482	250
80	70-80	115-140	32-49	541	310
90	77-90	130-170	43-71	605	390
100	85-100	160-205	62-105	670	480
110	91-110	180-245	80-151	728	570

*Valores redondeados

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-69.

Tabla 5.16. Valores del parámetro K para curvas verticales en columpio basados en las distancias de visibilidad de parada.

Velocidad de Diseño Km/h	Rango de Velocidad de Marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)		Factor "K" de diseño*
			Menores	Mayores	
30	30-30	0.40	30	30	4-4
40	40-40	0.38	45	45	8-8
50	47-50	0.35	60	65	11-12
60	55-60	0.33	75	85	15-18
70	63-70	0.31	95	110	20-25
80	70-80	0.30	115	140	25-32
90	77-90	0.30	130	170	30-40
100	85-100	0.29	160	205	37-51
110	91-110	0.28	180	245	43-62

*Cifras redondeadas

Fuente: SIECA, Manual Centroamericano "Normas Para El Diseño Geométrico de Las Carreteras Regionales" 2ª edición, P 4-74.

De estas dos tablas se extraen los siguientes *valores mínimos* a utilizar en el diseño:

Parámetro K curva en Cresta:

- Terreno Plano: 43.
- Terreno Ondulado: 32.
- Terreno Montañoso: 22.

Parámetro K curva en Columpio:

- Terreno Plano: 30.
- Terreno Ondulado: 25.
- Terreno Montañoso: 20.

5.7.9. Cuadro Resumen de Parámetros Utilizados en el Diseño Geométrico.

En la Tabla 5.17 se presenta un cuadro resumen conteniendo los parámetros mínimos utilizados en el diseño.

Tabla 5.17 Parámetros utilizados en el diseño geométrico.

Parametro de Diseño	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso
Velocidad de Diseño	90km/h	80km/h.*	70km/h.*
Número de Carriles	4		
Ancho de los Carriles	3.50 metros		
Ancho de los Hombros	1.50 metros		
Ancho de la Vía	17.0 metros		
Ancho de la Zona de Retiro	6.50 metros a cada lado de la vía		
Distancia Mínima de Visibilidad	169 metros.	176 metros.**	136 metros.**
Sobreelevacion Máxima	6%	8%	10%
Radio Mínimo	335	230	160
Grado Máximo de curvas	3° 25´	4° 59´	7° 10´
Pendiente Máxima	5%	7%	10%
Parámetro (K) de Curva Vertical Cresta	43	32	22
Parámetro (K) de Curva Vertical Columpio	30	25	20

* Podrán ajustarse en condiciones en que sea necesario.

** Valor para una pendiente de 9%, podrá variar dependiendo de la pendiente específica del tramo.

5.8. Diseño del Alineamiento Horizontal.

El diseño del alineamiento horizontal se realizó a partir de toda la información topográfica recopilada, así como los estudios de Tráfico del Plan de Transporte Urbano del PLAMADUR, selección de rutas y/o alternativas descritas en el Capítulo IV, además de los reglamentos de diseño, se procedió, con la ayuda de los software antes mencionados a la realización del trazado del alineamiento horizontal, disponiendo en planta las alineaciones rectas y curvas, de tal manera que cumplieran los requisitos mínimos deseados para la categoría del camino. La propuesta de By pass se compone de un subtramo ondulado y otro subtramo plano, clasificados de acuerdo a las tablas 2.1 y 2.5. El primero está comprendido entre los estacionamientos 0+000.00 – 1+160.00, y el segundo entre las estaciones 1+160.00 – 7+115.69.

En el sub-tramo clasificado como ondulado entre los estacionamientos 0+000.00 – 1+160.00, de la selección de parámetros de diseño se recomienda la utilización de una velocidad de diseño de 80 km/h, para la cual el radio mínimo a utilizar debería ser de 230 metros. En el siguiente sub-tramo clasificado como plano entre los estacionamientos 1+160.00 – 7+115.69, de la selección de parámetros de diseño se recomienda la utilización de una velocidad de diseño de 90 km/h, para la cual el radio mínimo a utilizar debería ser de 335 metros.

5.8.1. Radios de Curvas Horizontales.

Tomando en cuenta la topografía de la zona (para la cual se ha realizado una división de acuerdo a las pendientes del terreno natural), las velocidades de diseño (según la división) y la sobreelevación máxima seleccionada, se presenta en la Tabla 5.18 un resumen de las características generales de las curvas horizontales proyectadas en el presente tramo.

Tabla 5.18. Características Generales de Curvas Horizontales.

Curva	PC	PT	Radio Propuesto (m)	Tipo	Tipo de Terreno	Vd (km/h)	e% Máxima	Rmin (m)
1	0+122.84	0+183.43	500	Izquierda	Ondulado	80	8	230
2	0+476.84	0+836.11	400	Derecha	Ondulado	80	8	230
3	2+121.38	2+371.90	1500	Derecha	Plano	90	6	335
4	3+028.42	3+287.97	2500	Izquierda	Plano	90	6	335
5	3+514.41	3+678.42	1200	Izquierda	Plano	90	6	335
6	3+812.84	4+009.67	400	Derecha	Plano	90	6	335
7	4+166.45	4+217.02	900	Izquierda	Plano	90	6	335
8	4+518.26	4+639.25	700	Derecha	Plano	90	6	335
9	4+900.62	5+042.25	1500	Derecha	Plano	90	6	335
10	5+660.61	6+079.76	700	Derecha	Plano	90	6	335
11	6+318.83	6+425.85	900	Derecha	Plano	90	6	335

Observando los valores individuales de cada tramo curvo, se deduce que la disposición de las curvas horizontales proyectadas cumple con los requisitos mínimos establecidos en la selección de parámetros de diseño, basados en el Manual de la SIECA.

5.8.2. Puntos de Intersección, Longitudes de Curvas, Subtangentes, Grados de Curvatura y Deltas de Curvas Horizontales.

En el Capítulo II, la figura 2.1 esquematiza los elementos de la curva circular simple; con el objetivo de presentar simetría en las curvas horizontales, este tipo de curvas son las que se adoptan en el diseño del alineamiento horizontal de la propuesta de By pass,

Los Puntos de Intersección PI representan la unión de los tramos rectos del alineamiento horizontal, comúnmente llamados Tangentes; el ángulo externo generado entre una tangente de llegada y una tangente de salida se denomina Delta (Δ); la longitud del tramo generado entre el PI y el punto de tangencia entre las rectas y las curvas (PC y PT) se le llama subtangente; el grado máximo de curvatura se obtiene de la forma descrita en la sección 5.7.6.

La tabla siguiente muestra los PI, Lc, ST, Grados de curva, Deltas (ángulo formado en el PI por la unión de las Tangentes y subtangentes) de las curvas horizontales, los mismos se obtienen respetando las ecuaciones y los criterios planteados en el Manual de la SIECA.

Tabla 5.19. Elementos de las Curvas Horizontales.

Curva	Estación PC	Estación PI	Estación PT	L.C. (m)	Radio (m)	Sub-Tangente (m)	Delta			Grado de Curva (D)			Tipo
							°	'	"	°	'	"	
1	0+122.84	0+153.17	0+183.43	60.59	500.00	30.33	6°	56'	35"	2°	17'	30"	Izquierda
2	0+476.84	0+669.61	0+836.11	359.27	400.00	192.77	51°	27'	42"	2°	51'	53"	Derecha
3	2+121.38	2+246.93	2+371.90	250.52	1500.00	125.55	9°	34'	9"	0°	45'	50"	Derecha
4	3+028.42	3+158.31	3+287.97	259.55	2500.00	129.89	5°	56'	54"	0°	27'	30"	Izquierda
5	3+514.41	3+596.54	3+678.42	164.01	1200.00	82.13	7°	49'	51"	0°	57'	17"	Izquierda
6	3+812.84	3+913.29	4+009.67	196.83	400.00	100.45	28°	11'	38"	2°	51'	53"	Derecha
7	4+166.45	4+191.74	4+217.02	50.57	900.00	25.29	3°	13'	9"	1°	16'	23"	Izquierda
8	4+518.26	4+578.91	4+639.25	120.99	700.00	60.65	9°	54'	11"	1°	38'	13"	Derecha
9	4+900.62	4+971.49	5+042.25	141.63	1500.00	70.87	5°	24'	35"	0°	45'	50"	Derecha
10	5+660.61	5+876.68	6+079.76	419.15	700.00	216.07	34°	18'	28"	1°	38'	13"	Derecha
11	6+318.83	6+372.41	6+425.85	107.02	900.00	53.58	6°	48'	47"	1°	16'	23"	Derecha

De la tabla se observa que los valores de grado de curva cumplen y no superan los valores máximos establecidos en los parámetros de diseño.

5.8.3. Distancias de Visibilidad en Curvas Horizontales.

La distancia de visibilidad en curvas horizontales viene limitada por las obstrucciones laterales a lo largo del camino, el Manual de la SIECA propone la siguiente expresión para calcular dicha distancia de visibilidad cuando esta es inferior a la longitud de la curva.

$$D_{vh} = \sqrt{8Rd}$$

donde:

- D_{vh} = Distancia de visibilidad, metros.
- R = Radio de la curva Circular, metros.
- d = Distancia entre la línea central del carril interior de la curva y la obstrucción lateral (considerando como mínimo la mitad del ancho de carril central + ancho de carril exterior + el ancho de hombro + ancho de cuneta), metros.

Y cuando ocurre lo contrario propone la utilización de la siguiente expresión:

$$D_{vh} = \frac{1}{2} \left(\frac{8dR}{L} + L \right)$$

donde:

L = Longitud de curva.

D_{vh}, R y d como ya se definieron antes.

En la Tabla 5.20 se presenta un resumen de las distancias de visibilidad calculadas para cada curva.

Tabla 5.20. Distancias de Visibilidad para las Curvas Horizontales.

Curva	PC	PT	Longitud de Curva (m)	Radio (m)	d (m)	Pendiente Longitudinal	Condicion	D _{vh} (m)	Distancia de Parada D _p (m)
1	0+122.84	0+183.43	60.59	500	7.75	4.61	Subida	286.11	104.39
2	0+476.84	0+836.11	359.27	400	7.75	-2.42	Bajada	157.48	118.60
3	2+121.38	2+371.90	250.52	1500	7.75	-2.18	Bajada	310.87	168.85
4	3+028.42	3+287.97	259.55	2500	7.75	0.80	Subida	428.37	168.85
5	3+514.41	3+678.42	164.01	1200	7.75	-1.78	Bajada	308.82	168.85
6	3+812.84	4+009.67	196.83	400	7.75	-1.78	Bajada	157.48	168.85
7	4+166.45	4+217.02	50.57	900	7.75	-2.64	Bajada	577.00	168.85
8	4+518.26	4+639.25	120.99	700	7.75	-2.64	Bajada	239.85	168.85
9	4+900.62	5+042.25	141.63	1500	7.75	0.67	Subida	399.14	168.85
10	5+660.61	6+079.76	419.15	700	7.75	-1.15	Bajada	208.33	168.85
11	6+318.83	6+425.85	107.02	900	7.75	2.60	Subida	314.21	168.85

D_p = Distancia de parada en metros, obtenida de las tablas 5.10 y 5.11 correspondientes al cuadro 4.6 del manual de la SIECA para el valor de pendiente *correspondiente* al carril interior de las curvas analizadas.

La distancia de visibilidad de parada D_p es la suma de dos componentes d₁ y d₂ descritos en las páginas 4-22 y 4-23 del Manual de la SIECA según la siguiente ecuación:

$$D_p = d_1 + d_2 = (0.278 \times t \times V) + \left(\frac{V^2}{254 \times f} \right)$$

donde:

- d_1 = Distancia de percepción y reacción del conductor.
 d_2 = Distancia de frenado.
 t = Tiempo de reacción y percepción, normalmente es de 2.5 seg.
 f = Coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y pavimento.
 V = Velocidad de diseño, kilómetros por hora.

Esta fórmula se aplica cuando el terreno se clasifica como plano; según la tabla 5.18 las curvas horizontales desde la No. 3 hasta la No. 11 caen en esta clasificación y D_p se obtiene en la tabla 5.20 mediante la fórmula anterior.

Para el caso de las curvas horizontales No. 1 y No. 2, de la tabla 5.18 se observa que se proyectan sobre terreno ondulado, D_p se calcula con una variante en la distancia de frenado “ d_2 ” en la que se debe de incluir el efecto de las pendientes, teniendo en cuenta que se necesita una menor distancia de frenado en pendientes de subida que en bajada, se calculan las primeras utilizando la velocidad de marcha o de ruedo y las del siguiente orden utilizando la velocidad de diseño (la velocidad de ruedo se obtiene como un porcentaje de la velocidad de diseño, según la tabla 5.11 (cuadro 4.6 del Manual de la SIECA) para una velocidad de diseño de 90 km/h la velocidad de ruedo es de 76 Km/h y para la velocidad de diseño de 80 km/h la velocidad de ruedo es de 70 Km/h); d_2 se calcula con la siguiente expresión:

$$d_2 = \frac{V^2}{254 \times (f \pm G)}$$

donde:

- G = Porcentaje de la pendiente dividida entre 100 (“+” pendiente de subida, “-” pendiente de bajada).

V, f como se definieron antes.

La tabla 5.20 muestra los resultados del cálculo de las distancias de parada en las curvas horizontales proyectadas en terreno ondulado (curvas No. 1 – 2) y en terreno plano (curvas No. 3 – 11).

La Distancia de Visibilidad Horizontal (D_{vh}) debe ser mayor que la Distancia de Visibilidad de Parada (D_p), esto es lógico ya que el conductor necesita de mayor longitud cuando ve un obstáculo para empezar a disminuir su velocidad, esta mayor longitud la proporciona la distancia de visibilidad horizontal.

De la tabla 5.20 se observa que en la curva No. 6 entre las estaciones 3+812.84 - 4+009.67, la distancia de visibilidad proyectada es menor por 11.37 metros que la distancia de visibilidad de parada requerida; pero al observar el perfil longitudinal la rasante proyectada coincide en el PC de la curva con el terreno natural y en el PT se genera un pequeño terraplén de 1.20 metros, de lo que se deduce que no existe obstrucción lateral por taludes generados, además de retomar las consideraciones importantes citadas al inicio de la sección 5.7 Selección de Parámetros de Diseño, por tanto aunque se exceden solo en esta curva los parámetros de visibilidad requeridos, en todo el alineamiento horizontal las curvas y las tangentes cumplen con los parámetros mínimos establecidos en la tabla 5.17.

5.8.4. Presentación de Resultados del Diseño Horizontal.

A continuación se presenta la Tabla 5.21, conteniendo un resumen de las características analizadas, un listado más completo de todas las características geométricas del alineamiento horizontal se presenta en el Anexo A-2.

Tabla 5.21. Resumen del Diseño Horizontal.

Curva	PC	PT	Longitud (m)	Radio (m)	Tangente entre Curvas	D_{vh} (m)
1	0+122.84	0+183.43	60.59	500	122.84	286.11
2	0+476.84	0+836.11	359.27	400	293.41	157.48
3	2+121.38	2+371.90	250.52	1500	1285.27	310.87
4	3+028.42	3+287.97	259.55	2500	656.52	428.37
5	3+514.41	3+678.42	164.01	1200	226.44	308.82
6	3+812.84	4+009.67	196.83	400	134.42	157.48
7	4+166.45	4+217.02	50.57	900	156.78	577.00
8	4+518.26	4+639.25	120.99	700	301.24	239.85
9	4+900.62	5+042.25	141.63	1500	261.37	399.14
10	5+660.61	6+079.76	419.15	700	618.36	208.33
11	6+318.83	6+425.85	107.02	900	239.07	314.21

5.9. Diseño del Alineamiento Vertical.

El diseño del alineamiento vertical se realizó a partir de toda la información topográfica recopilada, así como los estudios de Tráfico del Plan de Transporte Urbano (PTU) del PLAMADUR, además de los reglamentos de diseño, se procedió, con la ayuda de los software antes mencionados a la realización del trazado del alineamiento vertical, disponiendo en elevación las alineaciones rectas y sus pendientes máximas y mínimas, curvas parabólicas; se revisó las distancias de visibilidad, de tal manera que cumplieran los requisitos mínimos deseados para la categoría del camino.

5.9.1. Pendientes Longitudinales.

Tomando en cuenta la topografía de la zona (para la cual se ha realizado una división de acuerdo a las pendientes del terreno natural), y después de haber estudiado las recomendaciones expuestas en el Manual de la SIECA, se presenta en la Tabla 5.22 un resumen de las pendientes longitudinales proyectadas en la propuesta de By pass.

Tabla 5.22. Pendientes Longitudinales.

PIV #	Estación PIV	Distancia entre PIV's (m)	Tipo de terreno	Pendiente salida %
1	0+000.00	0.00	Ondulado	-2.50%
2	0+031.50	31.50	Ondulado	4.61%
3	0+544.90	513.40	Ondulado	-5.64%
4	1+357.76	812.86	Plano	-1.62%
5	1+921.77	564.01	Plano	-2.18%
6	2+702.04	780.27	Plano	0.80%
7	3+258.51	556.47	Plano	-1.78%
8	3+955.18	696.67	Plano	-2.64%
9	4+743.73	788.55	Plano	0.67%
10	5+506.07	762.34	Plano	-1.15%
11	5+964.16	458.09	Plano	2.60%
12	6+385.99	421.83	Plano	-1.91%
13	6+666.02	280.03	Plano	2.03%
14	7+115.69	449.67	Plano	

Como se observa en la tabla anterior, ningún valor sobrepasa las pendientes máximas establecidas en la tabla 5.17, recordando de ella que la pendiente máxima en terreno ondulado es de 7% y la correspondiente a terreno plano es de 5%.

En el PIV No. 1, la pendiente de -2.05% corresponde a la pendiente transversal de la Carretera Panamericana, para no crear un cambio abrupto en esta intersección se establece que la pendiente con que inicie el By pass sea la misma.

5.9.2. Curvas Verticales.

Generalmente se utilizan curvas parabólicas para los alineamientos verticales de carreteras, estas pueden ser convexas o en “cresta” y cóncavas o en “columpio”, para las primeras el factor predominante en el diseño es la distancia de visibilidad y para las segundas predominan otros factores, como la distancia de iluminación de los faros del vehículo o la sensación de comodidad de la curva en sí.

Se evalúan las longitudes mínimas que deberán tener las curvas verticales para satisfacer estas condiciones de visibilidad como sigue. Tomando en consideración que la altura del ojo del conductor es 1.07 metros y que la altura del objeto u obstáculo es de 0.15 metros se tiene: De acuerdo al manual de la SIECA se deberán evaluar las siguientes expresiones a cumplir:

➤ **Para curvas en cresta:**

$$L = \frac{GS^2}{404}, \text{ Cuando } L \text{ es mayor que la distancia de visibilidad requerida, y}$$

$$L = 2 \times S - \left(\frac{404}{G} \right), \text{ Cuando } L \text{ es menor que la distancia de visibilidad requerida.}$$

➤ **Para curvas en columpio:**

Evalutando la iluminación de los faros.

$$L = \frac{GS^2}{120 + 3.5 \times S}, \text{ Cuando } L \text{ es mayor que la distancia de visibilidad iluminada, y}$$

$$L = 2 \times S - \left(\frac{120 + 3.5 \times S}{G} \right), \text{ Cuando } L \text{ es menor que la distancia iluminada por los faros.}$$

Evaluando el criterio de comodidad.

$$L = \frac{GV^2}{395}$$

donde:

- L = Longitud mínima de curva vertical.
- G = Diferencia algebraica de pendientes en la curva.
- S = Distancia de visibilidad ó visibilidad iluminada.
- V = Velocidad de diseño.

Tomando en consideración los factores topográficos de la zona y los requisitos de diseño a cumplir se presenta en la Tabla 5.23 un resumen de los valores del parámetro K y longitudes de cada curva vertical proyectada para la propuesta de By pass.

Donde

Dv: Distancia de visibilidad que permite la configuración geométrica de las curvas proyectadas.

Dp: Distancia de visibilidad requerida para la velocidad de diseño.

Tabla 5.23. Datos curvas verticales y distancia de visibilidad.

PIV #	Estación	K	L	D.A. G	Vd	Tipo	Pendiente Longitudinal	Condicion	Dv proyectada	Dp requerida
1	0+000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0+031.50	5.63	40.00	7.11	80	Columpio	4.61%	Subida	37.72	148.8
3	0+544.90	54.63	560.00	10.25	80	Cresta	-5.64%	Bajada	148.57	107.1
4	1+357.76	99.51	400.00	4.02	90	Columpio	-1.62%	Bajada	309.70	180.6
5	1+921.77	269.06	150.00	0.56	90	Cresta	-2.18%	Bajada	435.71	124.2
6	2+702.04	50.33	150.00	2.98	90	Columpio	0.80%	Subida	230.49	180.6
7	3+258.51	58.12	150.00	2.58	90	Cresta	-1.78%	Bajada	153.29	124.2
8	3+955.18	173.51	150.00	0.86	90	Cresta	-2.64%	Bajada	309.88	124.2
9	4+743.73	45.20	150.00	3.32	90	Columpio	0.67%	Subida	196.82	180.6
10	5+506.07	82.10	150.00	1.83	90	Cresta	-1.15%	Bajada	185.38	124.2
11	5+964.16	40.02	150.00	3.75	90	Columpio	2.60%	Subida	170.63	180.6
12	6+385.99	33.32	150.00	4.50	90	Cresta	-1.91%	Bajada	116.05	124.2
13	6+666.02	38.14	150.00	3.93	90	Columpio	2.03%	Subida	162.73	180.6
14	7+115.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-

También se muestra en la siguiente tabla las longitudes mínimas requeridas en cada curva vertical para que estas cumplieran todos los requisitos del alineamiento vertical, las mismas son evaluadas de acuerdo a la Distancia de parada requerida (D_p requerida, en la tabla anterior).

Tabla 5.24. Longitudes mínimas requeridas en las curvas verticales.

PIV #	L_c	Longitud mínima requerida		
		SIL>S	SIL<S	Comodidad
1	-	-	-	-
2	40.00	245.67	207.47	115.20
3	560.00	291.02	174.79	166.08
4	400.00	174.34	174.11	82.44
5	150.00	21.38	-473.03	11.48
6	150.00	129.23	108.82	61.11
7	150.00	98.51	91.81	52.91
8	150.00	32.84	-221.37	17.64
9	150.00	143.98	134.66	68.08
10	150.00	69.87	27.63	37.53
11	150.00	162.63	160.64	76.90
12	150.00	171.82	158.62	92.28
13	150.00	170.43	169.83	80.59
14	-	-	-	-

Para que las curvas verticales cumplan con los requerimientos del diseño vertical, al igual que en el alineamiento horizontal la Distancia de visibilidad debe de ser mayor que la Distancia de visibilidad de parada, ya que esta es la que controla la recomendación de longitudes mínimas, sobre todo en curvas en columpio.

En curvas en cresta D_v está condicionada a la más amplia visibilidad para la velocidad de diseño, las curvas en columpio se condicionan por la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño.

Al analizar los valores individuales para cada curva vertical en la tabla 5.23, se observa que:

- El valor de K cumple en todas las curvas verticales proyectadas, a excepción de la curva vertical ubicada en el PIV No. 2 donde el valor $K=5.63$ es menor a 25 establecido como K mínimo en la tabla 5.17. Sin embargo, hay que considerar que esto sucede justo en la intersección con la Carretera Panamericana donde, como ya

se dijo, el By pass inicia con la misma pendiente transversal de la Panamericana para no crear una sensación de cambio abrupto, y al revisar el alineamiento horizontal, esta curva vertical se desarrolla sobre una tangente generándose en el PCV un pequeño terraplén de 1 metro y en el PTV un pequeño corte de 1.20 m. Ante tal situación y recordando las consideraciones hechas al inicio se recomienda por ser el inicio de la propuesta respetar la longitud establecida en la tabla 5.23.

- Las Distancias de visibilidad en las curvas verticales ubicadas en los PIV No. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 cumplen y son mayores que las requeridas
- La Distancia de visibilidad en la curva vertical en COLUMPIO ubicada en EL PIV No. 2 es menor que la distancia requerida. Recordando que en este tipo de curvas la distancia está determinada por la iluminación de los faroles, se debe de complementar delimitando zonas de no adelantamiento en la señalización horizontal y vertical, además de tener presente que esta curva se genera en la intersección de la propuesta de By pass con la Panamericana y que la pendiente longitudinal del By pass se la misma que la pendiente transversal de la CA-01.
- La Distancia de visibilidad en la curva vertical en COLUMPIO ubicada en el PIV No. 11 es menor que la distancia requerida en 9.97 metros. En la tabla 5.24 se observa que la longitud mínima de la curva requerida por comodidad es de 76.90 metros (la longitud proyectada de la curva sobrepasa este criterio), también se observa que solo se necesitan 10.64 metros adicionales a los 150 metros que posee para que la curva cumpla los requerimientos. Teniendo en cuenta de la tabla 5.22 que este PIV se ubica en terreno plano y que la rasante proyectada se ajusta a la línea del terreno natural, se debe de mantener el valor planteado en la tabla 5.23 y el diseño se debe de complementar delimitando zonas de no adelantamiento en la señalización horizontal y vertical.
- La Distancia de visibilidad en la curva vertical en CRESTA ubicada en el PIV No. 12 es menor que la distancia requerida en 8.15 metros. En la tabla 5.24 se observa que la longitud mínima de la curva requerida por comodidad es de 92.28 metros (la longitud proyectada de la curva sobrepasa este criterio), también se observa que solo

se necesitan 8.62 metros adicionales a los 150 metros que posee para que la curva cumpla los requerimientos. Teniendo en cuenta de la tabla 5.22 que este PIV se ubica en terreno plano y que la rasante proyectada se ajusta a la línea del terreno natural, se debe de mantener el valor planteado en la tabla 5.23 y el diseño se debe de complementar delimitando zonas de no adelantamiento en la señalización horizontal y vertical.

- La Distancia de visibilidad en la curva vertical en COLUMPIO ubicada en el PIV No. 13 es menor que la distancia requerida en 17.87 metros. En la tabla 5.24 se observa que la longitud mínima de la curva requerida por comodidad es de 80.59 metros (la longitud proyectada de la curva sobrepasa este criterio), también se observa que solo se necesitan 19.83 metros adicionales a los 150 metros que posee para que la curva cumpla los requerimientos. Teniendo en cuenta de la tabla 5.22 que este PIV se ubica en terreno plano y que la rasante proyectada se ajusta a la línea del terreno natural, se debe de mantener el valor planteado en la tabla 5.23 y el diseño se debe de complementar delimitando zonas de no adelantamiento en la señalización horizontal y vertical.

En las dos tablas anteriores se detallan los parámetros L_c , K , G , D_v , D_p , etc., de las mismas y con las consideraciones planteadas anteriormente se concluye que el alineamiento vertical es satisfactorio para los subtramos y las velocidades de diseño utilizadas.

La distancia D_p se ha extraído de la tablas 5.10 y 5.11 (cuadro 4.6 del Manual de la SIECA), considerando la pendiente longitudinal más desfavorable y que más se asemeja a las pendientes planteadas en el diseño (3% para las curvas en cresta y -3% para las curvas en columpio).

5.9.3. Presentación de Resultados del Diseño Vertical.

A continuación se presenta la Tabla 5.25, conteniendo un resumen de las características analizadas, un listado más completo de todas las características geométricas del alineamiento vertical se presenta en el Anexo A-3.

Tabla 5.25. Resumen del Diseño Vertical.

PIV #	Estación PIV	Pendiente de salida	Estación PCV	Estación PTV	K	Longitud de curva	Tipo	Dv proyectada
1	0+000.00	-	-	-	-	-	-	-
2	0+031.50	4.61%	0+011.50	0+051.50	5.63	40	Columpio	37.72
3	0+544.90	-5.64%	0+264.90	0+824.90	54.63	560	Cresta	148.57
4	1+357.76	-1.62%	1+157.76	1+557.76	99.51	400	Columpio	309.70
5	1+921.77	-2.18%	1+846.77	1+996.77	269.06	150	Cresta	435.71
6	2+702.04	0.80%	2+627.04	2+777.04	50.33	150	Columpio	230.49
7	3+258.51	-1.78%	3+183.51	3+333.51	58.12	150	Cresta	153.29
8	3+955.18	-2.64%	3+880.18	4+030.18	173.51	150	Cresta	309.88
9	4+743.73	0.67%	4+668.73	4+818.73	45.20	150	Columpio	196.82
10	5+506.07	-1.15%	5+431.07	5+581.07	82.10	150	Cresta	185.38
11	5+964.16	2.60%	5+889.16	6+039.16	40.02	150	Columpio	170.63
12	6+385.99	-1.91%	6+310.99	6+460.99	33.32	150	Cresta	116.05
13	6+666.02	2.03%	6+591.02	6+741.02	38.14	150	Columpio	162.73
14	7+115.69	-	-	-	-	-	-	-

5.10. Diseño Transversal.

5.10.1. Sección Transversal Tipo.

Tomando en consideración los parámetros de diseño establecidos y los requerimientos para el tipo de camino, se presenta en el Anexo A-6 el detalle de la *Sección Transversal Tipo del Camino* y en la Tabla 5.26 un resumen de aplicación por tramos.

Tabla 5.26. Sección Transversal Tipo según tramo.

Inicio	Fin	Condición del Tramo	Tipo
0+000.00	0+026.04	Relleno en Recta	
0+026.04	0+979.24	Corte en Recta y en Curva	
0+979.24	1+840.00	Relleno en Recta	
1+840.00	2+371.90	Pelo a tierra en Recta y en Curva	
2+371.90	3+130.81	Corte en Recta y en Curva	
3+130.81	4+719.84	Relleno en Recta y en Curva	
Rio Grande, Long. del claro= 49.75 m.			
4+769.59	5+042.25	Corte en Recta y en Curva	
5+042.25	5+293.13	Relleno en Recta	
5+293.13	6+199.86	Pelo a tierra en Recta y en Curva	
6+199.86	6+443.29	Corte en Recta y en Curva	
6+443.29	6+649.59	Relleno en Recta	
6+649.59	6+902.15	Corte en Recta	
6+902.15	7+115.69	Relleno en Recta	

Los valores de ancho de carriles, ancho de hombros, ancho propuesto de cunetas, ancho de derecho de vía se establecieron anteriormente, la figura presentada en el Anexo respectivo es típica y representa esas dimensiones establecidas.

Se presentan a continuación el diseño de las sobreelevaciones para cada curva horizontal, los cuales tienen una cota máxima fijada en los parámetros de diseño, estos valores se proponen para dar la sensación de seguridad en el recorrido sobre cada curva horizontal.

5.10.2. Diseño de la Sobreelevación.

Para el diseño de la sobreelevación se han utilizado los parámetros máximos establecidos en la tabla 5.17, y que se obtienen de las tablas propuestas en el Manual de la SIECA.

Las sobreelevaciones propuestas para cada curva se obtienen del software utilizado en el diseño, el programa los evalúa de acuerdo a la velocidad de diseño y radios de curva; se presentan en la Tabla 5.27 los valores de sobreelevación así obtenidos para cada curva del alineamiento horizontal de la propuesta de By pass.

Tabla 5.27. Valores de Sobreelevación para cada curva horizontal.

Curva	PC	PT	Longitud (m)	Radio (m)	%e máxima	%e propuesta
1	0+122.84	0+183.43	60.59	500	8	4.80
2	0+476.84	0+836.11	359.27	400	8	5.30
3	2+121.38	2+371.90	250.52	1500	6	2.70
4	3+028.42	3+287.97	259.55	2500	6	2.00
5	3+514.41	3+678.42	164.01	1200	6	3.20
6	3+812.84	4+009.67	196.83	400	6	5.90
7	4+166.45	4+217.02	50.57	900	6	3.90
8	4+518.26	4+639.25	120.99	700	6	4.60
9	4+900.62	5+042.25	141.63	1500	6	2.70
10	5+660.61	6+079.76	419.15	700	6	4.60
11	6+318.83	6+425.85	107.02	900	6	3.90

La sobreelevación propuesta para cada curva horizontal cumple satisfactoriamente ya que no sobrepasa el valor máximo establecido.

Un listado más completo de todas las características geométricas de las sobreelevaciones de cada curva horizontal se presenta en el Anexo A-4.

5.10.3. Diseño de Longitudes de Transición de Sobreelevación.

Existen varios métodos en el desarrollo de la sobreelevación, el manual de la AASTHO propone 4 de estos en su página 185. Para la presente propuesta de By pass se utilizará el método denominado "A", el cual consiste en girar la sección transversal de la carretera utilizando para ello como punto pivote el eje de la sección transversal como se muestra en la Figura 5.3

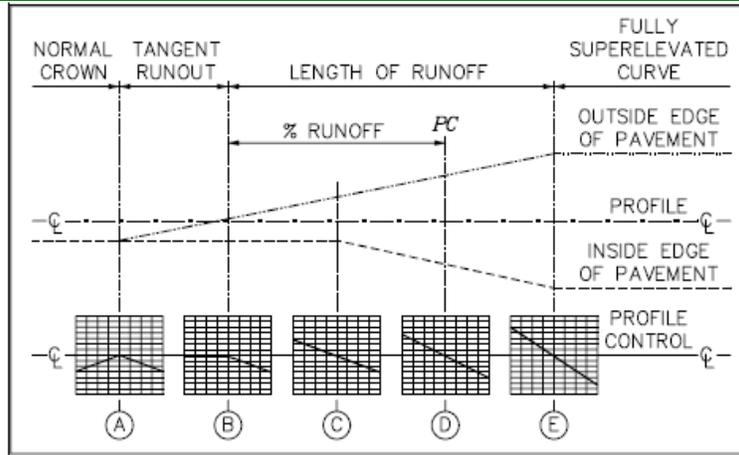


Figura 5.3. Método “A” para el desarrollo de la sobreelevación.

Donde:

Length of runoff: distancia para llevar la sobreelevación de 0% a la sobreelevación necesaria de la curva (distancia BE).

Tangent runout: distancia para llevar la sobreelevación del bombeo natural de la sección a 0% en el carril externo (distancia AB) e igual a la distancia para llevar el carril externo de 0% al bombeo natural del carril interno (distancia BC), la cual se calcula como una relación proporcional a la distancia BE y se calcula con la siguiente expresión.

$$runout = \left(\frac{en}{e}\right) runoff$$

donde:

e = Sobreelevación de la curva.

en = Bombeo natural.

En casos donde existan curvas continuas de sentido opuesto esta distancia puede ser absorbida dentro del runoff de entrada o salida (según sea el caso) de la curva contigua.

% runoff: porcentaje de la distancia BE que se desarrolla antes del PC de la curva (distancia BD).

Cabe notar que:

- La distancia CE es igual a (BE) – (BC)

- La distancia DE (porcentaje de BE que se desarrolla dentro de la curva) es igual a $(BE) - (BD)$.
- En algunos casos se puede utilizar hasta el 50% de la distancia de desarrollo dentro de la curva.

El manual de la AASTHO presenta en una serie de tablas valores recomendados para los valores de distancia de desarrollo de la sobreelevación, pero existen casos en los que estos valores no pueden ser satisfechos en su totalidad.

Para los casos en que esta longitud propuesta no pueda ser satisfecha el manual de la AASTHO presenta una manera de calcular una longitud mínima para la transición de la sobreelevación, la cual se relaciona con un valor máximo en el gradiente o cambio en sobreelevación, para el cual propone unos valores los cuales se muestran en la Tabla 5.28.

Tabla 5.28. Gradientes máximos en cambio de sobreelevación.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Gradiente Relativo Máximo (%)	Equivalente Relativo de Pendiente
20	0.80	1:125
30	0.75	1:133
40	0.70	1:143
50	0.65	1:150
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.50	1:200
90	0.47	1:213
100	0.44	1:227
110	0.41	1:244
120	0.38	1:263
130	0.35	1:286

Fuente: AASHTO, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", 2001, 4ª Edition, P 170.

Para el diseño de la longitud de transición se han utilizado las tablas propuestas en el manual de la AASHTO y de acuerdo a la velocidad de diseño, radios de curva y los criterios antes expuestos, se presentan en la Tabla 5.29 los valores de ésta proyectados para cada curva del alineamiento horizontal.

Tabla 5.29. Longitudes de Transición en las Curvas Horizontales.

Curva	Radio (m)	Vd (Km/h)	runoff Recomendada (m)	Gradiente máximo	runoff mínima	Entrada			Salida		
						runout	runoff	% runoff	runout	runoff	% runoff
1	500	80	66	0.50	9.60	21.667	52.000	67.00	21.667	52.000	67.00
2	400	80	71	0.50	10.60	21.509	57.000	67.00	21.509	57.000	67.00
3	1500	90	75	0.47	5.74	22.963	31.000	67.00	22.963	31.000	67.00
4	2500	90	75	0.47	4.26	23.000	23.000	67.00	23.000	23.000	67.00
5	1200	90	75	0.47	6.81	23.125	37.000	67.00	23.125	37.000	67.00
6	400	90	75	0.47	12.55	23.051	68.000	67.00	23.051	68.000	67.00
7	900	90	75	0.47	8.30	23.077	45.000	67.00	23.077	45.000	67.00
8	700	90	75	0.47	9.79	23.043	53.000	67.00	23.043	53.000	67.00
9	1500	90	75	0.47	5.74	22.963	31.000	67.00	22.963	31.000	67.00
10	700	90	75	0.47	9.79	23.043	53.000	67.00	23.043	53.000	67.00
11	900	90	75	0.47	8.30	23.077	45.000	67.00	23.077	45.000	67.00

5.10.4. Presentación de Resultados del Diseño Transversal.

La siguiente tabla contiene un resumen del diseño transversal, las *secciones transversales tipo* ya fueron ubicadas por tramos en la Tabla 5.26 y sus respectivos esquemas se presentan en el Anexo A-6.

Tabla 5.30. Resumen del Diseño Transversal.

Curva	Radio curva	Longitud	Vd	% e	Le entrada	Le salida
1	500.00	60.59	80	4.8	52.00	52.00
2	400.00	359.27	80	5.3	57.00	57.00
3	1500.00	250.52	90	2.7	31.00	31.00
4	2500.00	259.55	90	2.0	23.00	23.00
5	1200.00	164.01	90	3.2	37.00	37.00
6	400.00	196.83	90	5.9	68.00	68.00
7	900.00	50.57	90	3.9	45.00	45.00
8	700.00	120.99	90	4.6	53.00	53.00
9	1500.00	141.63	90	2.7	31.00	31.00
10	700.00	419.15	90	4.6	53.00	53.00
11	900.00	107.02	90	3.9	45.00	45.00

Tanto para el diseño de la Sobreelevación y de su Longitud de Transición, se han adoptado los radios obtenidos relacionados a las velocidades de diseño indicadas con anterioridad.

5.11. Intersecciones.

5.11.1. Intersecciones con otras Vías.

Las intersecciones en carreteras son las área donde dos o más de ellas se interceptan, ya sea uniéndose o simplemente cruzándose. Dentro de esta área, se realizan maniobras de divergencia o separación, convergencia o integración y cruce, a las cuales se deben añadir las maniobras de entrecruzamiento. Todas estas maniobras son fuente de conflictos, no sólo para el conductor que realiza la maniobra misma, sino que puede abarcar también a otros vehículos que se aproximan a la zona de conflicto, en la cual los conductores involucrados en el propio uso de la intersección, pueden causar trastornos o problemas a los demás conductores que operan hacia delante o hacia atrás de la intersección.

La elección del tipo de intersección es clave en el diseño de las carreteras, ya que éstas condicionan ampliamente la capacidad de la red, la seguridad de su funcionamiento y la integración de la carretera en el medio en que se localiza; depende de varios factores, entre los que se mencionan:

- Características geométrica de las vías que se interceptan y del tránsito que las utiliza; los volúmenes y la clasificación del tránsito, las proporciones de giros a la izquierda, a la derecha y cruces directos; la regulación del tránsito y la cantidad y tipo de accidentes registrados por intersección, la topografía, la disponibilidad y costo del terreno, las condiciones de visibilidad, las características y exigencias del ambiente y la posibilidad de usar materiales especiales en el pavimento, que sean visibles día y noche para delimitar el espacio del cruce.

El corredor propuesto del By pass intercepta, como se menciona en el Capítulo IV, la Carretera Panamericana y la Ruta Militar al inicio y fin respectivamente, siendo ambos controles primarios; y como controles secundarios se cruza con la calle antigua a Quelepa y

con la calle a Agua Zarca. Definir el tipo exacto de intersección para cada punto de cruce implica revisar pormenorizadamente los factores antes citados, lo que involucraría realizar estudios muy complejos para cada intersección.

Para cada intersección se proponen “**Intersecciones Tipo**”, tanto para las intersecciones identificadas como controles primarios, como también para las que se identificaron como controles secundarios; en el Anexo A-7 se presentan estas Intersecciones Tipo para la propuesta.

En las intersecciones con las carreteras Panamericana y Ruta Militar, se recomienda la **INTERSECCION EN “T” con islas divisionales y carril derecho para adelantamiento**, una combinación de algunas de las figuras 5.3 de la página 5-13 del manual de la SIECA, y para los giros a la izquierda semáforos de tres o más fases pueden ser adecuados para los movimientos de entrada y salida del By pass. La siguiente figura muestra la intersección tipo en los puntos de cruce en la CA-01 y la CA-07.

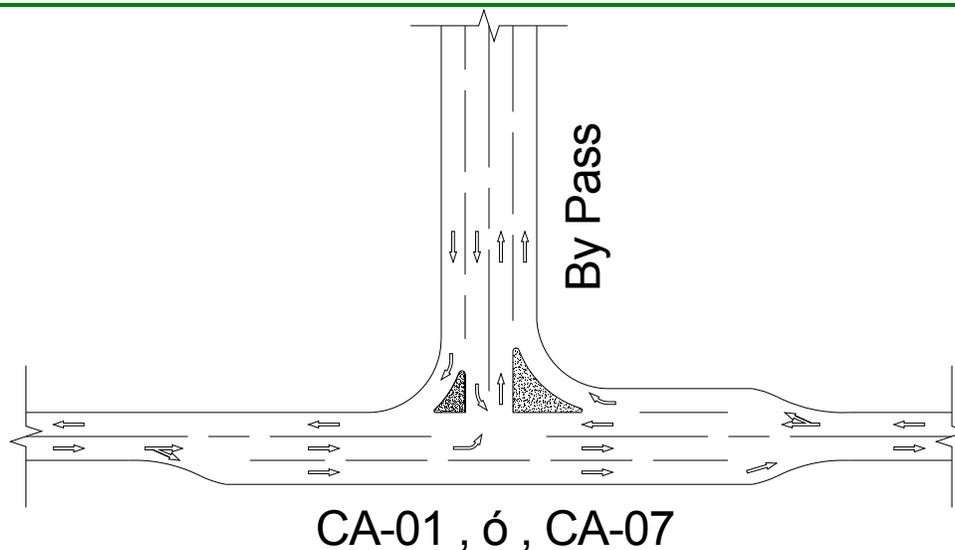


Figura 5.4. Intersección tipo “T” sobre Carretera Panamericana y Ruta Militar.

Para el caso donde el By pass intercepta la Calle Antigua a Quelepa y la Calle a Agua Zarca, se propone la **INTERSECCION EN CUÑAS**; estas intersecciones están descritas en la

Normativa Técnica Vial del proyecto: “NORMATIVA PARA EL DESARROLLO FISICO DEL CORREDOR DE LA AUTOPISTA SAN SALVADOR – AEROPUERTO INTERNACIONAL EL SALVADOR”.

La sección VII – c del documento citado describe las conexiones con el sistema de circulación menor urbano; análogamente a la autopista, la propuesta de By pass empalmara con estas calles de circulación menor por medio de cuñas de transición o de cambio de velocidad según la ilustración en la figura 7.3 de ese documento, estas servirán para abandonar e incorporarse al By pass en la dirección longitudinal de este y en ambos sentidos, para atravesar transversalmente el By pass se recomienda el uso de señales verticales y horizontales de **alto**.

La siguiente figura muestra la intersección tipo en los puntos de cruce del By pass con ambas calles.

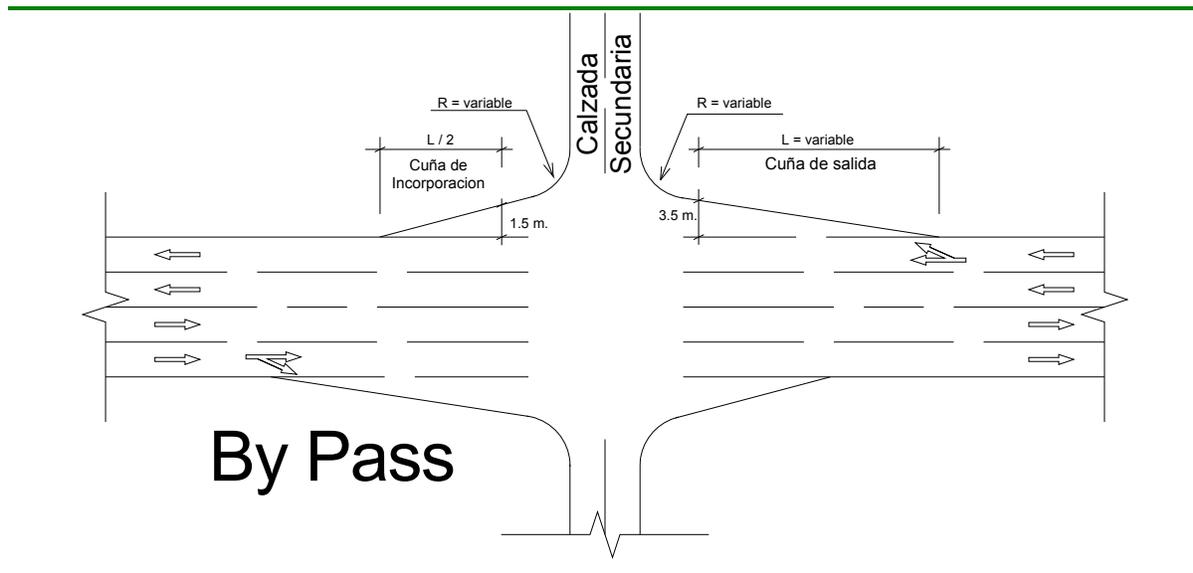


Figura 5.5. Intersección tipo “CUÑA” sobre Calles Antigua a Quelepa y a Agua Zarca.

5.11.2. Intersecciones con Corrientes de Agua.

A lo largo del recorrido de la traza proyectada del eje de la propuesta del By pass en la zona norte de la ciudad de San Miguel, esta cruza corrientes de agua: una serie de quebradas y el Río Grande como el más importante.

El diseño de las obras hidráulicas en estos puntos de cruce no se define en este documento ya que es materia aparte e involucra estudios grandes de las cuencas para determinar caudales y áreas de la sección transversal de estas obras; la siguiente tabla únicamente delimita la longitud del claro generado en el afluente que el By pass atraviesa, en esos puntos son necesarias obras de paso que, como ya se dijo, su dimensionamiento debe de regirse por estudios puntuales para cada caso específico.

Tabla 5.31. Longitud generada de claros en cursos de agua.

Río/Quebrada	Estación Inicial	Estación Final	Longitud del Claro (m)
Quebrada 1+134.94	1+134.94	1+139.63	4.69
Quebrada Jalacatal	1+308.39	1+323.02	14.63
Río Grande de San Miguel	4+719.84	4+769.59	49.75
Qda. El Platanillo	5+508.35	5+514.75	6.40
Qda. sin nombre	6+160.79	6+169.74	8.94

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

- Con la Propuesta de Diseño Geométrico de By pass es evidente que el congestionamiento vehicular en la entrada de la ciudad sobre la carretera Panamericana disminuirá, así como también sobre el tramo de la Ruta Militar que atraviesa la zona urbana.
- Algunos de los factores que determinaron la Propuesta de Diseño Geométrico de By Pass en la parte norte de la ciudad de San Miguel son: la disponibilidad de ciertas condiciones como La Topografía, La Hidrología y Los Usos del Suelo en la zona norte.
- La alternativa de ruta seleccionada para inscribir dentro de ella la propuesta de diseño geométrico del By pass, presenta las mejores características; la alternativa retomada del PLAMADUR, ya no es factible porque atraviesa zonas residenciales y desarrollos habitacionales de alta intensidad.
- En cuanto al diseño del Alineamiento Horizontal y el Alineamiento Vertical, si bien es cierto que bajo ciertas circunstancias unos pocos parámetros entran en conflicto con las normas establecidas, existen ciertas consideraciones que se han tenido en cuenta, por ejemplo, se ha procurado que la afectación predial ocasionada por el derecho de vía sea mínimo, sabiendo la implicación social que ocasiona la reubicación de asentamientos.

6.2 Recomendaciones.

- Es necesario darle continuidad a esta propuesta. A medida se avanzó en el desarrollo se hizo evidente la necesidad de que este tema sea abordado como proyecto del Ministerio de Obras Públicas para gestionar los fondos necesarios para realizar estudios más completos y poner en marcha el proyecto del By pass en la zona norte de la ciudad de San Miguel.
- Los Estudio de Impacto Ambiental son esenciales en los proyectos viales. Como se cita textualmente del Manual de diseño geométrico de la SIECA “El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser desestimado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan parejamente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social”, por esta razón recomendamos que un estudio de impacto ambiental sea realizado por futuros grupos de tesis de ingeniería sobre la alternativa de ruta aquí planteada.
- Es necesario realizar un Estudio de Trafico que determine, en base a metodologías completas de Ingeniería de Transito, la demanda vehicular que actualmente solicita la construcción del By pass en la zona norte de la ciudad.
- Se recomienda que para realizar un estudio de tráfico completo de la zona, se solicite al Ministerio de Obras Públicas como ente regulador de las carreteras los registros más recientes de Transito Promedio Diario Anual (TPDA); el ultimo corresponde al proyecto “ESTUDIOS DE TRANSITO 2005, EL SALVADOR”.
- La población en general debe de asumir un papel mas protagónico para exigir de sus autoridades soluciones a los problemas viales en la búsqueda de una mejor imagen para la ciudad, por ello se recomienda que se proponga la implementación y

construcción del anillo periférico plasmado desde hace mas de una década en el Plan Maestro de Desarrollo Urbano, PLAMADUR.

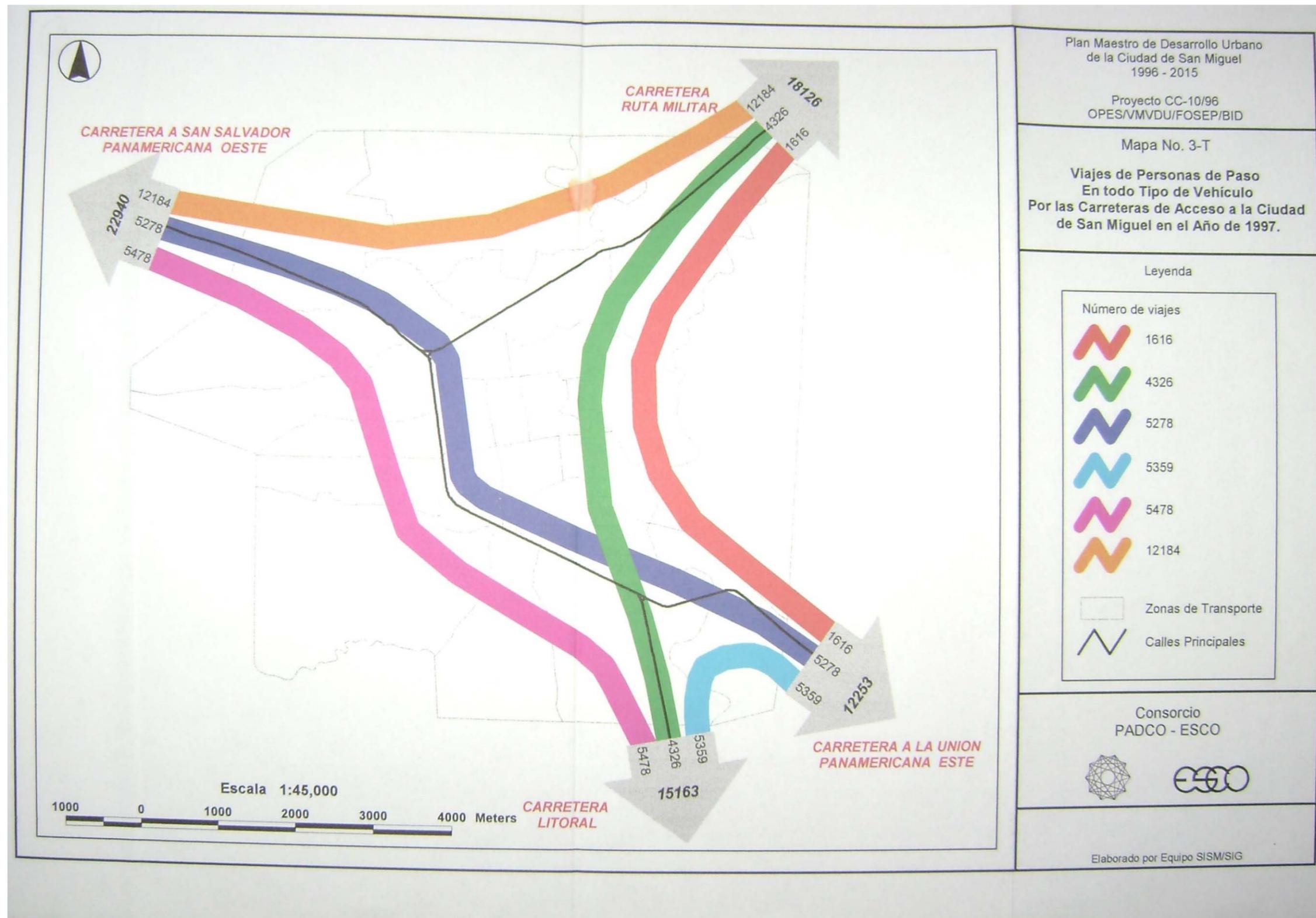
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales**, Raúl Leclair, Proyecto USAID No. 596-0181.20, Febrero 2001.
2. **“A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, 2001, 4ª Edition**, de la American Association of State Highway And Transportation Officials, AASHTO.
3. **Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones**, Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola (†) y James Cárdenas Grisales, Ediciones Alfaomega, S. A. de C. V. México D.F., 1994.
4. **Manual de Carreteras 1**, Luis Bañón Blázquez, España, Recurso de Internet.
5. **“Rediseño Geométrico de prolongación Boulevard Orden de Malta y Ampliación calle a Huizucar, Tramo II”**, Francisco Arturo Cruz Centeno, Trabajo de Graduación, UES, San Salvador, febrero de 2005.
6. **Diseño Geométrico y de Drenaje Superficial del camino vecinal que conduce de la comunidad El Rosat al cantón Los Llanitos, jurisdicción del Municipio de Ayutuxtepeque, San Salvador, aplicando software especializado**, ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ, Trabajo de Graduación, San Salvador, UES, Marzo de 2005.
7. **Geología Aplicada**, Carlos E. Aguilar, 1ra. Edición. San Salvador, El Salvador: UCA Editores, 2007.
8. **Documentos varios de carreteras e Ingeniería Civil, Geología, Geotecnia, Impacto Ambiental, Hidrología**, Sitios y Páginas web en Internet.

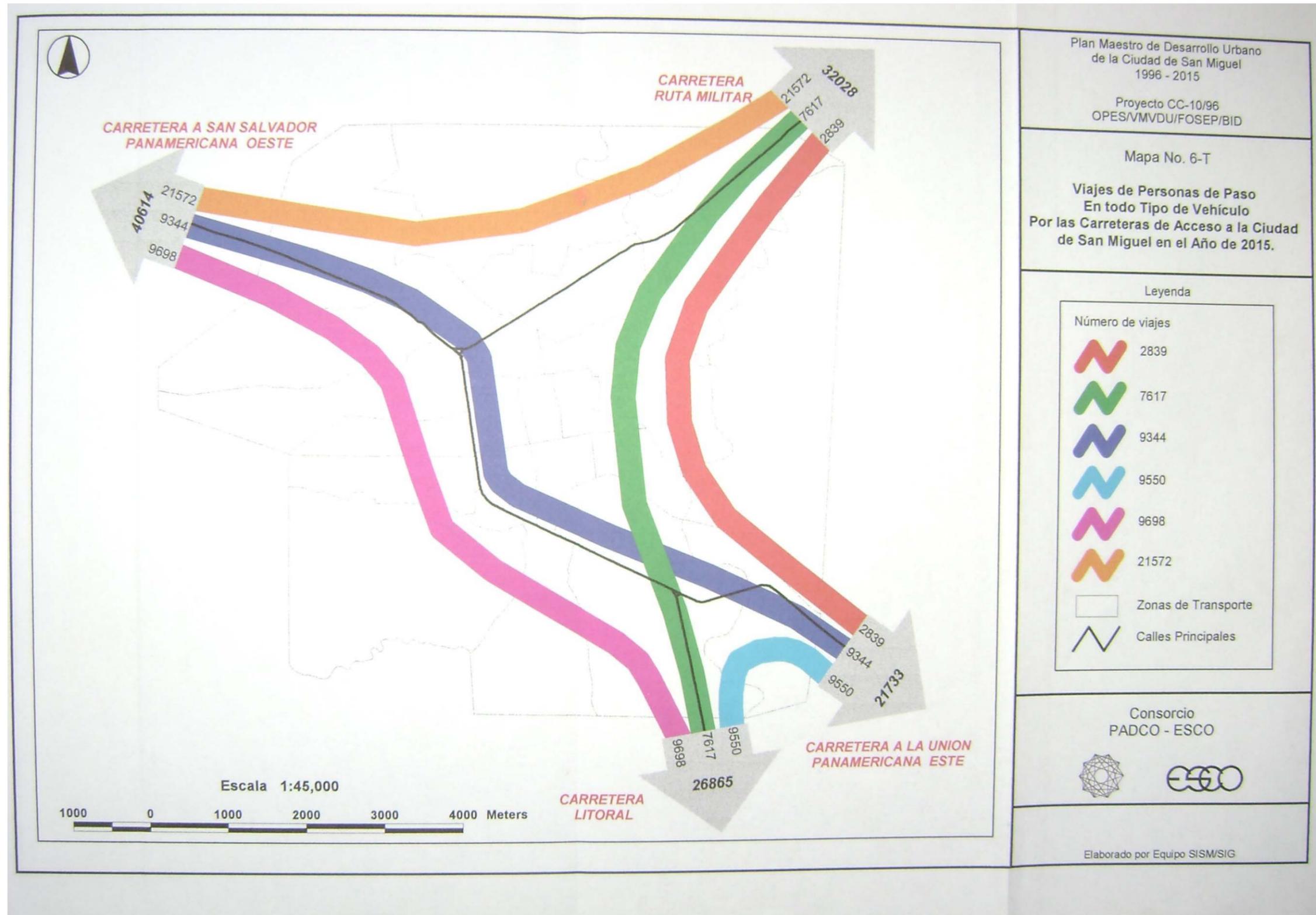
-ANEXOS.-

ANEXO A-1

Anexo A-1_1: Mapa No. 3-T del PTU.



Anexo A-1_2: Mapa No. 6-T del PTU.



ANEXO A-2.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL: BY PASS SAN MIGUEL

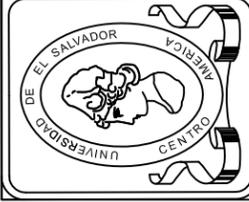
No.	Number	Type	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Delta angle	Chord length	Mid-Ordinate	External Secant	Start Chainage	End Chainage	External Straight	IP Included Angle	IP Chainage
1	1	Line	122.84m			80 km/h					0+000.00m	0+122.84m			
2	1	Curve	60.59m	500.00m	250.00m	80 km/h	6.9426 (d)	60.55m	0.917	0.92m	0+122.84m	0+183.43m	30.33m	173.0574 (d)	0+153.17m
3	2	Line	293.41m			80 km/h					0+183.43m	0+476.84m			
4	2	Curve	359.27m	400.00m	250.00m	80 km/h	51.4619 (d)	347.32m	39.663	44.03m	0+476.84m	0+836.11m	192.77m	128.5381 (d)	0+669.61m
5	3	Line	1285.27m			90 km/h					0+836.11m	2+121.38m			
6	3	Curve	250.51m	1500.00m	335.00m	90 km/h	9.5689 (d)	250.22m	5.227	5.24m	2+121.38m	2+371.90m	125.55m	170.4311 (d)	2+246.93m
7	4	Line	656.53m			90 km/h					2+371.90m	3+028.42m			
8	4	Curve	259.55m	2500.00m	335.00m	90 km/h	5.9484 (d)	259.43m	3.368	3.37m	3+028.42m	3+287.97m	129.89m	174.0516 (d)	3+158.31m
9	5	Line	226.44m			90 km/h					3+287.97m	3+514.41m			
10	5	Curve	164.00m	1200.00m	335.00m	90 km/h	7.8306 (d)	163.88m	2.801	2.81m	3+514.41m	3+678.42m	82.13m	172.1694 (d)	3+596.54m
11	6	Line	134.43m			90 km/h					3+678.42m	3+812.84m			
12	6	Curve	196.82m	400.00m	335.00m	90 km/h	28.1927 (d)	194.84m	12.045	12.42m	3+812.84m	4+009.67m	100.45m	151.8073 (d)	3+913.29m
13	7	Line	156.78m			90 km/h					4+009.67m	4+166.45m			
14	7	Curve	50.57m	900.00m	335.00m	90 km/h	3.2194 (d)	50.56m	0.355	0.36m	4+166.45m	4+217.02m	25.29m	176.7806 (d)	4+191.74m
15	8	Line	301.24m			90 km/h					4+217.02m	4+518.26m			
16	8	Curve	120.98m	700.00m	335.00m	90 km/h	9.9027 (d)	120.83m	2.612	2.62m	4+518.26m	4+639.25m	60.64m	170.0973 (d)	4+578.91m
17	9	Line	261.37m			90 km/h					4+639.25m	4+900.62m			
18	9	Curve	141.63m	1500.00m	335.00m	90 km/h	5.4100 (d)	141.58m	1.671	1.67m	4+900.62m	5+042.25m	70.87m	174.5900 (d)	4+971.49m
19	10	Line	618.36m			90 km/h					5+042.25m	5+660.61m			
20	10	Curve	419.15m	700.00m	335.00m	90 km/h	34.3082 (d)	412.92m	31.139	32.59m	5+660.61m	6+079.76m	216.07m	145.6918 (d)	5+876.68m
21	11	Line	239.07m			90 km/h					6+079.76m	6+318.83m			
22	11	Curve	107.02m	900.00m	335.00m	90 km/h	6.8132 (d)	106.96m	1.59	1.59m	6+318.83m	6+425.85m	53.57m	173.1868 (d)	6+372.41m
23	12	Line	689.84m			90 km/h					6+425.85m	7+115.69m			

ANEXO A-3.

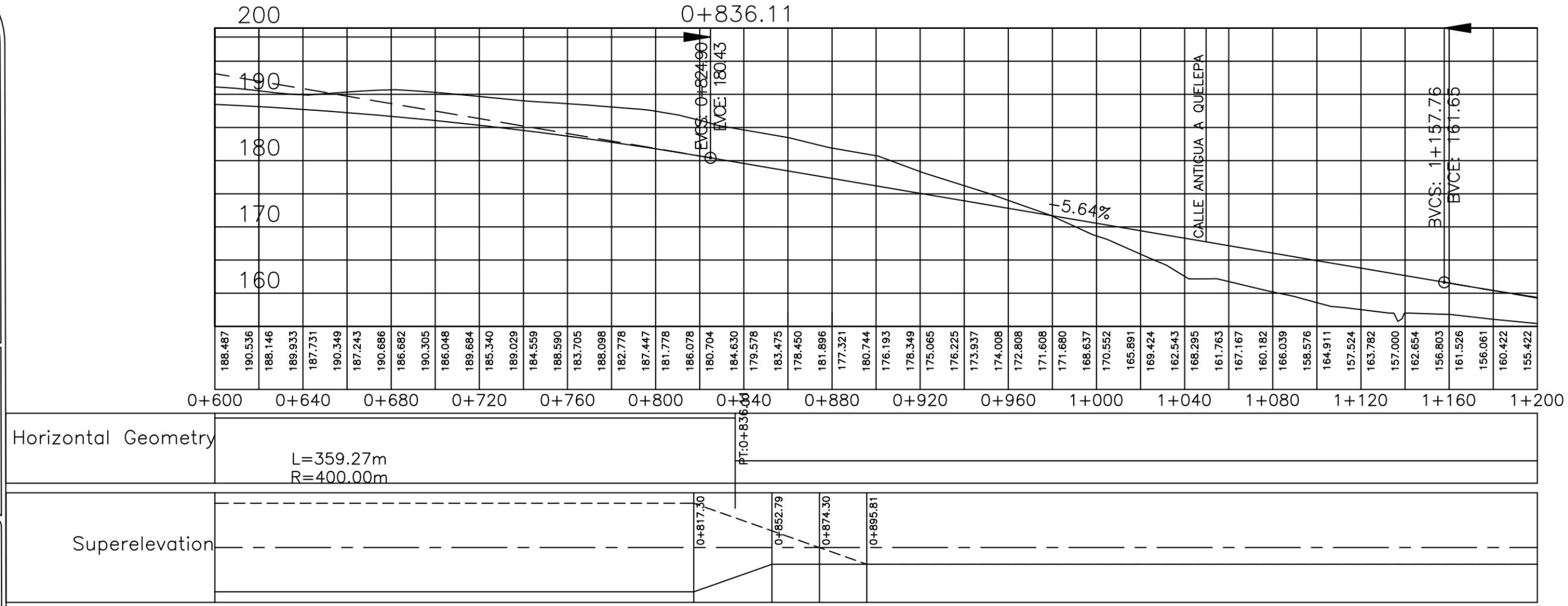
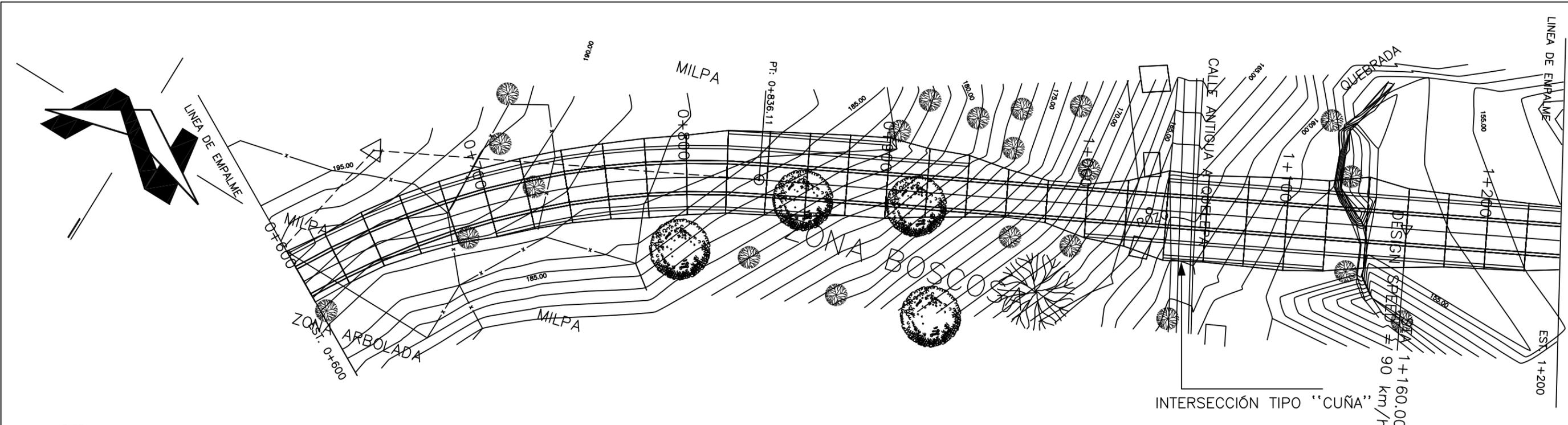
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE ALINEAMIENTO VERTICAL: BY PASS SAN MIGUEL

No.	Profile Curve Type	Sub-Entity Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius	Asymmetric Length 1	Asymmetric Length 2	VIP Chainage	VIP Level	Gradient In	Gradient Out	A (Gradient Change)
1								0+000.00m	173.34m		-2.50%	
2	Sag	Symmetric Parabola	40.00m	5.626	562.64m			0+031.50m	172.56m	-2.50%	4.61%	7.11%
3	Crest	Symmetric Parabola	560.00m	54.625	5462.53m			0+544.90m	196.23m	4.61%	-5.64%	10.25%
4	Sag	Symmetric Parabola	400.00m	99.509	9950.92m			1+357.76m	150.37m	-5.64%	-1.62%	4.02%
5	Crest	Symmetric Parabola	150.00m	269.057	26905.69m			1+921.77m	141.22m	-1.62%	-2.18%	0.56%
6	Sag	Symmetric Parabola	150.00m	50.331	5033.15m			2+702.04m	124.22m	-2.18%	0.80%	2.98%
7	Crest	Symmetric Parabola	150.00m	58.118	5811.79m			3+258.51m	128.68m	0.80%	-1.78%	2.58%
8	Crest	Symmetric Parabola	150.00m	173.513	17351.34m			3+955.18m	116.28m	-1.78%	-2.64%	0.86%
9	Sag	Symmetric Parabola	150.00m	45.197	4519.69m			4+743.73m	95.43m	-2.64%	0.67%	3.32%
10	Crest	Symmetric Parabola	150.00m	82.104	8210.35m			5+506.07m	100.57m	0.67%	-1.15%	1.83%
11	Sag	Symmetric Parabola	150.00m	40.022	4002.16m			5+964.16m	95.29m	-1.15%	2.60%	3.75%
12	Crest	Symmetric Parabola	150.00m	33.323	3332.28m			6+385.99m	106.24m	2.60%	-1.91%	4.50%
13	Sag	Symmetric Parabola	150.00m	38.139	3813.88m			6+666.02m	100.91m	-1.91%	2.03%	3.93%
14								7+115.69m	110.02m	2.03%		

ANEXO A-5: PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Fecha:
 NOVIEMBRE/08
 Propuesta:
 "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".
HOJA 2/12



Horizontal Geometry	$L=359.27m$ $R=400.00m$ PT: 0+836.11
---------------------	--

Superelevation	$0+817.30$ $0+852.79$ $0+874.30$ $0+895.81$
----------------	--



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

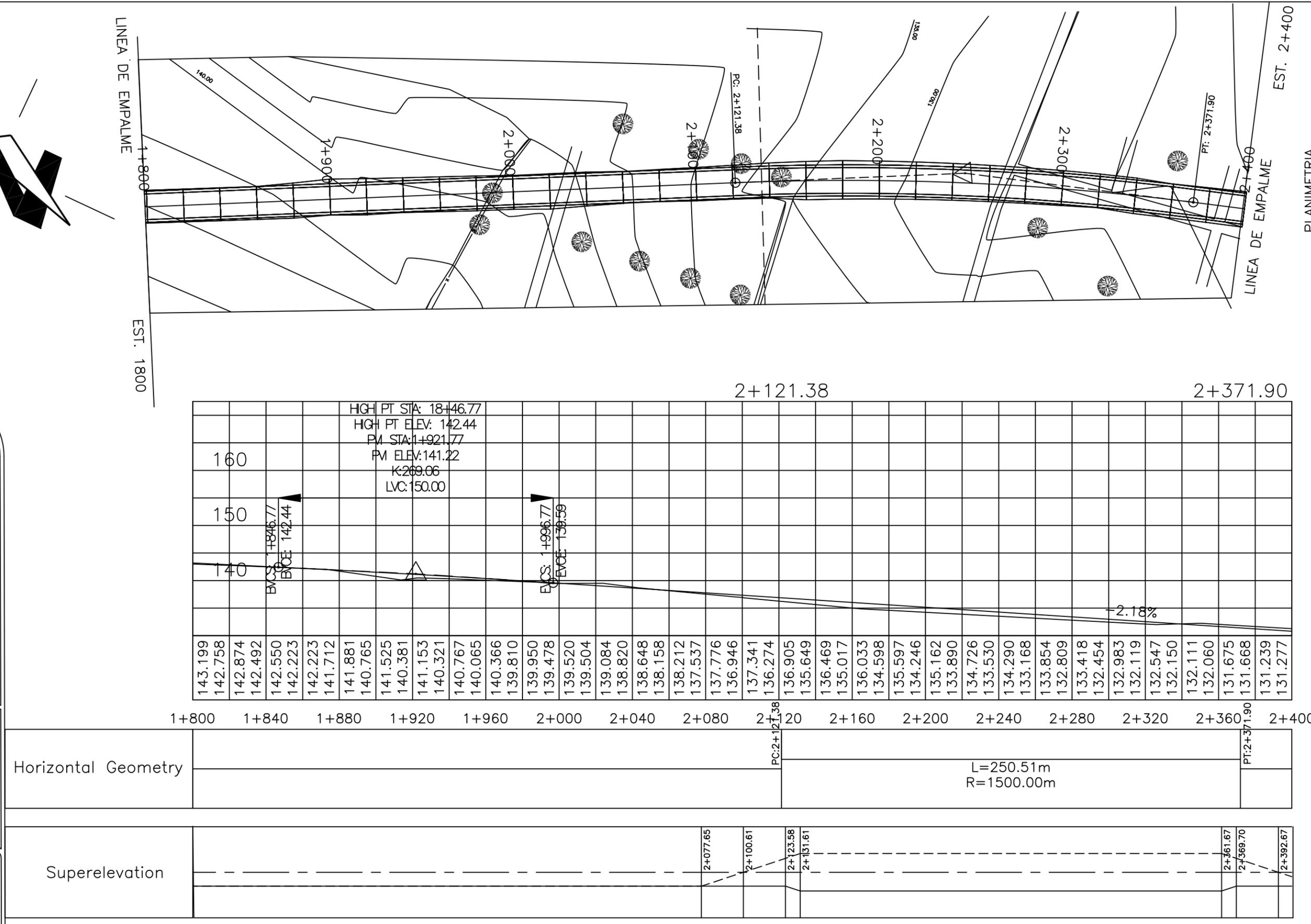
Presentan: LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS

Propuesta: "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

Contenido: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 1+800 - 2+400

Fecha: NOVIEMBRE/08
 Escala: INDICADA

HOJA 4/12



PLANIMETRIA
ESCALA: 1:20,000

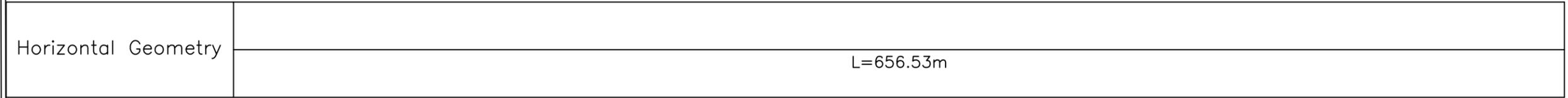
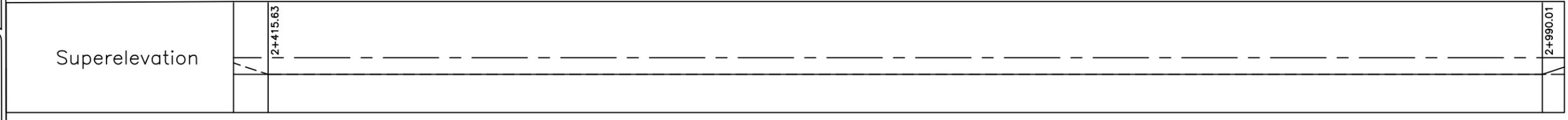
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
ESCALA VERTICAL: 1:6,666



Contenido:
 PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 2+400 - 3+000
 Escala:
 INDICADA
 Fecha:
 NOVIEMBRE/08
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS

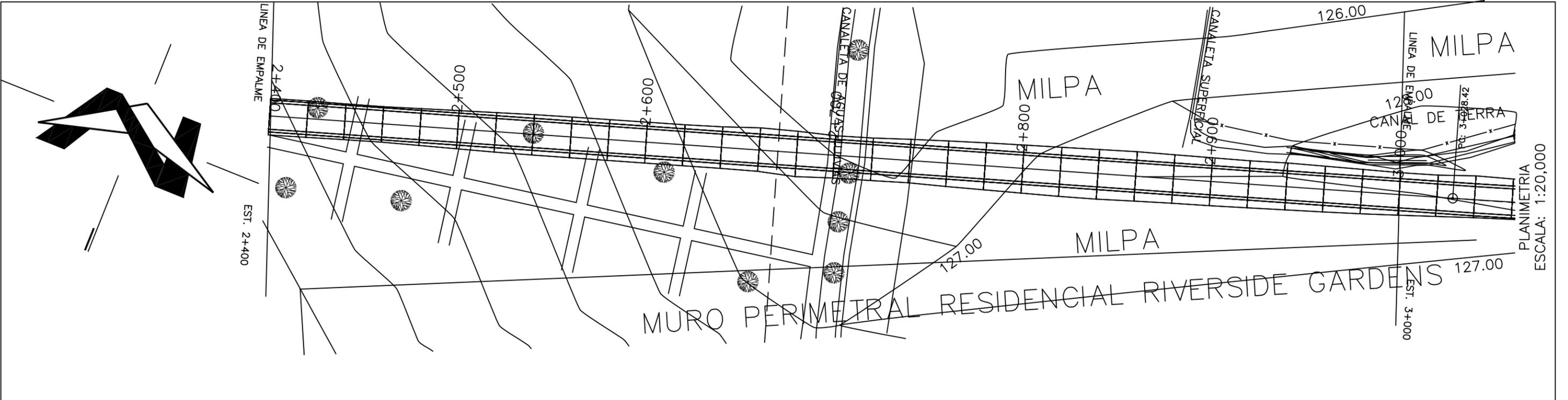
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 Propuesta:
 "PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE
 SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

HOJA 5/12



130.804	150
130.770	140
130.368	130
130.240	
129.932	
129.772	
129.496	
129.510	
129.060	
129.248	
128.625	
128.986	
128.189	
128.692	
127.753	
128.273	
127.317	
127.855	
126.881	
127.436	
126.446	
127.018	
126.010	
126.599	
125.591	
126.914	
125.246	
126.537	
124.981	
126.017	
124.795	
125.740	
124.689	
125.991	
124.663	
126.316	
124.715	
126.640	
124.847	
126.965	
125.007	
127.290	
125.167	
127.615	
125.327	
127.940	
125.488	
127.968	
125.648	
127.929	
125.808	
127.896	
125.968	
127.951	
126.129	
127.962	
126.289	
127.973	
126.449	
127.984	

3+028.42
 PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666



PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000



Contenido:
 PLANIMETRIA Y ALTIMITRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 3+000 - 3+600

Escala:
 INDICADA

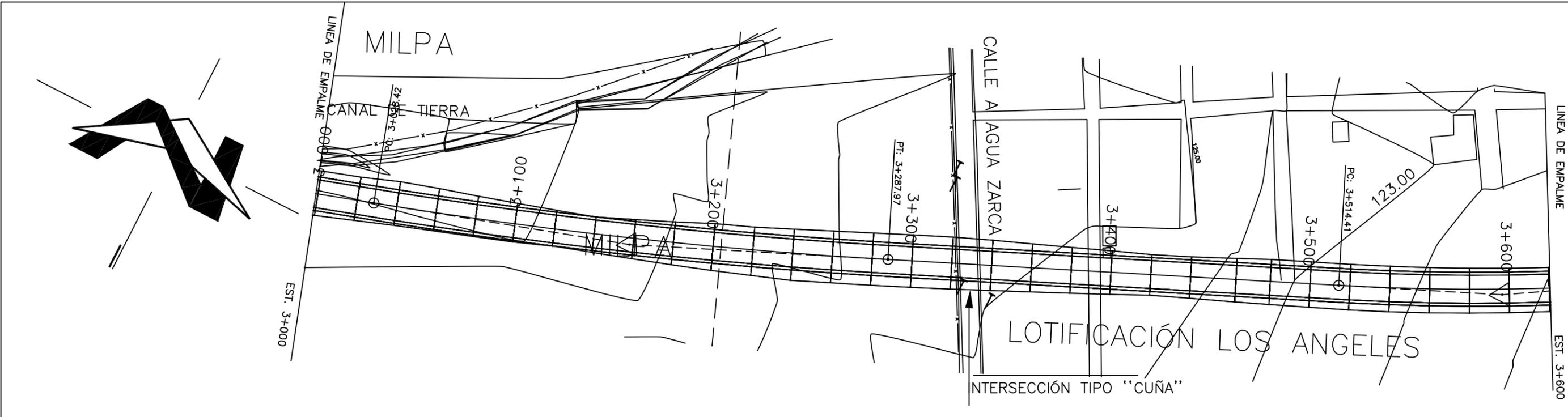
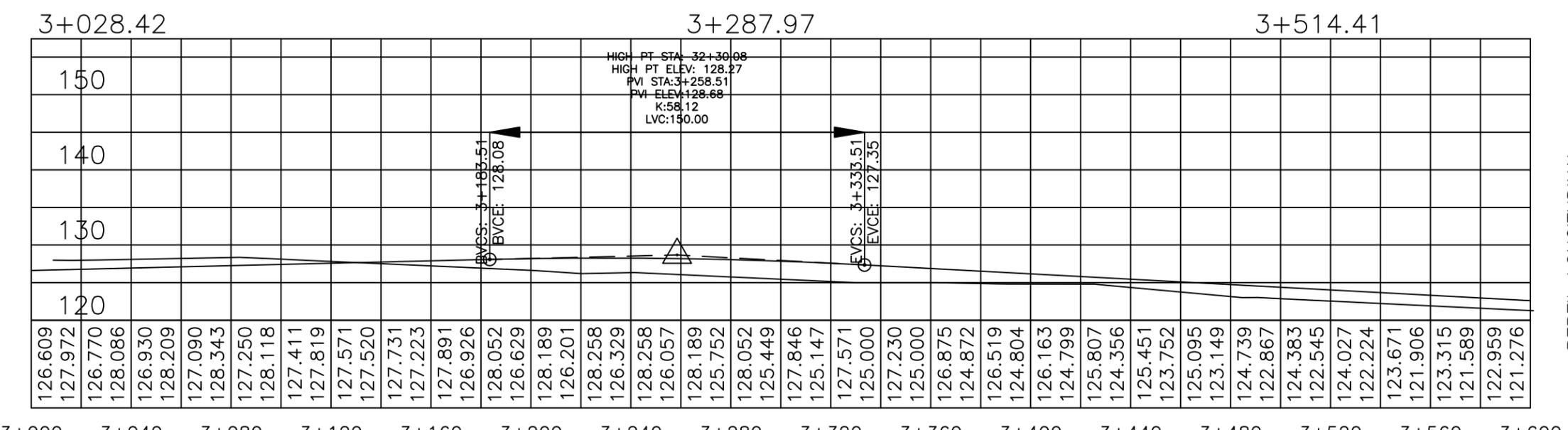
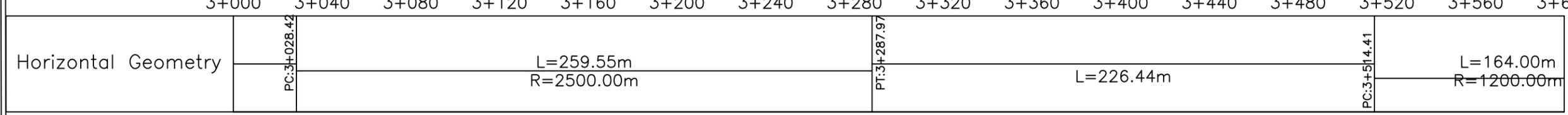
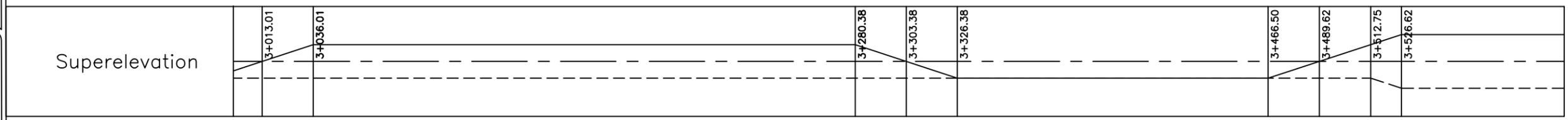
Fecha:
 NOVIEMBRE/08

Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS

Propuesta:
 "PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

HOJA 6/12



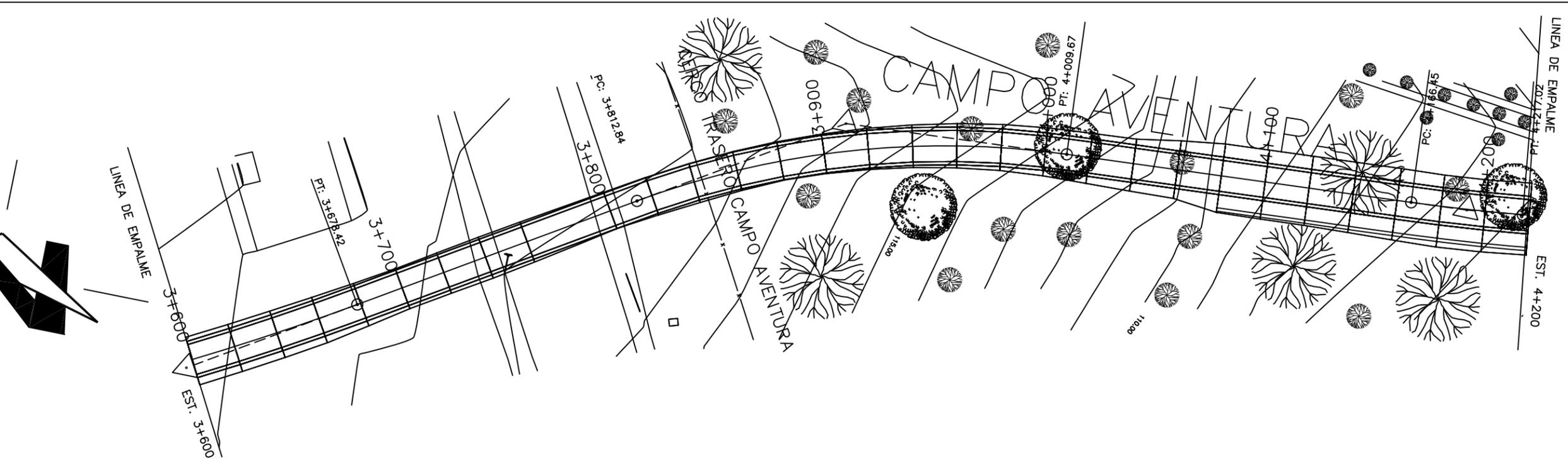
PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000

PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666

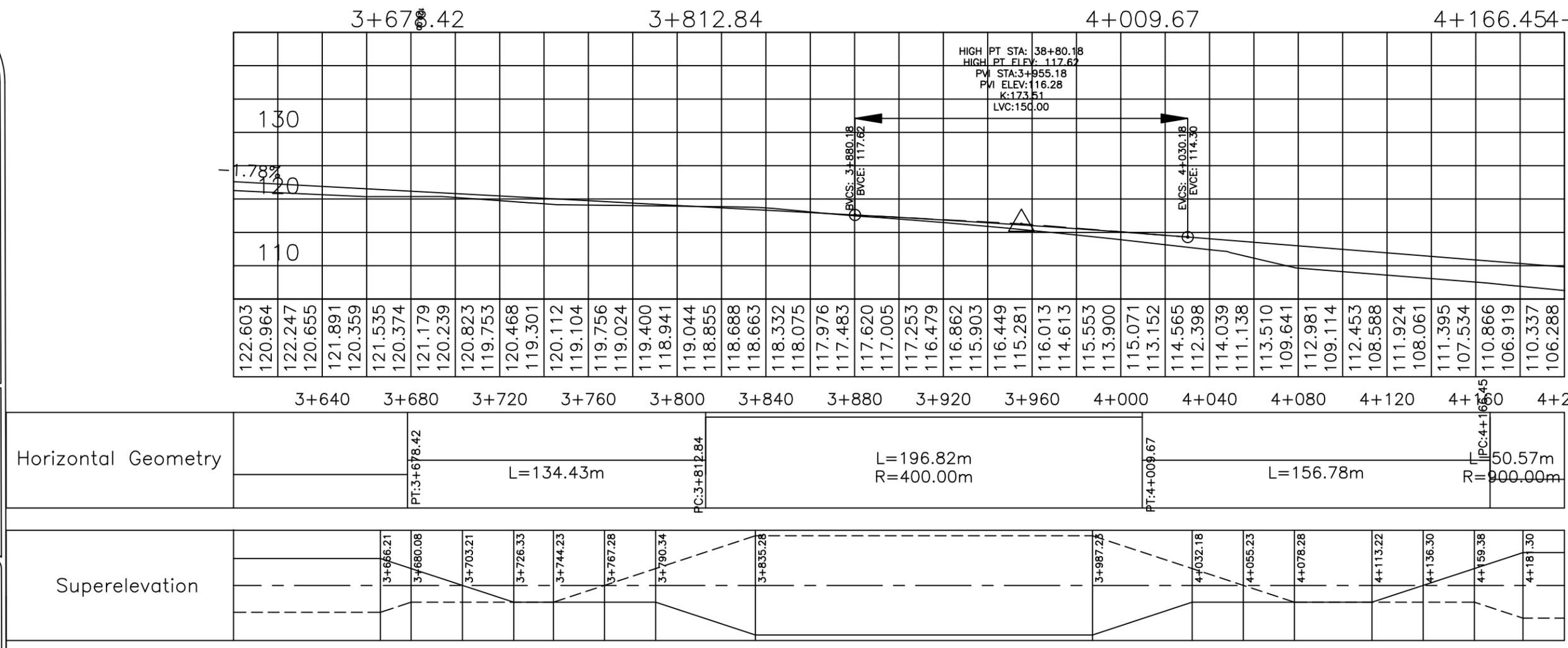


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Fecha:
 NOVIEMBRE/08
 Escala:
 INDICADA
 Propuesta:
 "PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".
HOJA 7/12

Contenido:
 PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 3+600 - 4+200



PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666



Contenido:
PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
ESTACIONAMIENTOS 4+200 - 4+800

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escala:
INDICADA

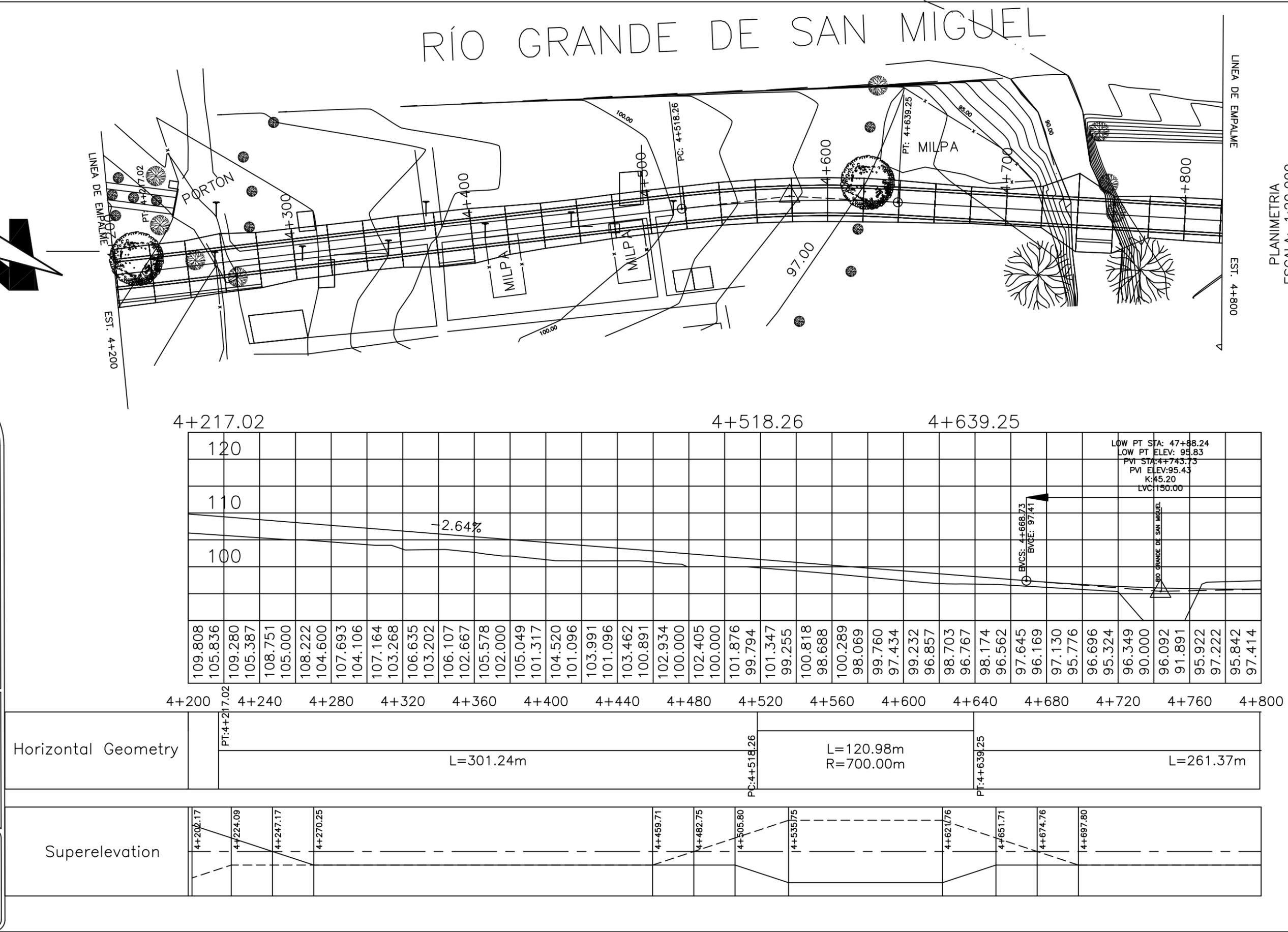
Fecha:
NOVIEMBRE/08

Presentan:

LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS

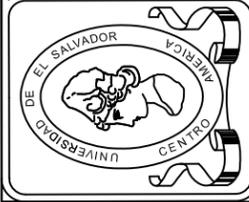
HOJA 8/12

Propuesta:
"PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".



PLANIMETRIA
ESCALA: 1:20,000

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
ESCALA VERTICAL: 1:6,666

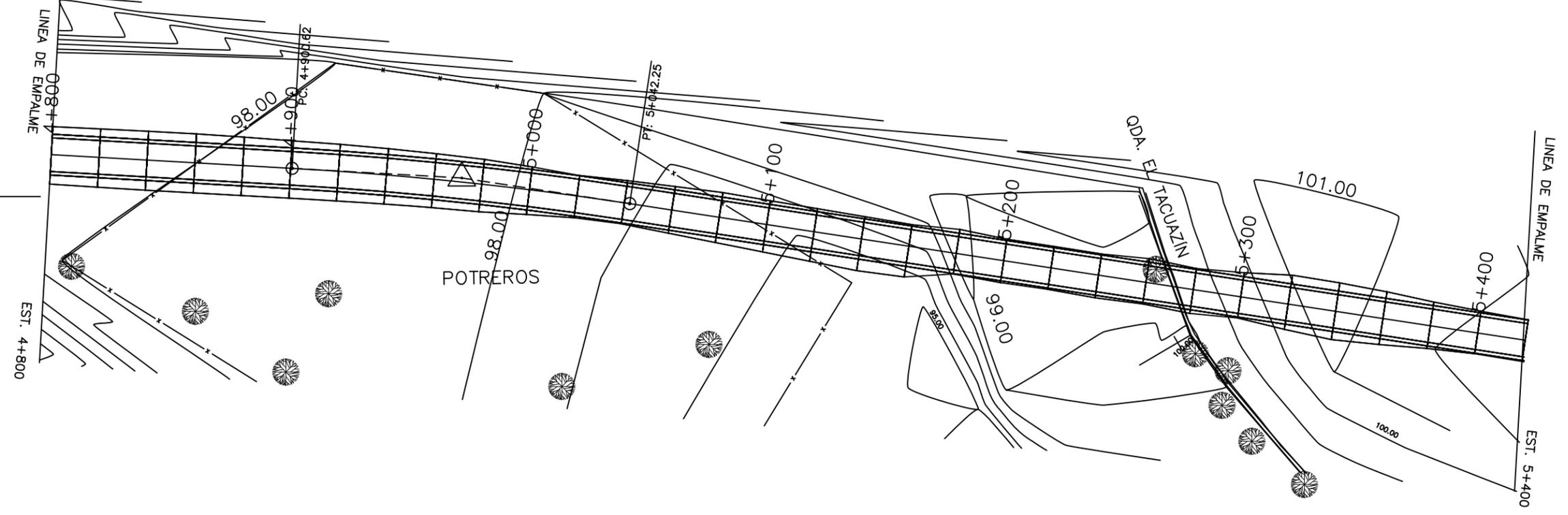
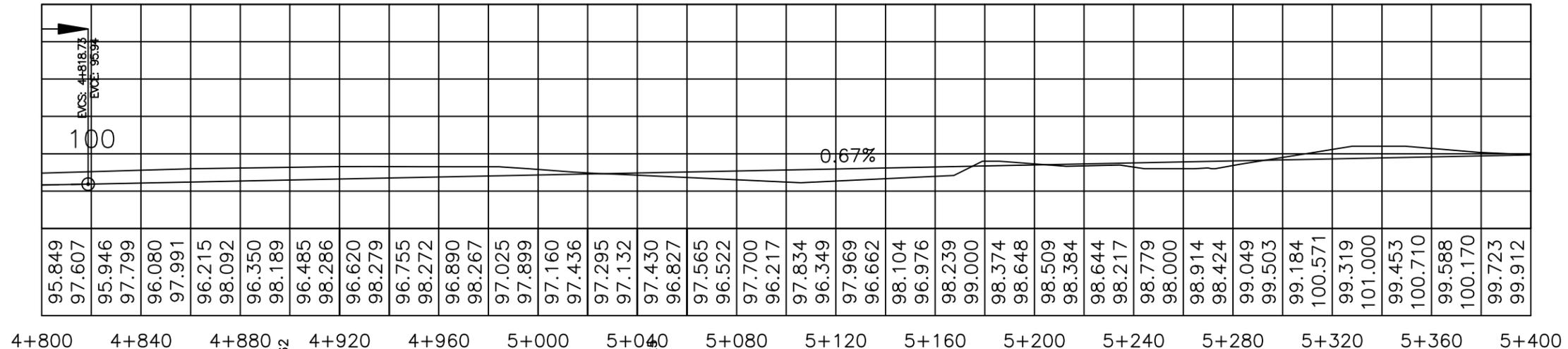


Contenido:
 PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 4+800 - 5+400
 Escala:
 INDICADA
 Fecha:
 NOVIEMBRE/08
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Propuesta:
 "PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE
 SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".
HOJA 9/12

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Superelevation	4+856.89	4+879.85	4+902.81	4+910.85	5+032.02	5+040.06	5+063.02	5+085.98

Horizontal Geometry	PQ:4+900.62	L=141.63m R=1500.00m	PT:5+042.25	L=618.36m



PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666

PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000



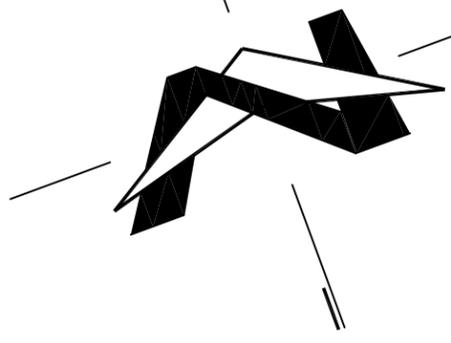
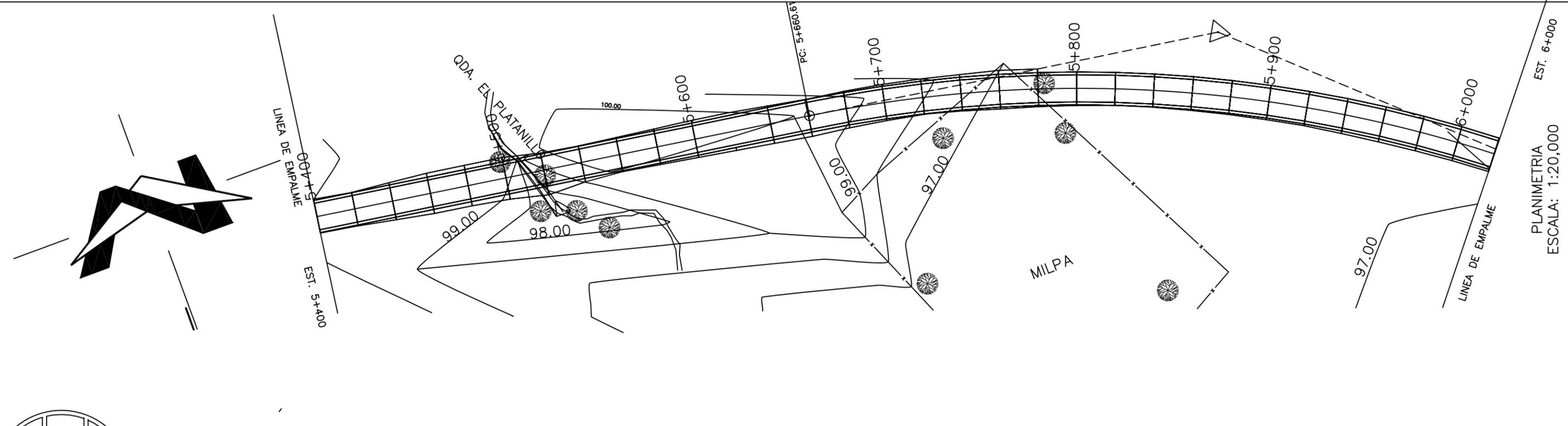
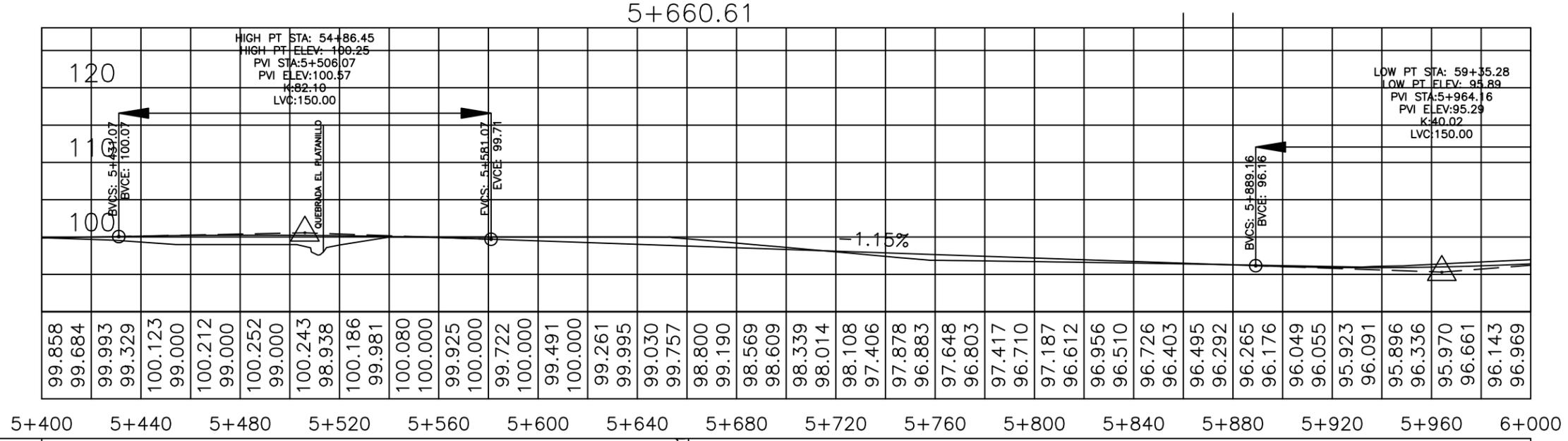
Contenido:
 PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA,
 ESTACIONAMIENTOS 5+400 - 6+000
 Escala:
 INDICADA
 Fecha:
 NOVIEMBRE/08
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Propuesta:
 "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE
 SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 CENTRO AMERICA

HOJA 10/12

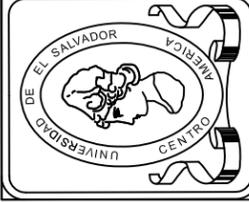
Horizontal Geometry	PC: 5+660.61	L=419.15m R=700.00m

Superelevation	
	5+602.06
	5+625.10
	5+678.10



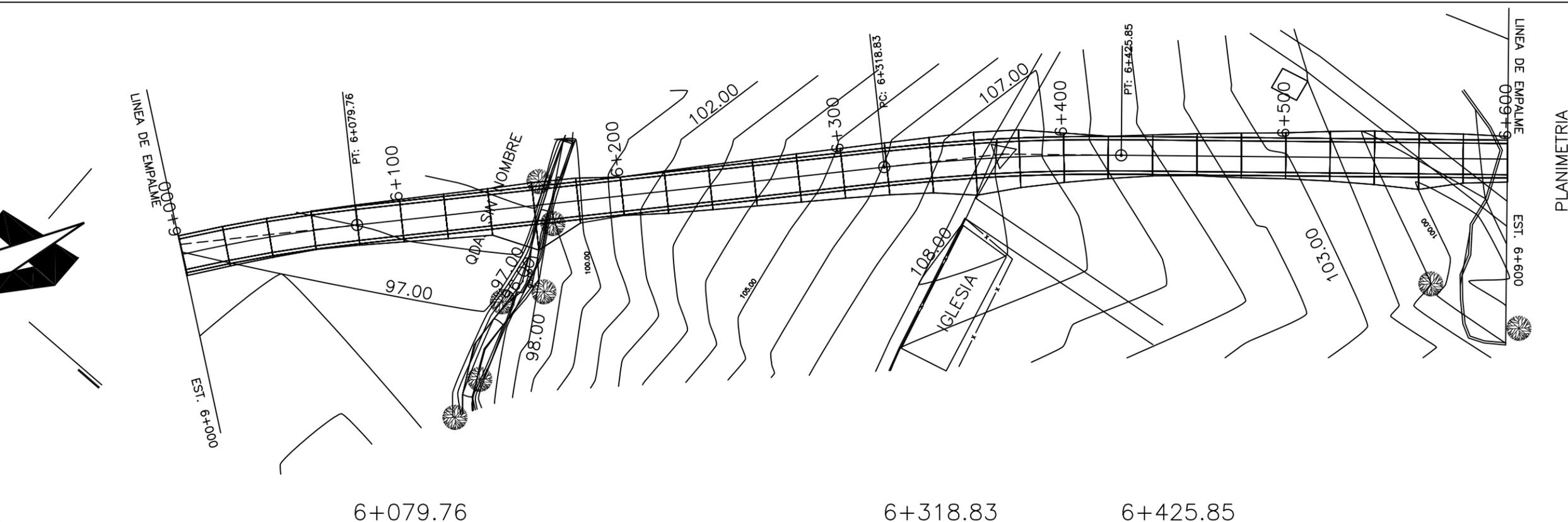
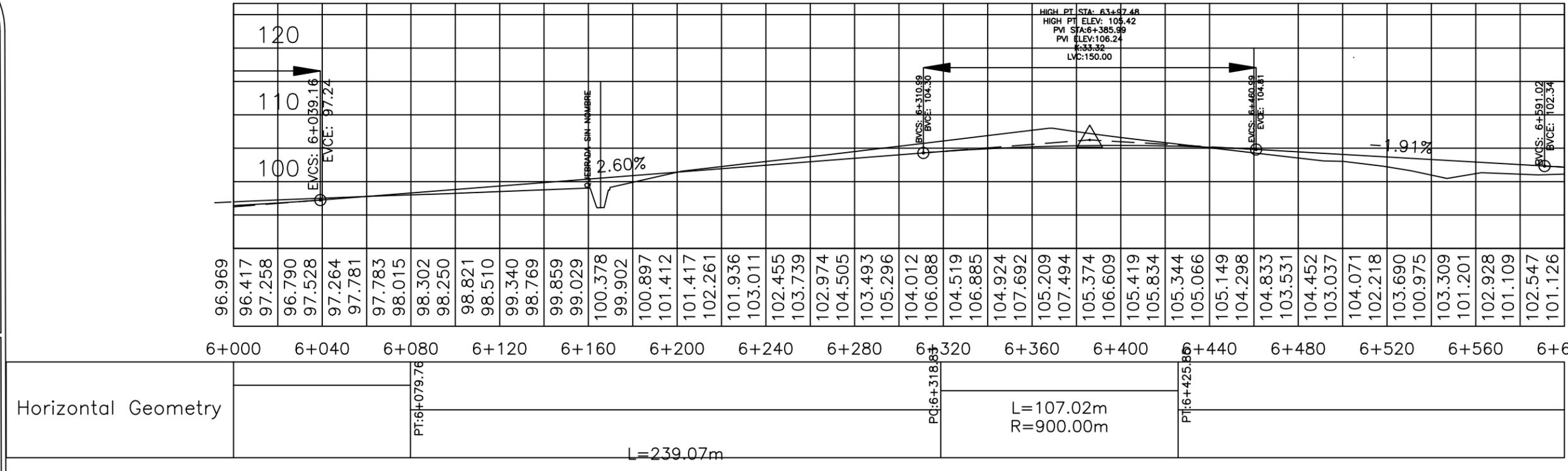
PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666

PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000



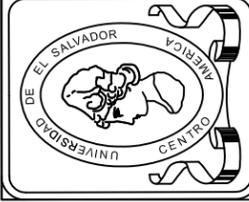
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 Presentan: LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Fecha: NOVIEMBRE/08
 Escala: INDICADA
HOJA 11/12
 Propuesta: PROYECTO DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO.

Superelevation	Horizontal Geometry
6+062/27	
6+092.23	
6+115.27	
6+136.32	
6+265.60	
6+286.68	
6+311.76	
6+333.68	
6+411.00	
6+432.93	
6+456.00	
6+479.08	



PLANIMETRIA
ESCALA: 1:20,000

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
ESCALA VERTICAL: 1:6,666

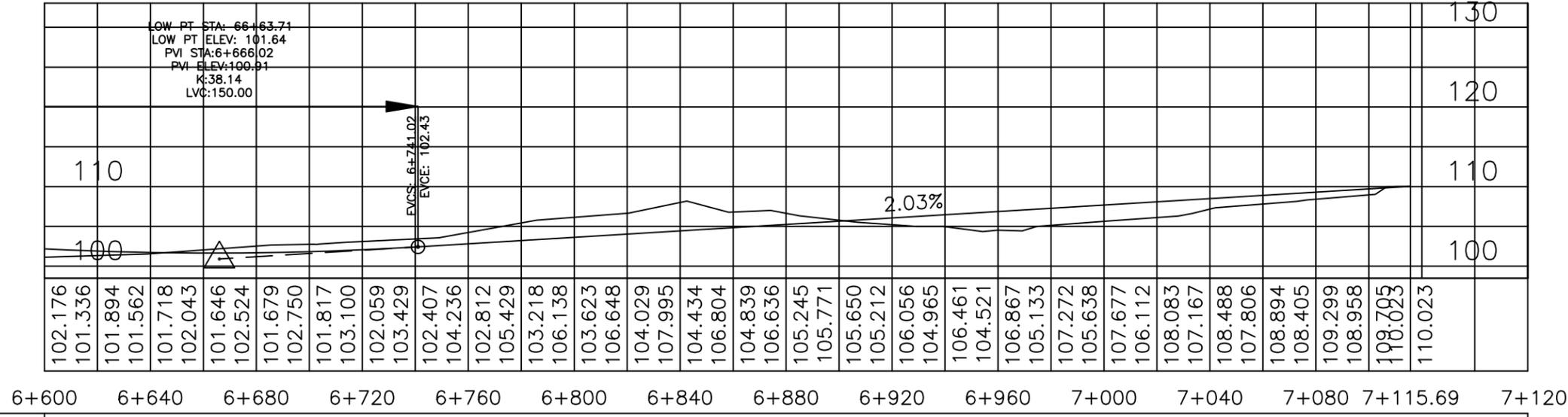


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Fecha: NOVIEMBRE/08
 Escala: INDICADA
HOJA 12/12

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 Presentan:
 LOYO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS
 Propuesta:
 "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE BY-PASS EN LA CIUDAD DE SAN MIGUEL, COMPENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

Horizontal Geometry

Superelevation

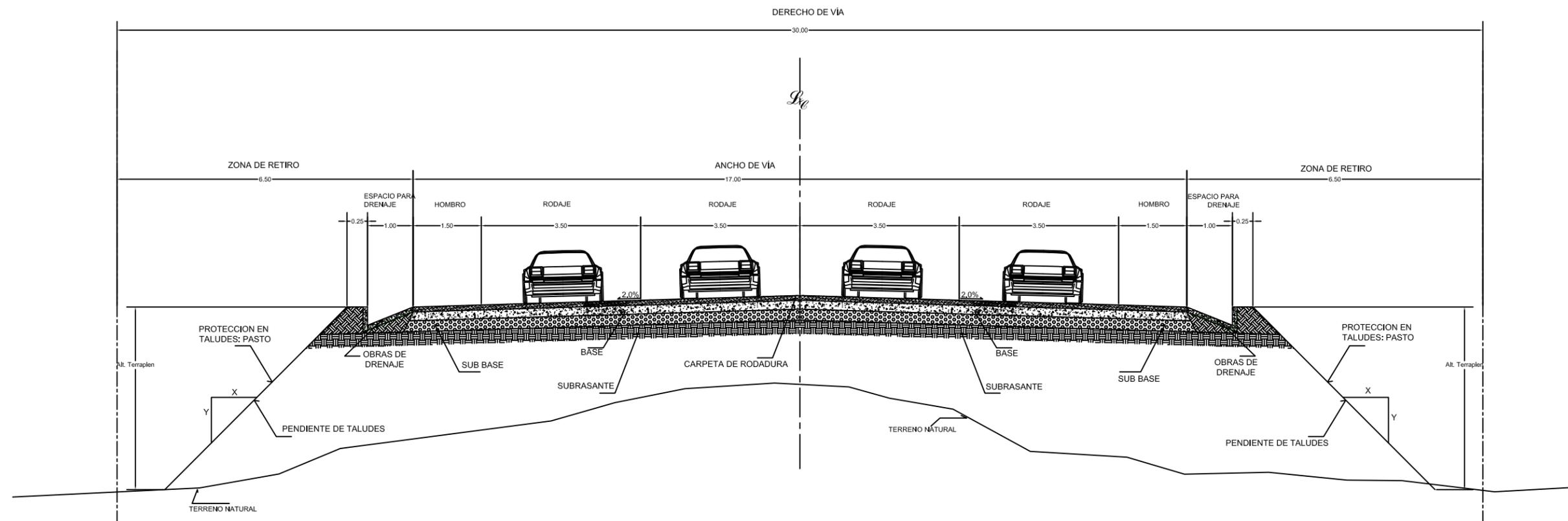


PERFIL LONGITUDINAL
 ESCALA HORIZONTAL: 1:20,000
 ESCALA VERTICAL: 1:6,666



PLANIMETRIA
 ESCALA: 1:20,000

ANEXO A-6: SECCIONES TRANSVERSALES TIPO



SECCION TRANSVERSAL TIPO: DIMENSIONES DE DISEÑO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL (FMO)
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Contenido:
 SECCION TRANSVERSAL TIPO

Presentan:
 LOVO HERNANDEZ, ANA BELIS
 SORTO GARCIA, JULIO ERNESTO
 HERNANDEZ GARCIA, JORGE ERMIS

Fecha:
 NOVIEMBRE/08

Escala:
 1:1,000

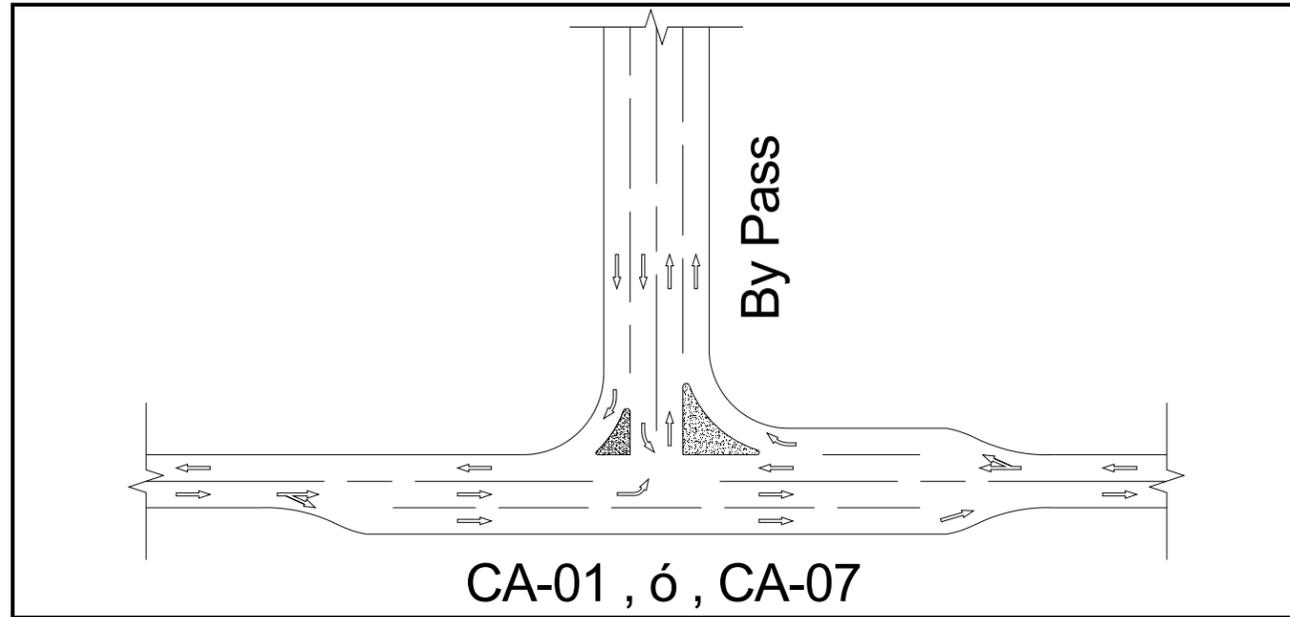
Propuesta:
 "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE BY PASS EN LA CIUDAD DE
 SAN MIGUEL, COMPRENDIDO ENTRE CTON. EL SITIO - CTON. HATO NUEVO".

HOJA 1/1



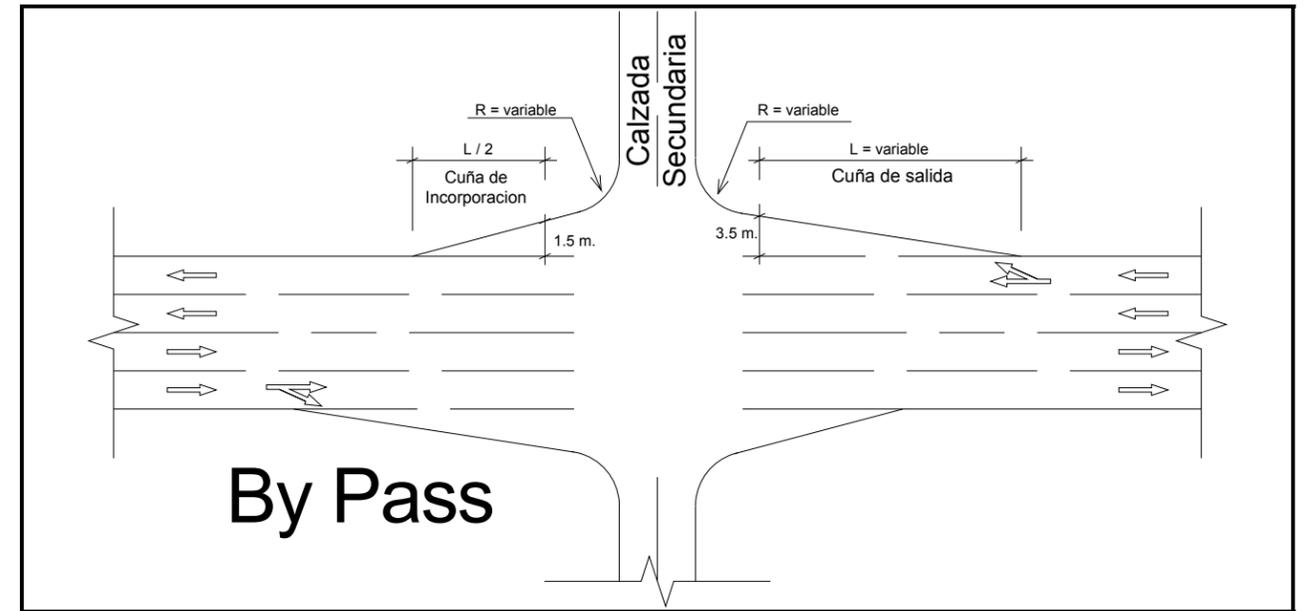
ANEXO A-7.

“INTERSECCIONES TIPO” DE LA PROPUESTA DE BY PASS SAN MIGUEL



INTERSECCION TIPO “T”

En las intersecciones con las Carreteras Panamericana (CA-01) y Ruta Militar (CA-07), se recomienda la INTERSECCION EN “T” con islas divisionales y carril derecho para adelantamiento, una combinación de algunas de las figuras 5.3 de la página 5-13 del manual de la SIECA, y para los giros a la izquierda semáforos de tres o más fases pueden ser adecuados para los movimientos de entrada y salida del By pass.



INTERSECCION TIPO “CUÑA”

Para el caso donde el By pass intercepta la Calle Antigua a Quelepa y la Calle a Agua Zarca, se propone la INTERSECCION EN CUÑAS, estas servirán para abandonar e incorporarse al By pass en la dirección longitudinal de este y en ambos sentidos; para atravesar transversalmente el By pass se recomienda el uso de señales verticales y horizontales de alto.